



Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

BERÄKNING AV DAGVATTENAVRINNING
FRÅN URBANA OMRÅDEN.

Viktor Arnell
Sven Lyngfelt

Särtryck ur YMER 1978.
Årsbok för Svenska Sällskapet
för Antropologi och Geografi.

Report
Series B:10

Göteborg 1978

Adress: Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola
Fack
S-402 20 Göteborg 5, Sweden

Telefon: 031/81 01 00



INNEHÅLL

Beräkning av dagvattenavrinning
från urbana områden

Avledning av dagvatten

Utformning av dagvattensystem

Översikt över olika beräknings-
metoder

Rationella metoden - en ofta an-
vänd beräkningsmetod

Beräkningsmetod utvecklad vid
Chalmers tekniska högskola

Referenser



Beräkning av dagvattenavrinning från urbana områden

Av Viktor Arnell och Sven Lyngfelt

I Sverige investeras årligen stora belopp i anläggningar för omhändertagande av det regnvatten som avrinner från bebyggda områden. En rimlig och funktionsduglig utformning av dessa anläggningar kräver att man kan beräkna regnvattenflödena med god noggrannhet. Denna artikel syftar till att ge en inblick i de beräkningsmetoder som används nu, och om nya metoder som allt mer börjat komma i bruk.

Första delen av artikeln beskriver hur ett normalt avledningssystem för regnvatten fungerar och vilka kunskaper man måste ha för att kunna dimensionera de olika delarna. Den innehåller också en sammanställning av olika beräkningsmetoder för uppskattning av regnvattenflödena. Den andra delen av artikeln behandlar relativt ingående två av dessa beräkningsmetoder. Den första är "Rationella Metoden" som hittills varit den vanligaste beräkningsmetoden i samband med dimensionering av regnvattenledningssystem. Den andra är en mer detaljerad beräkningsmodell utvecklad av författarna vid Chalmers Tekniska Högskola, avsedd att användas då höga krav ställs på beräkningsnoggrannheten.

Avledning av dagvatten

Problemet att på ett lämpligt sätt omhändertaga de stora regn och regnvattenmängder, s. k. dagvatten, som avrinner från bebyggda områden har länge sysselsatt kommuningenjörer. Under första hälften av 1900-talet var det primära problemet översvämningar i samband med häftiga regn. Dessa regn orsakade nämligen sanitära olägenheter genom att dagvattnet och förorenade vattnet från hushåll och industrier, s. k. spillvatten, avledes genom gemensamma ledningar till recipienten. Denna typ av avledningssystem brukar kallas kombinerade system och figur 2 visar den principiella byggnaden.

På grund av tätorternas snabba tillväxt blev belastningen på recipienten av avloppsvattnet ett allt större problem. Man började rena avloppsva-

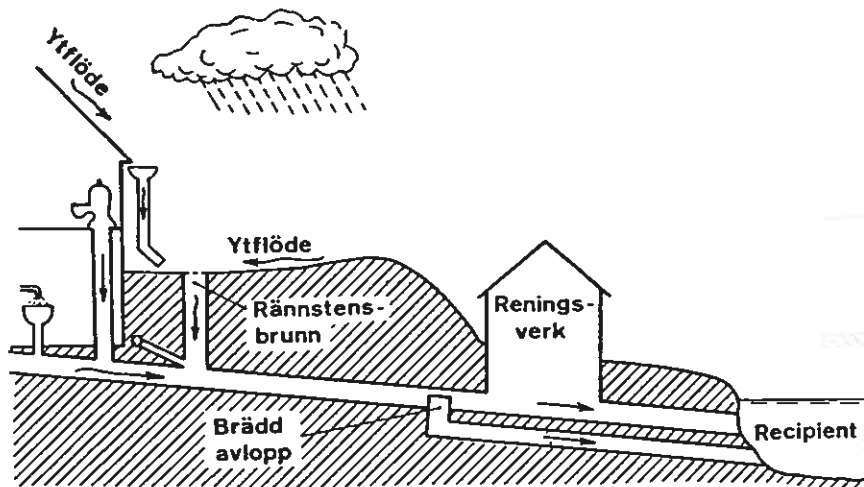


Fig. 2. Kombinerat avloppssystem.
Fig. 2. Combined sewer system.

I samband härmed blev det allt vanligare att avleda dagvattnet i särskil ledningar, s. k. separerade system, se figur 3. Svenska kommuner bygger dan 50-talet nästan uteslutande denna typ av system. Målsättningen m dagvattenhanteringen har hittills varit att på snabbaste och enklaste s avleda vattnet från bebyggelsen. Detta har medfört problem såsom sju kande grundvattenytor med bland annat skador på byggnader som föl Det alltmer förorenade dagvattnet innebär dessutom en allvarlig belastni på recipienterna. Även om dessa skador inte medräknas kostar som antyd i inledningen omhändertagande av dag- och spillvatten betydande beloj I Sverige investerades 1974 600 miljoner kronor i samhällets avloppsli ningar (BFR:s programgrupp för geohydrologisk forskning 1976). nyanlagda avloppsledningar utgjorde dagvattenledningarna ca 40 % el 240 miljoner kronor. Samhällets kostnader för att sköta och underhå samtliga avloppsledningar var ca 200 miljoner kronor. Till alla ovan up räknade kostnader kommer dessutom kostnaderna för alla avloppsledni på tomtmark och inne i fastigheterna. På grund av den snabba kostna stegringen för byggande och underhåll av ledningssystemen är det angelä att studera möjligheterna att minska kostnaderna.

På senare tid har en ny grundsyn på dagvattenavledningen börjat slå i nom. Man bör avleda dagvattnet på ett sådant sätt att den naturliga v tenbalansen rubbas så litet som möjligt. Vattendrag och sjöar bör dessut skyddas mot utsläpp av dag- och spillvatten. Naturligtvis skall man undv översvämningar av källare och andra känsliga områden även i forts:

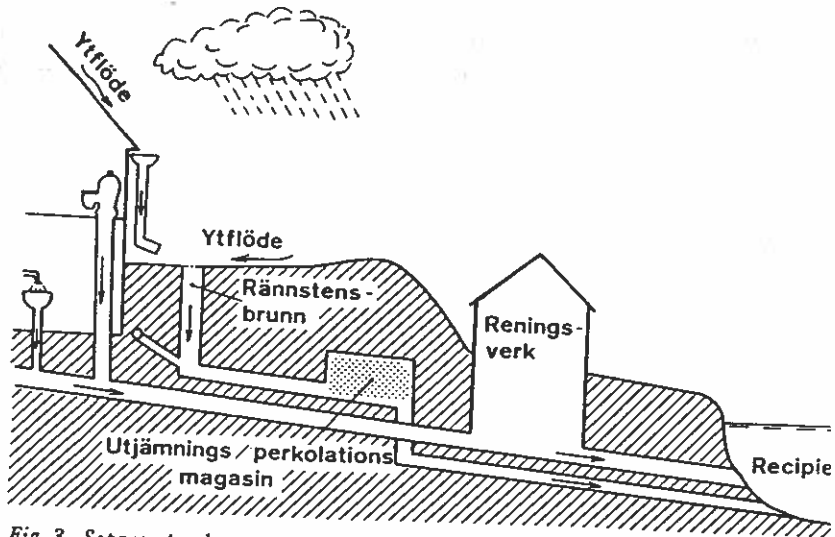


Fig. 3. Separerat avloppssystem.

Fig. 3. Separated sewer system.

ningen. För att uppfylla denna nya målsättning måste man utforma vattensystemet efter nya principer. Det tidigare sättet att konsekvent av dagvattnet till närmaste recipient är inte längre lika självklart. Den tekniken ställer ökade krav på planerarnas kunskaper om avrinningsföret vid dimensioneringen av dagvattensystemen.

Utformning av dagvattensystem

Låt oss återgå till det kombinerade systemet i figur 2 och följ regnvatt väg till recipienten. Vad vi ser ovan mark av uppsamlingssystemet för regnvattnet är taktännor, stuprör, rännstenar och rännstensbrunnar. Stuprör är satta utmed taken och rännstensbrunnarna utmed gatorna på bestävt avstånd. Dessa väljes så att brunnarna förmår svälja vattnet från intilliggande regn. Via anslutningsledningar leds vattnet vidare till det egentliga avloppssystemet som vanligtvis går längs med gatorna. Här blandas regnvattnet med spillvatten och dräneringsvatten. För att underlätta underhåll av ledningarna placeras i varje brytpunkt en s. k. nedstigningsbrunn som man kan gå ner i och inspektera ledningarna. Man kan lätt se hur ledningssystemet går genom bebyggelsen med hjälp av de väl synliga järnlock som ligger över brunnarna.

Innan avloppsvattnet släpps ut i recipienten genomgår det i allmänhet någon form av rening. Vattnet passerar i reningsverket olika typer av filterbänkar med varierande genomströmningshastigheter. En god reningseffektivitet kräver ett någorlunda jämnt flöde genom reningsverket. Regnvattenflödet som varierar mycket starkt kan därför inte helt tas emot av reningsverket.

De kombinerade systemen är därför utrustade med s. k. bräddavlo träder i funktion vid regn när flödet nått en bestämd nivå. Det flö överstiger denna nivå avskiljs och leds direkt ut till recipienten. Här kan man undvika överbelastningar av reningsverket. Bräddavlopp a ibland också för att undvika överbelastningar på vissa ledningar.

Det separerade systemet i figur 3 ger i spillvattenledningen ett j flöde med högre koncentration av föroreningar (effektivare rening reningsverket och dessutom bräddas inget spillvatten. De stora flöd tionerna fås istället i dagvattenledningarna som normalt leds förbi verket direkt till recipienten. För att minska stötblastningar på le och recipienter kan man bygga utjämningsmagasin där vattnet mag vid häftiga regn och tappas av mellan regnen. Genom att återföra e dagvattnet till marklagret i s. k. perkolationsmagasin (beskrivs i ar Holmstrand) kan man minska de i inledningen nämnda effekterna a ytornas hårdgörning. Härvid minskar också den totala belastningen pienten. Vanligen är det fördelaktigt att lägga magasinerna nära ' exempelvis som en makadamfylnad under en parkeringsplats. Perko och utjämningsmagasin påverkar valet av ledningsdimensioner, systemets dimensionering krävs en noggrannare analys.

Hur tillgår då dimensioneringen av de olika delarna i ett dagv stem? Att ge ledningarna så stora dimensioner att översvämningar h vikes skulle medföra orimliga kostnader. Dagvattensystemen tillåt att svämma över ibland, och det första steget i dimensionering blir att bestämma ett återkomstintervall för dessa översvämningar acceptabelt ur både sanitär och ekonomisk synpunkt. För dagvatte väljes vanligen 1—2 år och för kombinerade system längre tider, k år. Andra steget innebär att man utgående från nederbördsstatistil nar de dagvattenflöden som svarar mot det bestämda återkomstint Dimensionerna väljs därefter så att systemet precis klarar dessa flöd utsättningen för att dimensioneringen skall bli ekonomisk är sålede väl avvägt återkomstintervall väljs samt att beräkningsmetoderna ge som verkligen har samma frekvens som verklighetens flöden. I denn berörs som framgår av artikelrubriken enbart metodiken vid beräk avrinningen och inte vilka kriterier som skall styra valet av återkor vall för översvämningar.

Olika delar i ett ledningssystem dimensioneras för att hantera ett tenflöde på olika sätt. En ledning skall klara av att avleda ett maxi mensionerande flöde utan att besvärande översvämning inträffar m utjämningsmagasin skall kunna innehålla en bestämd vattenvolymn reducera flödet nedströms magasinet. Här följer en tabell över vilke mation som behövs för att beräkna olika delar i ett dagvattensystem.

<i>Systemdel</i>	<i>Önskvärd flödesinformation</i>
Ledningar	Maxflöden i olika punkter
Utjämningsbassänger (flödesvolym)	Avrinningshydrografer ¹ och flödesvolym för regn med olika varaktigheter
Utjämning i ledningar	Avrinningshydrografer för enstaka regn
Bräddavlopp (bräddade volym)	Avrinningshydrografer för enstaka regn
Reningsverk	Avrinningshydrografer för längre tidsperioder
Recipienter (bedömning av dagvattenutsläpp)	Avrinningshydrografer och flödesvolym för längre tidsperioder
Perkolationsmagasin (Infiltrationsmagasin)	Avrinningshydrografer och flödesvolym för längre eller kortare tidsperioder
	¹ Avrinningshydrograf är en beskrivning av flödets variation med tiden

Översikt över olika beräkningsmetoder

Vi har tidigare sagt, att vi för att kunna dimensionera ett dagvattensystem olika delar behöver känna sådana egenskaper hos flödet som maximalt för olika regn, avrunna regnvolymer och tidsförloppet hos regnvatteningen (avrinningshydrografen). Det betyder, att de verktyg eller beräkningsmetoder vi använder oss av kan vara olika detaljerade och ha olika egenskaper.

En annan faktor som styr valet av beräkningsmodell är underlaget för beräkningarna i form av stadsplaner och andra kartor och beskrivningar över avrinningsområdet. Det kan t. ex. krävas att man skall anlägga en huvudledning från ett stort område som skall bebyggas i etapper. Av tekniska skäl måste huvudledningen byggas i en etapp och dimensioneras så att klara avrinningen från hela området. Planunderlaget från övriga delar av området är då ofta bristfälligt. I detta läge finns det ingen anledning att välja en detaljerad och tidskrävande beräkningsmetod för att dimensionera huvudledningen. I andra fall kan det gälla att undersöka om det finns kapacitet hos en ledning, som avvattnar ett befintligt område eller om man kan öka kapaciteten genom att t. ex. bygga utjämningsbassänger. Här finns det då bra kartunderlag och flygfotografier över avrinningsområdet. En detaljerad beräkningsmodell som beräknar hela avrinningsområdet kan i detta fall vara användbar och väl motiverad att använda.

De beräkningsmetoder som finns kan indelas i enklare handräkningsmetoder och mer detaljerade datoranpassade metoder. Av enklare metoder den s. k. "Rationella Metoden" vanligast och används i Sverige idag för att dimensionera flertalet dagvattenledningar. Den ger endast maximal flöde eller totalt avrunna dagvattenvolymer. Rationella Metoden behandlas längre fram i denna uppsats. Av mer detaljerade metoder finns ett stort antal avrinningsmodeller som är baserade på datoranvändning. En mode-

vecklad vid Chalmers Tekniska Högskola av författarna, beskriv fram. Nedan följer en sammanställning av några olika beräkningsm

Rationella metoden *Flödesinformation:* Maximala flöden eller t runnen dagvattenvolym för olika regn och t der.

Egenskaper: Handräkningsmetod som ä snabb och billig att använda. På grund av r enkelhet ger den resultat som ofta avviker från det sanna värdet. Metoden är lä m överslagsberäkningar samt för analys av dagvattensystem. Rationella metoden brul för att beräkna tillflödet till ledningssystem hydrauliskt detaljerade ledningsnät (Svenska vatten- och avloppsverksföreninge Arnell o. Lyngfelt 1975b).

Retardationsmetoden (tidsarea-metoden) *Flödesinformation:* Maximala flöden i olika i ett dagvattensystem.

Egenskaper: Enkel handräknings- eller c tod. Den används i kombination med ration toden för att man skall kunna ta hänsyn till flyttid i ledningsnät. Ger ofta ett för högt n flöde och en för långsam dagvattenvåg. (vatten- och avloppsverksföreningen 1976).

RRL-metoden (Road-Research-Laboratory) *Flödesinformation:* Ger avrinningen som : av tiden (avrinningshydrograf) inklusive n och avrunnen vattenvolym.

Egenskaper: Datorbaserad relativt enkel me flödet till ledningsnätet beräknas med hjäl tionella metoden. Det speciella hos metoder sätt att beräkna ledningsflödet. Detta sker e utvecklad kinematisk teori. Metoden klara dämnd ledning. Metoden är väl testad och a både England och Norge. (Watkins 1962, Terstriep 1972).

SWMM (Storm Water Management Model) *Flödesinformation:* Ger avrinningshydrogr: klusive maxflöde, avrunnen vattenvolym och ningsmängder.

Egenskaper: Datorbaserad detaljerad metod. Beräknar både ytavrinning på marken och ledningsflöde på ett detaljerat sätt. Tar hänsyn till infiltration på permeabla ytor. Kan även analysera föroreningarnas inverkan på recipienten. Beräknar dämning på ett förenklat sätt. Metoden är testad och används på några platser, främst i USA (Huber et al 1975).

CTH-modellen
(Chalmers Tekniska
Högskola)

Flödesinformation: Beräknar avrinningshydrografen inklusive maxflöde och avrunnen dagvattenvolym för enstaka nederbördstillfällen.

Egenskaper: Datorbaserad detaljerad metod. Beräknar ytavrinning relativt detaljerat och ledningsflödet f. n. enligt RRL-metoden. Klarar ej dämning. Tar hänsyn till infiltration på permeabla ytor. Testas nu på olika avrinningsområden i Sverige (Arnell o. Lyngfelt. 1975a, Sjöberg 1976).

Rationella metoden — en ofta använd beräkningsmetod

Figur 4 visar ett exempel på hur nederbördens intensitet kan variera under ett regn. Regnskuren varar här ungefär en halvtimme och intensitetstoppskansen är 20 mm/h (ganska häftigt regn). Hur ser då avrinningen ut från ett område under ett regn liknande det i figuren? En hög intensitet ger stort utflöde och ett stort avrinningsområde ger också ett stort utflöde. Intensitetstoppen i vårt exempel är ungefär 2 minuter. Detta är en för liten tid för att utflödet skall hinna påverkas av den ökade avrinningen från arean i området. Utflödet beror alltså inte bara på regnet utan också på områdets karakteristika såsom storlek, form, lutning och ytegenskaper. Man brukar tala om den s. k. koncentrationstiden för ett avrinningsområde. Här med menas flyttiden för en vattenpartikel från den avlägsnaste punkten i området till utloppet.

Avrinningsförloppet är som framgår ovan en mycket komplicerad process. En närmare analys av förloppet kräver en hydraulisk betraktelse som man får för en stor beräkningsvolym. Senare i denna artikel beskrivs en sådan beräkningsmetod. Vid praktiskt dimensioneringsarbete tas idag inte hänsyn till den ovan beskrivna småskaliga variationen i nederbördsintensitet

Intensitet (regn)

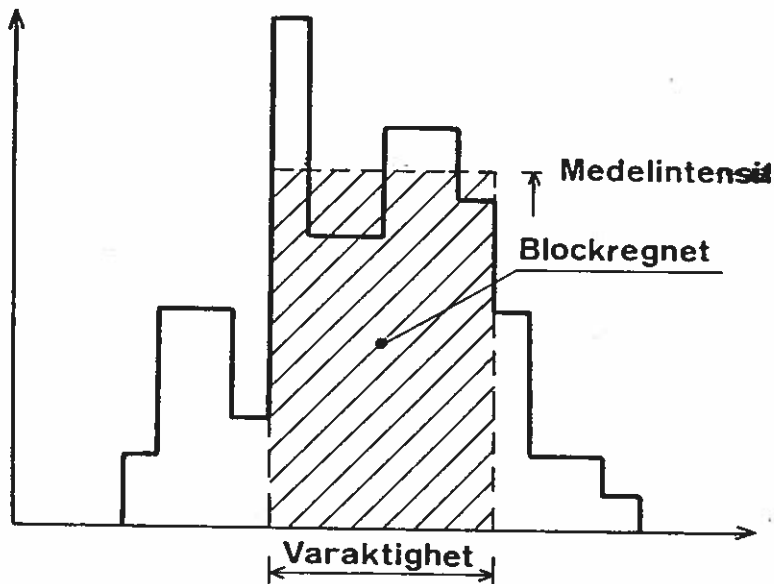


Fig. 4. Regnets maximala medelintensitet för en bestämd varaktighet (blockregnet).
 Fig. 4. Maximum average rain intensity for a chosen duration.

Man arbetar istället med det s. k. blockregnet, se figur 4, som anger regn medelintensitet för en bestämd varaktighet.

I den s. k. Rationella Metoden bestäms flödet som produkten av blockregnets intensitet och en avrinningskoefficient:

$$q(T) = \phi \cdot MI(t, T)$$

där

$q(T)$ = maximalt flöde per ytenhet (mm/h)

T = återkomsttid (år)

ϕ = maxavrinningskoefficient (dimensionslös)

$MI(t, T)$ = blockregnets medelintensitet (mm/h)

t = blockregnets varaktighet (minuter)

Ett flöde med viss sannolik återkomsttid bestäms enligt ovan med hjälp av blockregnets intensitet som har samma sannolika återkomsttid. Denna intensitet erhålles ur nederbördsstatistik för regionen. Härvid väljs en varaktighet på blockregnet som motsvarar koncentrationstiden för det aktuella området. Exempel på nederbördsstatistik som används i Göteborg i figur 5. Blockregnets intensitet är här uttryckt som funktion av både återkomsttid och varaktighet. Varje kurva motsvarar ett värde på återkomsttiden i intervallet 1/3—10 år.

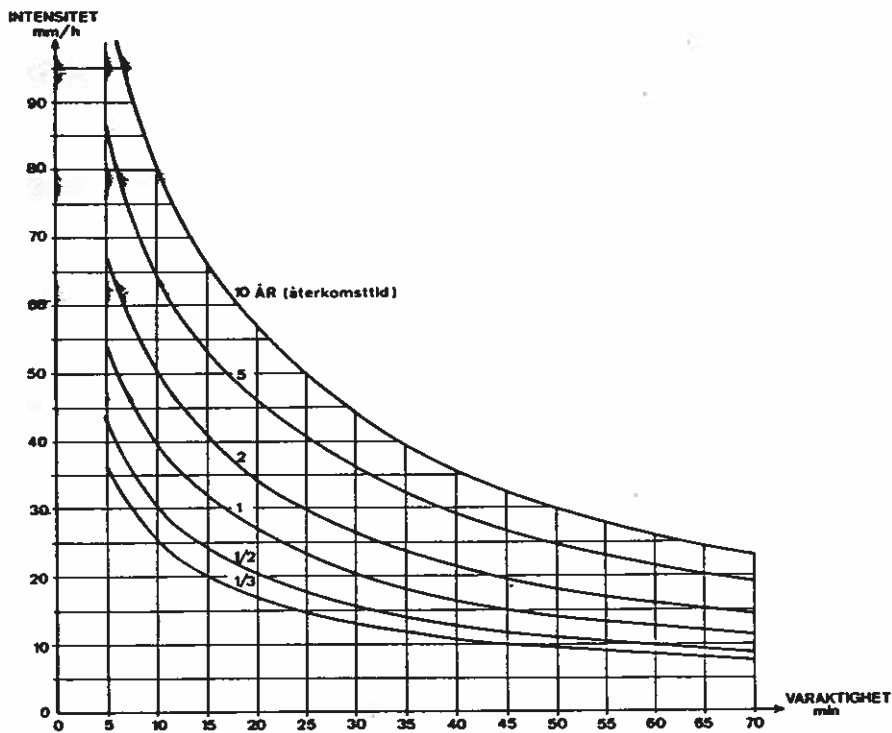


Fig. 5. Blockregnets intensitet som funktion av dess varaktighet och återkomsttid.
 Fig. 5. Maximum average rain intensity as a function of rain duration and rain recurrence interval.

Maxavrinningskoefficienten använd i rationella metoden anger alltså förhållandet mellan två statistiska fördelningar. Koefficienten anses konstant och anges för olika typer av ytor i facklitteraturen.

Undersökningar visar att det ovan angivna sambandet i princip gäller för små områden. Ett exempel på förhållandet mellan blockregns- och flödesfördelningarna i ett hyreshusområde utanför Göteborg visas i figur 6. Den övre linjen svarar mot blockregnsintensiteten $MI(6, T)$ för 6 minuters varaktighet (koncentrationstiden i området ~ 6 minuter) och den undre linjen mot maximalt utflöde $q(T)$.

Storleken av det beräknade flödet $q(T)$ varierar starkt med valet av avrinningskoefficient och valet av varaktighet för blockregnet. Svårigheterna att göra dessa val vid praktiska tillämpningsfall medför att det färdiga avledningssystemet ofta får en helt annan återkomsttid för överbelastningar än vad som var avsikten med dimensioneringen. Detta innebär exempelvis att en avvägning mellan kostnaderna för att bygga ledningsnätet och kostnaderna för översvämningar inte kan göras tillfredsställande. Med en noggrannare beräkningsmetod, t. ex. CTH-modellen (se nedan), kan ekono-

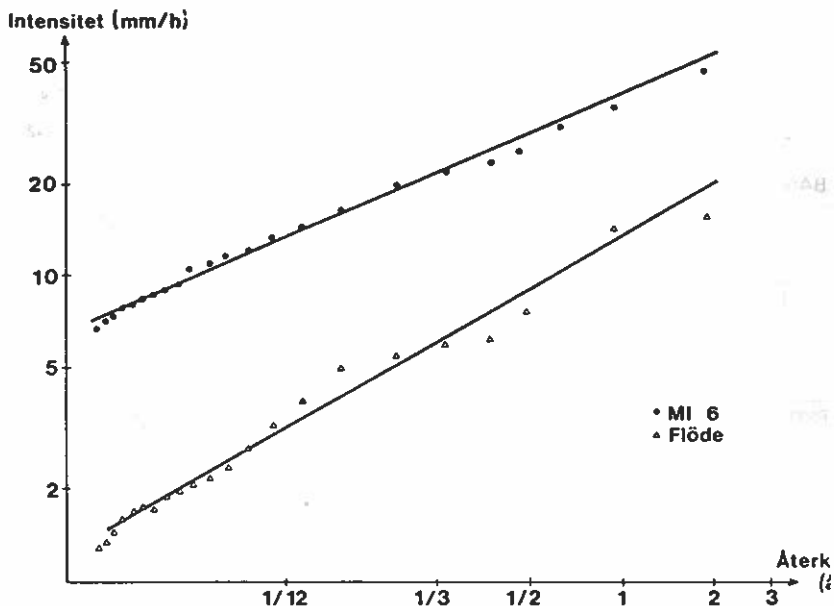


Fig. 6. Fördelningsfunktioner för maximal medelintensitet under 6 min. av regn för maximalt flöde.

Fig. 6. Distribution functions for the maximum average rain intensity of 6 min. and for the peak flow.

miska bedömningar lättare göras vilket är en av anledningarna till att na typ av modeller alltmer börjat uppmärksammas.

Rationella metoden används ibland också för beräkning av total runna volymer under en viss tidsperiod. Härvid bör man använda värden på avrinningskoefficienten än dem som nämnts ovan. Avrinningskoefficientens storlek är beroende av hur regnet har fallit — flera korta eller få långa — vilket medför att användningen på detta sätt är g osäker. En bättre metod att uppskatta avrunna volymer ges i Arn Lyngfelt 1975 b.

Beräkningsmetod utvecklad vid Chalmers Tekniska Högskola

Den tidigare beskrivna utvecklingen inom dagvattenområdet har inne att intresset har fokuserats mot konstruktionsdelar av typ utjämning sängar, infiltrationsanläggningar, bräddavlopp m. m. Samtidigt önskar bättre kunskap om dimensioneringen av de enskilda ledningarna. De bakgrunden till att vi har valt att arbeta med en detaljerad beräkning, dell som beräknar hela avrinningshydrografen. Den ger oss dessutom ligheter att studera egenskaper hos enklare modeller.

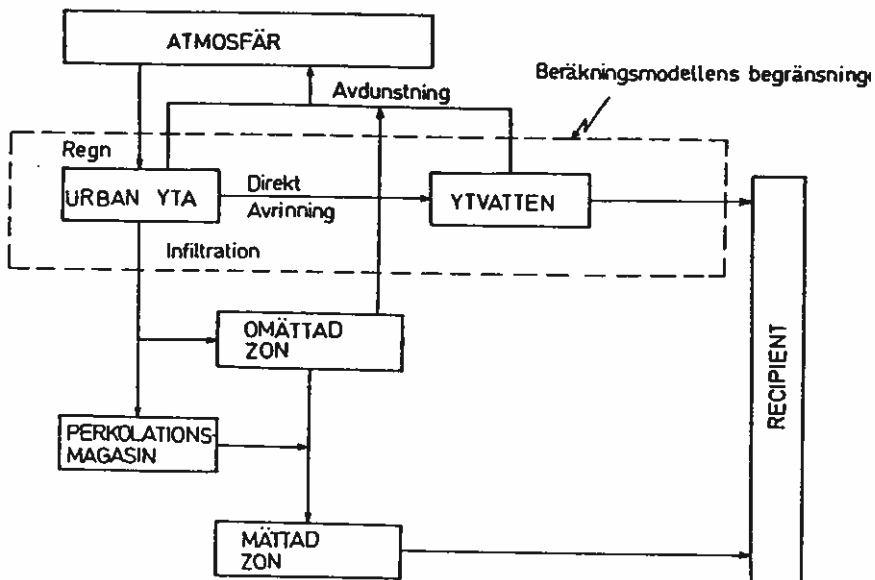


Fig. 7. Det urbana kretsloppet med beräkningsmodellens begränsningar inlagda.
 Fig. 7. The hydrologic cycle with the limitation of the runoff model.

Beräkningsmodellen beskriver en del av vattnets kretslopp i ett urban område, figur 7. Inkluderade är de delar som beskriver vattnets rörelser p markytan samt nederbörd, infiltration och ledningsflöde. Vid analys a dagvattensystem är det i de flesta fall den snabba avrinningen från hårc gjorda ytor inom bebyggda områden som är avgörande. Den här beskriv na modellen lämpar sig inte för att beskriva avrinningen från park- oc skogsområden eftersom vattnets rörelser i mark- och grundvattenszoner na ej ingår. Beräkningsmodellen lämpar sig alltså i första hand för att be räkna avrinningen från bebyggda områden för enstaka nederbördstillfällen

Hela avrinningsberäkningen är uppdelad i sex delar som beskriver neder börd, infiltration, ytvattenmagasiner, ytvattenavrinning, rännstensflöd och flöde i ledningsnätet, se figur 8 och 9. I beräkningsmodellen ingår d delar som är av störst betydelse för att beskriva hur stor del av nederbörd en som avrinner samt tidsförloppet för denna avrinning.

Vid beräkningen delar man in avrinningsområdet i ett antal rektangulär delytor med enhetlig lutning och ytstruktur. Man kan här påverka beräk ningsarbetet och beräkningsnoggrannheten genom att välja en grov elle detaljerad indelning av området. En grov indelning medför sämre nog grannhet och mindre arbete men ger möjlighet att utföra en analys a större områden. En grov indelning medför dessutom att man fjärrmar si från en fysikaliskt riktig beskrivning av avrinningen. Detta kan man kom

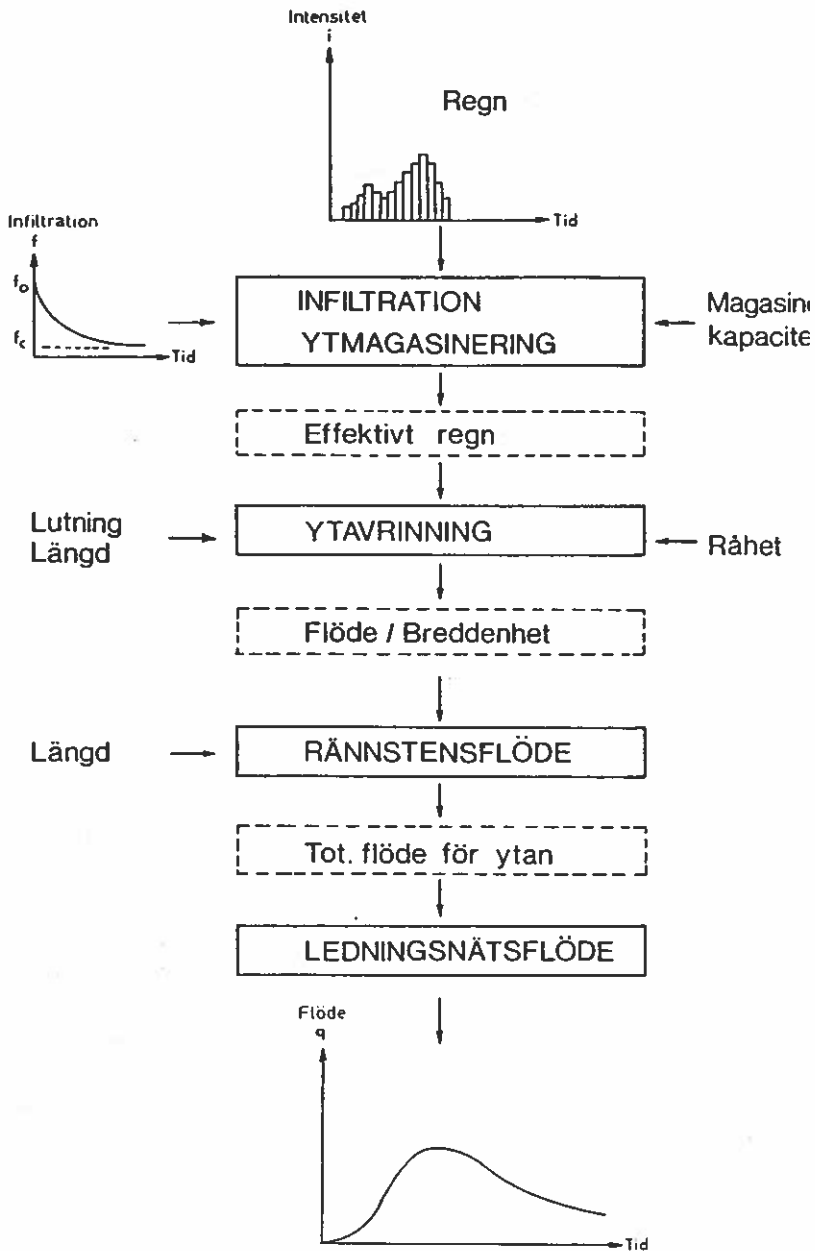


Fig. 8. Beräkningsmodellens struktur.

Fig. 8. Structure of the runoff model.

pensera genom ett lämpligt val av ingångsvärden i modellen. Ytorna som permeabla eller impermeabla. I nederkanten av varje delyta vattnet upp i en rännsten och leds till inloppspunkten på ledningsnätet 10.

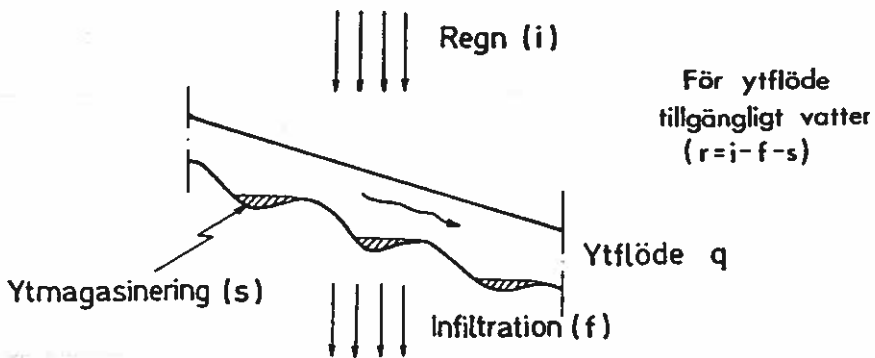


Fig. 9. Tvärsnitt genom en avrinningsyta med delprocesserna inlagda.
 Fig. 9. Overland flow with rainfall, infiltration and depression storage.

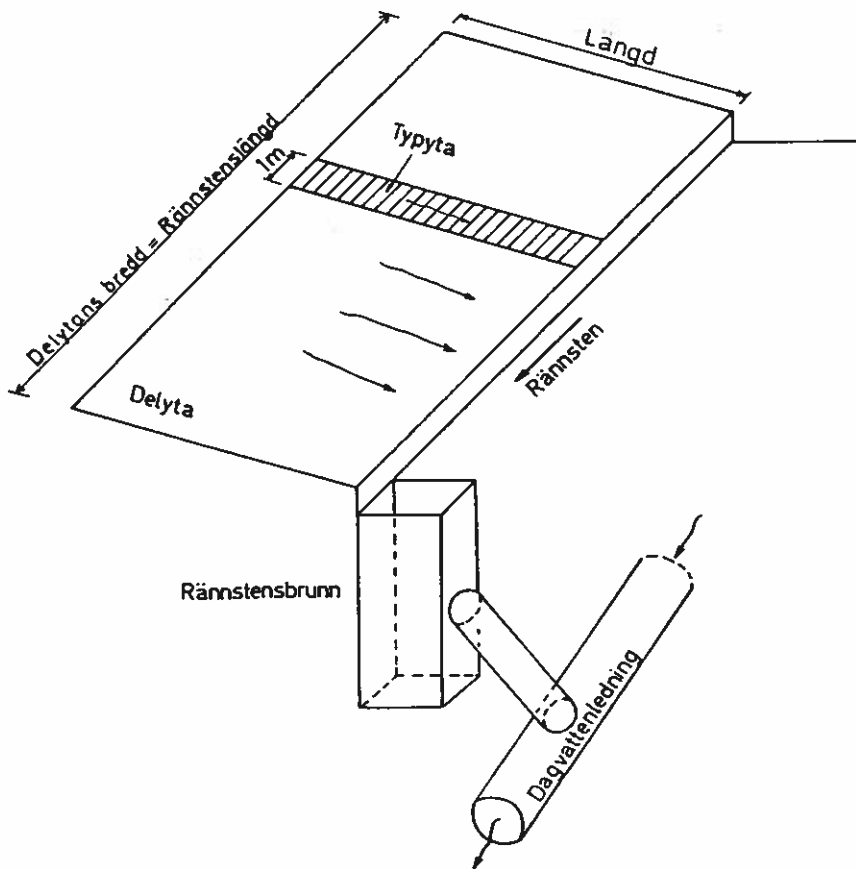


Fig. 10. Schematisk indelning av avrinningsprocessen.
 Fig. 10. Scheme of the runoff process.

Vid tillämpningen av modellen behöver man fastställa ett antal parametrar som ingår i de olika delprocesserna. Dessutom måste avrinningsförhållandet och ledningsnätet beskrivas med ett antal geometriska parametrar. En lista över parametrarna ges i nedanstående tabell.

Tabell över nödvändiga ingångsvärden till beräkningsmodellen:

Delprocess	Parametrar
Nederbörd	Nederbördshyetograf som beskriver regnintensitetens variation med tiden (mm/h)
Infiltration	Infiltrationskapacitetens startvärde (mm/t) och slutvärde (mm/h) samt avklingningsfaktor
Ytmagasinering	Total ytmagasinskapacitet (mm)
Ytavrinning	Delyornas längd (m), lutning (‰) och Rännstenslängd (m) (eller delyornas bredd)
Rännstensflöde	Ledningarnas längd (m), lutning (‰), dimension (m) och råhet

Om modellen skall användas för dimensionering kan man t. ex. använda "dimensioneringsregn" som konstruerats ur uppmätta nederbördsserier så att de kan sägas ha ett bestämt återkomstintervall. Det simulerade regnet får då en återkomsttid motsvarande regnets. Man kan också utföra dimensioneringen för en grupp verkliga regn och därefter göra en statistisk analys av de simulerade flödena varur det dimensionerande flödet bestäms.

Innan en beräkningsmodell av den typ som beskrivs ovan kan börja användas för analys och dimensionering av dagvattensystem måste man känna till dess tillförlitlighet och beräkningsnoggrannhet. CTH-modellen har därför testats bl. a. på ett 15.4. ha stort bostadsområde i Göteborg där mätning av nederbördsintensitet och avrinning utförts av Geografiska forskningsgruppen, CTH. De ingångsvärden som krävs enligt modellen ovan för att kunna utföra beräkningen utgörs här av det uppmätta regnet samt värden på ytornas storlek, lutning etc. erhållna ur kartmätning. Med dessa ingångsvärden har modellen simulerat avrinningar från området. Genom att jämföra dessa simuleringar med motsvarande uppmätta avrinningar kan man få en uppfattning om beräkningsmetodens förmåga att beskriva avrinningsförloppet.

I figur 11 och 12 visas exempel på två analyserade nederbördstillfällen. Regnintensiteten ges i den övre delen som ett stapeldiagram med tiden på x-axel. Den heldragna kurvan svarar mot uppmätt avrinning från området och den streckade mot beräknad. Vid bedömning av resultatet bör man ha i minnet att nederbörds- och avrinningsvärdena kan vara behäftade med mätfel på 10—15 %. Mot denna bakgrund bedöms överensstämmelsen mellan simulerad och uppmätt avrinning vara god. Tidsförskjutningen (3 minuter) mellan kurvorna i figur 12 förklaras delvis av att felet i tid

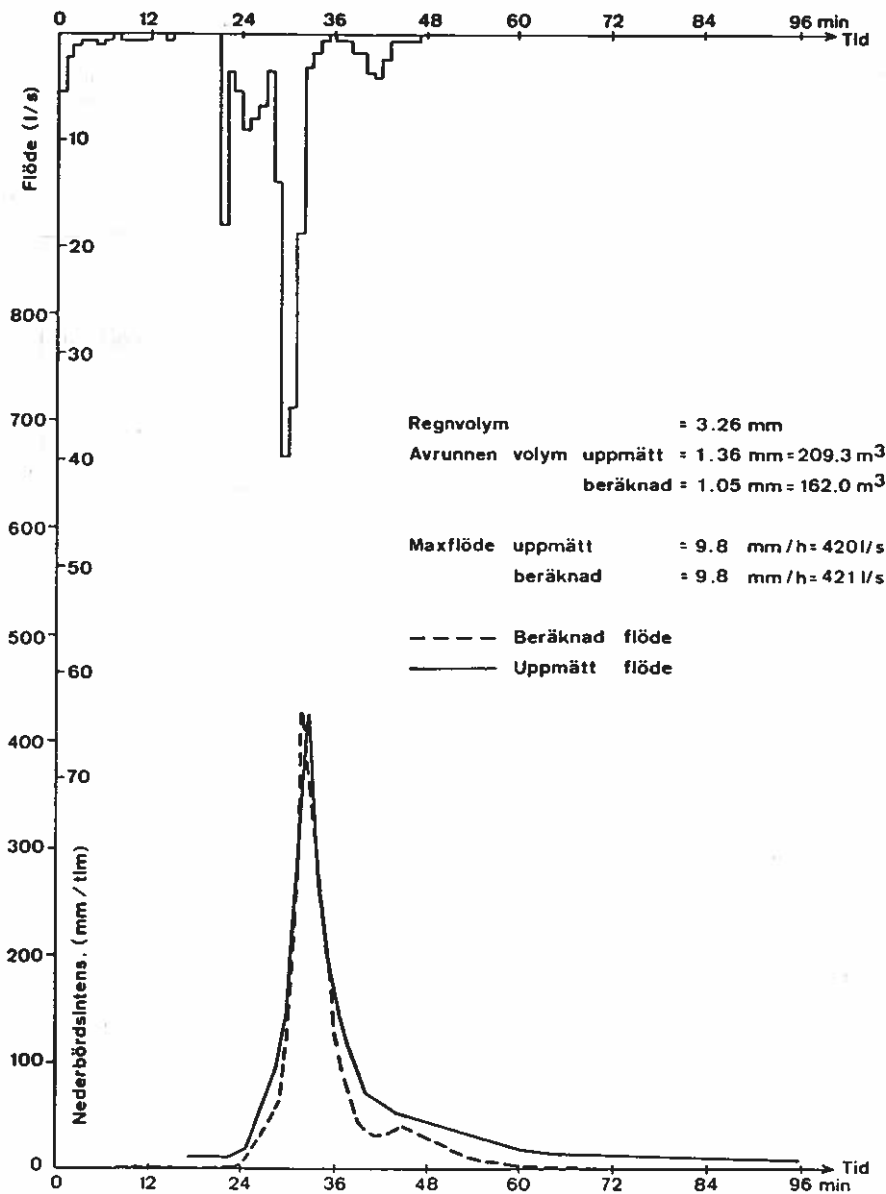


Fig. 11. Nederbördshyetograf, beräknad och observerad avrinningshydrograf, Bergsjön Göteborg, 1973-10-09, kl. 14.20.

Fig. 11. Rainfall hyetograph, calculated and observed runoff hydrographs, Bergsjön Gothenburg, 1973-10-09—14.20.

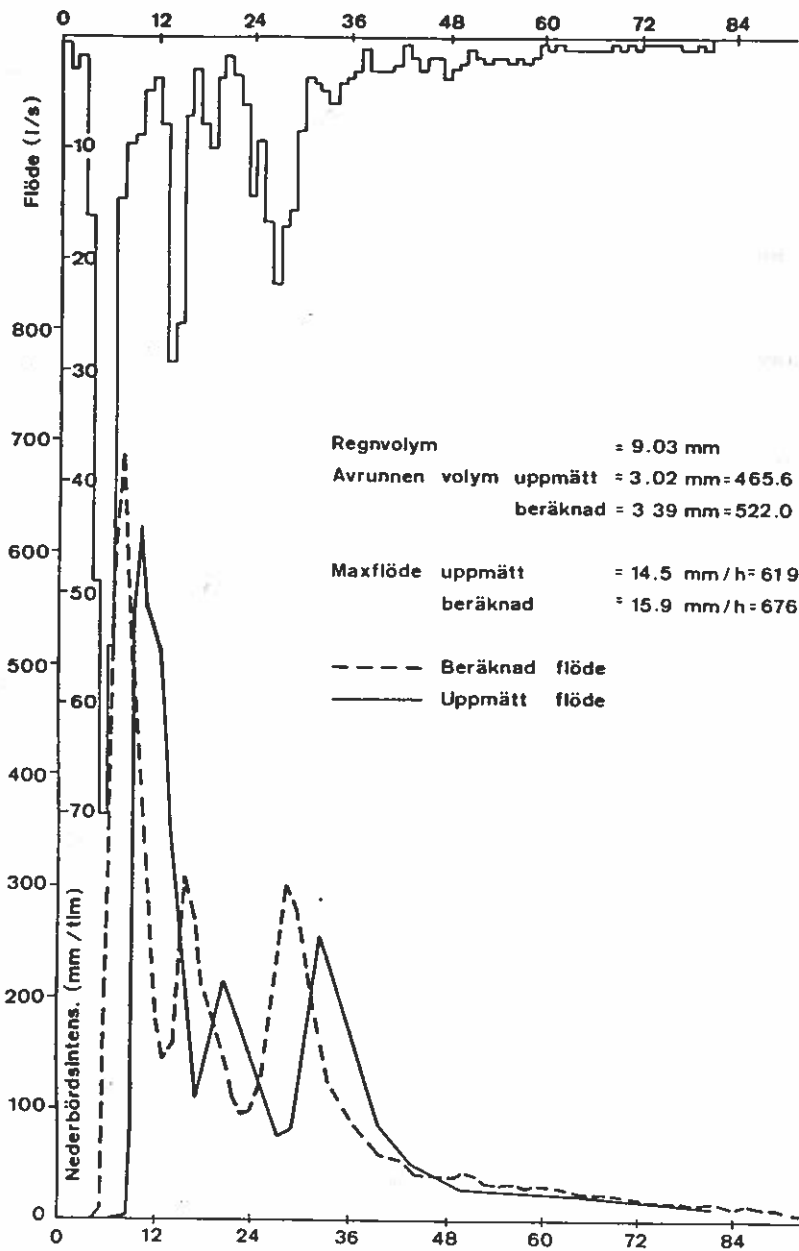


Fig. 12. Nederbördshyetograf, beräknad och observerad avrinningshydrograf Göteborg, 1973-07-08, kl. 14.27.

Fig. 12. Rainfall hyetograph, calculated and observed runoff hydrographs Gothenburg, 1973-07-08—14.27.

kroniseringen mellan nederbörds- och avrinningsmätningen kan uppgå till 2 à 3 minuter.

Genom att använda en mer detaljerad beräkningsmetod, som beskriver avrinningsförloppet på ett mer ingående sätt, kan man koppla parametrar och koefficienter till lätt observerade egenskaper hos avrinningsområde. Man minskar därmed den subjektivitet som alltid måste präglade valet av koefficienter vid beräkning med en enklare modell. Det totala felet vid användning av en detaljerad beräkningsmodell bör vara mindre än $\pm 20\%$. Att kraven inte kan ställas högre beror just på att de värden som modeller testas med inte är noggrannare.

Summary

In this paper methods for the estimation of storm water runoff are described. A proper use of these methods is essential for the design of economic and functional storm water systems. In Sweden two main types of storm water systems are used—the combined system and the separate system. As we can see in figures 2 and 3 the combined system opposite to the separate system uses the same sewers for both storm water and sewer water. The commonly used method for the estimation of storm water is the "Ratio Method". In this method the design peak flow is determined as the product of the rainfall intensity and a runoff coefficient. Sometimes more information of the runoff is needed. Then a runoff model developed by the authors can be used that gives the runoff as a function of time, see figures 11 and 12.

Referenser

- Arnell och Lyngfelt 1975 a:* Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola. Meddelande nr 12. Göteborg.
- Arnell och Lyngfelt 1975 b:* Nederbördsavrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973—1974, Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola. Meddelande nr 13. Göteborg.
- BFR:s Programgrupp för geohydrologisk forskning 1976. Slutrapport, Geohydrologisk forskning. Göteborg.
- Huber et al. 1975:* Storm Water Management Model. User's Manual Version 11. Environmental Protection Technology Series. EPA 670/2-75-017. Cincinnati, Ohio.
- Sjöberg, A. 1976:* Beräkning av icke stationära flödesförlopp i reglerade vattendrag och dagvattensystem. Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för vattenbyggnad. Meddelande nr 18. Göteborg.
- Stall and Terstriep 1972:* Storm Sewer Design—An evaluation of the RR method. Environmental Protection Technology Series EPA R2-72-06 Washington.
- Svenska vatten- och avloppsverksförbundet, 1976: Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledning. Publikation VAV P28.
- Watkins, L.H. 1962:* The Design of Urban Sewer Systems. Road Research Technical Papers No. 55. Dept. of Scientific and Industrial Research London.

Institutionen för Vattenbyggnad
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Report Series B

1. Bergdahl, L.: Beräkning av vågkrafter. 1977.
2. Arnell, V.: Studier av amerikansk dagvattenteknik. 1977.
3. Sellgren, A.: Hydraulic Hoisting of Crushed Ores. A feasibility study and pilot-plant investigation on coarse iron ore transportation by centrifugal pumps. 1977.
4. Ringesten, B.: Energi ur havsströmmar. 1977.
5. Sjöberg, A. och Asp, Th.: Brukar-anvisning för ROUTE-S. En matematisk modell för beräkning av icke-stationära flöden i floder och kanaler vid strömmande tillstånd. 1977.
6. Annual Report 76/77.
7. Bergdahl, L. och Wernersson, L.: Calculated and Expected Thermal Ice Pressures in Five Swedish Lakes. 1977.
8. Göransson, C-G. och Svensson, T.: Drogue Tracking - Measuring Principles and Data Handling.
9. Göransson, C-G.: Mathematical Model of Sewage Discharge into confined, stratified Basins - Especially Fjords.
10. Arnell, V. och Lyngfelt, S.: Beräkning av dagvattenavrinning från urbana områden. 1978
11. Arnell, V.: Analysis of Rainfall Data for Use in Design of Storm Sewer Systems. 1978.