

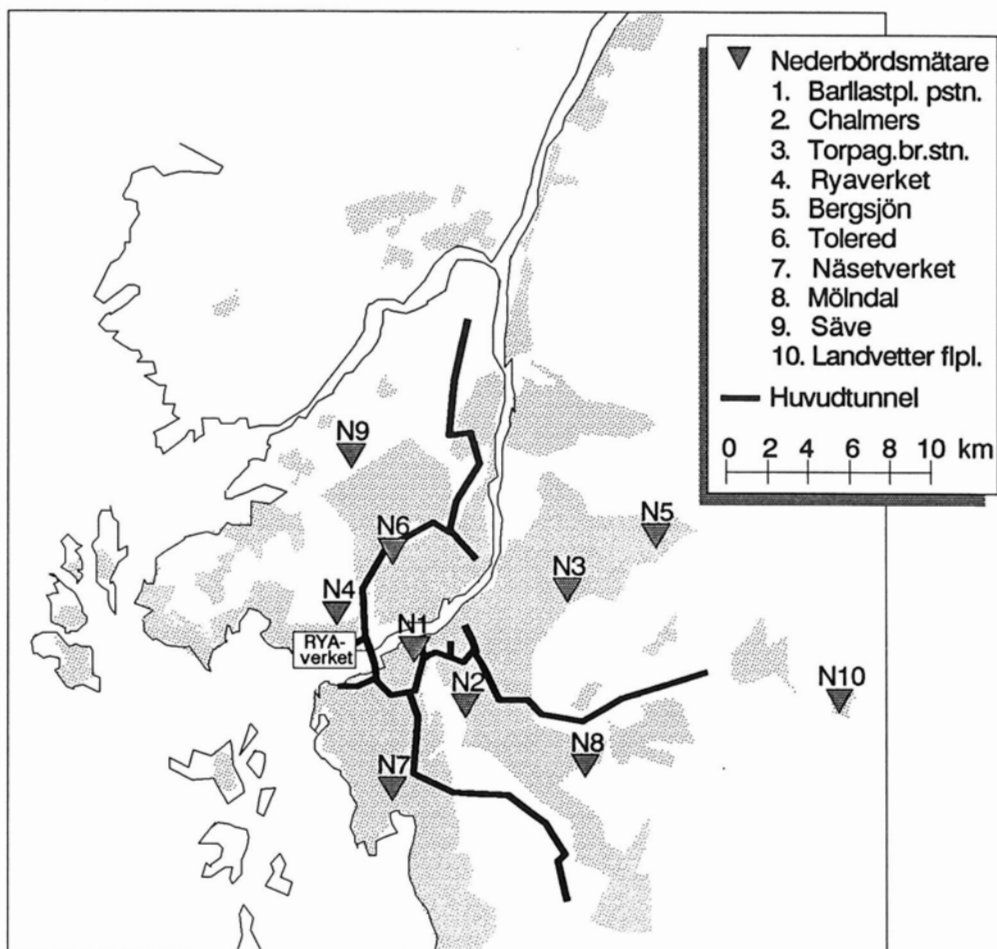
5. SAMMANSTÄLLNING OCH UTVÄRDERING AV MODELLTILLÄMPNINGAR

MouseNAM-metodiken har hittills (mars -93) tillämpats på ett 40-tal avrinningsområden i 24 svenska kommuner. I detta kapitel har en sammanställning gjorts över 16 tillämpningar. Modellens trovärdighet exemplifieras med verifierings-resultaten för ett av dessa och konsekvenserna av erhållna parameteruppsättningar för de olika områdena diskuteras.

5.1 Göteborgsregionen, Ryaverket - ett praktikfall

Områdesbeskrivning

Modellområdet omfattar Ryaverkets avrinningsområde, se **figur 5.1**, dvs hela Göteborgsregionen, ca 212 km², varav ca 22 km² kan hänföras till FRC-komponenten, i detta fallet huvudsakligen direktanslutna hårdgjorda ytor.



Figur 5.1 Modellområdet - Ryaverkets avrinningsområde.

De centrala delarna av området har ett kombinerat avloppssystem (både dag- och spillvatten i samma ledning), medan de perifera delarna i huvudsak har ett duplikat eller separat avloppssystem.

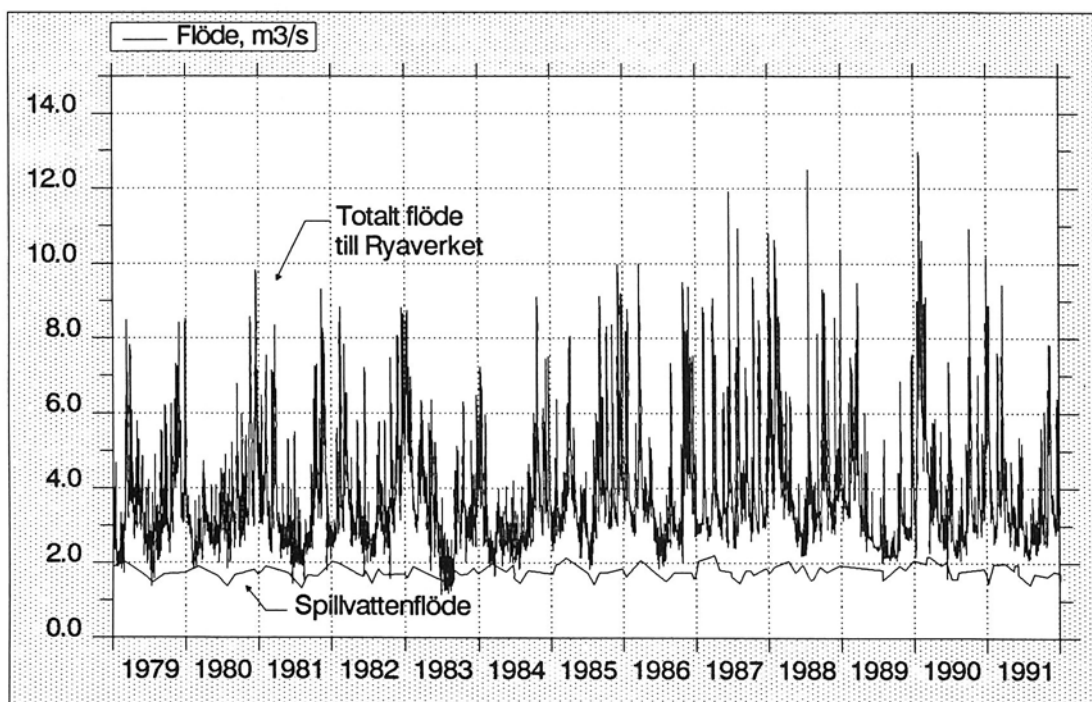
Det ytliga avloppsnätet är anslutet via borrhål till ett omfattande tunnelsystem, ca 120 km långt, som sträcker sig under hela Göteborg från Landvetter i öster, Lindome i söder och Kungälv i norr. Den totala volymen i tunnelsystemet är ca 1.000.000 m³. Avloppsvattnet pumpas från tunneln upp till Ryaverket där det tas om hand för rening. Se vidare ref. /22/.

Flödesdata

Verifieringen genomfördes mot uppmätt pumpat flöde till Ryaverket. Härvid användes 12-timmarsmedelvärden vid kalibreringen (1986 - 1989). För kalibrering av FRC-komponenten användes timsmedelflöden för ett antal nederbördstillfällen. Vid valideringen (1979 - 1984) användes dygnsmedelflöden, då data med högre tidsupplösning ej fanns tillgängliga för denna period.

Spillvattenflödet uppskattades från veckovärden på levererad renvattenmängd, som viktades mot den totala årligen debiterade vattenmängden inom hela Ryaverkets avrinningsområde.

Använda flödesdata (dygnsvärden) visas i **figur 5.2**. Den årliga tillrinningsvolymen till Ryaverket var i medeltal 117.5 Mm³ för den studerade perioden, varav 55.4 Mm³ var spillvattenvolym.



Figur 5.2 Flödesdata för åren 1979-1991.

Meteorologiska data

Vid simulering av avrinningen från ett så stort avrinningsområde som detta är naturligtvis nederbördens areella fördelning en mycket viktig faktor. Nederbördsuppgifter hämtades från 10 olika stationer, se **figur 5.1**, nämligen Barlastplatsens pumpstation (1), Chalmers Tekniska Högskola (2), Torpagatans brandstation (3), Ryaverket (4), Bergsjön (5), Tolered (6), Näsetverket (7), Mölndal (8), Säve (9) och Landvetter flygplats (10).

Härvid användes 12-timmarvärden från Säve för perioden fram t o m september 1987 och från Ryaverket för perioden fr o m oktober 1987. Vid bl a kalibrering av FRC-komponenten användes även timsvärden från Ryaverket. För övriga stationer användes dygnsvärden. Data från stationerna viktades enligt Thiessens metod, se ref./23/. Vikterna framgår av **tabell 5.1**.

Nederbördsstationerna Mölndal, Säve och Landvetter flygplats sköts av SMHI. Dessa stationer korrigerades för mätfel enligt SMHIs anvisningar, se ref./12/. Övriga stationer sköts av VA-verket, Göteborg, se ref./21/. Korrektionsfaktorerna framgår av **tabell 5.2**.

I **tabell 5.3** ges en sammanställning över den korrigerade årsnederbörden för respektive nederbördsstation och år.

Den potentiella avdunstningen beskrevs med normalvärden för respektive månad för Torslanda enligt SMHI (Penmans formel för gräs enligt Eriksson), se **tabell 5.4**.

Temperaturvärden (kl 10.00 och 22.00) hämtades från SMHIs klimatstation vid Säve.

Vikter för:	Nstn 1	Nstn 2	Nstn 3	Nstn 4	Nstn 5	Nstn 6	Nstn 7	Nstn 8	Nstn 9	Ntsn 10
SRC	4	7	13	8	19	14	17	11	5	2
FRC	17	16	18	10	13	15	4	5	1	1

Tabell 5.1 Vikter, [%], för respektive nederbördsstation och delområde.

Nstn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Korr	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,17	1,22	1,17

Tabell 5.2 Korrektionsfaktorer för respektive nederbördsstation.

År	Nstn 1	Nstn 2	Nstn 3	Nstn 4	Nstn 5	Nstn 6	Nstn 7	Nstn 8	Nstn 9	Nstn 10
-79	949	980	955	835	906	-	823	1066	1053	1177
-80	867	887	839	779	876	-	780	966	1002	1024
-81	913	975	859	769	946	-	810	1030	1009	1122
-82	922	1003	941	822	1057	-	831	1163	991	1245
-83	880	975	878	825	972	-	779	1133	953	1200
-84	817	858	811	747	882	845	744	883	1006	1100
-85	1053	1058	1070	939	1101	1031	828	1218	1184	1355
-86	906	993	935	800	1085	922	782	979	1003	1192
-87	965	1000	968	926	1060	1010	801	1100	1071	1182
-88	1102	1166	1141	1010	1192	1096	965	1261	1137	1288
-89	738	767	756	669	809	732	620	831	787	966
-90	1041	1122	1033	980	1179	1087	996	1232	1199	1580
-91	801	848	838	744	934	823	748	955	917	1147

Tabell 5.3 Korrigerad årsnederbörd, [mm], för respektive nederbördsstation och år.

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
6	11	28	57	97	122	119	94	57	26	11	5

Tabell 5.4 Potentiell avdunstning, [mm], normalvärden för respektive månad för Torslanda. Totalt 633 mm/år.

Verifieringsresultat

Verifieringen av modellen genomfördes i två steg. I ett första steg kalibrerades modellen mot 4 års uppmätta data (1986 - 1989). Därefter testades (validerades) den kalibrerade modellen mot 6 års oberoende uppmätta data (1979 - 1984), dvs data som ej påverkade det slutliga valet av parametervärden. Erhållna parametervärden redovisas i kapitel 5.2.

I **figur 5.4** visas överensstämmelsen mellan beräknade och uppmätta flödes-

hydrografer för hela kalibreringsperioden. Även den ackumulerade differensen redovisas för perioden.

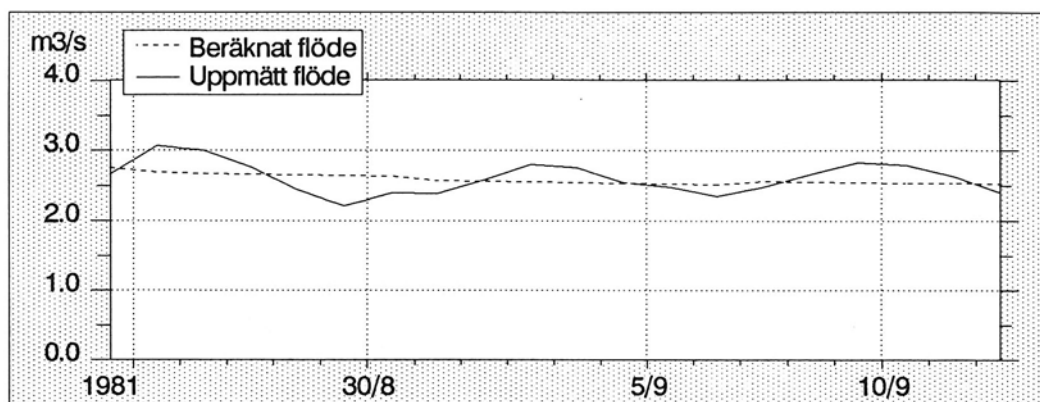
I **figur 5.5** visas överensstämmelsen för ett kortare utdrag ur kalibreringsperioden och i **figur 5.7** visas varaktighetskurvorna för beräknat respektive uppmätt flöde för hela kalibreringsperioden. I **figur 5.6** och **figur 5.8** visas motsvarande resultat för valideringsperioden. Som synes erhöles en mycket god överensstämmelse. Dock underlättades kalibreringsprocessen i det aktuella fallet av att uppmätta data med relativt hög kvalitet fanns tillgängliga.

I **figur 5.10** visas slutligen en samlad bild av överensstämmelsen, mellan beräknat och uppmätt flöde, för hela perioden 1979 - 1991 (exklusive 1985). Efter kalibrering och validering simulerades alltså även åren 1990 och 1991.

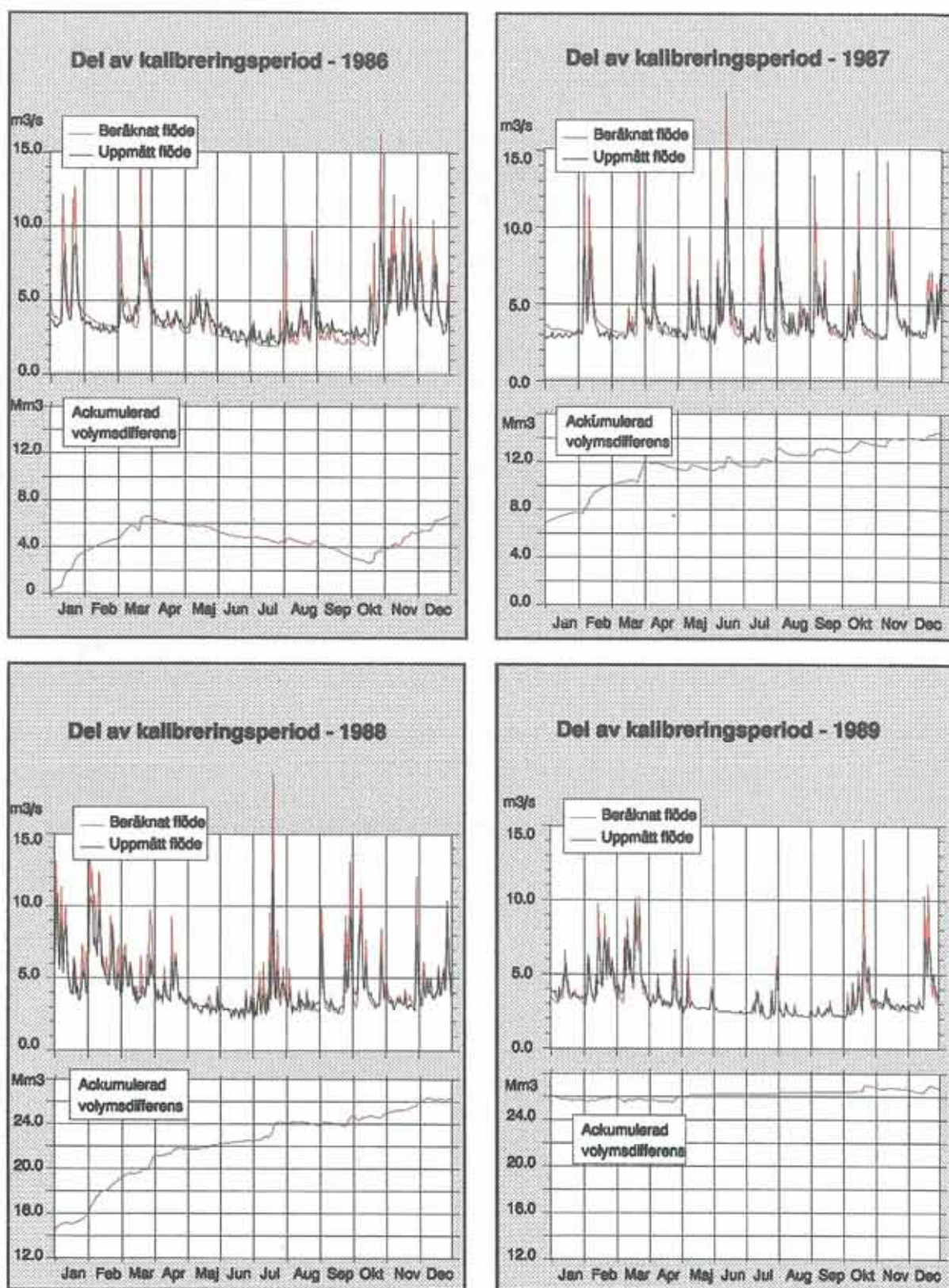
Den goda överensstämmelsen återspeglas också i de erhållna numeriska kriterierna (se definitioner i kapitel 4.3). För både kalibreringsperioden och valideringsperioden erhöles ett volymfel, dV_{ukr} , på mindre än 1 %. Det numeriska kriteriet, $\sigma_{\text{rel,mean}}$, erhöles ett värde på ca 0.15 för kalibreringsperioden och ett värde på ca 0.22 för valideringsperioden.

Som jämförelse kan det nämnas att det icke hydrologiska felet (avvikelsen), $\sigma_{\text{rel,ihf}}$, uppskattades till ca 0.08 för valideringsperioden, se ref./14/. Denna avvikelse kan bl a förklaras med felaktigheter i den uppskattade spillvattenhydrografen. Detta framträder ofta som ett "brus" i den uppmätta flödeshydrografen, jämfört med den beräknade. I **figur 5.3** visas ett exempel på detta "brus" under en längre torrperiod.

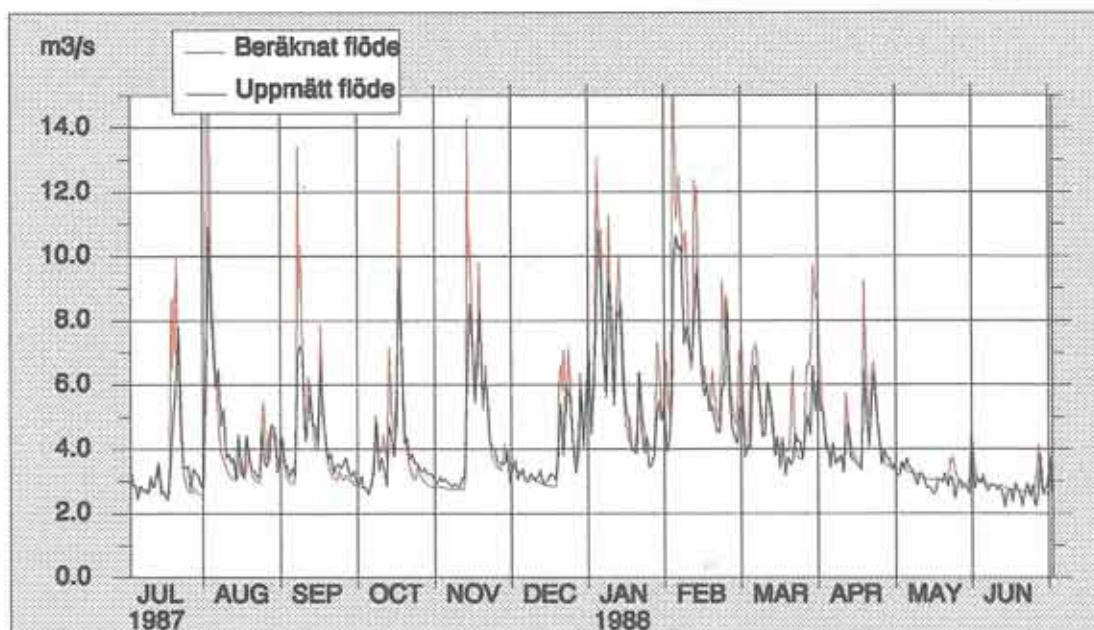
Detta skall tolkas som att värdet 0.08 är en uppskattning av det minsta $\sigma_{\text{rel,mean}}$ -värde som kan erhållas med en "perfekt" hydrologisk modell för det studerade fallet. I det aktuella fallet med MouseNAM är den icke hydrologiska avvikelsen av storleksordningen 1/3 av den totala avvikelsen för valideringsperioden.



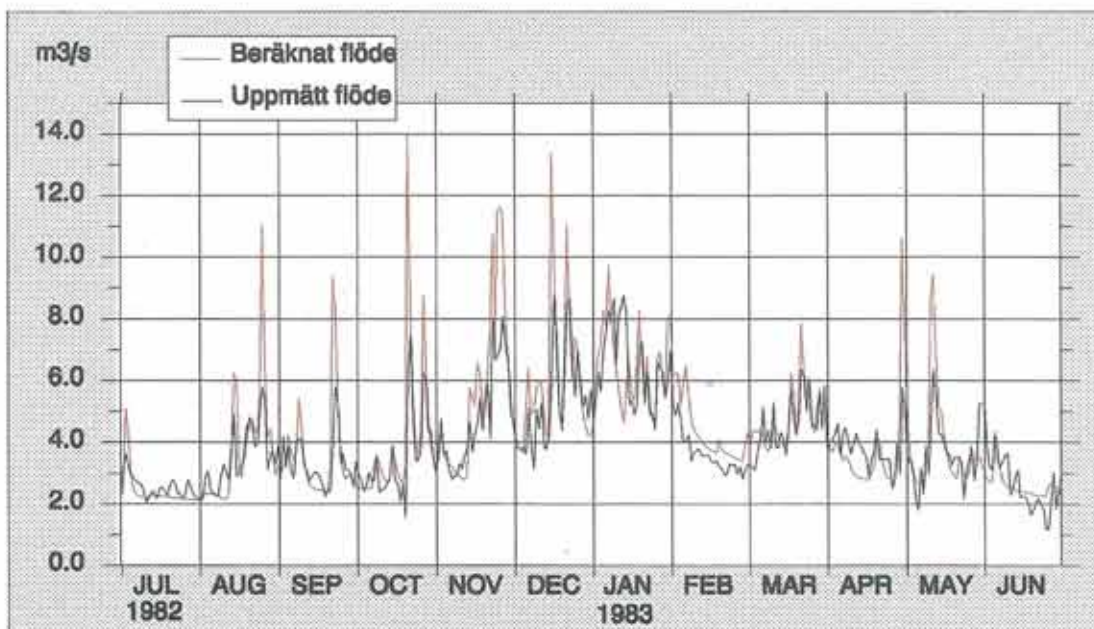
Figur 5.3 Exempel på period som studerats för uppskattning av det icke hydrologiska felet. Ingen nederbörd föll under perioden.



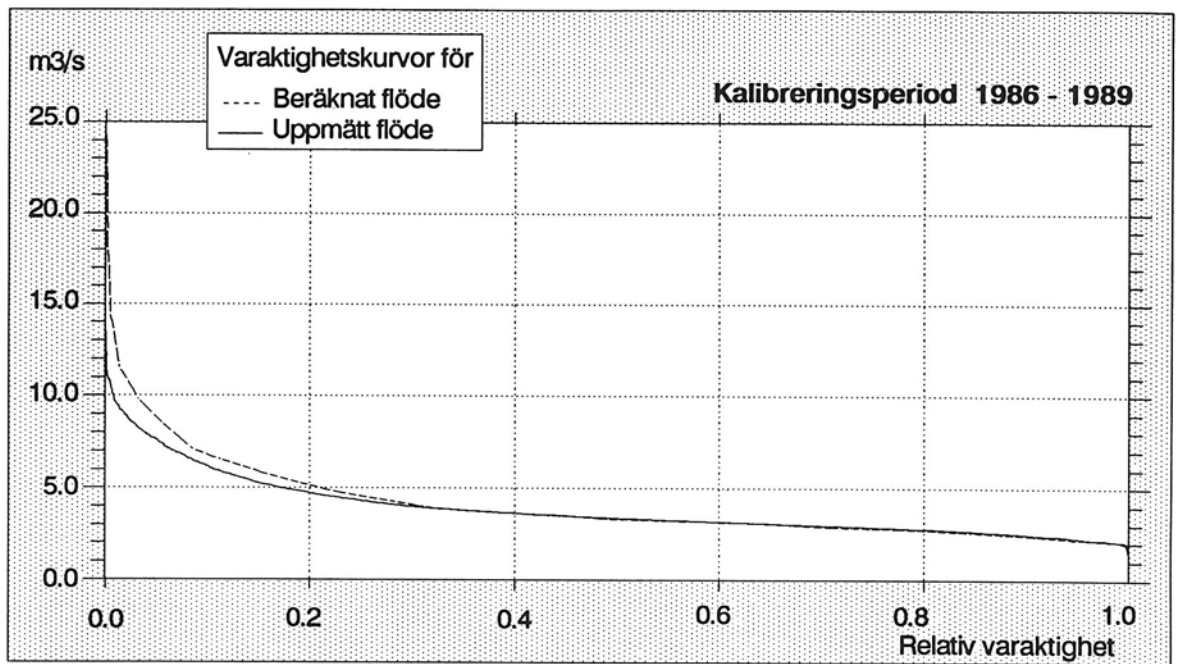
Figur 5.4 Visuell jämförelse av beräknat och uppmätt flöde för hela kalibreringsperioden.



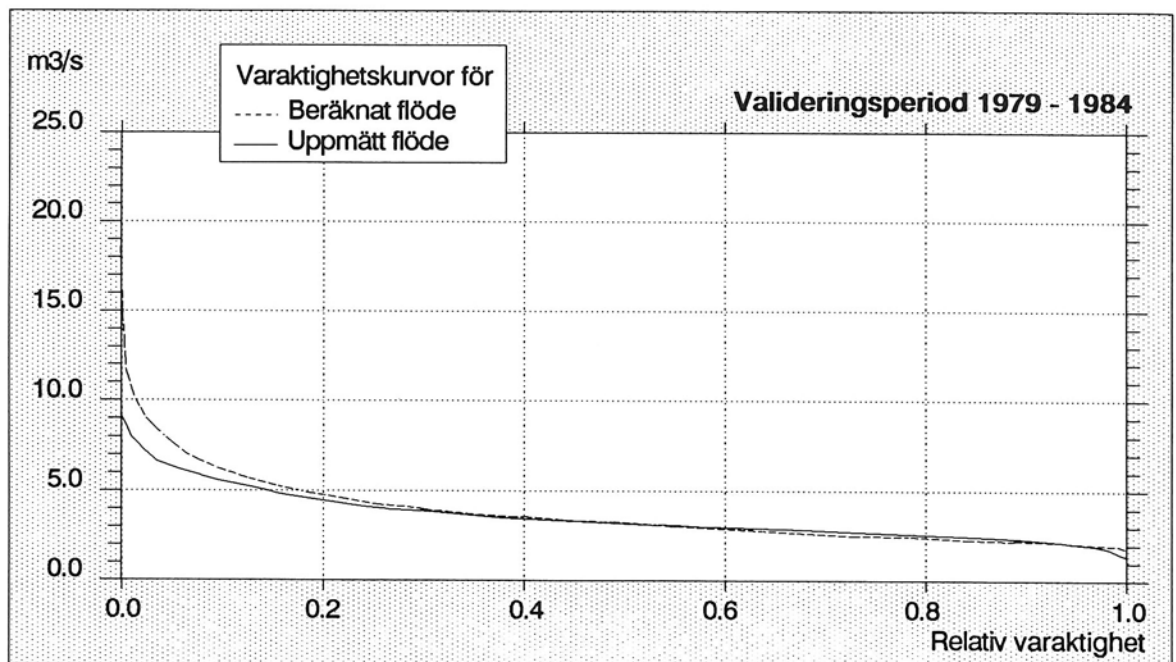
Figur 5.5 Visuell jämförelse av beräknat och uppmätt flöde för del av kalibreringsperioden.



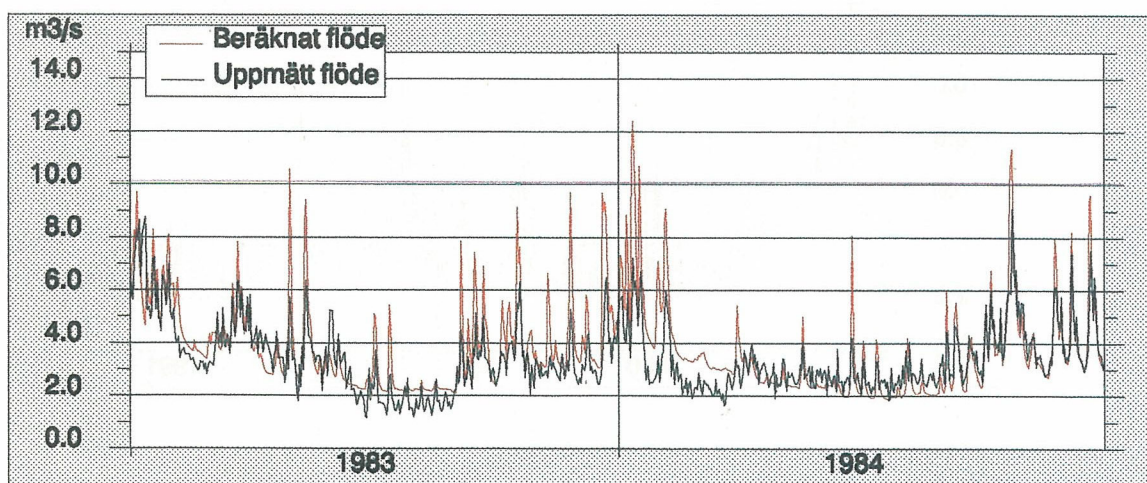
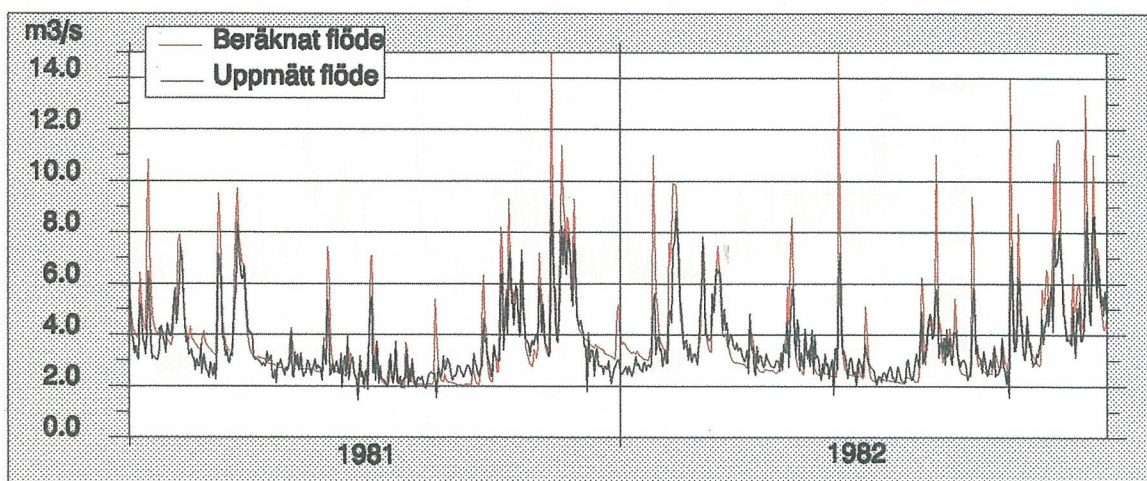
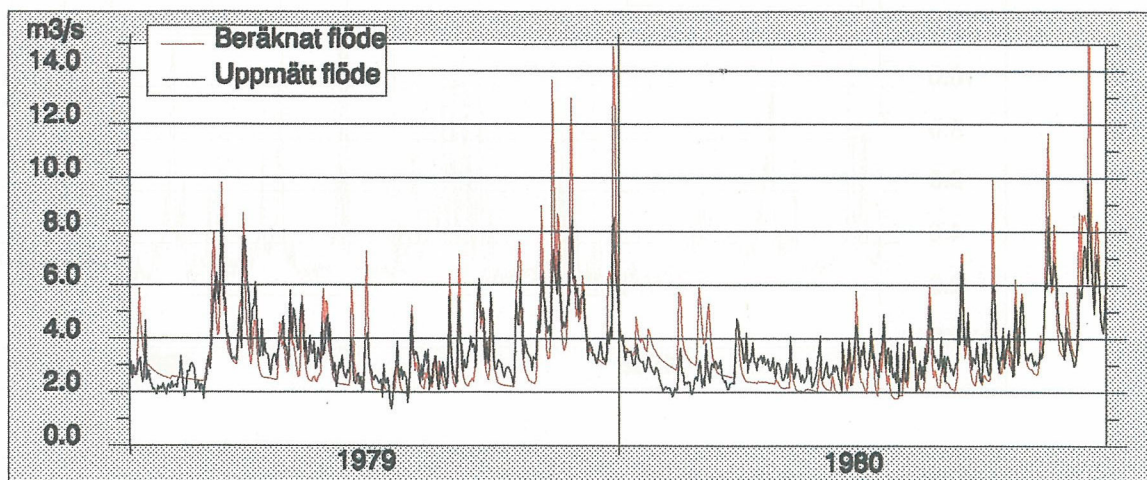
Figur 5.6 Visuell jämförelse av beräknat och uppmätt flöde för del av valideringsperioden.



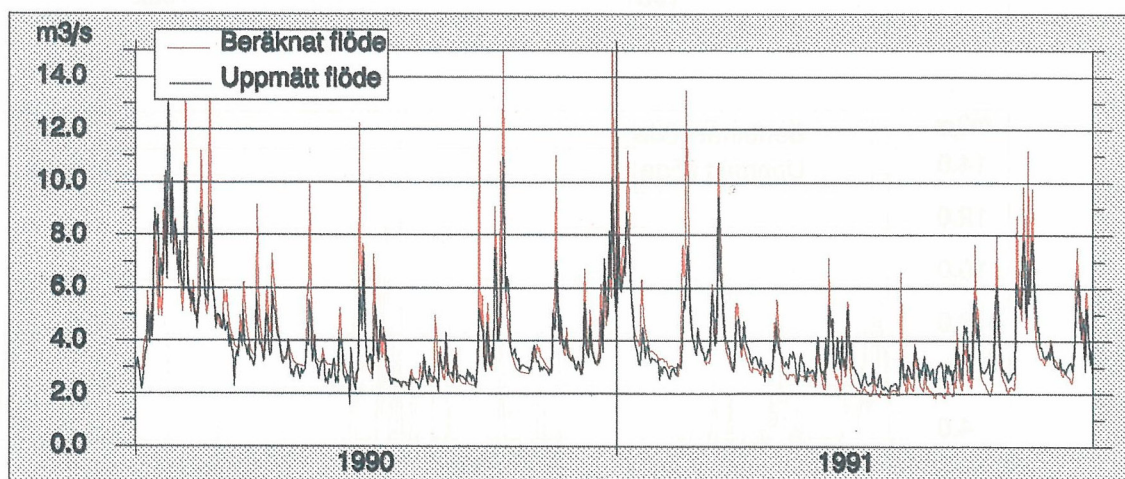
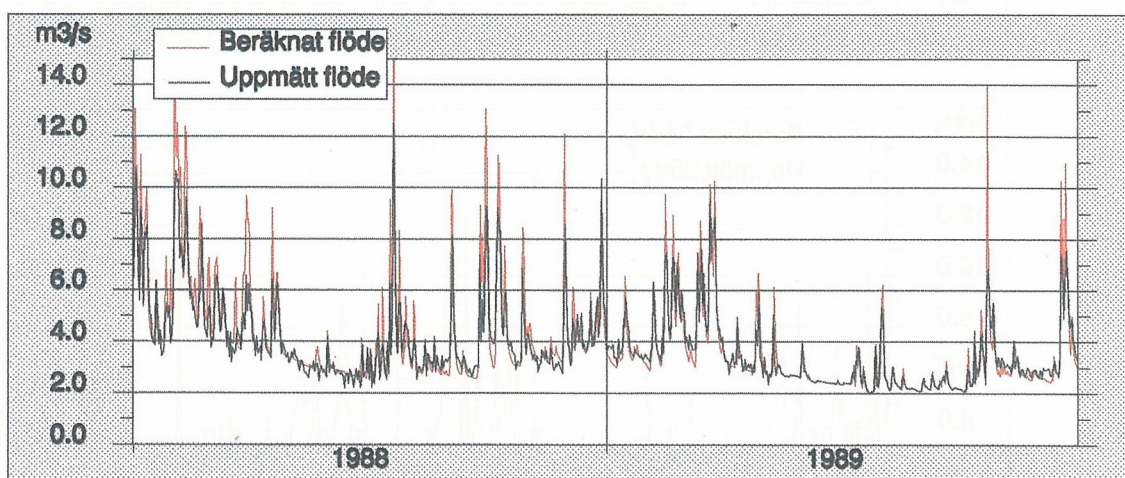
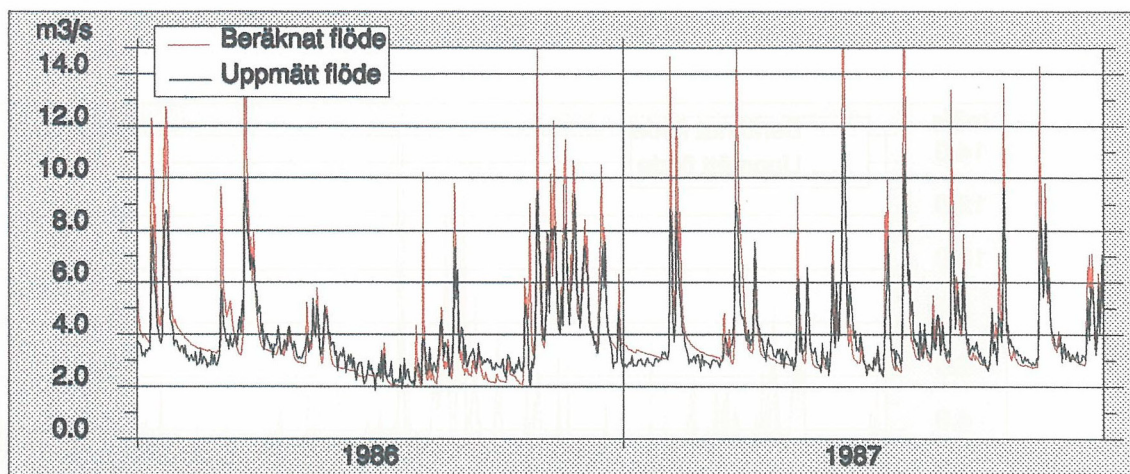
Figur 5.7 Jämförelse av beräknad och uppmätt flöde-varaktighetskurva för kalibreringsperioden.



Figur 5.8 Jämförelse av beräknad och uppmätt flöde-varaktighetskurva för valideringsperioden.

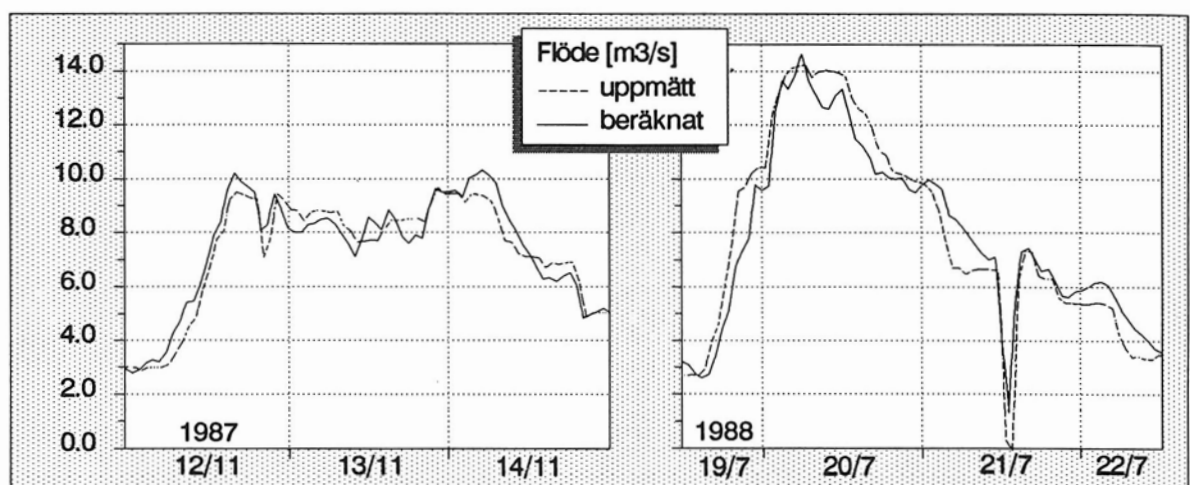


Figur 5.9a Jämförelse av beräknat och uppmätt flöde för perioden 1979 - 1984. Kalibrering utförd mot åren 1986 - 1989.



Figur 5.9b Jämförelse av beräknat och uppmätt flöde för perioden 1986 - 1991. Kalibrering utförd mot åren 1986 - 1989.

I det aktuella projektet formulerades och verifierades även en kombinerad MouseNAM/RÖR-modell för avrinningsområdet, se ref./22/. Härvid användes MouseNAM för att beskriva inloppshydrograferna från 20 delområden, medan MouseRÖR i huvudsak användes för beskrivning av hydrauliken i tunneln och vid de olika bräddavloppen (strypningar vid inloppen till tunneln). I **figur 5.10** visas exempel på verifieringsresultat för denna modell, beräknat och uppmätt pumpat flöde till Ryaverket. Vid de två visade nederbördstillfällena förekommer relativt omfattande bräddning inom avrinningsområdet. Den kombinerade MouseNAM/RÖR-modellen kan dock beskriva dessa fenomen, varför god överensstämmelse även erhöles för toppflödena.



Figur 5.10 Exempel på verifieringsresultat för den kombinerade MouseNAM/RÖR-modellen. Beräknat och uppmätt pumpat flöde till Ryaverket.

Med denna typ av modell, kombinerad hydraulisk/hydrologisk modell, kan alltså den totala bräddvolymen under en viss period uppskattas. Nederbördsdata med relativt hög tidsupplösning krävs dock för trovärdiga resultat, varför bräddvolymen endast uppskattades för perioden 1988 - 1989 (nederbördsdata med hög tidsupplösning fanns endast tillgänglig från oktober 1987).

Med hjälp av den på detta vis uppskattade totala bräddvolymen kunde det numeriska kriteriet, dVökr, uppskattas till mindre än 1 % för perioden 1988 - 1989.

På grund av redan nämnda krav på nederbördsdata kunde kriteriet dVökr ej beräknas för valideringsperioden (1979 - 1984). Validering av den kombinerade MouseNAM/RÖR-modellen kommer dock att utföras fortlöpande (on-line). Bland annat kommer då samtliga numeriska kriterier att beräknas för det simulerade pumpflödet till Ryaverket. Då problemet med att beskriva bräddningen inom modellområdet kan hanteras med denna typ av modell, kommer $\sigma_{rel,mean}$ -kriteriet även att inkludera de observationer där bräddning anses förekomma (se kapitel 4.3.2).

5.2 Parametervariationen

I **tabell 5.5** och **5.6** har en sammanställning gjorts över erhållna parameteruppsättningar för totalt 16 urbana tillämpningar med MouseNAM.

Parametrarna för ytavrinningsmodellens responsfunktion, tid/area metod eller icke linjär magasinmetod, har ej angivits nedan då ytavrinningsmodellen ej använts för simulering av FRC-komponenten (hårdgjorda ytor etc) vid tillämpningarna nedan. FRC-komponenten har istället simulerats med ett fiktivt NAM-område där parametrarna valts så att endast ytavrinning (overland flow) sker. Detta innebär att responsen för FRC-komponenten istället beskrivits med NAM-parametern CKof, varför denna parameter angivits nedan.

Av tabellerna framgår att tillämpningarna täcker in ett brett spektrum vad gäller storlek på avrinningsområden, från 117 ha för Donsö RV (Göteborg) till 21200 ha för Ryaverket (Göteborg).

Då sammanställningen täcker in ett stort antal tillämpningar, kan den exempelvis användas för att visa inom vilka rimliga gränser som de olika parametervärdena bör ligga vid framtida tillämpningar. Vissa av parametrarna har ett mindre variationsspann (övre/undre kvartil), som exempelvis CKof (NAM-modellen), Csnow, Umax och Lmax. Umax för FRC-komponenten har satts till 0.6 mm för samtliga tillämpningar utom Donsö och Styrso. Detta är sannolikt en effekt av att parametern är av mindre betydelse i förhållande till de övriga. Bland de parametrar som har ett större variationsspann syns speciellt Afrc och CQof, men även Asrc och CKof (ytavrinningsmodellen) varierar relativt mycket mellan de olika områdena.

Parametrarna Afrs och Asrc anger hur stor del av det totala urbaniserade avrinningsområdet som avrinner till den punkt där flödet studeras, exempelvis flödet till ett reningsverk. Resterande delar av området avvattnas via naturliga vattendrag och eventuella andra ledningssystem, exempelvis dagvattennät. Parametern Asrc speglar mängden inläckage i ledningsnätet och är i princip ett mått på hur olyckligt man utformat sitt ledningsnät i förhållande till de geohydrologiska förutsättningarna. Afrc-parametern definierar den yta som avvattnas med ett snabbt avrinningsförlopp utan att påverkas av den hydrologiska situationen, exempelvis direktanslutna hårdgjorda ytor. Dessa parametrar är viktiga för simulering av den totala avrunna volymen.

I kapitel 4.2.1 påpekades att de flödeskomponenter som ej är nederbördsberoende, exempelvis spillvattenkomponenten, måste uppskattas och hanteras utanför MouseNAM. Den totala spillvattenvolymen uppskattas ofta utgående från den årliga debiterade vattenmängden. Denna volym är ofta i storleksordningen 10 till 20 % mindre än den producerade vattenmängden beroende på olika typer av förluster på vattenledningsnätet. Det kan dock spekuleras i vart denna volym tar vägen. Utan tvekan kommer en viss andel av detta vatten att läcka in i spillvattensystemet, vilket innebär att större andel av det totala flödet än vad som antagits är icke nederbördsberoende. Vid kalibrering av modellen kommer dock denna volym att beskrivas med modellparametrarna. Effekterna på modellparametrarna kommer då i princip att vara ett något förhöjt värde på parametrarna Asrc och CKbf. Å andra sidan kan det finnas

fall då delar av den debiterade vattenmängden ej transporteras via spillvattensystemet, exempelvis i de fall då renvatten används för bevattning av gräsmattor etc där vattnet sugs upp av växtligheten. Det finns därför ingen anledning att dra för långtgående slutsatser av de ovan diskuterade osäkerheterna i bedömd spillvattenvolym med mer än att det är viktigt att en så god uppskattning som möjligt bör göras.

Simulerade toppflöden påverkas huvudsakligen av parametern A_{frc} , tidskonstanten för ytavrinningsmodellen (CKof), ytavrinningskoefficienten för NAM-modellen (CQof) och till viss del av tidskonstanten för overland flow i NAM-modellen (CKof). Tidskonstanten för ytavrinningsmodellen styrs av områdets storlek och topografi, ytoras fördelning inom området samt magasineringseffekter i ledningsnätet.

Ytavrinningskoefficienten för NAM-modellen uppvisar generellt sett relativt låga värden, dvs stor andel av nederbörden infiltrerar och perkolerar för vidare grundvattentransport. För vissa områden har dock högre värden erhållits, speciellt i de områden där geologin i huvudsak består av lågpermeabla jordlager (lera etc) eller tunna jordlager (berg i dagen etc). Exempelvis erhöles mycket höga värden på CQof för Donsö och Styrö då stor del av dessa områden består av berg i dagen. Även områden som Göteborg (Ryaverket) med stora lerlager och berg i dagen samt Trollhättan med relativt tunna jordlager erhöles höga värden på CQof.

Graddagskoefficienten C_{snow} har vid samtliga tillämpningar utom Ryaverket, Göteborg satts till samma värde för FRC- och SRC-komponenten. För Ryaverkets avrinningsområde erhöles ett högre värde för FRC-komponenten (hårdgjorda ytor etc) jämfört med SRC-komponenten. Detta skulle kunna bero på dels den höga trafikintensiteten och därmed förhållandevis varma vägytor, dels omfattande saltning av vägarna.

Avrinningsområde	Aurb [ha]	Afrc [%]	Asrc [%]	Ytavrinningsmodell		
				Umax [mm]	CKof [tim]	Csnow [mm/C/d]
Gävle, Duvbackens RV	5000	2.4	28.0	0.6	3.0	5.5
Gävle, Hedesunda RV	233	0.9	16.1	0.6	1.0	7.0
Gävle, Stenborgs pstn	3400	2.1	27.0	0.6	1.2	5.5
Göteborg, Donsö RV	117	1.3	26.0	1.0	3.0	5.0
Göteborg, Ryaverket	21200	10.4	51.7	0.6	7.0	5.0
Göteborg, Styrso RV	142	0.8	23.0	1.0	1.5	5.0
Halmstad RV	2600	7.7	46.0	0.6	1.5	--
Helsingborgs RV	13000	3.0	22.3	0.6	2.0	3.0
Kalmar RV	3300	3.0	23.0	0.6	1.5	2.5
Kungsbacka RV	1500	2.5	25.0	0.6	4.0	3.0
Landskrona RV	2480	4.8	35.9	0.6	1.5	--
Norrköpings RV	4900	4.1	51.0	0.6	2.0	2.0
Sundsvall, Tivoliverket	1720	6.4	49.0	0.6	2.0	3.0
Sävsjö, Stockaryds RV	150	1.7	35.3	0.6	1.0	2.0
Trollhättans RV	2200	15.0	77.0	0.6	6.0	3.0
Örebro RV	2700	5.6	88.9	0.6	2.0	4.5
MEDIAN	2540	3.0	31.6	0.6	2.0	3.75
ÖVRE KVARTIL	4150	6.0	50.0	0.6	3.0	5.0
UNDRE KVARTIL	866	1.9	24.0	0.6	1.5	3.0
MAX	21200	15.0	88.9	1.0	7.0	7.0
MIN	117	0.8	16.1	0.6	1.0	2.0

Tabell 5.5 Sammanställning av erhållna parametervärden för de globala area parametrarna samt ytavrinningsmodellens parametrar.

Avrinningsområde	U _{max} [mm]	L _{max} [mm]	CQ _{of}	CK _{of} [tim]	CK _{if} [tim]	CK _{bf} [tim]	To _f [%]	Ti _f [%]	T _g [%]	C _{snow} [mm/ C/d]
Gävle, Duvbackens RV	10	100	0.20	40	200	2000	0	0	0	5.5
Gävle, Hedesunda RV	10	100	0.25	10	600	1200	0	0	0	7.0
Gävle, Stenborgs pstn	5	75	0.15	30	200	800	40	0	0	5.5
Göteborg, Donsö RV	13	200	0.70	20	300	1000	0	0	0	5.0
Göteborg, Ryaverket	5	180	0.35	18	150	2000	15	0	0	3.0
Göteborg, Styrö RV	13	200	0.70	20	600	1500	0	0	0	5.0
Halmstad RV	5	200	0.10	30	500	2500	40	20	20	--
Helsingborgs RV	5	200	0.20	20	500	4000	0	0	0	3.0
Kalmar RV	10	150	0.05	10	400	800	27	63	23	2.5
Kungsbacka RV	5	200	0.10	20	600	1000	15	0	0	3.0
Landskrona RV	5	200	0.10	15	400	1400	0	0	0	--
Norrköpings RV	5	200	0.30	15	500	4000	40	0	0	2.0
Sundsvall, Tivoliverket	5	200	0.10	20	200	2500	20	0	0	3.0
Sävsjö, Stockaryds RV	5	150	0.10	20	200	1500	0	0	20	2.0
Trollhättans RV	5	200	0.45	20	200	1000	40	0	0	3.0
Örebro RV	5	150	0.10	20	500	1500	53	0	0	4.5
MEDIAN	5	200	0.18	20	400	1500	15	0	0	3.0
ÖVRE KVARTIL	10	200	0.33	20	500	2250	40	0	0	5.0
UNDRE KVARTIL	5	150	0.10	16	200	1000	0	0	0	3.0
MAX	13	200	0.70	40	600	4000	53	63	23	7.0
MIN	5	75	0.05	10	150	800	0	0	0	2.0

Tabell 5.6 Sammanställning av erhållna parametervärden för NAM-modellens parametrar.

5.3 Konsekvenser av olika parameteruppsättningar

Flödesbilden inom ett urbant avrinningsområde påverkas i huvudsak av;

- de lokala meteorologiska förhållandena,
- avrinningsområdets geohydrologiska karakteristik,
- ledningsnätets utformning och kondition.

Erhållna parametervärden vid verifiering av en MouseNAM-modell kan tolkas som ett övergripande mått på de två senare faktorerna. I princip kommer Area-parametrarna och parametrarna för FRC-komponentens respons att beskriva ledningsnätets utformning och kondition medan övriga NAM-parametrar i princip åskådliggör avrinningsområdets geohydrologiska karaktär.

Konsekvenserna av olika parameteruppsättningar kan studeras utgående från simuleringar med samma meteorologiska data. Simuleringar enligt denna princip har genomförts för ett antal av de i kapitel 5.2 redovisade parameteruppsättningarna, nämligen:

- | | | |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1. Gävle, Hedesunda RV | 5. Landskrona RV | 9. Gävle, Duvbackens RV |
| 2. Göteborg, Donsö RV | 6. Sundsvall, Tivoliverket | 10. Kungsbacka RV |
| 3. Halmstad RV | 7. Trollhättans RV | 11. Sävsjö, Stockaryds RV |
| 4. Kalmar RV | 8. Örebro RV | 12. Norrköpings RV |

Vid dessa simuleringar har nederbördsdata från Lundby, Göteborg, se ref./3/, använts. Den potentiella avdunstningen har beskrivits med månadsnormalvärden för Torslanda, Göteborg, enligt SMHI (Penmans formel för gräs enligt Eriksson). Snömagasinet har ej aktiverats i denna studie varför temperaturdata ej erfordras. Simuleringar har utförts för en 5-årsperiod, 1930 - 1934, varvid 12-timmarsmedelvärden beräknats för hela perioden. Dessutom har 2-timmarsmedelvärden beräknats för året 1931. Vid samtliga simuleringar har tidssteget 1 timme använts.

Statistisk bearbetning av en beräknad flödesserie kan utföras på en mängd olika sätt. Vald metodik styrs i huvudsak av syftet med tillämpningen. Som exempel kan nämnas:

- o Rangordning av flödestoppar för etablering av sambandet mellan flöde och återkomsttid.
- o Rangordning av flödesvolym över en viss flödesnivå, exempelvis kapaciteten i en pumpstation vid studie av bräddvolym.
- o Etablering av varaktighetskurvan för flödesserien.
- o Etablering av vattenbalansen för avrinningsområdet.

I kapitel 6 diskuteras bl a intressanta tillämpningsområden av MouseNAM där exempel ges på olika statistiska bearbetningar. I de följande två kapitlen har konsekvenserna av olika parameteruppsättningar studerats genom etablering av dels varaktighetskurvor för de simulerade flödesserierna, dels vattenbalanser för studerade avrinningsområden, definierade av respektive parameteruppsättning.

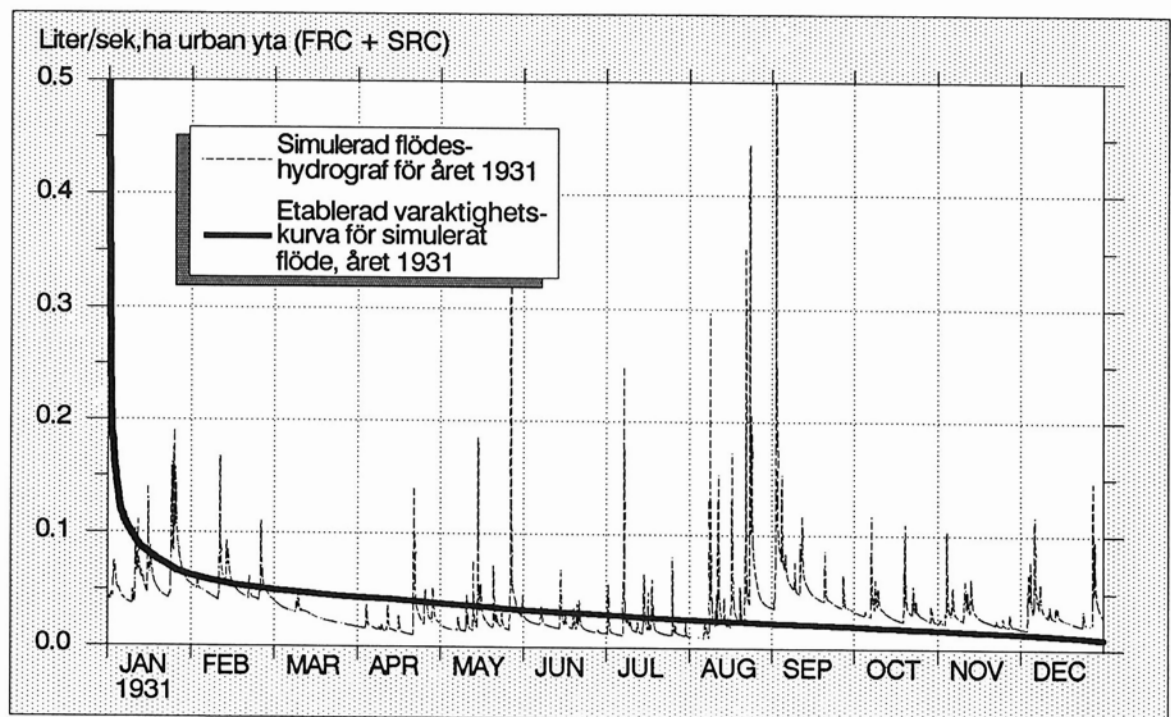
För att kunna jämföra simuleringsresultaten för de olika områdena har flödena normerats mot respektive områdes totala urbana yta, Aurb. För vattenbalanserna har även nederbörds- och avdunstningsvolym normerats mot denna yta. Detta innebär sammantaget att enheten på varaktighetskurvorna blir [liter per sekund och ha urban yta] och enheten för vattenbalanserna blir [m³ per m² urban yta].

Dessutom har varaktighetskurvor etablerats där simulerade flöden normerats mot respektive områdes spillvattenflöde. Enheten för dessa varaktighetskurvor blir därmed [(liter / sekund) per (liter / sekund spillvattenflöde)].

5.3.1 Varaktighetskurvor

Flöde-varaktighetskurvor innehåller en maximal mängd av information om flödesbilden. Den kan exempelvis användas för val av optimal driftpunkt för pumpstationer, val av lämpligt dimensionerande flöde för reningsverk baserat på den verkliga flödessituationen, studie av årliga bräddvolym, generell studie av förhållandet mellan låga och höga flöden etc.

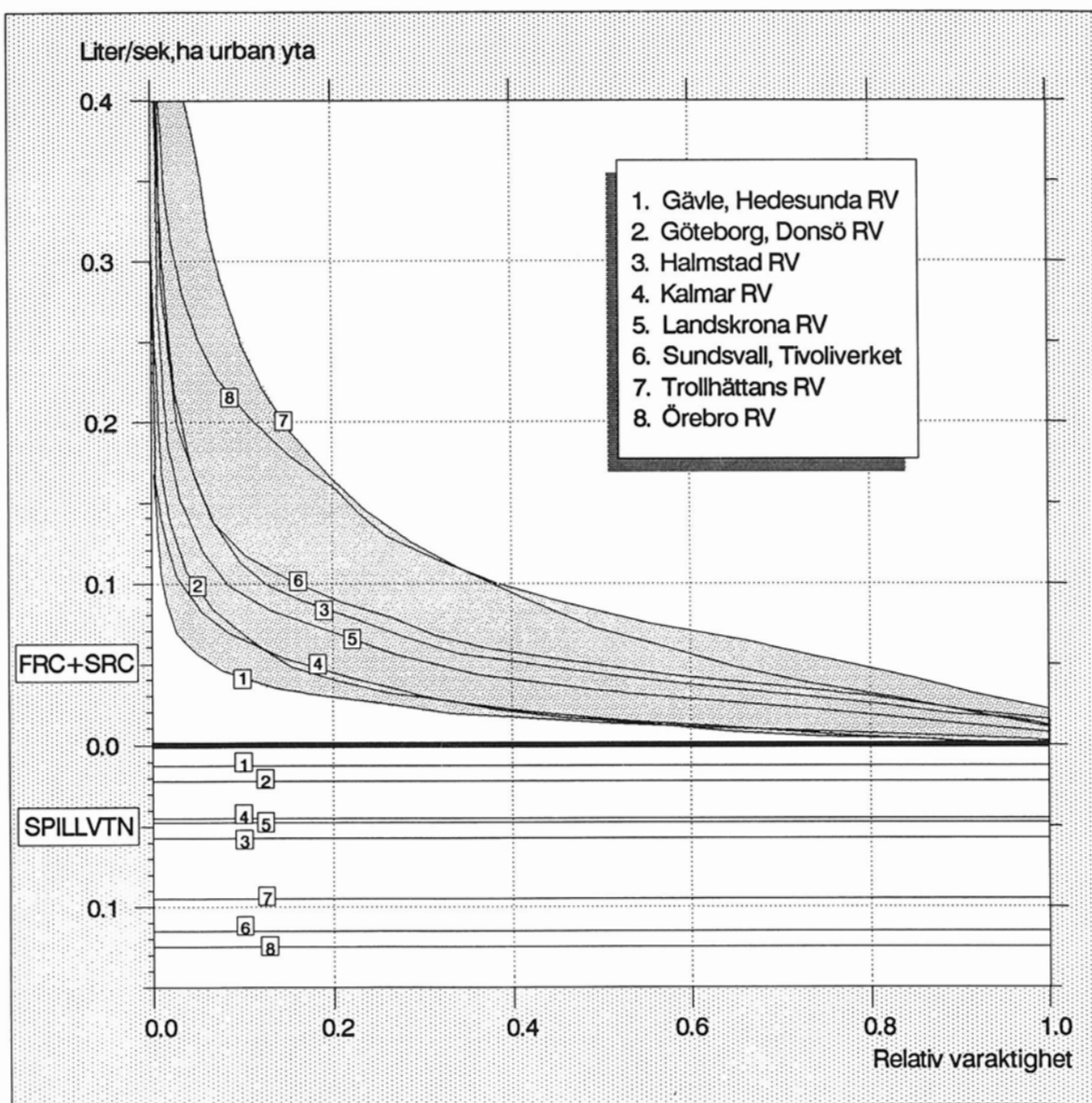
Denna typ av information är svår att få fram genom att endast titta på beräknade flödeshydrografer. I **figur 5.11** visas dels en beräknad flödeshydrograf, dels motsvarande varaktighetskurva. Exemplet är baserat på simulering med parameteruppsättningen för Kungsbacka reningsverk.



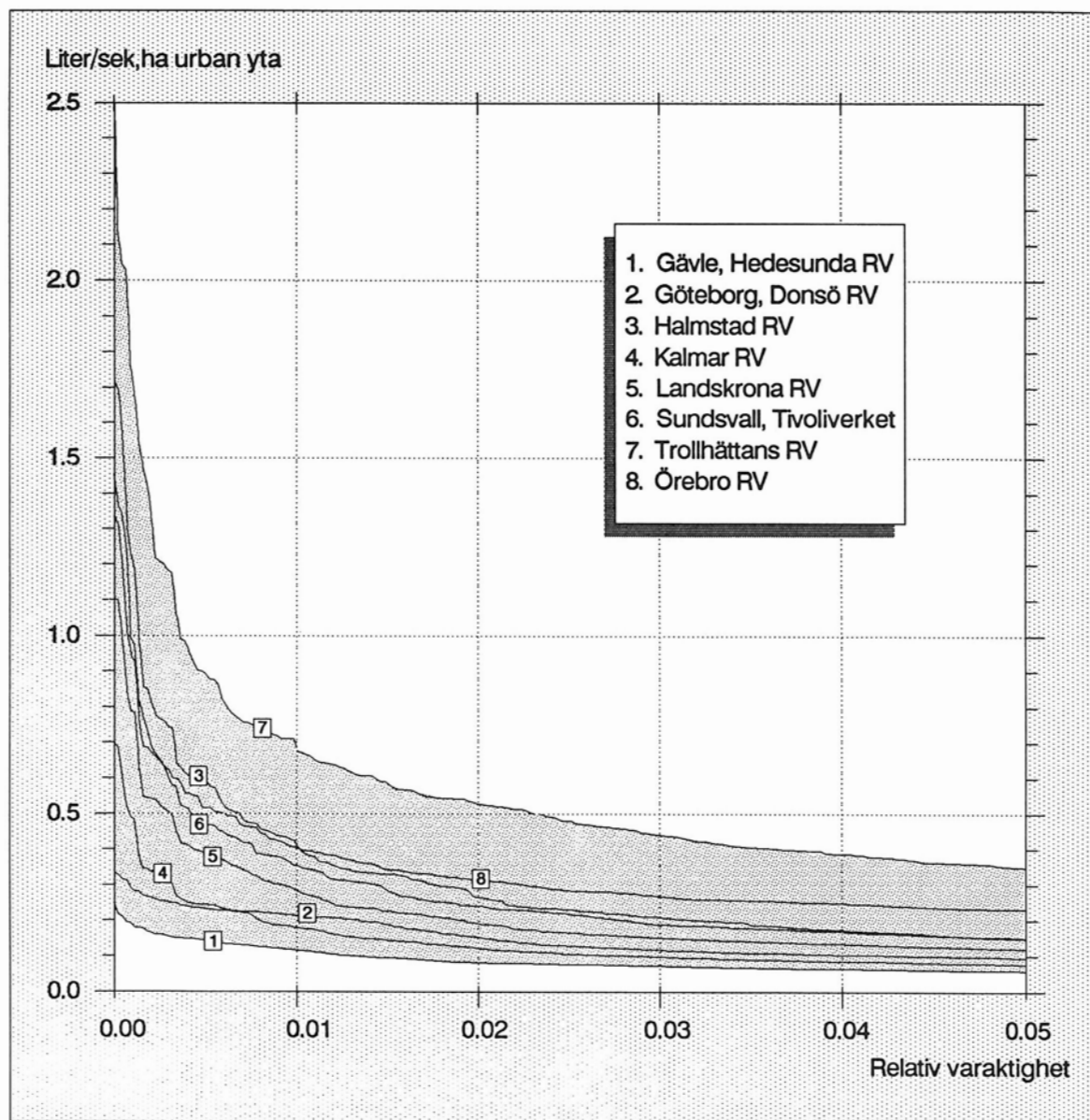
Figur 5.11 Exempel på beräknad flödeshydrograf med tillhörande varaktighetskurva.

I **figur 5.12** redovisas de framtagna varaktighetskurvorna, baserade på simuleringar för perioden 1930 - 1934, se ovan. I **figur 5.13** redovisas de framtagna varaktighetskurvorna, baserade på simuleringar för året 1931, se ovan. För överskådlighetens skull har endast varaktighetskurvorna för område 1 till 8 (se ovan) redovisats i figurena.

Som synes erhöles en stor spridning mellan varaktighetskurvorna för de olika parameteruppsättningarna, både vad gäller total volym och fördelningen mellan låga och höga flöden. Varaktighetskurvorna för område 7 och 8 utmärker sig speciellt genom att de ligger klart högre än de övriga. Detta beror i huvudsak på de höga Asrc-värdena för de två områdena



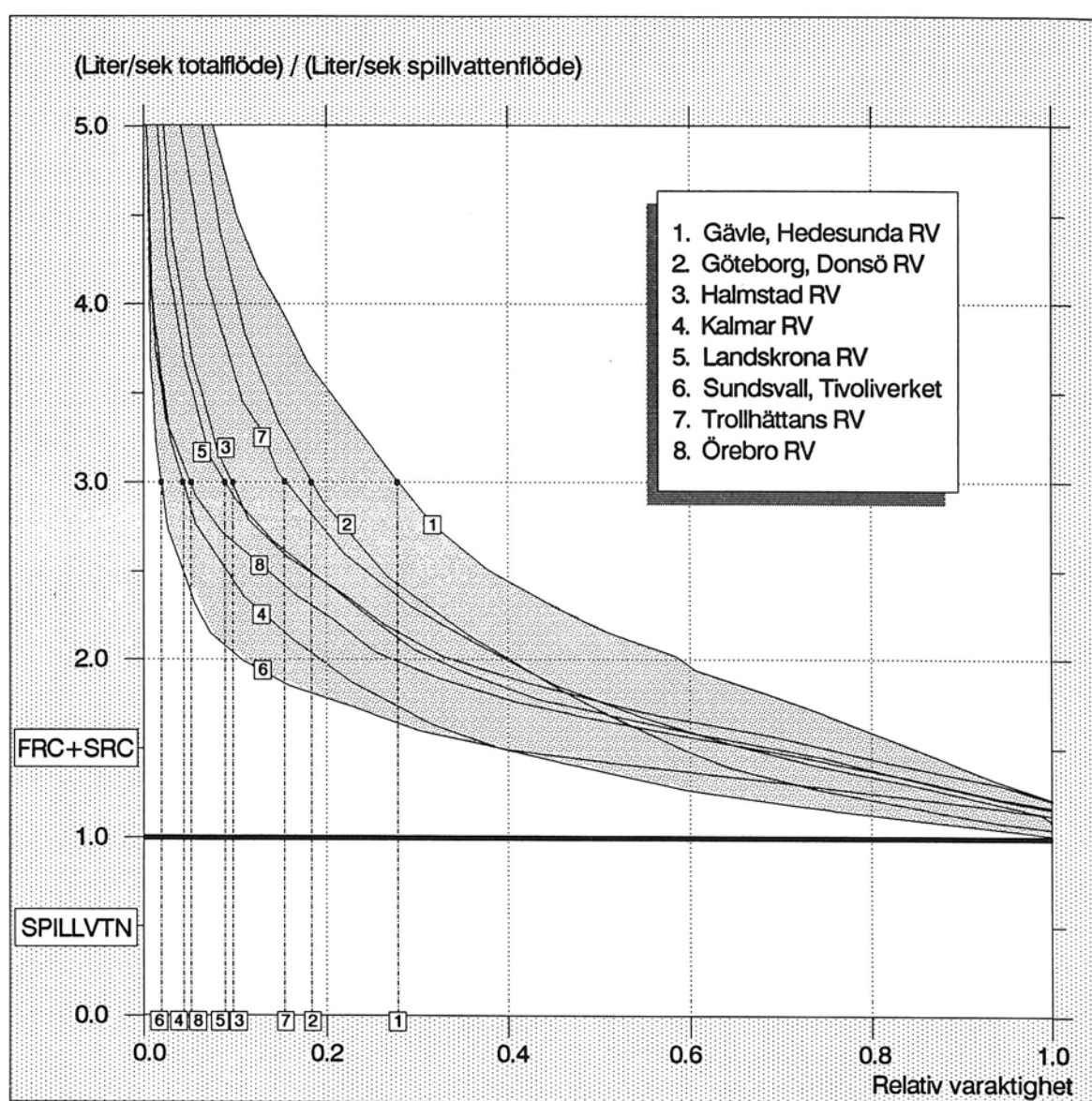
Figur 5.12 Varaktighetskurvor baserade på simuleringar för perioden 1930 - 1934. Flödet har normerats mot respektive områdes urbana yta, Aurb.



Figur 5.13 Varaktighetskurvor baserade på simuleringar för året 1931. Flödet har normerats mot respektive områdes urbana yta, Aurb.

Det är intressant att varaktighetskurvorna för område 2 och 4 är så lika trots stora skillnader i parametervärden. Detta speglar dock betydelsen av parametern $Asrc$, vilken är av ungefär samma storleksordning för de två områdena. I **figur 5.13** visar sig dock effekten av framför allt den stora skillnaden i parametrarna $CQof$ och $Afrc$, men även skillnaden i tidskonstanterna för ytavrinningsmodellen (FRC) respektive överland flow i NAM-modellen ("snabb" SRC). Att varaktighetskurvorna för område 1 och 2 ej uppvisar samma markanta höjning som de övriga, vid en relativ varaktighet mindre än 0.01, beror i huvudsak på de låga $Afrc$ -värdena för dessa två områden.

I **figur 5.14** redovisas samma varaktighetskurvor som i **figur 5.12**, men efter normering mot respektive områdes spillvattenflöde istället för mot urban yta, Aurb. Figuren visar därmed i princip varaktigheten för olika utspädningsgrader för respektive område. Vid traditionell dimensionering av exempelvis reningsverk ansätts ofta kapaciteten, Q_{kap} , till i princip en schablonmässig multipel av spillvattenflödet, Q_{spill} . Vid skalan för relativ varaktighet har det för respektive område markerats under hur stor del av den studerade perioden som kapaciteten, Q_{kap} , överskrids om denna beräknas som $3 \times Q_{spill}$. Som synes kan stora variationer erhållas vid dimensionering av exempelvis ett reningsverk då hänsyn ej tagits till det aktuella områdets ledningsnät och hydrologiska förutsättningar.



Figur 5.14 Varaktighetskurvor baserade på simuleringar för året 1931. Flödet har normerats mot respektive områdes spillvattenflöde.

5.3.2 Vattenbalanser

Vattenbalansen för ett ledningsnäts avrinningsområde ger en samlad bild av volymen nederbörd som genereras över de delar av det totala urbaniserade området som avvattnas till ledningsnätet samt nederbördens volymsfördelning mellan avdunstning och avrinning beroende på geohydrologi etc. Dessutom kan fördelningen mellan de olika flödeskomponenterna uppskattas.

I **figur 5.15** redovisas vattenbalansen för respektive område. Vattenbalanserna är baserade på simuleringar för perioden 1930 - 1934, se ovan. Volymerna redovisas dock som årsvärden för ett medelår, baserat på denna 5-årsperiod.

Höjden på staplarna över noll-linjen speglar summan av parametervärdena A_{frc} och A_{src} , dvs hur stor del av det totala urbaniserade avrinningsområdet som avvattnas till den punkt där flödet simuleras, exempelvis ett reningsverk. Övriga delar av det totala avrinningsområdet avvattnas via naturliga vattendrag och övriga ledningsnät, exempelvis dagvattennät. Med andra ord anger staplarnas höjd hur stor del av den totala volymen nederbörd, genererad över hela det urbaniserade avrinningsområdet, som genereras inom respektive ledningsnäts avrinningsområde, dvs de delar av det totala området som bidrar med avrinning till den punkt där flödet simuleras. För den simulerade perioden var årsmedelnederbörden 781 mm, dvs diagrammets höjd i **figur 5.15**.

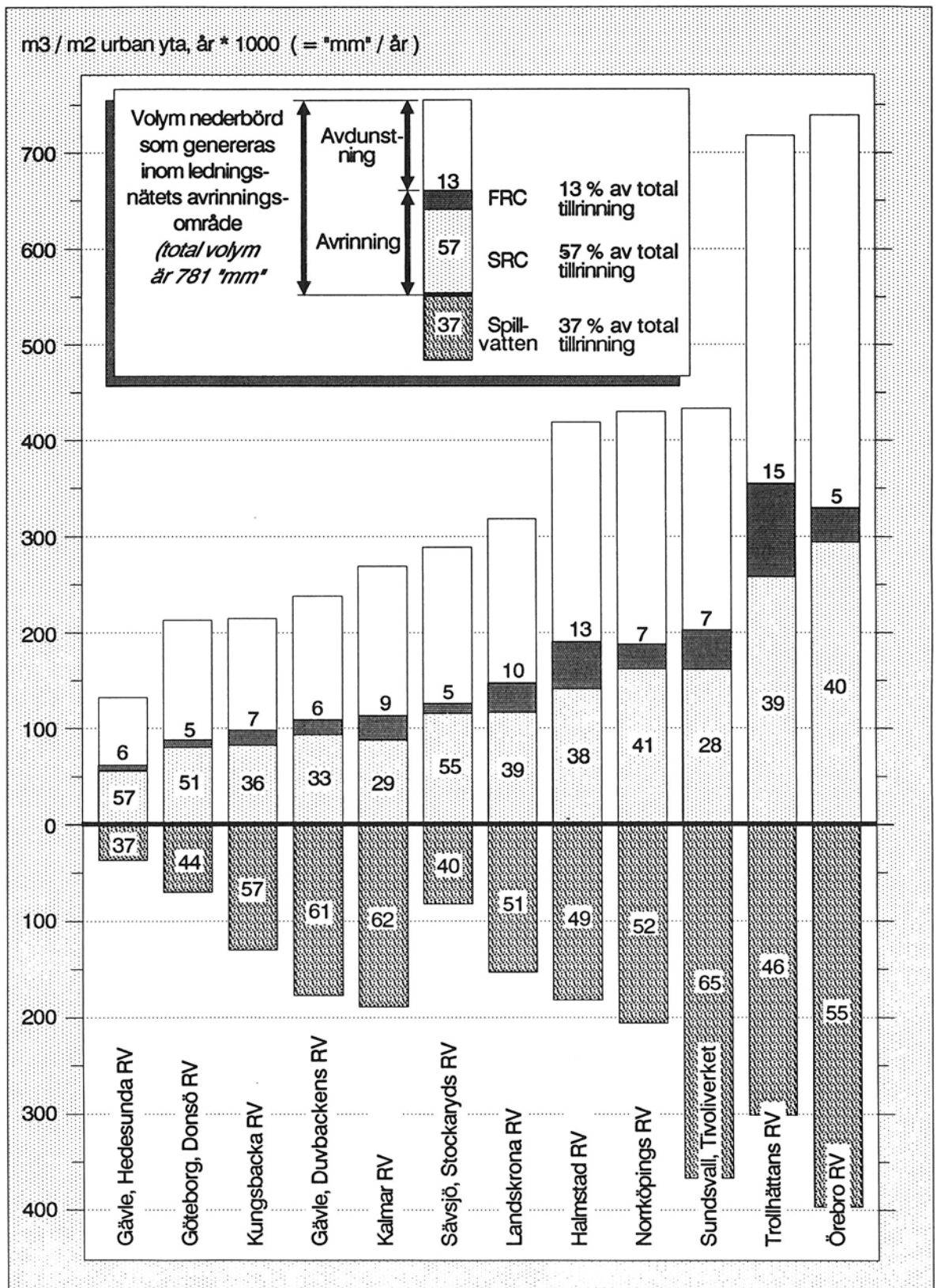
Hur stor del av den genererade volymen nederbörd (inom ledningsnätets avrinningsområde) som avdunstar respektive avrinner styrs i huvudsak av parametrarna U_{max} , L_{max} och T_g , se kapitel 2.5.1. Även det inbördes förhållandet mellan parametrarna A_{frc} och A_{src} påverkar andelen avdunstning då avdunstningen från en hårdgjord yta är mycket mindre än från bevuxen mark.

Staplarna under noll-linjen anger den årligen genererade spillvattenvolymen per urbaniserad yta. Höjden på staplarna speglar därmed i princip exploateringsgraden inom respektive område.

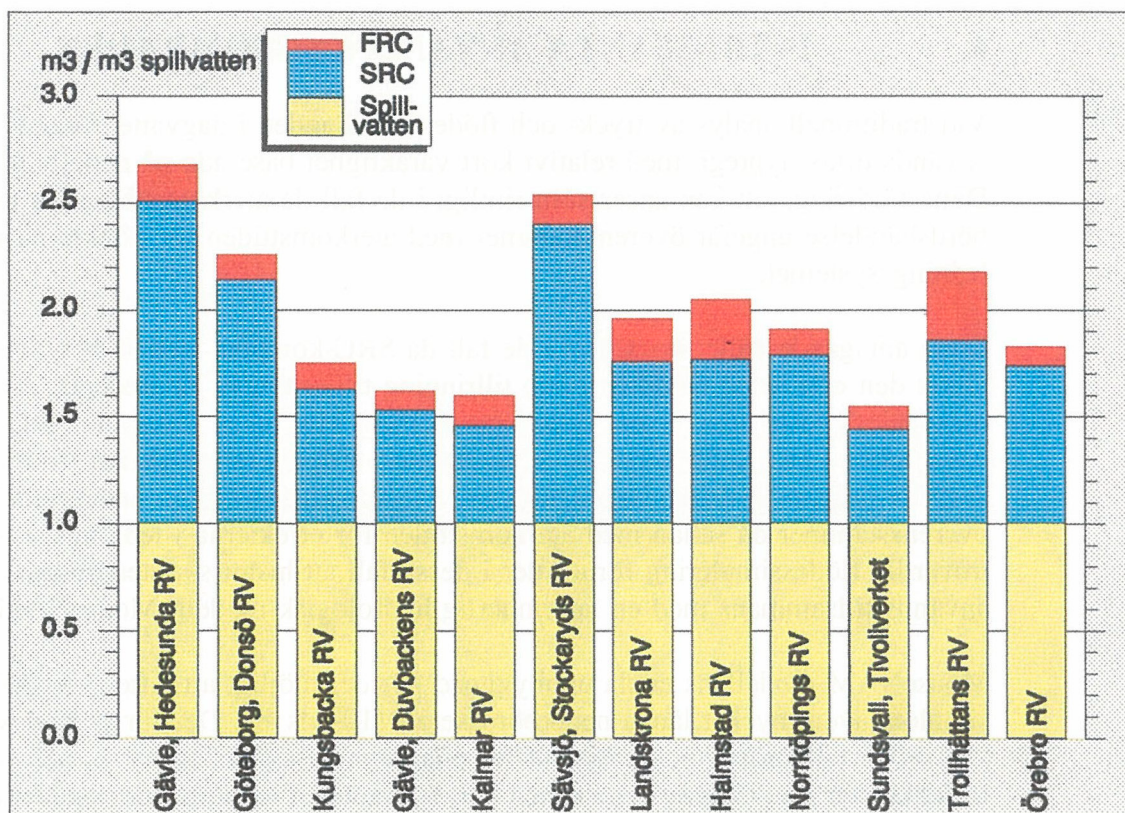
Siffrorna i staplarna anger flödeskomponenternas andel i procent av den totala tillrinningsvolymen för respektive område (reningsverk). SRC-komponenten uppvisar genomgående mycket högre andel än FRC-komponenten. FRC-komponentens andel varierar mellan 5 och 15 %. SRC-komponentens andel varierar mellan 28 och 57 %. Spillvattenkomponentens andel varierar mellan 37 och 65 %.

I **figur 5.16** redovisas flödeskomponenternas årliga volymer uttryckt som andelar spillvattenvolym, dvs samma information som i **figur 5.15**, men efter normering mot respektive områdes årliga spillvattenvolym istället för mot urban yta, A_{urb} .

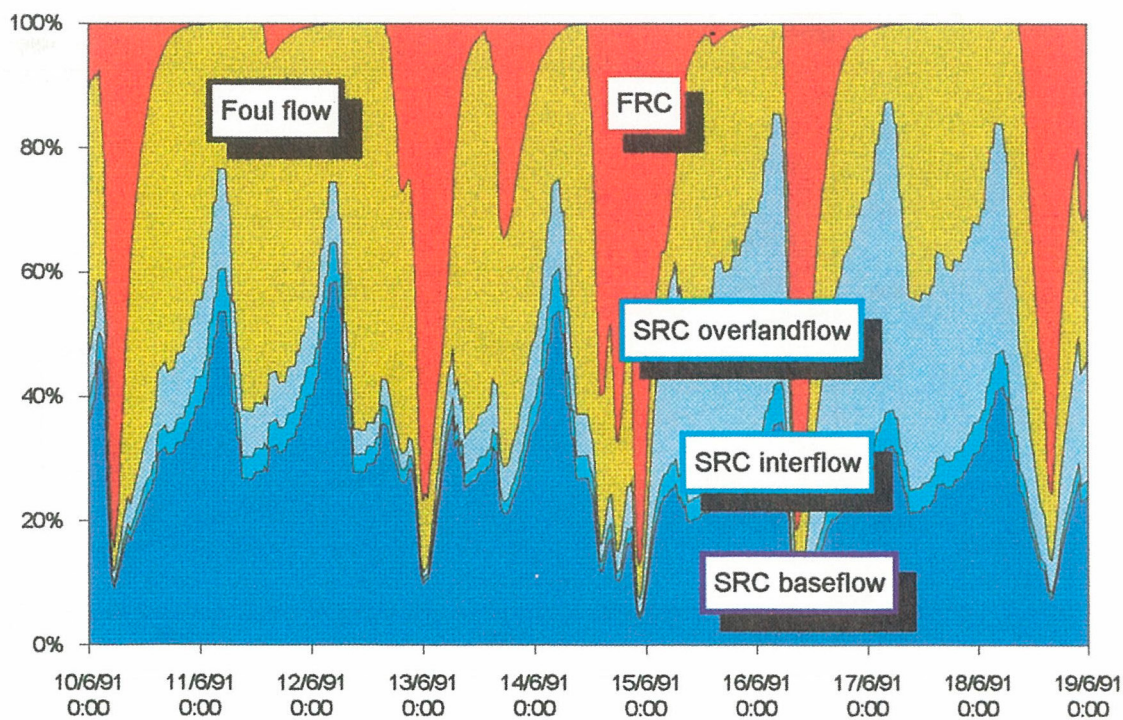
Det bör noteras att redovisade vattenbalanser endast ger en bild av fördelningen mellan komponenternas totala volymer under i detta fallet ett medelår. **Figur 5.17** visar dock att stora variationer i fördelningen mellan de olika komponenterna kan förekomma under kortare perioder.



Figur 5.15 Vattenbalanser där volymerna har normerats mot respektive områdes urbana yta, Aurb.



Figur 5.16 Flödeskomponenternas årliga volymer uttryckta i andelar årlig spillvattenvolym.



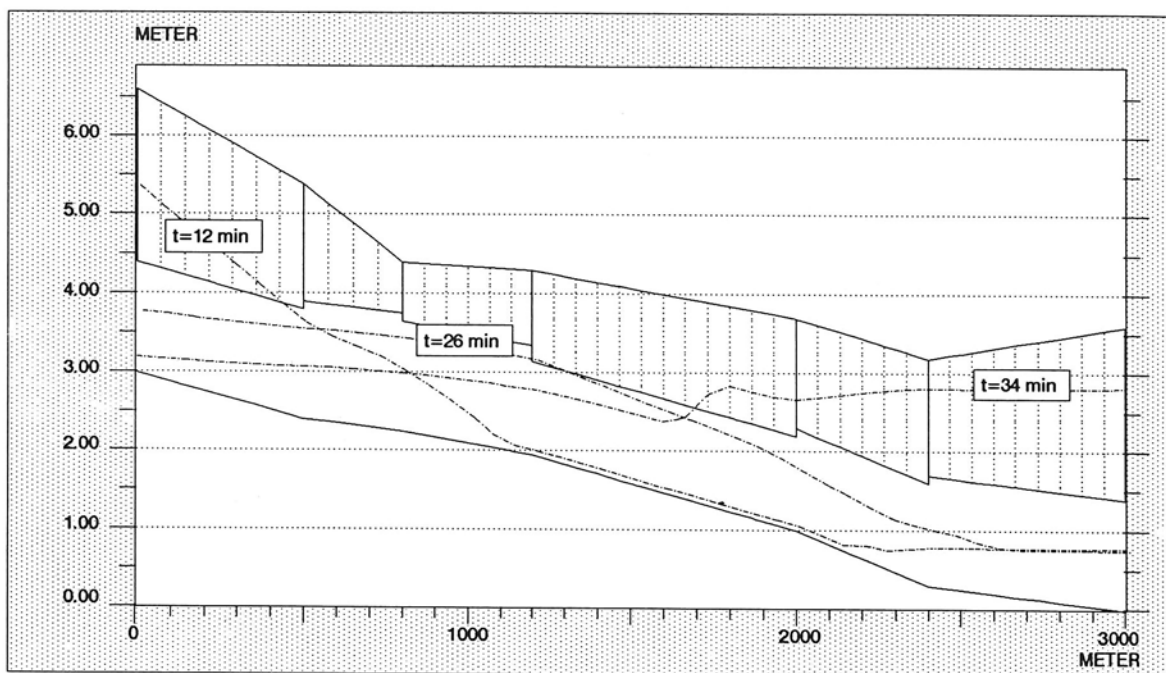
Figur 5.17 Exempel på flödeskomponenternas relativa andel som funktion av tiden.

6. INTRESSANTA ANVÄNDNINGSMÖJLIGHETER

Vid traditionell analys av tryck- och flödesförhållanden i dagvattenförande system används oftast typregn med relativt kort varaktighet baserade på nederbördsstatistik. Detta förfaringssätt kan anses som rimligt i de fall då återkomsttiden för en nederbördshändelse ungefär överensstämmer med återkomsttiden för effekterna i ledningssystemet.

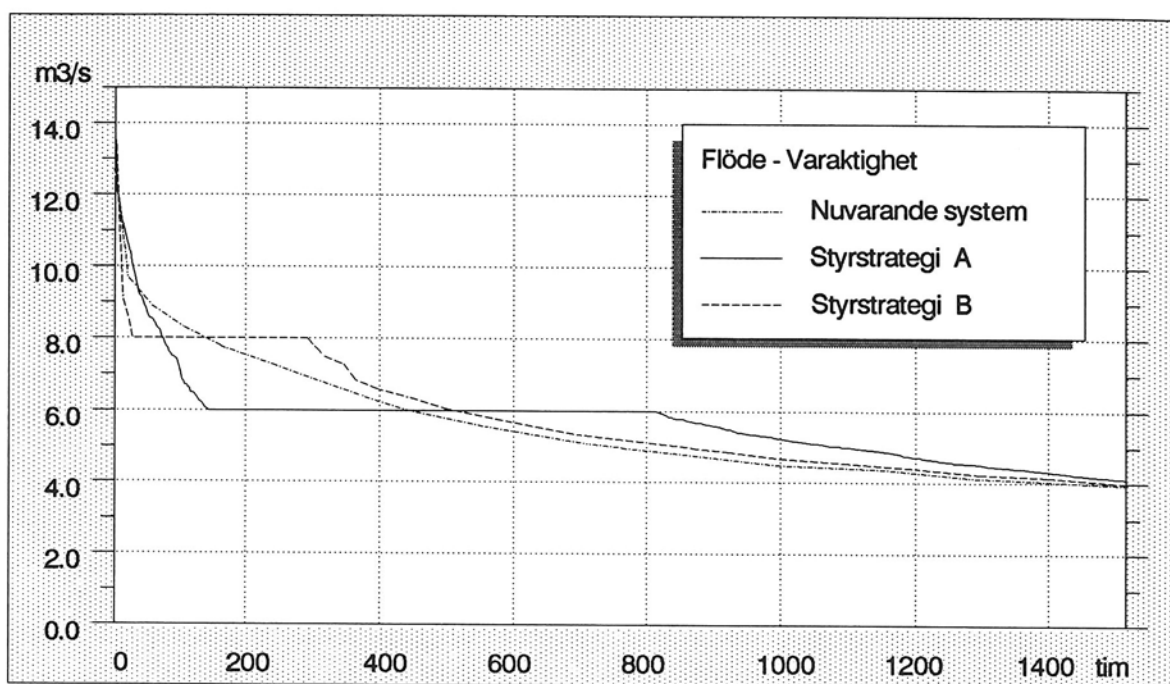
Detta antagande gäller dock inte i de fall då SRC-komponenten är betydelsefull, vilket den ofta är då brädning och tillrinning till reningsverk studeras. Även maxflödesbelastningar (översvämningar etc) kan kraftigt påverkas av SRC, exempelvis i ett duplikatsystems spillvattennät. I dessa fall påverkas flödesbilden även av tidigare hydrologiska händelser. Återkomsttiden för en nederbördshändelse överensstämmer då sällan med återkomsttiden för effekterna i ledningssystemet. En trovärdig flödessimulering förutsätter i dessa fall att historiska nederbördsserier används tillsammans med en kontinuerlig hydrologisk modell, MouseNAM.

MouseNAM-modellens enkla uppbyggnad gör det möjligt att, efter verifiering, simulera även mycket långa nederbördsserier (10-tals år). De största flödestillfällena kan sedan rangordnas och väljas ut för noggrannare analys av tryck- och flödesförhållanden i ledningssystemet med den hydrauliska ledningsflödesmodellen, MouseRÖR, se ref./6/. Härigenom erhålls det önskade sambandet mellan återkomsttid och effekter. I **figur 6.1** visas exempel på beräknade trycklinjer med MouseRÖR. En verifierad MouseNAM-modell kan därmed exempelvis användas i situationer när man skall avgöra om det är möjligt att ansluta ytterligare områden till ett avloppsnät.



Figur 6.1 Exempel på beräknade trycklinjer för en ledningsprofil med MouseRÖR.

Parallellt med utvecklingen av MouseNAM har en speciell modul till MOUSE-systemet utvecklats, MousePILOT, där valet av intressanta flödestillfällen för simulering med MouseRÖR sker automatisk utgående från valda kriterier. Denna modul ger därmed möjlighet till sk kontinuerlig modellering av både hydrologi och hydraulik, se ref./10/. MousePILOT innehåller också verktyg för statistiska redovisningar av exempelvis beräknade maxnivåer och bräddvolymmer. I **figur 6.2** visas ett exempel på beräknade flöde-varaktighetskurvor för två olika år.



Figur 6.2 Exempel på beräknade flöde-varaktighetskurvor med MousePILOT, dvs kontinuerlig modellering med en kombinerad MouseNAM/RÖR-modell.

Ett av de viktiga användningsområdena för MouseNAM är alltså att skapa mer trovärdiga inloppshydrografer till hydrauliska modeller, som MouseRÖR, än vad som tidigare varit möjligt. I detta fall används lämpligen flera delavrinningsområden i MouseNAM, där varje delområde bör verifieras mot flödesmätningar. Det kan här i vissa fall vara svårt att för varje delområde följa de rekommendationer som getts i kapitel 4 vad gäller lämplig längd på kalibreringsperiod (3-5 år). Antalet delområden och insatserna för verifiering av dessa bör därför styras av den aktuella problemställningen. Kravet på noggrann kalibrering mot långa flödesserier är beroende av i vilken grad problembilden påverkas av SRC-komponenten.

En lämplig metodik kan vara att först verifiera ett modellområde för hela det studerade avrinningsområdet mot exempelvis reningsverksstatistik, vilket oftast finns tillgängligt för flera år. Därefter utnyttjas flödesmätningar för kortare perioder för att verifiera respektive delområde i MouseNAM. Dessa korta mätperioder

("kampanjmätningar") bör om möjligt innehålla både torra och blöta perioder. Om tillgång till längre mätserier finns, exempelvis via övervakningssystem, utnyttjas naturligtvis dessa. Efter verifiering av respektive delområde kontrolleras summan av flödet från delområdena mot en flerårig beräkning med den tidigare kalibrerade modellen för hela avrinningsområdet. Förutsatt att verifieringsmomenten genomförts på ett korrekt sätt, ger denna metodik en god beskrivning av SRC-komponenten i de nedströms liggande delarna av ett system och en översiktlig beskrivning av förhållandena i uppströmsdelarna.

I de fall då det är viktigt med en god beskrivning av SRC-komponenten även i de uppströms liggande delarna av systemet, dvs då problembilden i dessa delar kraftigt påverkas av SRC, krävs kalibrering mot längre flödesserier även för delavrinningsområdena i dessa delar.

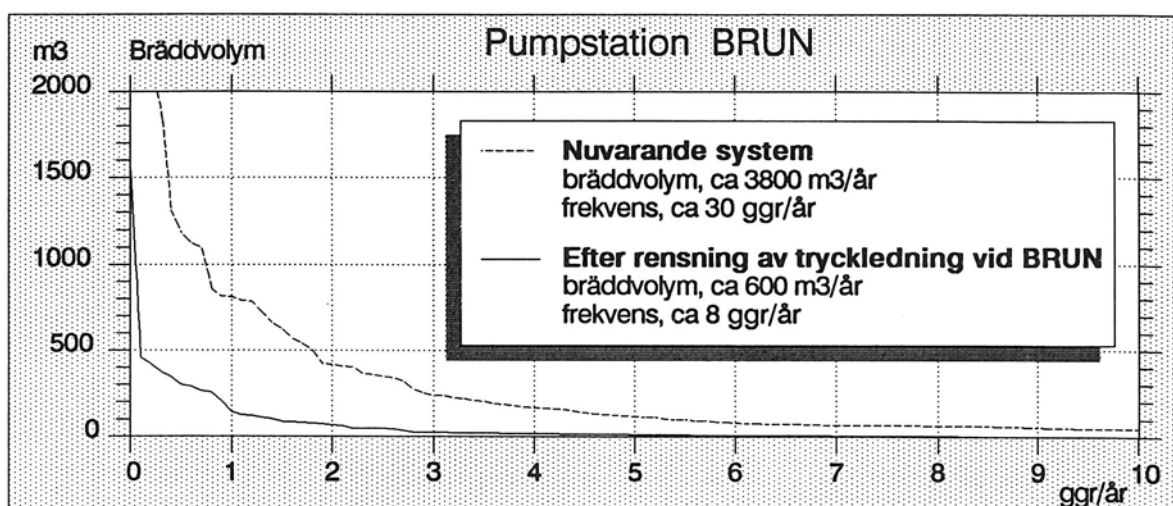
För att undvika missförstånd bör det noteras att det i MouseNAM mycket väl kan definieras ett flertal delområden som endast beskriver FRC-komponenten, exempelvis för noggrann beskrivning av inloppshydrografer till MouseRÖR från anslutna hårdgjorda ytor. Diskussionen ovan gäller i huvudsak verifiering av modellområden som beskriver SRC-komponenten, medan FRC-komponenten kan verifieras enligt "traditionell" metodik.

MouseNAM kan med fördel även användas utan koppling till en hydraulisk modell. Exempel på sådana tillämpningar är:

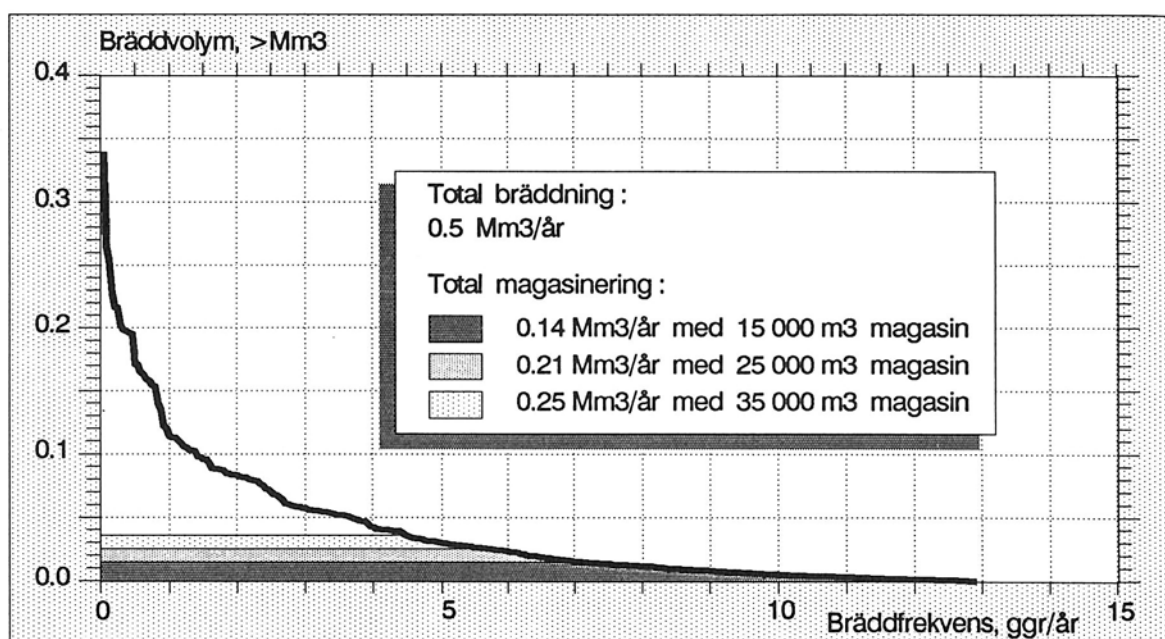
- o Simulering av belastningssituationen för exempelvis reningsverk och pumpstationer.
- o Klarlägga effekterna av utförda åtgärder i avloppsnät trots besvärliga bakgrundsvariationer.

Efter verifiering av en MouseNAM-modell för exempelvis ett pumpstationsområde, kan modellen belastas med en längre nederbördsserie med hög tidsupplösning. Den beräknade flödesbelastningen för pumpstationen kan sedan bearbetas statistiskt genom att exempelvis studera flöden och volymer över alternativa pumpkapaciteter. I **figur 6.3** visas ett exempel där bräddvolymerna beräknats för dels nuvarande pumpkapacitet, dels efter höjning av pumpkapaciteten genom rensning av tryckavloppsledningen. Ur denna typ av redovisning går det också att bedöma och översiktligt presentera erforderlig magasinvolym för olika krav på exempelvis bräddfrekvens. Se exempel i **figur 6.4**.

När åtgärder genomförts i avloppsnät mot problem orsakade av ovidkommande vatten kan det vara svårt att bedöma hur pass effektiva åtgärderna varit. Faktorer som torrår eller blötår kan dominera så kraftigt att dessa variationer helt överskuggar effekten av exempelvis bortkoppling av ytor, LOD-åtgärder etc. Med MouseNAM går det att avgöra om exempelvis en minskning av ovidkommande vatten beror på hydrologiska variationer eller ej. I det senare fallet kan minskningen av flödet tillskrivas de genomförda åtgärderna.



Figur 6.3 Beräknade bräddförhållanden för pumpstation BRUN, Hedesunda i Gävle kommun. Två alternativa pumpkapaciteter har studerats.



Figur 6.4 Exempel på bedömning av effekterna på årliga bräddvolym och bräddfrequens av olika magasineringsalternativ.

Ett annat intressant tillämpningsområde för MouseNAM (i kombination med MouseRÖR) är förvarning och prognos av översvämningssituationer och tillrinning till avloppsreningsverk, där modellen kopplas on-line till ett övervakningssystem. Prognoserna kan sedan användas för styrning och reglering av avloppsnätet för att optimera driften av hela avloppssystemet, inklusive reningsverket. Utveckling av ett sådant modellsystem, MouseONLINE, pågår nu och kommer under det närmsta året att installeras i ett antal svenska och danska kommuner.

7. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSATTA STUDIER

En allmän slutsats är att MouseNAM visat sig vara kapabel att rekonstruera flödeshydrografer i ett stort antal avloppssystem, under förutsättning att modellparametrarna först optimerats under en kalibreringsperiod på korrekt sätt. MouseNAM kan därmed anses ha uppfyllt de grundläggande krav som ställdes, dvs att kunna beskriva flödesförloppen i ett avloppssystem efter kalibrering. Detta innebär att ett stort antal intressanta användningsområden öppnar sig för MouseNAM, från enklare vattenbalansstudier till on-line baserade flödesprognoser för optimering av driften av ett avloppssystem.

Generalisering av modellparametrarna är ett svårt problem då den fysikaliska tolkningen av vissa parametrar fortfarande är oklar. Mer erfarenhet krävs därför innan metodiken kan användas i områden där inga eller endast översiktliga flödesdata finns tillgängliga. Kompletterande studier för att belysa möjligheterna och trovärdigheten vid simulering av ett sådant område pågår inom ramen för forskningsprojektet på Chalmers Tekniska Högskola.

Detta innebär också att MouseNAM ännu ej använts för att förutse effekterna av framtida "hydrologiska åtgärder" inom ett urbant avrinningsområde. Den enda metod att angripa detta problem, med en konceptuell modell som MouseNAM, är att hitta empiriska samband mellan parametrarna och områdeskaraktistik. Detta kräver dock långt mer erfarenhet av tillämpningar i områden av olika typ. Det är till och med sannolikt att problematiken inom ett urbant avrinningsområde är så komplex att detta aldrig kommer att vara möjligt med rimliga insatser. I de fall då det är önskvärt att studera effekterna av framtida åtgärder, exempelvis effekterna av ett avskärande dränage, är det troligen lämpligare att använda en annan typ av modellkoncept som baseras på en fullt distribuerad fysikalisk beskrivning, dvs en sk "White Box" modell. Ett exempel på ett sådant mycket generellt koncept är den sk SHE-modellen, se ref./9/. Effekterna av framtida åtgärder av mer "hydraulisk karaktär", som exempelvis bortkoppling av anslutna hårdgjorda ytor, kan dock enkelt simuleras med MouseNAM.

Förutom en stor mängd praktiska tillämpningar har ett antal studier genomförts med inriktning mot att klarlägga modellens beteende och funktionalitet. I kapitel 5.3 redovisades dessutom resultaten från en mera tillämpad studie där konse-kvenserna av olika erhållna parameteruppsättningar studerades. Det vore dock intressant att genomföra en mer strukturerad och detaljerad studie av orsakerna och effekterna av de hydrologiska skillnader som förekommer mellan olika avrinnings-områden. De faktorer som i huvudsak påverkar denna variation är:

- o Lokala meteorologiska förhållanden, i princip beskrivna av nederbörd, potentiell avdunstning och temperatur.
- o Ledningsnätets utformning och kondition, i princip beskrivet av Area-parametrarna och parametrarna för ytavrinningsmodellens responsfunktion.
- o Områdets geohydrologiska karaktistik, i princip beskriven av de övriga modellparametrarna i NAM-modellen.

Denna studie kunde lämpligen genomföras genom att utföra simuleringar med tidigare erhållna parameteruppsättningar där respektive faktor ovan tilläts variera medan övriga hölls fasta. Det vill säga studier där effekterna av varierande meteorologi, geohydrologi och ledningsnätets utformning och kondition analyserades. Effekterna kunde exempelvis utvärderas enligt de principer som användes i kapitel 5.3. Vid hittills genomförda studier har endast den totala volymen SRC kontra FRC studerats. Det borde dock vara intressant att även studera förhållandet mellan de olika NAM-komponenterna: Overland flow, Interflow och Baseflow.

Andra intressanta frågeställningar är:

- o Hur varierar andelen bräddvolym av total ovidkommande vattenmängd från år till år ?
- o Finns det ett samband mellan befolkningstäthet, andel SRC-volym i förhållande till total volym och andel av den totala arean som avvattnas via SRC-komponenten (A_{src}).

Resultaten från denna typ av studier skulle ge en ökad allmän förståelse och kunskap kring de varierande förhållanden och problem som finns inom olika avrinningsområden.

REFERENSER OCH ÖVRIG LITTERATUR

- /1/ Alexandersson, H. et. al., (1991): **Temperaturen och nederbörden i Sverige. 1961-90. Referensnormaler.** Nr 81, 1991, SMHI, Norrköping.
- /2/ Appelgren, C., Kullman, M., (1991): **Den hydrologiska modellen NAM. Sensitivitetsanalys av modellparametrar.** Examensarbete nr 1991:4, Institutionen för Vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.
- /3/ Arnell, V., Asp, T., (1979): **Nederbördens varaktighet och mängd vid Lundby i Göteborg 1921-1939.** Meddelande nr 44, Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.
- /4/ Bergström, S., (1976): **Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments.** SMHI, Norrköping.
- /5/ Bäckman, H. et. al., (1993): **Indirekt nederbördspåverkan i duplika spillvattensystem.** VA-FORSK Rapport under tryckning, VAV, Stockholm.
- /6/ DHI, (1987): **MOUSE. Documentation and User's guide.** Dansk Hydraulisk Institut, Hörsholm, Danmark.
- /7/ DHI, (1990): **NAM. Documentation and User's guide. MIKE11.** Dansk Hydraulisk Institut, Hörsholm, Danmark.
- /8/ DHI, (1991): **Validation of hydrological models. Phase II.** Draft, Dansk Hydraulisk Institut, Hörsholm, Danmark.
- /9/ DHI, (1991): **SHE. Système Hydrologique Européen.** Dansk Hydraulisk Institut, Hörsholm, Danmark.
- /10/ DHI, (1992): **MousePilot & MouseNAM. Reference Manual & Users Guide.** Dansk Hydraulisk Institut, Hörsholm, Danmark.
- /11/ Eriksson, B., (1981): **Den "potentiella" evapotranspirationen i Sverige.** RMK 28, RHO27, SMHI, Norrköping.
- /12/ Eriksson, B., (1983): **Data rörande Sveriges nederbördsklimat. Normalvärden för perioden 1951-80.** Rapport 1983:28, SMHI, Norrköping.
- /13/ Grip, H., Rodhe, A., (1988): **Vattnets väg från regn till bäck.** 2:a upplagan, Hallgren & Fallgren Studieförlag AB, Uppsala.

- /14/ Gustafsson, A.M., (1992): **Den hydrologiska modellen NAM. Kalibreringsperiodens inverkan på modellparametrar och verifieringsresultat.** Examensarbete nr 1992:4, Institutionen för Vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.
- /15/ Gustafsson, L.G., Olsson, R., (1991): **Indirekt nederbördspåverkan i duplikata spillvattensystem. Metodik för flödessimulering.** R69:1991, Byggforskningsrådet, Stockholm.
- /16/ Knutson, G., Morfeldt, C.O., (1978): **Vatten i jord och berg.** 2:a upplagan, Ingenjörsläroverket AB, Stockholm.
- /17/ Lindström, G., Bergström, S., (1992): **Improving the HBV and Puls models by use of temperatures and anomalies.** Vannet i Norden, X(1):16-23.
- /18/ Lyngfelt, S., (1985): **On Urban Runoff Modelling. The Application of Numerical Models Based on the Kinematic Wave Theory.** Report series A:13, Institutionen för Vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.
- /19/ Niemczynowicz, J., (1984): **An investigation of the areal properties of rainfall and its influence on runoff generating processes.** Institutionen för teknisk vattenresurslära, Lunds Tekniska Högskola, Lund.
- /20/ Rasmussen, M.R., (1992): **Neurale Netværk. Anvendelse af neurale netværk inden for det miljøtekniske område.** Afgangprojekt Juni 1992, Civilingeniörlinien i miljøteknik, Aalborg Universitets Center, Aalborg.
- /21/ VA-verket i Göteborg, (1980-1992): **Nederbörden i Göteborg. 1979-1991.** Göteborg.
- /22/ VBB VIAK/Ledningsförnyelse, (1991): **GRYAAB. Ryaverkets avrinningsområde. Modellberäkning RAOM. Resultatsammanställning Etapp A och B. Formulering och verifiering.** Göteborg.
- /23/ Wilson, E.M., (1990): **Engineering Hydrology.** 4th edition, Macmillan Education Ltd, London.

BEGREPPSFÖRKLARINGAR

avdunstning

Den fysikaliska process varvid vatten omvandlas till vattenånga. Potentiell avdunstning är den möjliga avdunstningen från en vatten- eller markyta. Verklig avdunstning (aktuell evapotranspiration) är den totala aktuella avdunstningen, dvs summan av avdunstningen från snö och markytor av olika slag, interception i vegetationen samt växternas transpiration.

avrinningsområde

Ett genom höjdryggar eller andra geologiska bildningar avgränsat område varifrån vatten avrinner till en viss punkt.

infiltration

Vattnets genomträngande av markytan. Ibland används begreppet även för den vidare transporten nedåt genom markens omättade zon, egentligen perkolation.

interception

Den del av nederbörden som inte når marken utan fastnar i vegetationen och sedan avdunstar direkt därifrån.

kalibrering (av en modell)

Fria (empiriska) modellparametrar justeras för att erhålla så god överensstämmelse som möjligt mellan beräknade utdata och motsvarande uppmätta data.

markvatten

Allt vatten i den omättade zonen mellan markytan och grundvattenytan.

modell

Kan definieras som en förenklad beskrivning av ett komplext system. En matematisk modell kan definieras som en uppsättning av matematiska uttryck och logiska påståenden kombinerade för att simulera beteendet för ett givet system. En deterministisk modell är en modell där två identiska indatuppställningar alltid kommer att ge samma utdata. En stokastisk modell innehåller något av slumpkaraktär, där identiska indata mycket väl kan resultera i olika utdata. En Black box-modell är utvecklad utan någon hänsyn till de fysikaliska processerna i ett system. En konceptuell modell (Grey Box-modell) eller begreppsmässig modell baseras på vissa överväganden om de fysikaliska processerna i ett system. En White box-modell är baserad på en grundlig beskrivning av de ingående processerna i systemet. Ibland kallas denna typ av modell för en fullt distribuerad fysikalisk modell. En rumsligt förenklad modell är en modell där i detta fallet avrinningsområdet behandlas som en enhet utan hänsyn till den geografiska variationen. En Distribuerad modell tar hänsyn till den geografiska fördelningen av egenskaperna i systemet.

parameter

En konstant i ett matematiskt uttryck för en matematisk modell. En parameter förblir konstant i tiden. Värdet på en fri eller empirisk parameter erhålls erfarenhetsmässigt under kalibreringen av modellen. En bunden eller fysikalisk parameter uppskattas från kartan, geofysiska mätningar eller annan information om området. Den hålls konstant under kalibreringsprocessen.

rotzon

Den del av den omättade zonen där vegetationen kan ta upp vatten (kallas ibland även för markvattenzon, se dock markvatten).

transpiration

Vattenavdunstning från inre ytor i växternas blad och barr.

validering (av en modell)

Test av en modell mot oberoende data som ej påverkar valet av parametervärden. Genomförs efter kalibrering av en modell.

variabel

En kvantitet som varierar med tiden. Det kan vara en serie av indata eller utdata från modellen men även en beskrivning av förhållandena i de olika delprocesserna i modellen.

vattendelare

Höjdrygg (ytvattendelare) eller annan geologisk bildning (grundvattendelare) som skiljer ett avrinningsområde från ett annat.

vattnets kretslopp (hydrologisk cykel)

Vattnets vandring från atmosfären till jordytan och tillbaka. Innefattar nederbörd, avrinning, avdunstning och transport i atmosfären.

verifiering (av en modell)

Bestyrkande av en modells trovärdighet.

Rapporter utgivna i VA-FORSK-serien – 1993-04-30

- 1992-01 Hydraulisk analys av vattenledningsnät, *Lennart Andersson*
1992-02 Samverkan mellan avloppsnät och reningsverk, *Claes Hernebring*
1992-03 Lukt- och smakstörningar i dricksvatten, *Kjell Kihlberg, Roger Sävenhed*
1992-04 Artificial Groundwater Recharge – State of the Art, *Cristina Frycklund*
1992-05 Analysmetod för klordioxid, klorit och klorat, *Mats Lindgren, Einar Pontén*
1992-06 Undersökning av förfilter för järn- och manganreduktion vid dricksvattenrening, *Tibor Nemeth, Åke Elgemark*
1992-07 Inventering av datorbaserade system för övervakning och styrning inom kommunal teknik, *Bengt Zagerholm*
1992-08 Bräddning – Problemets omfattning i svenska tätorter, *Mats Andreason, Johan Larsson*
1992-10 PRISEK Prioritering Samhällskonsekvenser Ekonomi – Ekonomisk modell och systematisk effektreddovisning för värdering och prioritering av va-åtgärder, *Bertil Gustafsson, Gilbert Svensson*
1992-11 Konditionsstabilitet hos avloppsledningar av betong, *Viveka Lidström*
1992-12 Skadefall på nylagda betongledningar, *Ann-Christin Sundahl*
1992-13 Konstgjord grundvattenbildning, *Bertil Sundlöf, Lars Kronqvist*
1992-14 Trädrötter och ledningar, *Örjan Ståhl*
1992-15 Naturliga system för avloppsrening och resursutnyttjande i tempererat klimat, *HB Wittgren, Kenth Hasselgren*
1992-16 Vattenboken – En bok för mellanstadiet om vårt svenska vatten, *Accurat Information AB, VAV*
1992-17 Vattenboken – Lärboken, *Accurat Information AB, VAV*
1992-18 Utvärdering av VA-FORSK, *Björn Svedinger*
1992-19 Hårdgöring av dricksvatten med krita-kolsyra – ett alternativ till kalk-kolsyra, *Dan Göthe, Bertil Israelsson*
- 1993-01 Alternativ va-teknik – Exempelsamling, *Per-Arne Malmqvist, Agneta Samuelsson*
1993-02 Luft- och sedimentansamlingar i tryckledningar – Inledande studie, *Lennart Jönsson*
1993-03 Algtoxiner i dricksvatten – en undersökning vid två svenska vattenverk samt litteraturstudie, *Heléne Annadotter*
1993-04 Simulering av hydrologin inom urbana områden. Metodikmanual – MouseNAM, *Lars-Göran Gustafsson*
1993-05 Användning av klordioxid — Reaktorstudier och halter i distributionssystemet vid nio vattenverk, *Mats Lindgren, Einar Pontén*
1993-06 Slamspridning på åkermark, *Per-Göran Andersson, Peter Nilsson*
1993-07 Analys av tillförselgrad till avloppsverk — svårigheter och möjligheter. Tillämpning på tillrinningen till Tivoliverket i Sundsvall, *Claes Hernebring*

Övrig Publicering

Video Vatten och Avlopp för låg- och mellanstadiet

Påverkan på vattenkvaliteten i Stångån för utsläpp inom Linköpings tätort, Stadsb 2, 1991

Plats för regn. VA-FORSK och MOVIUM, 1990

Klororganiska föreningar från disk- och blekmedel. Naturvårdsverket Rapport 4009, 1992

Kartläggning av förekomsten av legionella i svenska vattensystem, Bygghälsningsrådet R9:1993

