



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R64:1975

**Dagvattenuppsamling
och -avledning**

**Lars-Eric Janson
Jan Lundgren**

Byggforskningen

TEKNISKA HÖRSKOLEN I GÖTEBORG
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEK

Dagvattenuppsamling och -avledning Systemanalys

Lars-Eric Janson & Jan Lundgren

Byggforskningen Sammanfattningar

R64:1975

De kommunala avloppsledningssystemen i Sverige är till betydande del utbyggda enligt det kombinerade systemet. Under senare år har diskuterats huruvida dessa kombinerade ledningar måste byggas om till separata för att de eftersträvar förbättringarna i våra sjöar och vattendrag skall kunna uppnås. Fullständig ombyggnad av de kombinerade ledningarna kostnadsberäknades år 1968 till ca 7 000 Mkr, och med hänsyn till prisutvecklingen förefaller det troligt att kostnaderna härför är ännu större idag. Som jämförelse kan nämnas att kommunerna för närvarande årligen investerar ca 600 Mkr i avloppsledningar. Mot bakgrund av dessa siffror inses vikten av att en fullständig analys görs av alternativa lösningars för- och nackdelar samt av kostnaderna härför innan ombyggnad igångsättes i större omfattning.

I föreliggande rapport presenteras ett arbete som omfattar funktionsanalys av förekommande avloppssystem. Funktionsanalysen har utförts utgående från ett systemanalytiskt synsätt varvid de effekter som uppstår i vattnets urbana kretslopp identifierats och deras storlek angetts för olika avloppssystem. Genom att utnyttja det utförda arbetet vid planering och projektering kan sådana beslut fattas som innebär ett mer optimalt utnyttjande av tillgängliga resurser än vad som tidigare varit möjligt.

Systemanalys

Grundtankarna bakom det utförda forskningsprojektet har varit att val och utformning av avloppssystemet i ett samhälle återverkar på varje steg i vattnets kretslopp i samhället, jfr FIG. 1. I varje steg, vattenrening, vattendistribution, avloppsvattenuppsamling, avloppsvattenrening etc. uppstår effekter, E , t.ex. i form av förorening, på grund av den utformning som givits avloppssystemet. Effekterna kan för varje system kvantifieras, värderas och summeras, varefter den totala negativa effekten för varje system kan ställas i relation till systemets anläggningskostnad, K .

Avloppssystem

Avloppsvatten från tätbebyggelse av-

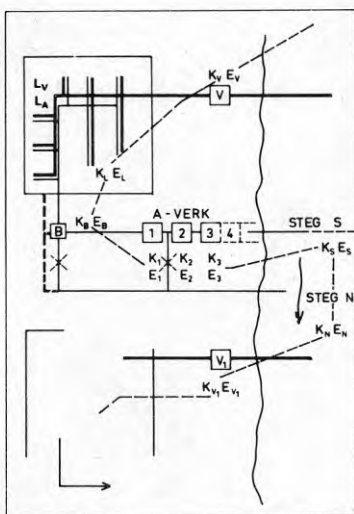


FIG. 1. Vattnets urbana kretslopp. Systemets utformning påverkar effekten (E) i form av t.ex. förorening. Totala negativa effekten kan ställas i relation till systemets anläggningskostnad (K).

V = vattenrening, L_v = vattendistribution, L_A = avloppsvattenuppsamling, B = bräddavlopp, A = avloppsvattenrening, S = spridning eller infiltration, N = naturens självrening.

leds i Sverige vanligen enligt ettdera av följande två huvudsystem. Det ena, det kombinerade systemet, innebär att dag-, drän- och spillvatten avleds tillsammans i en gemensam ledning. Det andra, det halvseparata systemet, innebär att dagvatten avleds för sig i en ledning och att spill- och dränvatten avleds gemensamt i en annan ledning. Genom att komplettera det kombinerade systemet med fördröjningsmagasin förändras det kombinerade systemets karakteristiska egenskaper i så hög grad att det är motiverat att tala om ett nytt system, kombinerat system med fördröjning. Härutöver förekommer, t.ex. i Norge, ett helt separat system, vilket innebär att dag- och dränvatten avleds gemensamt i en ledning och att spillvatten avleds i en annan ledning. Vi kan sålunda särskilja följande fyra principiella huvudavloppssystem:

- Kombinerat system (K)
- Kombinerat system med fördröjning (K o F)

Nyckelord:

dagvatten, avloppssystem, systemanalys, alternativa system, systemindex

Rapport R64:1975 hänför sig till forskningsanslag 730197-2 från Statens råd för byggnadsforskning till VBB Vattenbyggnadsbyrån, Stockholm.

UDK 628.21
628.221
SFB (50)
ISBN 91-540-2505-2

Sammanfattning av:

Janson L-E, & Lundgren J, 1975, *Dagvattenuppsamling och -avledning. Systemanalys* (Statens råd för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R64:1975, 107 s., ill. 21 kr exkl moms.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk översättning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60
Grupp: installation

- Separat system (S)
- Halvseparat system (HS)

Utöver huvudavloppssystemen förekommer ett antal komplementsystem av vilka kan nämnas:

- Infiltrationssystem
- Vakuumsystem
- Tryckavloppssystem

Gemensamt för dessa är att vi än så länge har begränsad erfarenhet av drift i större skala.

I rapporten redovisas, förutom verknings sättet hos systemen, även olika principer och anordningar för fördröjning av flöden, samt i vilken utsträckning systemen förekommer i Sverige och utomlands.

Identifiering och kvantifiering av effekterna

Genom att systematiskt studera varje steg i vattnets urbana kretslopp, jfr FIG. 1, kan de negativa effekter som uppstår identifieras. I FIG. 2 redovisas med nyckelord samtliga effekter som identifierats.

Sedan de uppkommande negativa effekterna av företagna eller bristande åtgärder identifierats måste storleken av dessa anges, dvs. de fyra studerade huvudsystemen har jämförts med avseende på varje effekt. Eftersom storleken av effekterna i hög grad är beroende av lokala förutsättningar i det enskilda fal-

let så har kvantifieringen ej kunnat göras direkt i mätbara enheter. I stället har kvantifieringen gjorts i form av relationstal, vilket innebär att avloppssystemen jämförs internt för varje effekt men att olika effekter ej utan vidare kan jämföras sinsemellan.

För att det emellertid skall vara möjligt att jämföra de olika systemens totala negativa effekt, ΣE , har de enskilda effekterna viktats inbördes. De i rapporten föreslagna vikterna är grundade på en bedömning av respektive effekts betydelse ekonomiskt, miljömässigt och socialt.

Systemindex

För att i slutsak kunna jämföra varje systems anläggningskostnad och totala effekt, så måste de härledda relationstalen kombineras till ett gemensamt värderingstal, systemindex, SI , vilket bör vara så litet som möjligt. Systemindex beräknas som det geometriska medelvärdet av effekterna enligt formeln:

$$SI = \left[\prod_{i=1}^n \text{relationstal}^a \right] \frac{1}{\sum a_i}$$

Praktikfall

I syfte att åskådliggöra på vilket sätt det utförda arbetet kan utnyttjas för praktiskt ändamål görs i rapporten några kortfattade exemplifieringar, dels för det fall som innebär nyexploatering, dels vid åtgärder på befintligt system.

Exempel 1.

I det första exemplet antas att ett bostadsområde för 5 000 personer skall byggas på jungfrulig mark. Området antas bli anslutet till ett biologiskt-ke-miskt avloppsreningsverk. Följande systemindex och anläggningskostnader erhålls för de fyra systemen:

	K	KoF	S	HS
Systemindex (SI)	1,58	1,26	1,09	1,16
Anläggningskostnad, kr (K)				
Servisledningar	2,5 · 10 ⁶	2,5 · 10 ⁶	5,05 · 10 ⁶	4,3 · 10 ⁶
Allmänna ledningar	2,35 · 10 ⁶	3,15 · 10 ⁶	4,1 · 10 ⁶	3,6 · 10 ⁶
Totalt	4,9 · 10 ⁶	5,7 · 10 ⁶	9,2 · 10 ⁶	7,9 · 10 ⁶
Multiplikeras SI med K erhålls:				
SI · (K · 10 ⁶)	7,73	7,18	10,02	9,05

Även om det separata systemet är bäst ur teknisk och miljömässig synpunkt, blir således ett kombinerat system med fördröjningsanordningar ett mer optimalt alternativ.

Exempel 2.

I det andra exemplet antas att ett kombinerat ledningsnät i de centrala delarna av ett samhälle skall byggas om och metodiken används för att avgöra vilken av ett antal alternativa åtgärder som är tekniskt-ekonomiskt optimal.

Systemindex och anläggningskostnad för de fyra systemen beräknas till:

	K	KoF	S	HS
Systemindex (SI)	1,69	1,25	1,12	1,18
Anläggningskostnad, kr (K)				
Servisledningar	—	—	1,2 · 10 ⁶	1,0 · 10 ⁶
Allmänna ledningar	—	0,7 · 10 ⁶	2,5 · 10 ⁶	1,1 · 10 ⁶
Totalt	—	0,7 · 10 ⁶	3,7 · 10 ⁶	2,1 · 10 ⁶

I detta exempel erhålls en påtaglig teknisk förbättring i samtliga tre ombyggnadsalternativen, med en obetydlig överbikt för det renodlat separata systemet. Med hänsyn till de stora investeringskostnaderna i de båda typerna av separata system torde emellertid införandet av fördröjningsanordningar i det befintliga kombinerade systemet vara att föredra.

Resultatet i båda exemplen är måhända något överraskande, eftersom preferens erhålls för kombinerat system med fördröjning, vilket för närvarande ej överensstämmer med svensk praxis (men väl med viss utländsk).

Fortsatt arbete bör inriktas mot en kritisk granskning av metodens felkällor samt därmed analysresultatets praktiskt möjliga variationsområde.

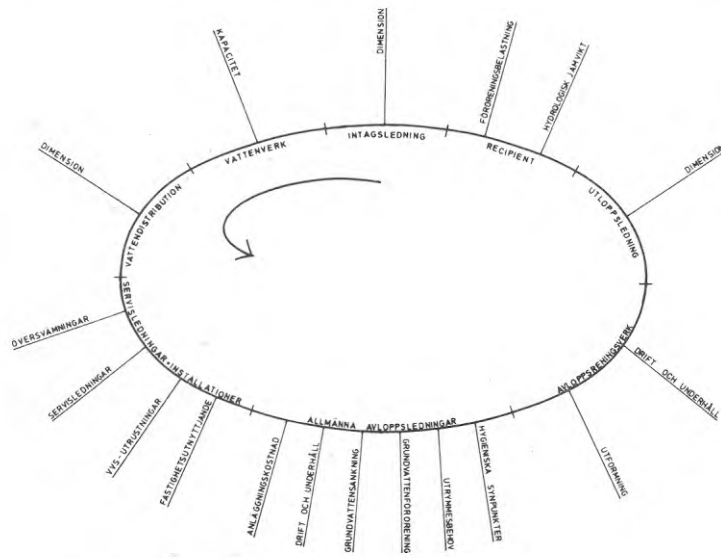


FIG. 2. Identifierade effekter.

Collection and drainage of storm water System analysis

Lars-Eric Janson & Jan Lundgren

The community sewer networks in Sweden are to a great extent constructed in accordance with the combined system. In recent years discussions have been held on the possibilities of converting the combined systems into separate systems in order to achieve desired improvements in water quality of the lakes and rivers of Sweden. A complete conversion of the combined networks was estimated in 1968 to amount to about 7,000 M. Sw. Crs and, bearing in mind the rise in prices, it is probable that the cost today would be still greater. By way of comparison it should be noted that the local authorities annually invest about 600 M. Sw. Crs in sewage pipes. Against the background supplied by these figures it is obviously important that an analysis be made of the advantages and disadvantages as well as of the costs before reconstruction is started on a large scale.

The present report introduces a study comprising the functional analysis of existing sewage systems. The functional analysis has been performed on the basis of a system analytical approach, where the effects arising in the urban cycle of the water are identified and their magnitude indicated for different sewage systems. Utilization of this work in planning and designing makes it possible to reach decisions resulting in improved exploitation of existing resources than has hitherto been possible.

System analysis

The basic concept of the project is that the choice and design of the sewage system in a community affects every stage of the cycle of the water in the community, cf. FIG. 1. In every stage, water purification, distribution, the collection of sewage water, the purification of sewage water, there arise effects, E , e.g. in the form of pollution, due to the particular design of the sewage system. For every system the effects can be quantified, evaluated and summed up, after which the entire negative effect for every system can be stated in relation to the cost, K , of the system concerned.

Sewage systems

Sewage water from built-up areas in Sweden is usually drained in accordance with one or other of two main systems. In the first, the combined sys-

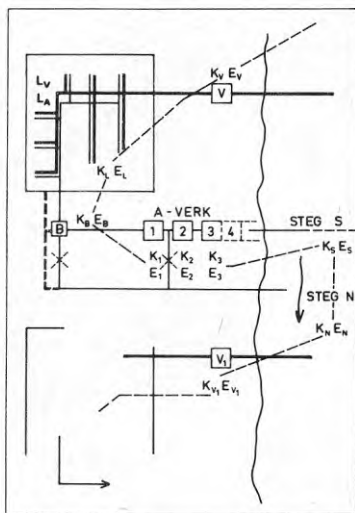


FIG. 1. The urban cycle of the water. The design of the system influences the effect (E) in the form of pollution, for example. The total negative effect can be stated in relation to the installation cost (K) of the system.

V = water purification, L_v = water distribution, L_A = sewage water collection, B = sewer overflows, A = treatment of sewage water, S = disposal of sewage effluent, N = natural self-purification.

tem, storm, drainage and waste water, are drained together in a common pipe. The second, the semi-separate system, allows the storm water to be drained by means of one pipe while waste water and drainage water are led off together in another pipe. The addition of retention basins changes the properties of the combined system to such an extent that we are justified in recognising a third system, the combined system plus retaining. Further, in Norway for example, there is an entirely separate system, in which storm and drainage water are drained together in one pipe and wastewater in another. We can thus distinguish four main types of drainage systems:

- Combined system (C)
- Combined system plus retaining (C + R)
- Separate system (S)
- Semi-separate system (S - S)

Besides these main drainage systems there are several supplementary systems, of which the following may be mentioned:

Swedish Building Research Summaries

R64:1975

Key words:

storm water, sewage disposal systems, system analysis, alternative sewage systems, system index

Report R64:1975 refers to grant 730197-2 from the Swedish Council for Building Research to VBB Vattenbyggnadsbyrån, Stockholm.

UDC 628.21
628.221
SfB (50)
ISBN 91-540-2505-2

Summary of:

Janson L-E, & Lundgren J, 1975, *Dagvattenuppsamling och -avledning. Systemanalys*. Collection and drainage of storm water. System analysis (Statens råd för byggnadsforskning) Stockholm. Report R64:1975, 107 pp., ill. Sw. Cr 21.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403
S-111 84 Stockholm
Sweden

- Infiltration system
- Vacuum system
- Pressure sewage system

Common to these systems is the fact that so far our experience of their operation on a large scale is limited.

This report describes not only the operating principles of the systems but also various principles and devices for delaying the flow, as well as the extent to which the systems are in operation in Sweden and other countries.

Identification and quantifying of the effects

A systematic study of every stage of the urban cycle of the water, cf. FIG. 1, enables us to identify the negative effects that occur. FIG. 2 indicates by means of key-words all the effects identified.

After the negative effects of measures taken or of inadequate measures have been identified, the magnitude of the effects must be indicated, i.e. the four main systems studied have been compared with respect to every effect. As the magnitude of the effects is dependent to a considerable extent on local conditions in each individual case, it has not been possible to quantify the effects directly in measurable units. Instead, quantifying has been expressed in the form of ratios, which means that the sewage systems are internally compared with regard to every effect but that different effects cannot be directly compared with each other.

However, to make it possible to compare the total negative effect, ΣE , of the different systems, the individual effects have been reciprocally weighted. The weights proposed in the report are based on an assessment of the importance of the various effects in economic, environmental and social terms.

System index

In order to be able finally to compare the installation cost and total effect of every system, the derived ratios must be combined into a common system index, *SI*, which should be as small as possible.

The system index is calculated as the geometrical mean value of the effects in accordance with the formula:

$$SI = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \text{ratio}^a} \cdot \frac{1}{\sum a_i}$$

Practical examples

In order to illustrate the manner in which the research work can be utilized for practical purposes, some concise examples are included in the report, some of cases of new developments, other of measures to be taken in the case of existing systems.

Example 1

It is assumed that a residential area for 5,000 people is to be built on virgin ground. It is further assumed that sewage from the area will be connected to a

biological-chemical treatment plant. The following system index and installation costs are obtained for the four systems:

	C	C+R	S	S-S
System index (<i>SI</i>)	1.58	1.26	1.09	1.16
Installation costs.				
Sw. Cr (<i>K</i>)				
Service pipes	2.5 · 10 ⁶	2.5 · 10 ⁶	5.05 · 10 ⁶	4.3 · 10 ⁶
General pipes	2.35 · 10 ⁶	3.15 · 10 ⁶	4.1 · 10 ⁶	3.6 · 10 ⁶
Total	4.9 · 10 ⁶	5.7 · 10 ⁶	9.2 · 10 ⁶	7.9 · 10 ⁶
If <i>SI</i> is multiplied by <i>K</i> we obtain				
<i>SI</i> · (<i>K</i> · 10 ⁶)	7.73	7.18	10.02	9.05

Even if the separate system is best from the technical and environmental points of view, the combined system plus delaying devices is a more optimum alternative.

Example 2

It is assumed that the combined pipe network in the central part of a community are to be converted and the method is applied to determine which of a number of alternative solutions is optimal from the technical and economic point of view.

The system index and the installation costs for the four systems are calculated as follows:

	C	C+R	S	S-S
System index (<i>SI</i>)	1.69	1.25	1.12	1.18
Installation costs.				
Sw. Cr (<i>K</i>)				
Service pipes	—	—	1.2 · 10 ⁶	1.0 · 10 ⁶
General pipes	—	0.7 · 10 ⁶	2.5 · 10 ⁶	1.1 · 10 ⁶
Total	—	0.7 · 10 ⁶	3.7 · 10 ⁶	2.1 · 10 ⁶

This example indicates an obvious technical improvement in all three conversion alternatives, with an insignificant advantage in favour of the purely separate system. Bearing in mind the heavy cost of investment in both types of separate systems, the introduction of retaining devices in the existing combined system is probably to be preferred.

The results of both examples are perhaps a little surprising in that they express a preference for the combined system with retaining. At present these results are not in accordance with the Swedish practice (although in accord with that of certain other countries).

Further efforts should be concentrated on a critical examination of sources of error in the method as well as on the practically possible range of variation of the results of the analysis.

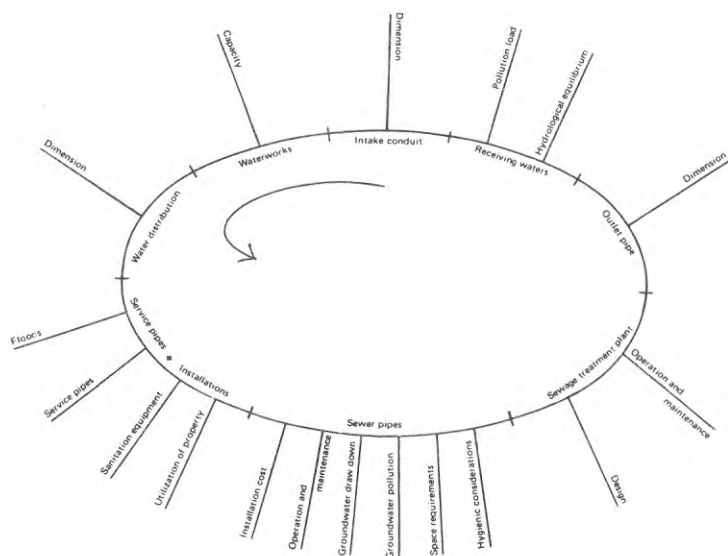


FIG. 2. Identified effects.

Rapport R64 : 1975

DAGVATTENUPPSAMLING OCH –AVLEDNING

Systemanalys

Lars-Eric Janson & Jan Lundgren

Denna rapport hänför sig till anslag nr 730197-2 från Statens råd för byggnadsforskning till Vattenbyggnadsbyrån, Stockholm.

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2505-2

LiberTryck Stockholm 1975

INNEHÅLL

1	INLEDNING	5
1.1	Projektets bakgrund	5
1.2	Presentation av problematiken uppsamlingssystem	5
1.3	Tidens inverkan	8
1.4	Arbetets syfte	9
2	ARBETSMETODIK - PRESENTATIONSFORM	11
2.1	Arbetets utförande	11
3	FÖREKOMMANDE AVLOPPSSYSTEM	14
3.1	Allmänt	14
3.2	Kombinerat system	14
3.3	Kombinerat system med fördröjning	17
3.4	Separat system	28
3.5	Halvseparat system	28
3.6	Infiltrationssystem	29
3.7	Vakuumsystem	31
3.8	Tryckavloppssystem	34
3.9	Systemens förekomst	36
4	IDENTIFIERADE EFFEKTER	39
4.1	Inledning	39
4.2	Vattenbehov	39
4.3	Servisledningar inklusive installationer	41
4.4	Allmänna avloppsledningar	42
4.5	Avloppsreningsverk	45
4.6	Utloppsledning	47
4.7	Recipient	48
5	KVANTIFIERING AV EFFEKTERNA	51
5.1	Inledning	51
5.2	Vattenbehov	52
5.3	Servisledningar inklusive installationer	52
5.4	Allmänna avloppsledningar	57
5.5	Avloppsreningsverk	64

5.6	Utloppsledning	68
5.7	Recipient	68
6	UTVÄRDERING	82
6.1	Beräkningsmetod	82
6.2	Viktning av effekterna	82
6.3	Typfall 1 - Nybyggnad	83
6.4	Typfall 2 - Ombyggnad	86
7	VÄSENTLIGA FoU-ARBETEN	90
7.1	Vidareutveckling av projektet	90
7.2	Övergripande systemanalys	92
	REFERENSER	98
	BILAGOR	101

1 INLEDNING

1.1 Projektets bakgrund

Den snabba utbyggnad av kommunala avloppsreningsverk som skett såväl i Sverige som utomlands under 1960-talet har i hög grad bidragit till att förbättra förhållandena i recipienterna. Härigenom har andra områden, såsom dagvattenproblematiken och ledningsfrågor, fått allt större betydelse och relativt omfattande forskningsarbete pågår för närvarande inom dessa områden.

I Sverige har denna forskning finansierats i huvudsak med medel från Statens Råd för Byggnadsforskning och vid Vattenbyggnadsbyrån har sedan oktober 1972 arbete bedrivits med projektet "System för dagvattenuppsamling och avledning". Den första delen av arbetet, som har underrubriken "Förstudier och upprättande av program" redovisades i en separat forskningsrapport i maj 1973. En av huvuduppgifterna i detta inledande skede av arbetet var att identifiera de problemområden där behovet av FoU-insatser var störst. Det konstaterades härvid att en av de mest angelägna forskningsinsatserna avsåg "Generell funktionsanalys av avloppssystem" för vilket projekt anslag beviljades Vattenbyggnadsbyrån i maj 1973. Arbetet med detta projekt, som pågått under tiden juli 1973 - mars 1975, presenteras i föreliggande rapport.

1.2 Presentation av problematiken uppsamlingssystem

Detta forskningsarbete behandlar den del av dagvattenproblematiken som representeras av avloppsledningarna. De årliga investeringarna inom detta område uppgår enligt VAVs statistik /39/ till omkring 600 miljoner kronor, varav inses att ledningsinvesteringarna utgör en betydande del av satsningarna inom miljövårdsområdet.

I syfte att åskådliggöra hur detta delområde samverkar med andra delsystem, överordnade eller sidoordnade, visas i FIG. 1.1 en principskiss över samhällets uppbyggnad av skilda system på olika nivåer.

Vid sidan av uppsamlingssystem finns på nivå 4 även reningssystem och distributionssystem. Mellan dessa delsystem sker en interaktion, vilket innebär att man ej kan studera uppsamlingssystem som ett isolerat problem utan även måste ta hänsyn till den påverkan som en åtgärd på ett delsystem på nivå 4 har på andra delsystem på samma nivå.

NIVA

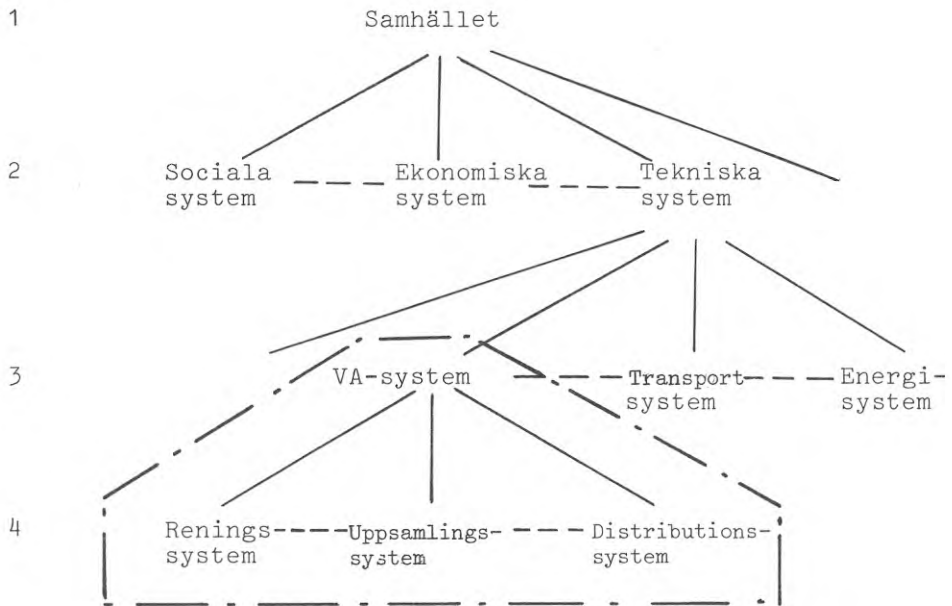


FIG. 1.1 Principskiss över samhällets uppbyggnad av skilda system på olika nivåer.

På samma sätt sker en interaktion mellan olika delsystem på högre nivåer, dvs. en åtgärd på energiområdet, nivå 3 påverkar va-system och transport-system eller en ändring i det sociala systemet, nivå 2 påverkar, förutom det egna systemet, även tekniska och ekonomiska system i ett samhälle. Indirekt medför detta att ett ingrepp i ett system på en nivå, t.ex. nivå 4, påverkar alla delar på närmast högre nivå osv. För att begränsa arbetet studeras här emellertid endast nivå 4 och det närmast ovanför liggande systemet på nivå 3. Detta område är markerat med streck-prickad linje i FIG. 1.1.

Det delsystem som denna studie i första hand avser, uppsamlingssystem, påverkas av och påverkar självt en mängd förhållanden i sin omgivning. Hur denna påverkan sker skisseras schematiskt i modellen i FIG. 1.2, där pilarna anger i vilken riktning påverkan huvudsakligen sker.

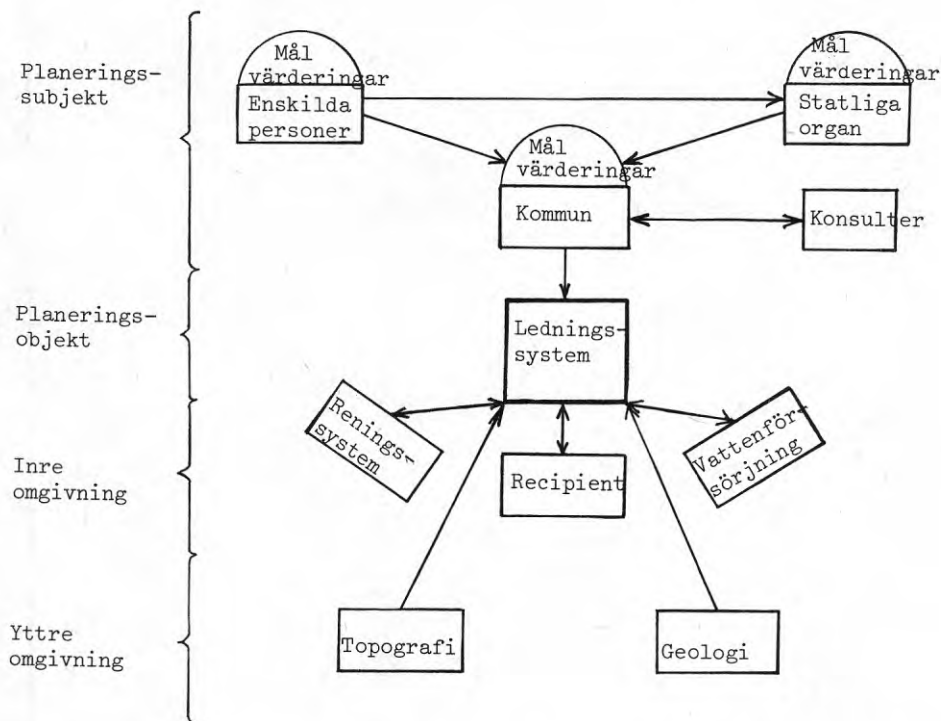


FIG. 1.2 Uppsamlingsystem påverkas av och påverkar självt en mängd förhållanden i sin omgivning.

Modellen har fyra komponenter:

1. Planeringssubjektet, som omfattar "de som planerar" eller fattar de direkta besluten angående verksamheten.
2. Planeringsobjektet, som anger vad som planeras.
3. Inre omgivningen, vars delar dels påverkar planeringsobjektet, dels själva påverkas av detta.
4. Yttre omgivningen, vars delar påverkar planeringsobjektet men ej själva i större utsträckning påverkas av detta. Förhållanden i den yttre omgivningen kan innebära direkta restriktioner för verksamheten.

I det följande skall kort diskuteras planerings- subjektet och vad som avgör vilka beslut detta fattar angående verksamheten i planeringsobjektet. De övriga komponenterna, planeringsobjektet och omgivningen samt påverkan däremellan berörs närmare i kapitel 2 "Arbetsmetodik".

Grundläggande för vilka beslut som en kommun fattar avseende ledningssystemet är dels de mål och värderingar som de enskilda innevånarna i kommunen har,

dels vilka resurser som finns. Den enskildes mål är ofta allmänt formulerade, t.ex. "God miljö till rimliga uppföringar". Kommunens uppgift blir nu att formulera om dessa allmänna mål till något mer väldefinierat och användbart under beaktande av de andra mål som kommuninnevånarna har och de målkonflikter som härigenom kan uppkomma. Staten har naturligtvis i princip samma uppgift som kommunerna, att jämka samman alla delmål på ett så riktigt sätt som möjligt, med den skillnaden att statens verksamhetsområde är så mycket större.

Som hjälp för de statliga målens uppfyllelse tjänar normer och anvisningar. De resurser som finns att tillgå för förverkligande av de uppställda målen är dels rent ekonomiska, dels resurser i form av kunskap.

1.3 Tidens inverkan

De investeringar som i dag görs i VA-anläggningar avser en lång tidsperiod, när det gäller avloppsledningar ofta ända upp till 50 år. Det är naturligtvis angeläget att avloppssystemet är så utformat att det fyller sin funktion under hela dess livslängd, dvs. även med de ändrade förutsättningar som teknisk utveckling och förändrade krav kan komma att medföra.

För att tillgodose detta önskemål kan man gå tillväga på två principiellt olika sätt:

Antingen försöker man utforma avloppssystemet så flexibelt som möjligt, så att det väl fyller sin funktion även under förändrade förutsättningar, utan att närmare studera i vilka avseenden förutsättningarna kommer att förändras, eller också försöker man klarlägga hur förutsättningarna kommer att förändras och utformar avloppssystemet under beaktande härav.

Tidigare har det första tillvägagångssättet varit det vanligaste. I det förslag till dagvattenanvisningar som inlämnats till SNV/20/ sägs t.ex. "En åtskild avledning av spill- och dagvatten innebär även en önskvärd flexibilitet vid val av åtgärder mot förorening genom dagvattenutsläpp".

Under de senaste åren har emellertid ett allt större intresse ägnats åt frågor av typen "Hur skall vi i dag agera för att vara väl förberedda inför morgondagen?"

Ett intensivt utvecklingsarbete pågår för närvarande inom ämnesområdet, som fått namnet framtidsstudier, och flera olika metoder för att lösa praktiska problem av framtidsstudiekaraktär har redan presenterats.

Här skall ej närmare redogöras för dessa metoder utan endast kortfattat diskuteras den grundläggande mekanism som orsakar förändringen i våra krav.

Vi antar att den modell gäller som visas i FIG. 1.2, dvs. att den enskildes mål och värderingar i grunden bestämmer vilka beslut som fattas. Själva beslutsfattandet och verkställandet sker sedan i andra organ, t.ex. kommunala nämnder. Då ett beslut verkställts, t.ex. en avskärande samlingsledning byggts, erhålls ett resultat t.ex. i form av kostnader och tillstånd i recipienten, jfr FIG. 1.3

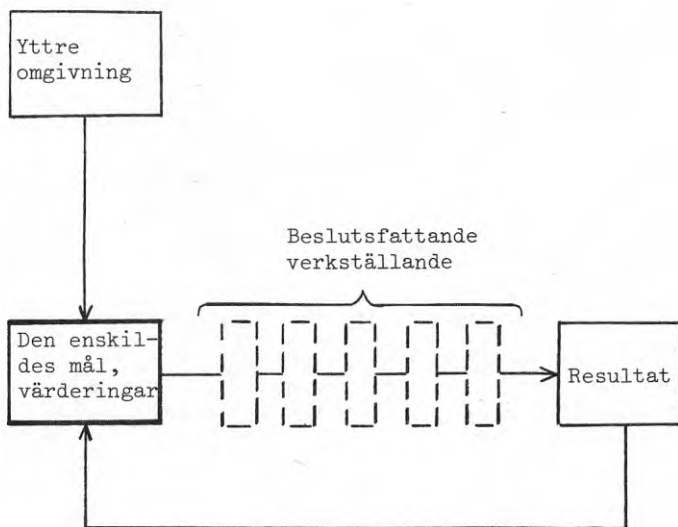


FIG. 1.3 Den enskildes mål och värderingar.

Förändringar i den enskildes mål och värderingar kan ha två orsaker, jfr FIG. 1.3.

- a. Förändringar i den yttre omgivningen, t.ex. kraftigt höjda energipriser (den övre pilen).
- b. Att resultatet ej överensstämmer med det förväntade (den nedre pilen), vilket i sin tur kan bero på ofullkomligheter i beslutsfattande och verkställande organ eller på att informationen till den enskilde om vilket resultat som skulle erhållas varit ofullständig eller på att kunskapen om det tekniska systemet är dålig.

Vill vi nu veta hur dagens ledningssystem uppfyller morgondagens krav måste vi ta reda på hur den enskildes mål och värderingar kommer att förändras. Detta är en forskningsuppgift som lämpligen kan angripas med någon av de metoder som framtidsstudietekniken har anvisat. Något försök härtill har ej gjorts i detta arbete, utan uppgiften avses bli föremål för närmare studier i ett kommande skede av projektet.

1.4 Arbetets syfte

Med utgångspunkt från det grundläggande synsätt på uppsamlingssystem som tidigare redovisats, avsnitt 1.2, har det primära syftet med arbetet varit att få en så långt möjligt fullständig bild av funktionen hos aktuella avloppssystem samt för- och nackdelar hos systemen. Avsikten är att forskningsresultatet skall kunna utgöra ett underlag för myndigheters utfärdande av råd och anvisningar, liksom för projektörer, kommuner eller konsulter, som skall projektera avloppsledning i ett område. Forskningsresultatet skall kunna användas såväl vid nyanläggning av ledningar som då det gäller åtgärder på redan befintliga nät.

Ett sekundärt syfte med arbetet har varit att definiera de problem inom dagvattentekniken där behovet av ytterligare FoU-insatser framstår som störst.

Arbetet har vidare syftat till att i VA-tekniken introducera ett systemanalytiskt synsätt, som om det kom till allmän användning inom VA-tekniken, skulle kunna medföra ett mer optimalt utnyttjande av våra totala resurser inom området. Speciellt gäller detta naturligtvis då problemen är av komplex natur såsom val av ledningssystem, ett fjärde reningssteg kontra utledning till havs etc.

2 ARBETSMETODIK - PRESENTATIONSFORM

2.1 Arbetets utförande

Grundtankarna bakom det utförda forskningsprojektet är att val och utformning av avloppssystemet i ett samhälle har återverkningar på varje steg i vattnets kretslopp i det urbaniserade samhället, jfr FIG. 2.1. I varje steg, vattenrening, vattendistribution, avloppsvattenuppsamling, avloppsvattenrening, utledning till recipient, självrening i recipient osv. uppstår effekter, E, på grund av den utformning som givits avloppssystemet. Effekterna kan för varje system kvantifieras, värderas och ibland även kostnadsberäknas. Med dessa uppgifter som underlag kan den utformning av systemet väljas som bäst svarar mot önskat resultat, t.ex.

minsta möjliga sammanlagda negativa effekt för en viss kostnad
 lägsta kostnad med hänsyn till en viss given maximal negativ effekt (t.ex. givna krav på dricksvattenkvalitet, driftsäkerhet, recipientförhållanden etc.)

Vore det möjligt att uttrycka alla effekter i samma enhet, t.ex. kronor, kunde båda dessa uttryck ersättas av

minsta möjliga sammanlagda negativa effekt (varvid även kostnader betraktas som en negativ effekt).

Huvudmålet för arbetet har, som tidigare sagts i avsnitt 1.4, varit att få en helhetssyn på utformningen av ledningssystem. För att uppnå det målet har en generell analys av funktionen hos förekommande och tänkbara utformningar av avloppssystem gjorts. Arbetet har utförts med hjälp av modellen i FIG. 2.1 som visar effekterna av en viss investering på olika steg av vattnets urbana kretslopp. För att förenkla detta mycket omfattande och komplexa arbete samt för att göra det mer logiskt och överskådligt har arbetet indelats i fyra etapper, vilka presenteras kortfattat nedan.

Etapp 1. Inventering av avloppssystem. I den första etappen har en inventering gjorts av de avloppssystem som förekommer. Härvid har även studerats system som kommit till utförande enbart på enstaka platser eller endast beskrivs i litteraturen. Härefter har de system som bedömts vara möjliga att utföra i Sverige klassificerats med hänsyn dels till graden av avloppsvattenseparering, dels till det sätt på vilket vattnet avleds. I denna inledande etapp har även studerats de tekniska anordningar som ett system kan föras med i syfte att modifiera systemets principiella verkningsätt, t.ex. fördröjningsbassänger. Arbetet beskrivs i kapitel 3.

Etapp 2. Identifiering av effekter. Den andra etappen har inneburit att de effekter, i FIG. 2.1 betecknade med E, som uppstår till följd av ledningssystemets utformning och som kan förändras vid en ändring av ledningssystemet har identifierats. Effekter har, enligt vad som ovan sagts, identifierats inte bara på ledningssystemet självt utan på alla steg. Arbetet beskrivs i kapitel 4.

Etapp 3. Kvantifiering av effekter. Den tredje etappen har varit den mest omfattande. I denna har de uppkommande effekterna kvantifierats för vart och ett av de fyra huvudavloppssystem som kunnat särskiljas. Arbetet har inneburit en systematisk jämförelse av avloppssystemen, effekt för effekt. För varje effekt har avloppssystemen åsatts relationstal. Genom att ej använda absoluta tal utan i stället göra kvantifieringen med relationstal har det varit möjligt att bortse från lokala variationer och endast jämföra generella förhållanden. Det är emellertid uppenbart att alla effekter ej är lika väsentliga och därför har det varit nödvändigt att diskutera även effekternas vikt. Arbetet beskrivs i kapitel 5.

Etapp 4. Identifiering av FoU-behov. Den fjärde etappen har inneburit att de problemställningar identifierats som bör prioriteras högt vid fortsatt val av FoU-insatser. Detta arbete har naturligtvis skett under hela projekttiden, inte minst under etapp 3, där en noggrann genomgång av alla effekter gjorts. Arbetet under etapp 4 har i detta fall endast utgjorts av dokumentering av tidigare framkomna synpunkter. Dock har även en analys av FoU-behovet i framtiden gjorts med utgångspunkt från ett systemanalytiskt betraktelsesätt. Arbetet beskrivs i kapitel 6.

Om arbetet i stort kan sägas att det huvudsakligen utgjorts av litteraturstudier. Vid anläggningar som bedömts vara av stort intresse för arbetets utförande har även ett antal studiebesök gjorts, speciellt gäller detta under etapp 1. Ett kontinuerligt utbyte av synpunkter har skett med forskare verksamma inom det geohydrologiska området. Emellertid har kontinuerlig kontakt hållits även med andra forskare och sålunda har t.ex. två besök gjorts på CTH i Göteborg för utbyte av erfarenheter. Till projektet har även varit knuten en av VAV (Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen) tillsatt arbetsgrupp såsom referensgrupp.

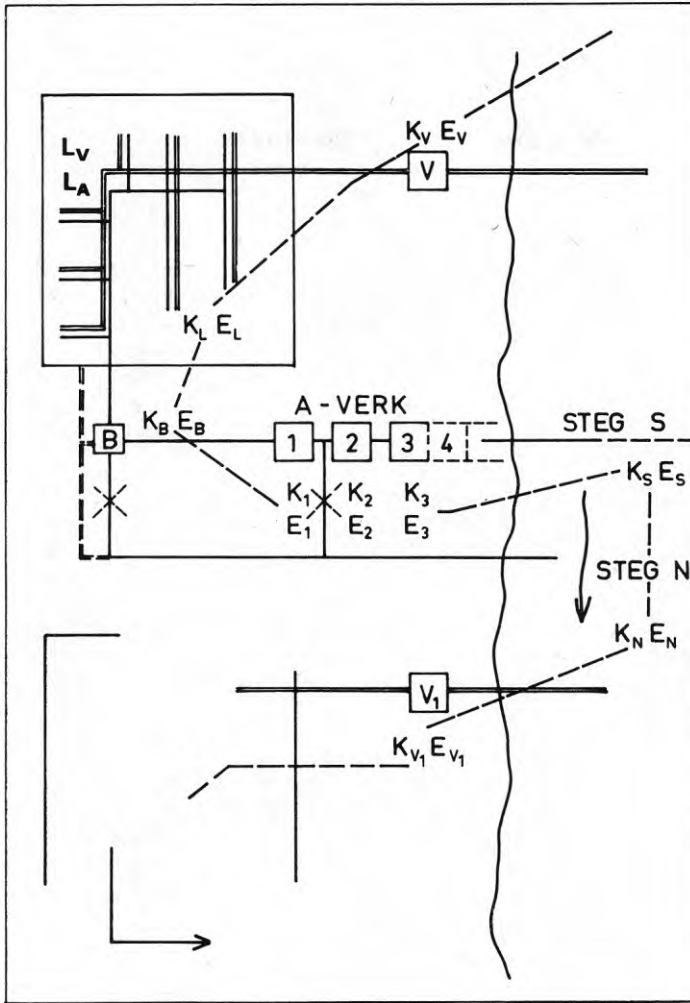


FIG. 2.1 Vattnets urbana kretslopp. Systemets utformning påverkar effekten (E) i form av t ex förorening. Totala netagiva effekten kan ställas i relation till systemets anläggningskostnad (K).

V = vattenrening, L_V = vattendistribution, L_A = avloppsvattenuppsamling, B = bräddavlopp, A = avloppsvatténrening, S = spridning eller infiltration, N = naturens självrening.

3 FÖREKOMMANDE AVLOPPSSYSTEM

3.1 Allmänt

Avloppsvatten från tätbebyggelse avleds vanligen enligt endera av följande två huvudprinciper. Kombinerad avledning, varvid dag- och spillvatten avleds tillsammans i en gemensam ledning. Separat avledning, varmed förstas avledning av dag- och spillvatten var för sig, t.ex. i två skilda ledningar. För var och en av dessa bägge avledningsprinciper kan särskiljas två huvudsystem. Vid separat avledning förekommer dels konsekvent tillämpning av separationsprincipen, separat system, dels en tillämpning där viss överledning av dagvatten till spillvattennätet tillåts, halvseparat system. Vid kombinerad avledning förekommer dels kombinerad avledning med bräddning till recipienten då ledningskapaciteten överskrids, i det följande kallat kombinerat system, dels kombinerad avledning med överledning av bräddvattnet till någon form av fördröjningsmagasin, så kallat kombinerat system med fördröjning. Vi kan sålunda särskilja fyra huvudsystem för avledning av avloppsvatten, se FIG. 3.1

Kombinerat system
 Kombinerat system med fördröjning
 Separat system
 Halvseparat system

Avloppsvatten kan avledas även enligt andra principer än vad som ovan angivits. De system som därvid avges måste dock än så länge anses befinna sig i ett utvecklingskede och därigenom främst utgöra komplement till huvudsystemen. Följande tre komplementsystem kan särskiljas, se FIG. 3.2

Infiltrationssystem
 Vakuumsystem
 Tryckavloppssystem

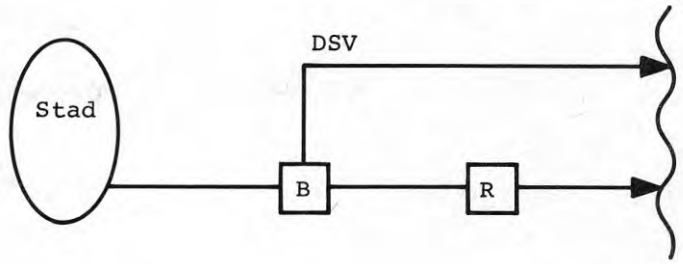
I det följande kommer de vanligaste utformningarna av samtliga dessa sju system att närmare beskrivas.

3.2 Kombinerat system

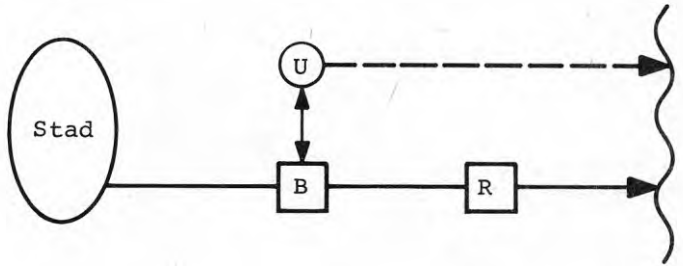
Det kombinerade systemets anordning framgår av FIG. 3.1. Till avloppsledningarna i gatorna ansluts såväl tomtledningar från gårdar och tak som invändiga avlopp och rännstensavlopp. Härigenom kommer spill-, grund- och dagvatten att samlas och avledas i en gemensam gatuledning. Ledningen måste dimensioneras så, att överbelastning vid häftiga regn och därav orsakade källaröversvämningar så vitt möjligt undviks. Normalt dimensioneras ledningarna för 2-årsregnet i Sverige, vilket medför att statistiskt sett inträffar översvämning på nätet 1 gång vartannat år.

Flödena i kombinerade system kan vid intensiva regn bli mycket stora. Att därvid avleda hela dagvatten-

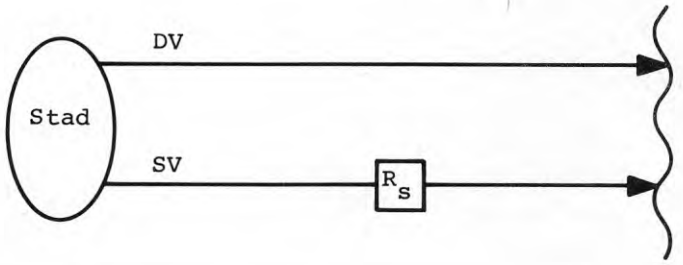
Kombinerat
system



Kombinerat
system med
fördröjning



Separat
system



Halvseparat
system

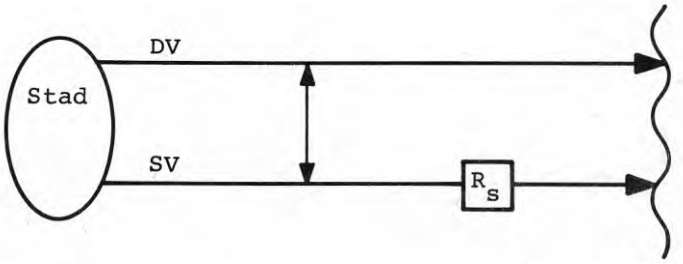


FIG. 3.1 Huvudsystem för avloppsvattenavledning.

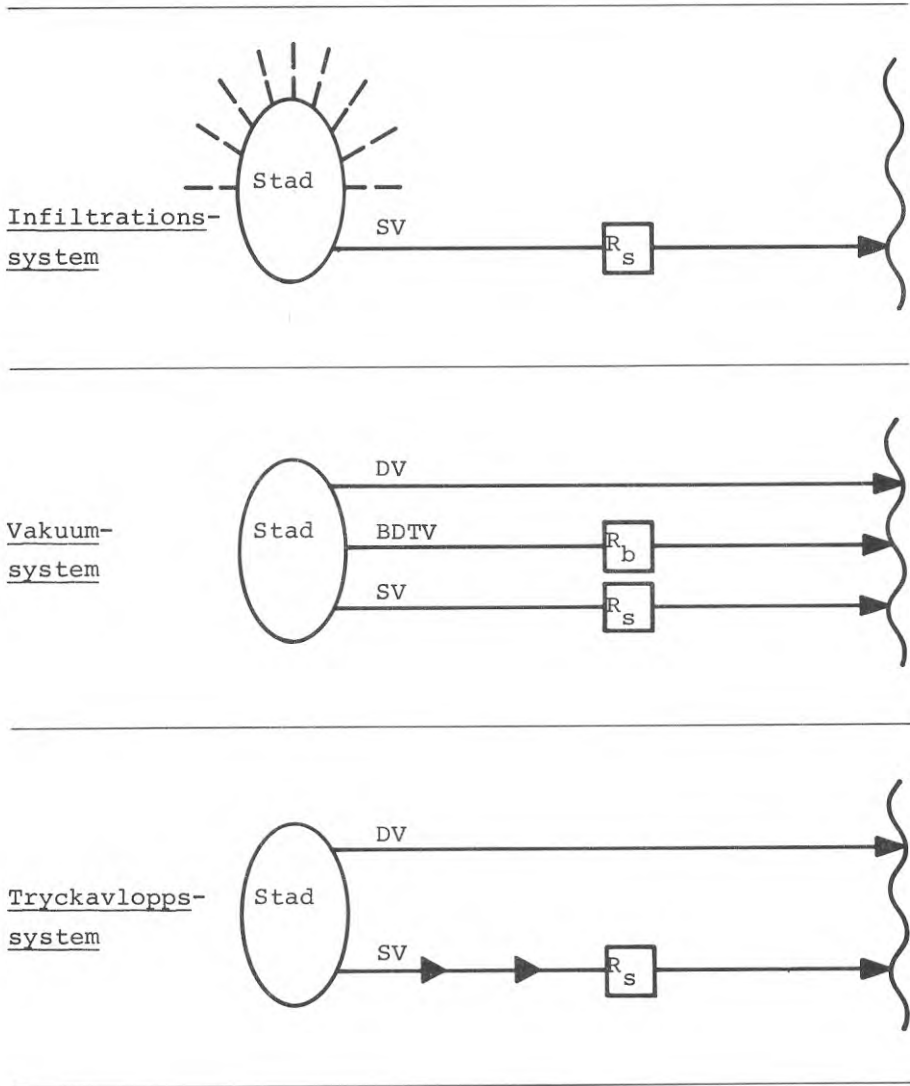


FIG. 3.2 Komplementsystem för avloppsvattenavledning.

mängden tillsammans med spillvattnet skulle kräva orimligt stora ledningsdimensioner. Därför förser man ledningsnätet med bräddavlopp till recipienten på lämpliga ställen, ofta vid knutpunkter. Genom bräddavloppsbrunnarna släpps så stor del av blandvattnet ut i recipienten, att samlingsledningen kan avleda resten till reningsverket utan att översvämning uppstår.

3.3 Kombinerat system med fördröjning

Som ovan nämnts är en av det kombinerade systemets största nackdelar bräddningen av helt orenat avloppsvatten vid intensiva regn. För att minska olägenheterna av bräddning kan man förse systemet med fördröjningsmagasin. I det följande skall kortfattat diskuteras dels placeringen av dylika fördröjningsmagasin, dels olika principer enligt vilka dessa kan fungera. Slutligen kommer även olika tekniska utformningar av fördröjningsmagasin att presenteras.

3.3.1 Placering av fördröjningsmagasin

Placeringen av fördröjningsmagasin kan göras enligt ettdera av följande fyra alternativ, se FIG. 3.3.

- a. Högt upp i ledningsnätet, relativt långt uppströms bräddavloppet, så kallad spridd utjämnning. I detta alternativ erhålls en avlastning av nedströms liggande ledningar, vilket minskar översvämningens riskerna. En nackdel är dock att utjämningsvolymen uppdelas på flera enheter vilket medför högre anläggningskostnader samt ökade kostnader för skötsel och underhåll samtidigt som ett optimalt utnyttjande av den totala utjämningsvolymen försvåras.
- b. Längre ner i ledningsnätet, uppströms bräddavloppet. I detta alternativ kan tillloppet till fördröjningsmagasinet ske via ett bräddskibord vars krön ligger lägre än bräddnivån hos nedströms liggande bräddavlopp till recipienten. Härvid erfordras i allmänhet pumpning för återledning av bräddvattnet. Om tillräcklig höjd finns till förfogande kan man dämna upp ledningsnätet så att fördröjningsmagasinet fylls. Det magasinerade vattnet återleds till ledningsnätet med självfall.
- c. I anslutning till bräddavloppet omedelbart nedströms detta. I detta fall kommer endast det avloppsvatten som bräddats i bräddavloppsbrunnen att magasineras. För återledning av det magasinerade bräddvattnet erfordras pumpning.
- d. Långt nedströms bräddavloppet, t.ex. i recipienten. Dylika magasin har introducerats i USA. En fördel med dessa är att man utnyttjar ett utrymme som

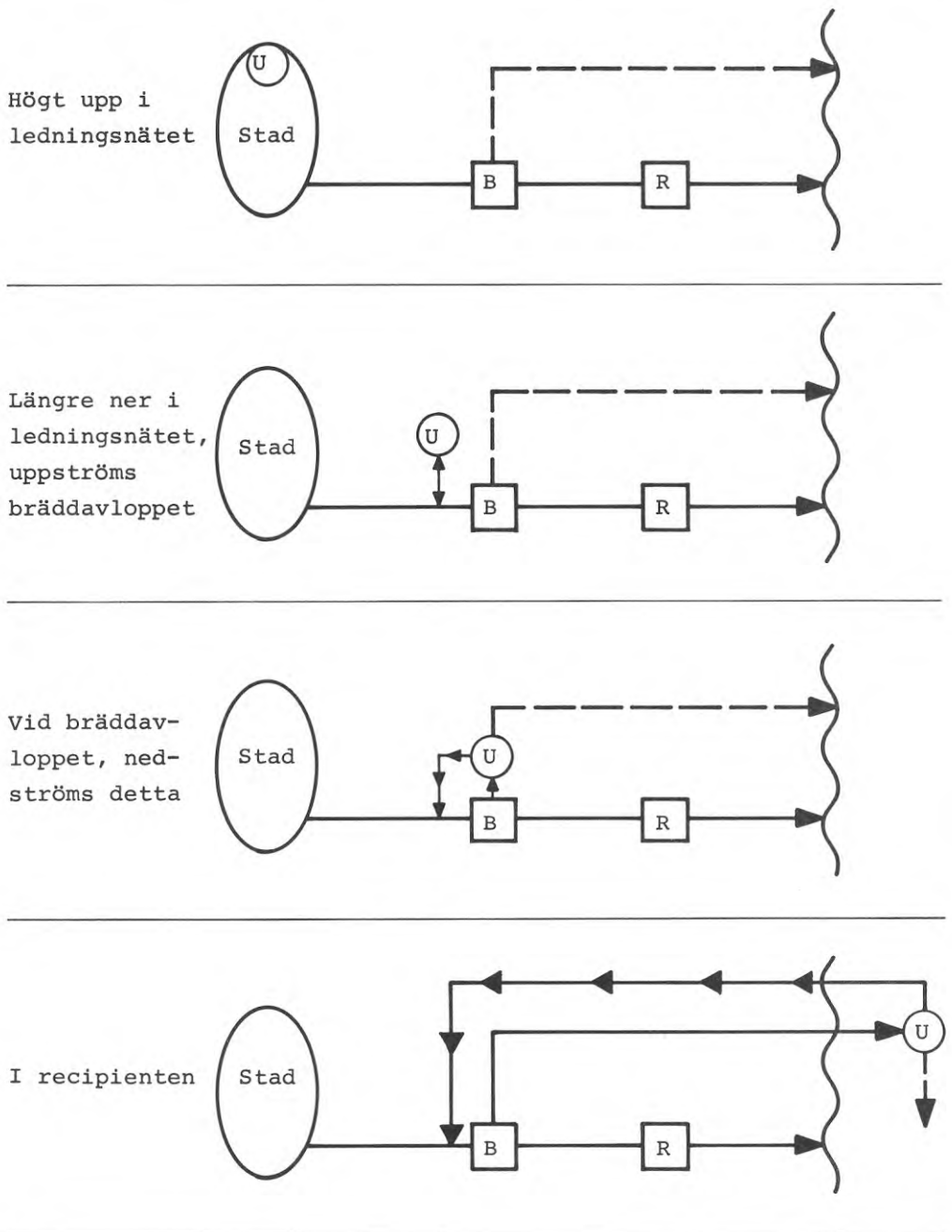


FIG. 3.3 Alternativa placeringar av fördröjningsmagasin.

kanske annars ej kommit till nytta. Även i detta alternativ erfordras naturligtvis återpumpning av det magasinerade vattnet.

3.3.2 Principer för fördröjning

Med hänsyn till den princip enligt vilken fördröjningen sker kan man skilja på tre olika typer av fördröjningsmagasin, se FIG. 3.4

Utjämningsmagasin
Bräddmagasin
Regnvattenmagasin

Utjämningsmagasinet är avsett att utjämna flödet i ledningsnätet på ett sådant sätt att bräddning ej skall behöva ske. Detta åstadkommes genom att den utgående ledningen ges en mindre vattenförande förmåga än den ingående, exempelvis med hjälp av en strypning. Kravet att bräddning ej får ske medför att mycket stor magasinvolym erfordras.

Bräddmagasinet fungerar vid mindre flöden som utjämningsmagasin. Vid större flöden kommer en del av vattnet att bräddas till recipienten. Härvid har det sålunda bräddade vattnet uppehållits viss tid i magasinet och därvid genomgått viss avslamning.

Regnvattenmagasin fungerar som sedimenteringsbassänger på det sättet att avrinning till recipient sker först sedan magasinet fyllts och vattnet blivit avslammat. Då regnet upphört töms magasinet genom pumpning.

Vid kombinerat system har hittills använts i första hand bräddmagasin och regnvattenmagasin.

Nedan presenteras några olika tekniska utformningar av fördröjningsmagasin. Samtliga dessa kan hänföras till någon av ovanstående principer.

3.3.3 Fördröjning i bassänger

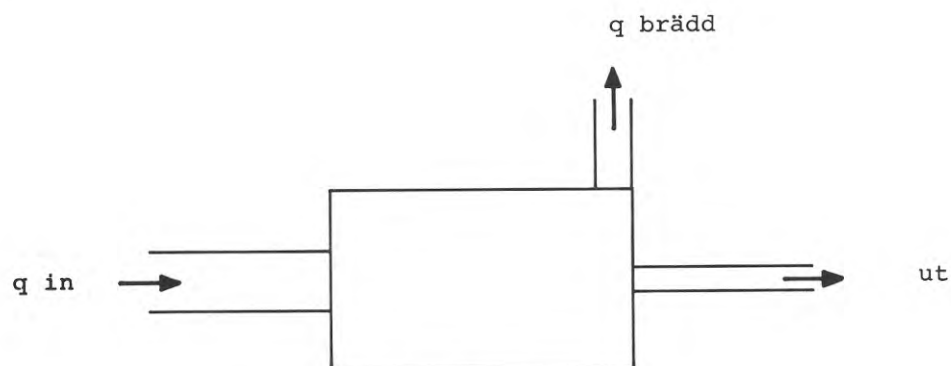
Bassänger för fördröjning enligt ovanstående principer har utförts på enstaka platser i Sverige. Från utlandet finns fler exempel. I USA har anlagts magasin på flera platser, t.ex. Chippewa Falls, Wisconsin - Akron, Ohio - New York City, New York - Milwaukee, Wisconsin - Boston, Massachusetts /37/. I Schweiz används fördröjningsbassänger i relativt stor utsträckning. Några exempel på bassänger från Schweiz visas i FIG. 3.5 /14/.

3.3.4 Fördröjning i ledningsnätet

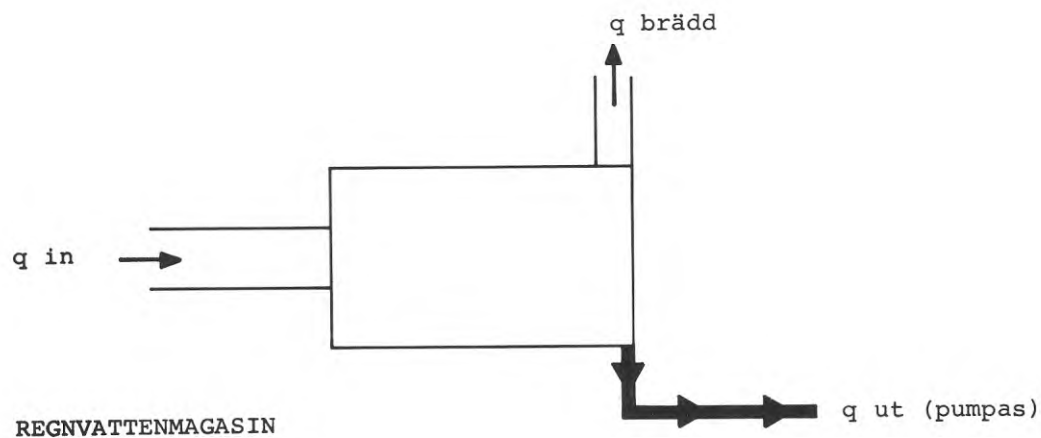
Om utjämnningen sker i det befintliga ledningsnätet kan den tekniska anordningen härför se ut på olika sätt. Ett enkelt sätt att magasinera vatten i huvudledning är att använda en regleringsbrunn enligt



UTJÄMNINGSMAGASIN



BRÄDDMAGASIN



REGNVATTENMAGASIN

FIG. 3.4 Förröjningsmagasin. Olika verkningsprinciper.

FIG. 3.6 /19/. Avbördningen till den avskärande ledningen ökar med stigande nivå i huvudledningen. Vid tillräckligt hög nivå avbördas vatten genom överfallsledningen till recipienten, varigenom översvämning uppströms undviks. En brist hos anordningen är att den har flera rörliga delar, vilket gör att risken för driftstörningar måste bedömas som relativt stor. Vidare erfordras viss höjdskillnad mellan huvudledning och avskärande ledning.

I USA har, bl.a. i städerna Minneapolis-S:t Paul, Detroit och Seattle, introducerats en avancerad metod för styrd reglering av flöden i avsikt att utnyttja ledningens fulla kapacitet vid kombinerade system. Anläggningen består av följande fyra enheter, se FIG. 3.7 /29/.

1. Mätinstrument, t.ex. regnmätare, nivåmätare
2. Datacentral för beräkning av flöden och beslut om lämplig åtgärd
3. Pumpar, grindar, luckor etc. för reglering av flöden
4. Telenät för överföring av information

Vid ett regn mäts regnmängden och denna information sänds till datacentralen som beräknar flöden i olika punkter på ledningsnätet. Med hjälp av de beräknade flödena fattas beslut enligt i förväg utarbetat program, med avsikt att minimera bräddningen. Signaler går ut till pumpar, grindar etc., som utför de åtgärder som beslutats. Systemet är relativt dyrt och torde lämpa sig bäst i stora städer med stor andel kombinerade ledningar. Vidare spelar höjdförhållanden och ledningsnätets utformning stor roll för möjligheterna att införa systemet. I FIG. 3.8 visas den regleringsanordning som utförts i Minneapolis-S:t Paul.

I Sverige har helt nyligen utarbetats en flödesregulator enligt FIG. 3.9. Anordningen utgörs av en bladskruvformad skiva som vrider sig 270° . I skivans lägsta del finns en öppning som tillåter ett visst basflöde att passera. Är tillflödet större än basflödet, stiger vattnet uppströms till rörmitt utan att någon väsentligt större mängd vatten utöver basflödet passerar, se FIG. 3.10. Stiger vattnet ytterligare, delar sig vattenströmmen i fyra sektioner på grund av skivan och de två vingarna på dess ovansida. I det läget har anordningen maximal dämningseffekt för ett givet vattenstånd i ledningen uppströms flödesregulatorn. Dämningseffekten avtar med stigande fyllningshöjd för att upphöra då ledningen går full. Då finns inte längre någon areaminskning. Vattenströmmen vrider sig efter skivan och ledningens kapacitet är praktiskt taget opåverkad av anordningen. Fördelen med denna anordning är främst att den inte er-

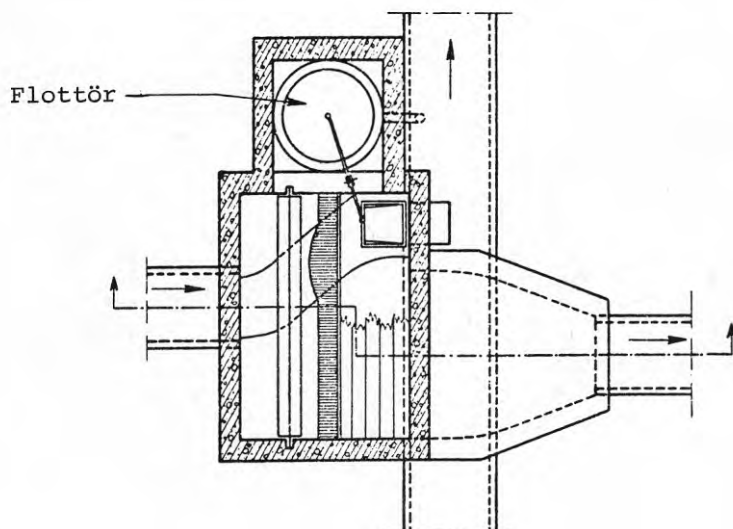
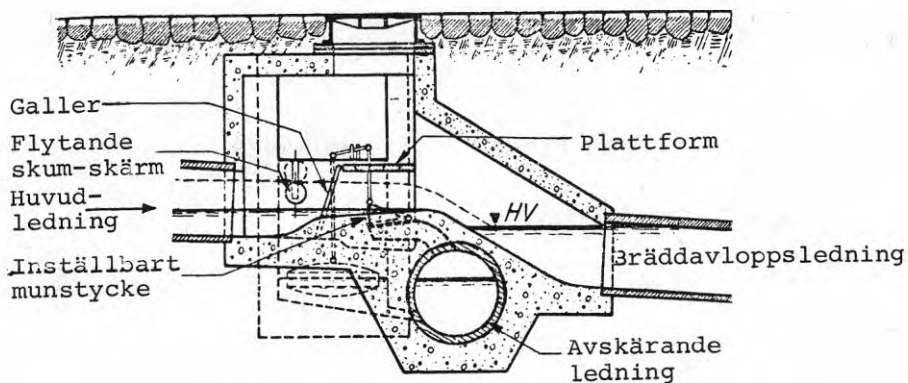


FIG. 3.6 Regleringsbrunn med inställbar regleringsöppning mellan huvudledning och avskärande ledning.

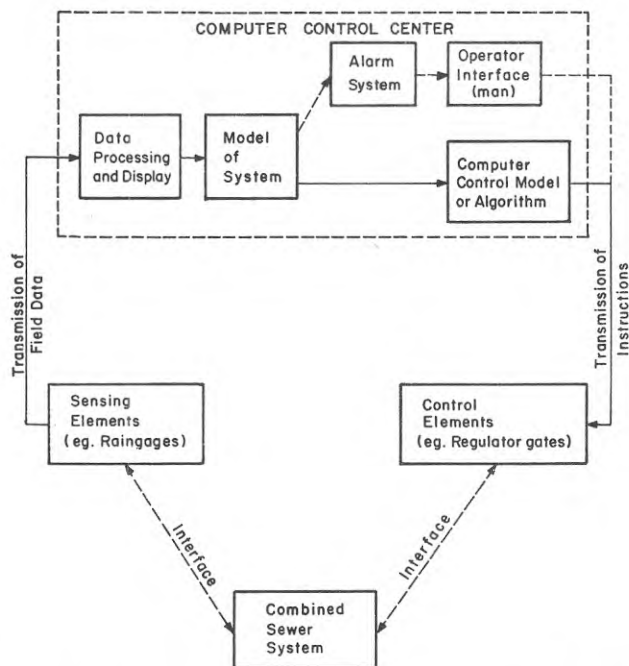


FIG. 3.7 Exempel på datastyrd reglering av flöden i kombinerat avloppssystem. (USA)

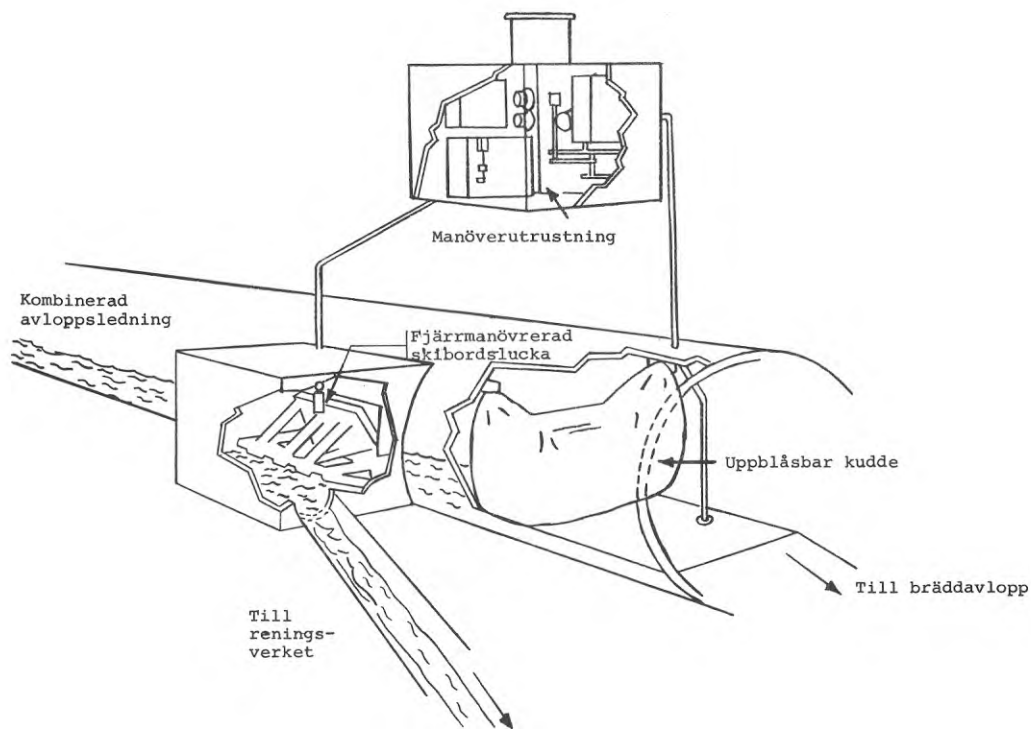


FIG. 3.8 Regleringsanordning med uppblåsbar kudde och fjärrmanövrerad skibordslucka. (USA)

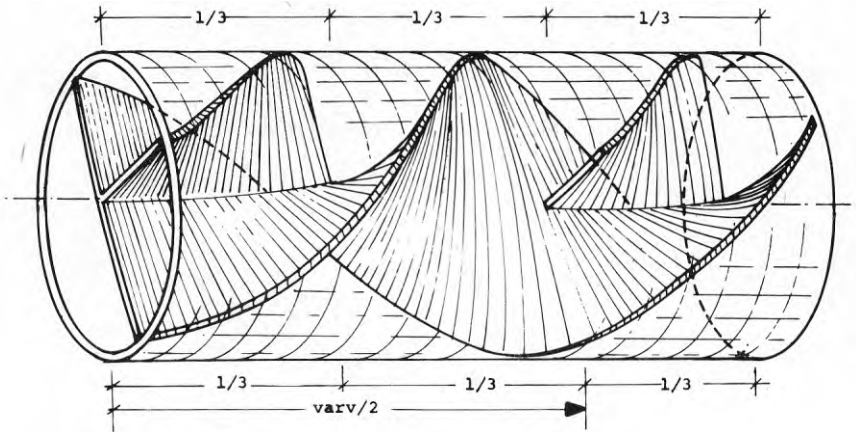


FIG. 3.9 Flödesregulator.

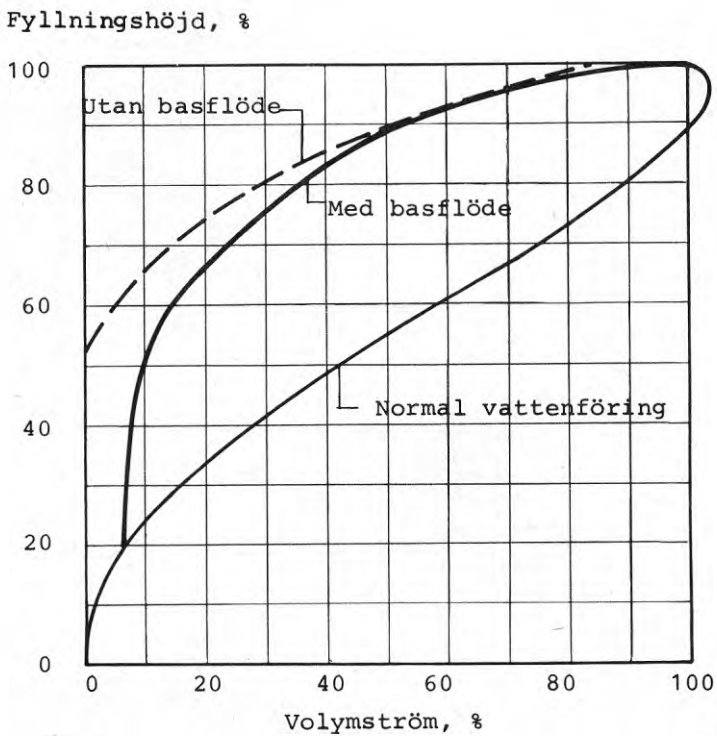


FIG. 3.10 Dämning i flödesregulator. Nomogram för vattenförling.

fordrar någon fallhöjd utan kan monteras i befintliga system, samt att den saknar rörliga delar. Dessutom är den relativt billig. Nackdelen är den risk för igenslamning som varje anordning i rörsektionen medför.

I Danmark har en anordning utarbetats, bestående av ett tömningsaggregat som monteras in i nya eller befintliga samlingsbrunnar, /7/.

Magasineringsvolym i ledningsnätet kan också erhållas genom anläggande av parallella rörledningar, rörpaket, såsom gjorts bl.a. i Stockholm. Vid bräddtillfällen bräddar vattnet in i dessa ledningar och vid stora vattenföringar ut i recipienten efter en viss uppehållstid. När vattenföringen minskar i avloppsledningen leds eller pumpas vattnet tillbaka från rörpaketet till avloppsledningen.

3.3.5 Fördröjning i tunnlar och bergrum

Vid stora avrinningsområden och där grundförhållandena så medger kan tunnlar eller bergrum utnyttjas som utjämningsmagasin.

I Stockholm avses tunnlar att utföras och förses med en dammanläggning enligt FIG. 3.11, /5/. Vid torrväder leds rent grundvatten i förbigångsledning direkt till recipienten. Vid regnväder, då avloppsvatten bräddas till tunneln, stängs förbigångsledningen och bräddavloppsvattnet magasineras i tunneln. Den uppdämda volymen pumpas via pumpstationer till reningsverk under lågbelastningsperiod.

I Chicago, USA, har förslag till ett mycket stort tunnelsystem för magasinering av bräddvatten utarbetats. Den underjordiska reservoaren, som ligger på ett djup av ca 250 m, har diametern ca 10 m och längden ca 38 km. I hela anläggningen ingår även vissa nya avloppsledningar, vertikala schakt, pump- och turbinstationer, ytförlagd reservoar m.m. Kostnaden för hela anläggningen har uppskattats till 1 000 miljoner dollar, /10/.

I Boston, USA, har ett liknande tunnelsystem för uppsamling av bräddvatten projekterats. Tunnelsystemets totala längd är ca 27 km, vartill kommer inloppstunnlar. I anläggningen ingår även pumpstation och en 15 km lång utloppsledning ut i havet. Den totala kostnaden för anläggningen har beräknats till 500 miljoner dollar, /4/.

3.3.6 Fördröjning i behållare i recipienten

Som utjämningsmagasin efter bräddavloppen har i USA introducerats behållare vilka placeras i recipienten. De kan utföras t.ex. av syntetiskt gummi, nylon eller neopren som överdel fäst på en underdel av stål.

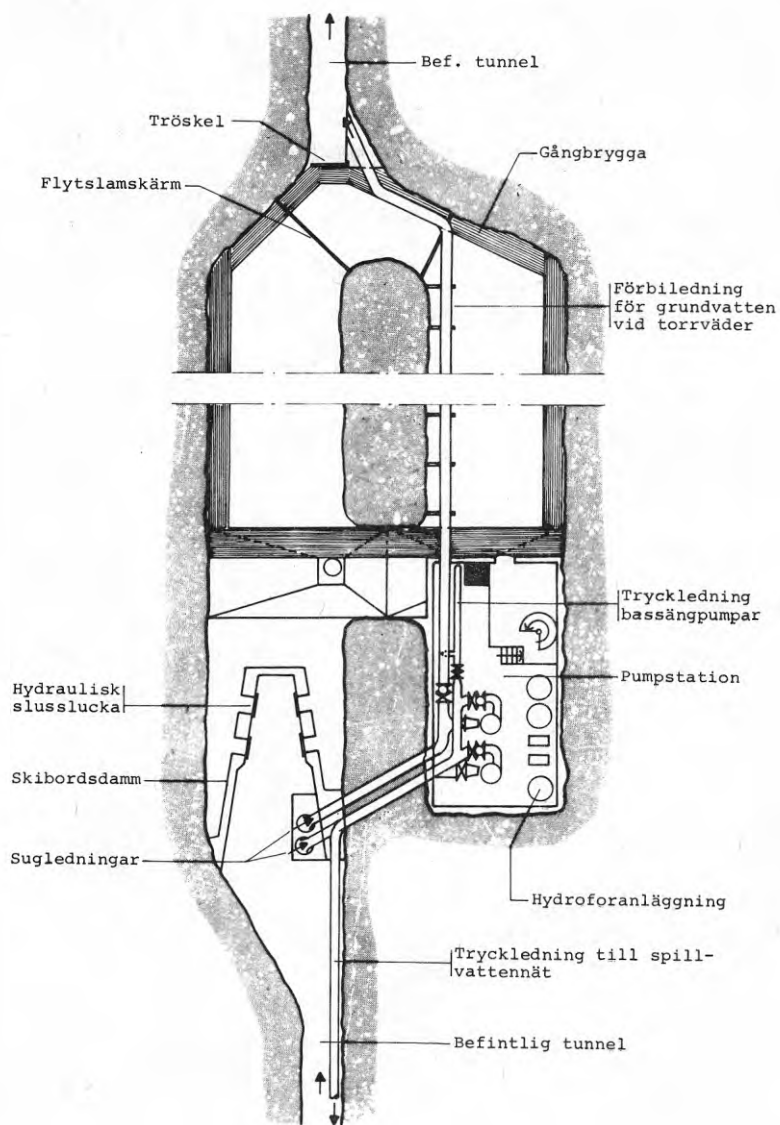


FIG. 3.11 Tunnel som födröjningsbassäng.

Då bräddningen upphör pumpas bräddvattnet från behållaren tillbaka in i den kombinerade ledningen. Utnyttjande av denna typ av magasin har visat sig förenat med stora svårigheter på grund av avsättning av sand och slam i behållaren /37/.

3.4 Separat system

Det separata systemets principiella anordning framgår av FIG. 3.1. Systemet kännetecknas av att spillvatten avleds i en ledning och dag- och dränvatten i en annan. I Sverige har detta system tidigare kallats duplikat system, medan, i det som då kallades separat system, dagvattnet avleddes i öppna diken. Det separata systemet utförs oftast med de två ledningarna placerade i samma ledningsgrav. För att möjliggöra att allt dag- och dränvatten avleds genom dagvattenledningen är det i allmänhet nödvändigt att förlägga dagvattenledningen på större djup än spillvattenledningen.

I /33/ presenteras ett avloppssystem som närmast är ett mellanting mellan separat system och vakuumsystem. Dagvattnet avleds här på vanligt sätt. Spillvattnet avleds genom självfallsledningar med liten ledning (~ 1 /oo). Avledningen sker under större delen av dygnet, ~ 22 h/dygn, med självfall eller statistiskt övertryck. Under en kortare tid, ~ 2 h/dygn, sätts emellertid ledningsnätet under undertryck, så att ledningar och brunnar töms. Systemet uppges ha utförts i flera städer i Frankrike.

Vid det separata systemet belastas recipienten med stora mängder dagvatten då det regnar. För att utjämna belastningen i tiden kan även här fördröjningsmagasin utnyttjas. De magasin som används är i princip desamma som ovan beskrivits under rubriken "Kombinerat system med fördröjning".

Bassänger för utjämning av dagvatten finns utförda såväl i Sverige, t.ex. i Stockholm, Skövde och Helsingborg som utomlands, t.ex. i Stuttgart, Tyskland. I Malmö har regnvattenbassänger utförts i dagvattennätet i form av rörpaket.

Även den i avsnitt 3.3.2 beskrivna flödesregulatorn, FIG. 3.9 och 3.10 kan tänkas installeras i dagvattennätet, varigenom utjämningsvolym erhålls i befintliga ledningar.

3.5 Halvseparat system

I den renodlade utformningen av separatsystemet avleds dränvattnet med dagvattenledningen. Denna princip har dock, bland annat av kostnadsskäl, hittills inte tillämpats i någon större utsträckning i vårt land, utan dränvattnet, eventuellt även takvattnet

avleds med spillvattenledningen. Den utformning vi vanligen använder oss av är därigenom egentligen ett halvseparat system, se FIG. 3.1.

"Det torde för övrigt inte vara någon större överdrift att påstå att ett perfekt fungerande separat system knappast finns någonstans. Regelmässigt förorsakar regn och snösmältning starkt ökade flöden i det separata systemets spillvattenledning, vilket indikerar att medvetna eller oavsiktliga inkopplingar av dagvatten kan ha gjorts", /5/. Otäta ledningar, vilka sannolikt är vanligt förekommande, kan ha samma konsekvenser.

Men även andra former av önskade halvseparata system förekommer. En är det "engelska systemet", där regnvatten från tomter avleds tillsammans med spillvatten, och regnvatten från gator och öppna platser avleds i särskilda regnvattenledningar. Denna variant innebär ett steg på vägen från kombinerat mot separat system och kan representera en utvecklingsfas vid omläggning av kombinerat system på längre sikt, där servisledningarna läggs om först i ett senare skede.

Vid en annan utformning av halvseparat system regleras regnvattnets tillflöde till spillvattenledningen med rörliga luckor eller ventiler.

I Tyskland förekommer ett halvseparat system enligt FIG. 3.12. Här avleds spillvattnet för sig och större delen av dagvattnet för sig. På servisledningen för dagvatten har man gjort en strypt avgrening till spillvattenledningen. På detta sätt för man det första, mest förorenade dagvattnet, gatutvättvattnet, till spillvattennätet.

Ett intressant halvseparat system uppstår då dagvattennätet i ett separat system förses med en regnvattenbassäng, jämför avsnitt 3.3.2 och FIG. 3.4, som töms genom överpumpning till reningsverket för spillvatten.

Ett kombinerat avloppssystem kan förses med dagvattenledningar i markytan i avsikt att erhålla ett separat system. Eftersom allt dagvatten med hänsyn till ledningarnas höjdlägen ej kan avledas med dagvattenledningen kommer systemet att bli en mellanform av separat och kombinerat.

3.6 Infiltrationssystem

Den fortgående hårdgöringen av ytor i tätorterna medför att allt större mängder dagvatten måste avledas i ledningssystem. På sikt kan den uteblivna infiltrationen till grunden orsaka sänkning av grundvattentytan. De senaste åren har uppvisat en rad exempel på byggnader som skadats av grundvattensänkning.

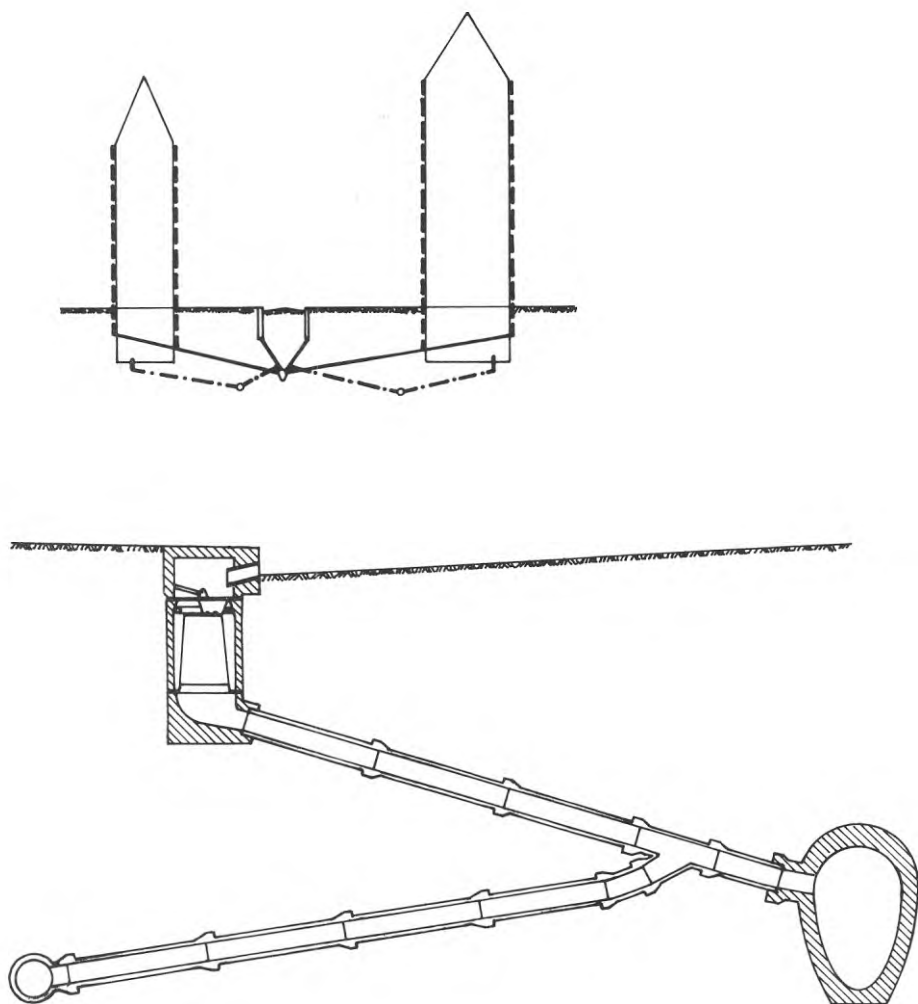


FIG. 3.12 Exempel på separatsystem med begränsad dagvattentill-
rinning till spillvattenledningarna. (Tyskland)

För att undvika dylika problem har vissa resurser satsats på att utveckla lämplig teknik för infiltration av dagvatten i grunden. Ännu så länge finns infiltrationsanläggningar utförda i praktiken i mycket begränsad omfattning, speciellt gäller detta tätare bebyggelse, och kunskaperna om hur de fungerar är otillräckliga. Dock har man vid undersökningar i Sverige lyckats infiltrera i grunden det "vita" dagvattnet, dvs. takvatten och liknande i anläggningar vars utformning framgår av FIG. 3.13, /22/. Nästa steg blir att infiltrera det "gröna" dagvattnet från lekplatser, parker etc. Lyckas även detta återstår det svåraste, dvs. det "svarta" dagvattnet från gator etc. Det är osäkert om detta kan infiltreras utan föregående rening.

I Danmark finns ett infiltrationssystem för villabebyggelse, bl.a. i Esbjerg, /6/. Infiltrationsanläggningen består här av en brunn med ett genomsläppligt lager av sand eller grus i botten. För säkerhets skull kan brunnen förses med ett bräddavlopp till spillvattenledningen, se FIG. 3.14.

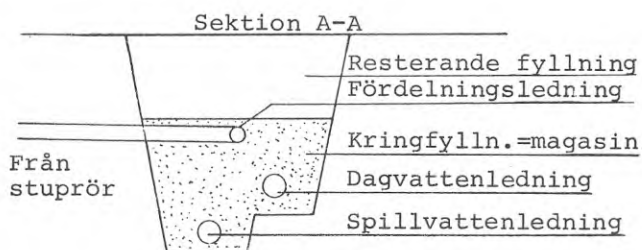
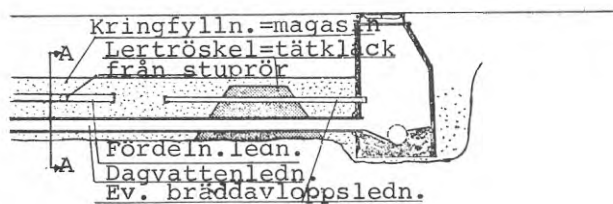
I FIG. 3.14 visas även ett vid villabebyggelse i Danmark använt system för infiltration av takvatten som påminner om det nyligen i Sverige provade infiltrationssystemet för "vitt dagvatten".

Uppvärmade markytor blir allt vanligare i de centrala delarna av våra städer. Gjorda undersökningar tyder på att en stor del av regnvattnet här bortgår genom avdunstning. Om biltrafiken dessutom begränsas, vilket är vanligt i denna typ av områden, är det tänkbart att dagvattnet blir så rent att det skulle kunna infiltreras. Avgörande för möjligheten att infiltrera dagvatten är dock här liksom i de tidigare nämnda fallen genomsläppligheten hos de övre marklagren.

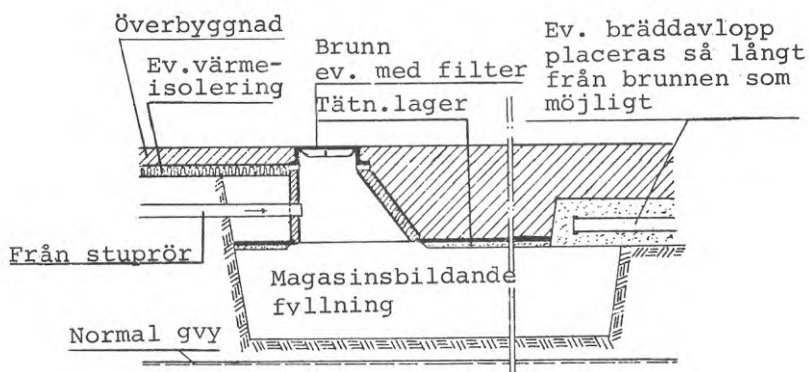
I Danmark förekommer ett system som går ut på att man i stället för vanliga regnvattenledningar utför dräneringsledningar som ligger i botten av genomgående slagg- eller stenkistor. Vid regn kommer regnvattnet dels att fylla hålrummet mellan stenarna, dels att sippra ut i jorden och dels att ledas bort genom dräneringsledningarna. Systemet fungerar härigenom som ett mellanting mellan separat system och infiltrationssystem.

3.7 Vakuumsystem

Vid vakuumsystemet, som i första hand är avsett för glest bebyggda, nya bostadsområden, avleds avloppsvattnet genom tre skilda ledningar. Spillvattnet separeras i "KL-vätska" (klosettvätska) och "BDT-vatten" (bad-, disk- och tvättvatten). Dagvattnet avleds för sig i speciell ledning på konventionellt sätt.

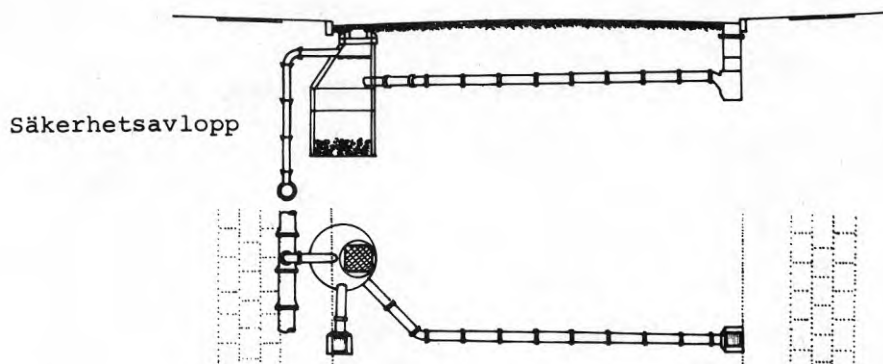


a)

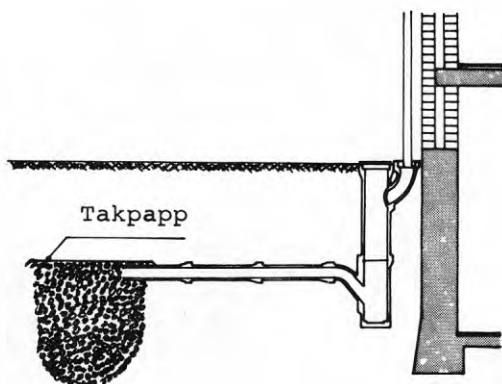


b)

FIG. 3.13 Exempel på infiltrationsanläggningar utförda i Sverige.



a) Vägavvattning till dräneringsbrunn med säkerhetsavlopp



b) Takavvattning till dräneringskista

FIG. 3.14 Exempel på danska infiltrationsanläggningar.

"KL-vätskan", som består dels av avfall, dels av en mindre mängd vatten för rengöring av toalettstolen, sugts med undertryck till en vakuumbtank, där vätskan samlas upp. Vakuumbtanken utgör även vakuumbreserv. Från denna förs avfallet i regel vidare medelst vakuumb eller tryckluft till en centralt belägen behandlingsstation. Transporten av "KL-vätskan" sker i form av proptransport etappvis under varje förnyad spolning. För att under viloperioder återbilda proppar i ledningssystemet förses detta med transportfickor, liknande små vattenlås. Avståndet mellan fickorna är normalt 20-40 m /16/. Arbetstryck utgör 0,6 atmosfärens undertryck. Vid varje spolning strömmar 90 l luft in i systemet. Största uppföringshöjd anges till 5 m. Den hitintills längsta transportsträcka är 3-4 km och förekommer i LKAB:s gruvor i Kiruna.

"BDT-vattnet" transporteras vanligen med statistiskt tryck i fyllda ledningar. Minimilutningen är 2-3 %/100 /16/.

Den första vakuumbtoaletten konstruerades 1956. Anläggningar med flera hushåll anslutna finns både i Sverige och utomlands, t.ex. Mexico och Israel, /16/.

3.8 Tryckavloppssystem

I USA introducerades omkring 1970 ett tryckavloppssystem som i första hand var avsett för lokala ledningsnät. Systemet beskrivs i /3/ och /2/, se även FIG. 3.15. Systemet innebär i korthet att spillvattnet från en byggnad samlas i en inomhus eller utomhus belägen uppsamlingsstank, tillverkad t.ex. av glasfiberarmerad polyester. I denna tank installeras en skärare pump (grinder pump). Från tanken pumpas spillvattnet i en klen servisledning, ca 30 mm, till en samlingsledning med dimensionen 50-75 mm. Ledningsmaterialet är normalt PVC. Samlingsledningen ansluts lämpligen till närmaste kommunala självfallsledning och avloppsvattnet från tryckavloppssystemet renas tillsammans med kommunens övriga avloppsvatten i ett gemensamt avloppsreningsverk.

Systemet uppges vara lämpligt i första hand för fritidsområden, för villaområden i kuperad terräng samt för lokala områden vid sjöar och stränder där avskärande uppsamlingsledningar skulle vålla höga kostnader. Vid dessa typer av områden kan man bäst tillgodogöra sig systemets fördelar nämligen små ledningsdimensioner samt det begränsade läggningsdjup som kan erhållas med ett tryckavloppssystem.

Systemet uppges ha kommit till utförande i ett 20-tal områden i USA, från enstaka hus till områden om 500 villor.

TYPLÖSNINGAR

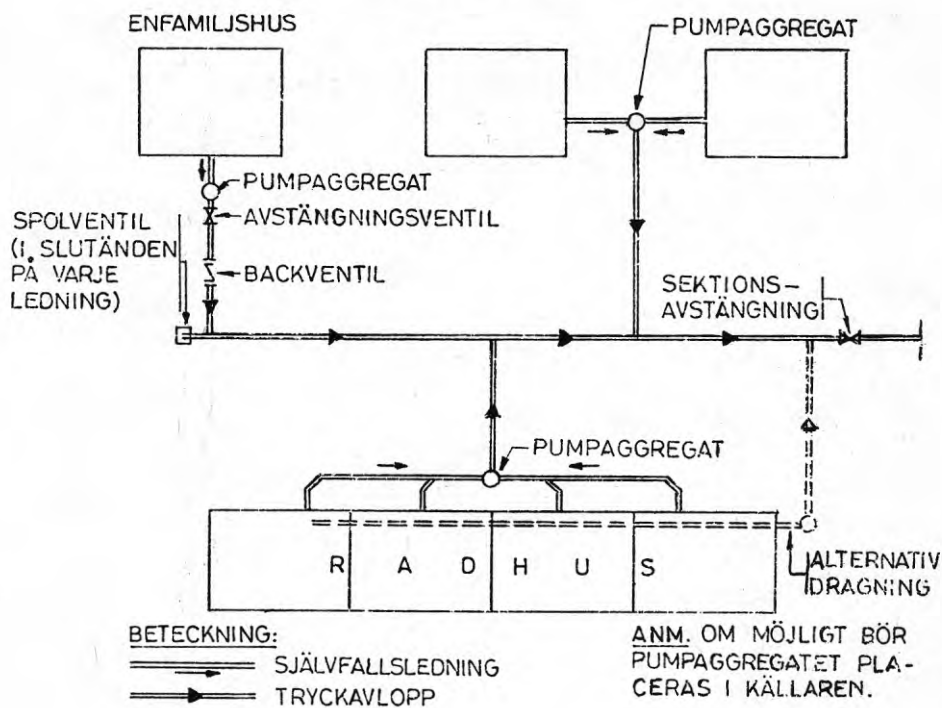


FIG. 3.15 Tryckavloppssystem.

3.9 Systemens förekomst

Uppgifter om förekomsten av olika avloppssystem är tillgängliga främst för kombinerat och halvseparat system.

I Sverige är det totala avloppsledningsnätet i tätorterna ca 40 000 km, varav ungefär 22 000 km spillvattenledningar, 11 000 km dagvattenledningar och 7 000 km kombinerade ledningar /5/. I tabell 3.1 anges förekomsten kombinerade ledningar i 10 av våra större tätorter.

Tabell 3.1

Kombinerat ledningsnät i större tätorter /5/

	Folk- mängd tusen p	Kombinerade ledningar km	m/p	Total ledn. längd m/p
Stockholm	787	959,6	1,2	1,6
Göteborg	415	548,5	1,3	1,8
Uppsala	81	23,7	0,3	2,3
Västerås	87	113,4	1,3	2,4
Helsingborg	78	241,4	3,1	3,6
Linköping	71	46	0,6	2,1
Eskilstuna	60	85,8	1,4	2,8
Jönköping	41	138,2	3,4	
Södertälje	42	85,1	2,0	3
Lund	<u>44</u>	<u>121,2</u>	<u>2,7</u>	<u>3,6</u>
Summa	1 706	2 362,9	1,4	

Utomlands är andelen kombinerade ledningar oftast större än i Sverige.

I Danmark bestod ledningsnätet 1970 av 74 % kombinerade ledningar och 26 % separata. Andelen separata ledningar anges vara stadigt stigande /28/.

I Norge är 73 % av den totala ledningslängden kombinerade ledningar, 17 % spillvattenledningar och 10 % dagvattenledningar. I tabell 3.2 anges ledningsnätets fördelning på olika system i de fyra största städerna /28/.

Tabell 3.2

Avloppsnätets fördelning på olika system i Norges
fyra största städer

	% av total ledningslängd		
	kombinerat	spillvatten	dagvatten
Oslo	61	21	18
Bergen	87	6,5	6,5
Trondheim	50	42	8
Stavanger	87	7,5	5,5

I tabell 3.3 anges förhållandena i Finland. För att visa trenden har medtagits läget både år 1967 och 1969 /23/.

Tabell 3.3

Avloppsnätets fördelning på olika system i Finland
år 1967 och 1969

	1967		1969	
	%	km		%
Kombinerat	49	2 877		43
Spillvatten	39	2 772		42
Dagvatten	12	1 011		15

I /36/ anges följande siffror för England och Wales år 1963.

Tabell 3.4

Avloppsnätets fördelning på olika system i England
och Wales år 1963

	%
Separat system	8
Kombinerat system	29
"Engelsk" system	41
Kombinationer av två system	12
Kombinationer av tre system	10

Omkring 15 miljoner människor betjänas av kombinerat system i England och Wales. Det system som i tabellen betecknas som separat är i verkligheten sannolikt ett halvseparat system av den typ vi använder i Sverige.

De i litteraturen funna uppgifterna från USA varierar. Olika källor /8/, /23/ och /24/ anger antalet anslutna till kombinerat system i hela USA till mellan 36 och 59 miljoner människor. I /8/ anges ledningslängden till 88 000 km och avvattningsområdet till 1,2 miljoner ha.

4 IDENTIFIERADE EFFEKTER

4.1 Inledning

Grundtankarna bakom det utförda forskningsprojektet, vilka även redovisas i kapitel 2, är att val och utformning av avloppssystemet i ett samhälle har återverkningar på varje steg i vattnets kretslopp i det urbaniserade samhället. I varje steg längs kretsloppet uppstår effekter på grund av den utformning som givits avloppssystemet.

I detta kapitel redovisas sålunda de effekter som kan uppstå som en följd av avloppssystemets utformning och som kan förändras vid övergång från ett avloppssystem till ett annat. Diskussionen hänför sig till samtliga de sju avloppssystem som presenterats i kapitel 3.

De identifierbara effekterna presenteras med nyckelord i en figur, FIG. 4.1. Varje effekt, dess orsak och verkan, beskrivs närmare under motsvarande rubrik i nedan följande text.

Figuren visar den tidigare omnämnda modellen av vattnets kretslopp i det urbaniserade samhället. Kretsloppet har här indelats i följande åtta steg: Intagsledning, vattenverk, vattendistribution, avloppsservisledningar inklusive installationer, allmänna avloppsledningar, avloppsreningsverk, utloppsledning och recipient.

Som framgår av ovanstående har valts direkt utledning av det renade avloppsvattnet i recipient som också tjänar som ytvattentäkt. Naturligtvis gäller modellen även för markinfiltration av renat avloppsvatten, som så småningom bildar grundvattentäkt. Härvid får stegen utloppsledning och recipient ersättas med infiltrationsanläggning och steget intagsledning med grundvattenuppföring.

4.2 Vattenbehov

De effekter som avloppssystemet orsakar på stegen intagsledning, vattenverk och vattendistribution hänför sig alla till samma faktor, nämligen renvattensmängden. Av denna orsak diskuteras fortsättningsvis effekterna på dessa tre steg under den gemensamma rubriken "Vattenbehov".

Vattnet i avloppssystemet utnyttjas för transport av föroreningar. I det konventionella wc-systemet tillförs extra vatten enbart som transportmedium. Om wc-föroreningarna transporteras i annat medium, t.ex. i luft, medför detta naturligtvis mindre åtgång av vatten. Sålunda kan i dylikt fall dimensionerna på intags- och distributionsledningar för renvatten

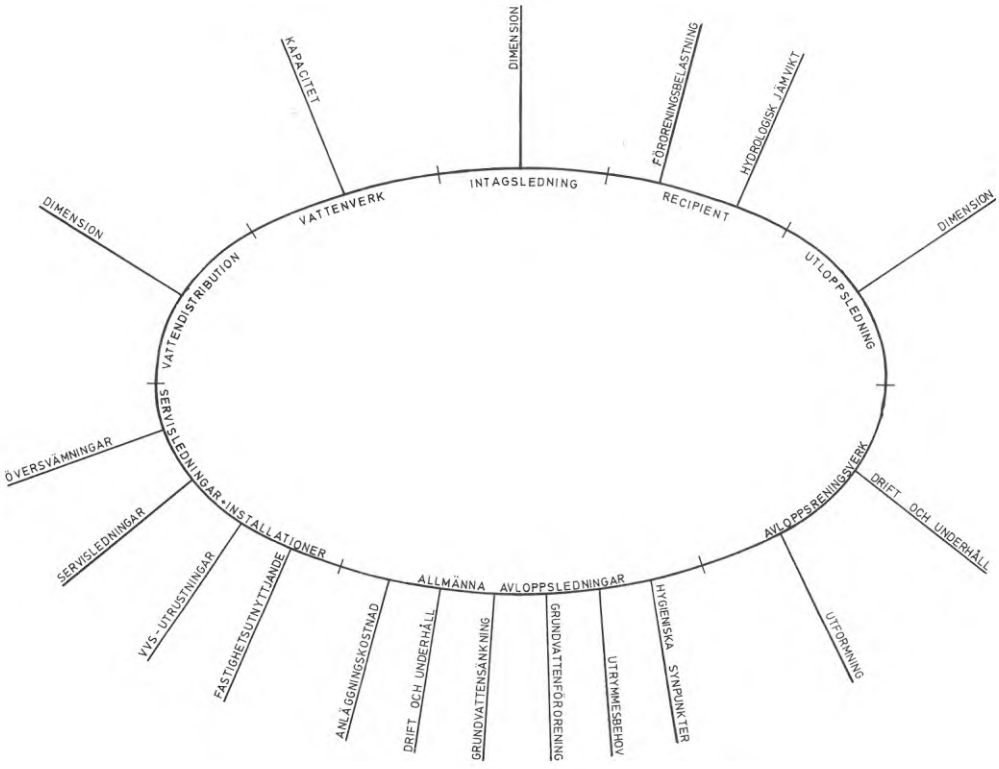


FIG. 4.1 Identifierade effekter.

minskas och vattenverkets kapacitet göras lägre. Dessutom minskar naturligtvis de driftkostnader som direkt hänförs till vattenmängden, såsom energi, kemikalier etc.

4.3 Servisledningar inklusive installationer

4.3.1 Översvämningar

Stor vikt tillmäts ofta frågan om risken för översvämningar vid projektering av nya avloppsnet. Översvämningar beror i allmänhet på att till följd av kraftig nederbörd den aktuella tillrinningen är större än det dimensionerande flödet, men kan naturligtvis också orsakas av stopp i en ledning.

Om översvämningen beror på att ledningens kapacitet överskrids, uppstår den vid gemensam avledning av dag- och spillvatten i källare och dräneringsledning, som är belägna uppströms den begränsande sektionen och lägre än den uppdämda vattennivån. Det vatten som då svämmas över är en blandning av dag- och spillvatten.

Om spill- och dagvatten avleds var för sig, sker den primära översvämningen, till följd av nederbörd, på marken. Det vatten som då svämmas över är enbart dagvatten. Sekundära översvämningar i källare kan uppstå då vatten från markytan rinner ner i källare genom fönster, dörrar etc. Dessa sekundära översvämningar kan i sin tur leda till överbelastning på spillvattennätet, så att spillvatten tränger upp genom brunnar i andra, lågt belägna källare.

I det fall dagvattnet infiltreras kan uppdämning inträffa om infiltrationsanläggningen belastas hårdare än den dimensionerats för. Var översvämningen då inträffar är beroende av infiltrationsanläggningens utformning. Vid de försök med infiltration av takvatten som nyligen genomförts i Sverige /22/ har ett bräddavlopp anslutits från infiltrationsanläggningen till ett konventionellt dagvattennät. Om även detta överbelastas kommer översvämning att ske på marken. Ett annat alternativ vid infiltrationsanläggningar är att utesluta bräddavloppet och låta översvämningen ske direkt på marken.

En speciell typ av översvämningar som inträffat kan beskrivas så att då uppdämning sker ovanför dräneringsledningen kan vatten tränga in i fogen mellan vägg och källarbjälklag. Principiellt är risken för sådan översvämning större då dränvattnet kopplas till en ledning som för dagvatten än till en ledning som för enbart spillvatten, eftersom en spillvattenledning aldrig skall behöva överbelastas,

frånsett sekundär överbelastning, jämför ovan, medan en ledning som för dagvatten ofta dimensioneras för att överbelastas 1 gång/år eller 1 gång/2 år.

4.3.2 Servisledningar

På denna punkt skiljer sig avloppssystemen dels då det gäller ledningarnas läggningsdjup, dels då det gäller antalet ledningar och dimensionen på dessa. Det erforderliga schaktdjupet blir sålunda större då spill- och dränvatten avleds i skilda ledningar än då de avleds gemensamt. Materialkostnaden blir större ju fler servisledningar som erfordras. Ett sätt att begränsa materialkostnaden vore att minska ledningens dimension. De praktiska möjligheterna till detta är dock små, eftersom en minsta diameter erfordras för servisledningen. I VA-byggnorm /31/ anges sålunda: "För ledning i mark med wc-avlopp godtas ej mindre dimension än 100 mm (rörteckning)". I praktiken läggs självfallsledningar sällan med mindre dimension än 150 mm.

4.3.3 Vvs-utrustning

Toalettstolar med anslutande stammar och samlingsledning kan ha något olika utseende beroende på avloppssystem. Vid vakuumsystem erfordras i toalettstolen en särskild utloppsventil som avskärmar atmosfärtrycket från undertrycket i ledningssystemet. Vid spolning öppnas ventilen automatiskt, varvid innehållet i toaletten tillsammans med spolvatten och en viss mängd luft sugas ut i ledningen och förs mot vakuumkällan /16/.

4.3.4 Fastighetsutnyttjande

Möjligheten att bygga och utnyttja källarutrymmet i en fastighet är beroende bl.a. av uppdämningshöjden, vilken i sin tur till viss del beror på avloppssystemet. I praktiken kan det sålunda vara möjligt att inreda hobbyrum och toalett i källarutrymmet vid ett visst system men ej vid ett annat, med hänsyn till översvämningsrisken.

4.4 Allmänna avloppsledningar

4.4.1 Anläggningskostnad

Anläggningskostnaden för ett avloppsnät är i hög grad beroende av de lokala förutsättningarna. Sådana lokala faktorer som starkt påverkar anläggningskostnaden är markens beskaffenhet, eventuell bergförekomst, lutningsförhållanden, befintliga ledningar etc.

Dessutom påverkas anläggningskostnaden av vissa generella faktorer såsom total ledningslängd, dimen-

sioner och schaktgravens storlek. Det är endast de generella faktorerna som kan diskuteras vid jämförelse mellan avloppssystemen.

Emellertid är det inte endast den direkta byggkostnaden för ett ledningssystem som har betydelse, utan även livslängden eller den tid systemet förväntas kunna användas spelar in.

4.4.2 Drift och underhåll

Inom begreppet drift och underhåll inryms allt som erfordras för att hålla nätet i funktion. Exempel på åtgärder härför är pumpning, rensning, reparation, gaturenhållning, beredskap etc. Man kan också göra en indelning i rutinmässig drift och underhåll och åtgärder som erfordras på grund av temporärt uppkomna störningar.

Åtgärden pumpning omfattar här pumpning av avloppsvatten i pumpstationer längs ledningsnät, dock ej framme vid eller i reningsverket. Kostnaden för pumpning utgörs av avskrivning av anläggningskostnaden och energikostnad. Bägge dessa är beroende av mängden vatten som pumpas. Är man tvungen att pumpa både spill- och dagvatten, så blir naturligtvis kostnaden härför större än om enbart spillvatten skall pumpas.

Rensning av en ledning genom spolning eller på annat sätt erfordras ibland för att ledningen ej skall sättas igen. Hur ofta rensning måste göras beror på hur mycket fast material som sedimenterar i ledningen. Undersökningar i USA /27/ visar att det finns ett visst samband mellan behovet av rensning och ledningsdimension, så att en klen ledning måste rensas oftare än en grövre, vilket antyder att de kriterier för självrensning som hittills tillämpats vid ledningsdimensionering ej är helt riktiga.

Kostnaderna för materiel och personal avsedd för beredskap är mycket osäkra. Det är dock troligt att beredskapen måste vara högre vid ett system där ett driftavbrott omedelbart ger sig till känna för konsumenten, såsom fallet är vid t.ex. ett tryck- eller vakuumsystem. Vi har emellertid i dag endast begränsade driftserfarenheter av dylika icke konventionella system. Undersökningar i några svenska kommuner har dock visat att så länge vi håller oss till konventionella system är val av avloppssystem betydelselöst för kostnaden, eftersom beredskapen oftast är gemensam för både vatten och avlopp och vattensidan är dimensionerande för beredskapens storlek.

4.4.3 Grundvattensänkning

Sänkning av grundvattenytan kring ledningar och byggnader uppkommer dels genom utebliven infiltration av

ytvatten, dels genom avsiktlig dränering eller genom inläckning av grundvatten i ledningar och tunnlar. Sker detta i stor skala kan grundvattenytan över ett större område avsänkas i betydande grad.

Problem orsakade av sänkt grundvattenyta, främst ojämna sättningar, har ofta förekommit de senaste åren, exempelvis i Gamla stan och vid Karlaplan i Stockholm samt i Huddinge centrum och vid Kungens kurva söder om Stockholm.

Grundvattensänkningen kan påverkas genom att ett avloppssystem väljs som minimerar den ovan nämnda oönskade avledningen. Utebliven infiltration beror på att stora ytor beläggs med tätt material. Inläckning beror främst på graden av otäthet hos ledningarna och på ledningarnas nivå. Om man vill avleda dränvattnet från byggnader genom dagvattenledningen, separat system, måste denna som regel läggas under spillvattenledningen. Detta i sin tur medför att en större ledningslängd kommer att ligga under grundvattenytan än vad som är fallet i det konventionella svenska systemet (det halvseparata systemet). Risken för inläckning blir större och grundvattenytan kan sänkas ytterligare om ledningarna är otäta.

4.4.4 Grundvattenförorening

Ett starkt samband föreligger mellan grundvattenförorening och det ovan diskuterade problemet grundvattensänkning. Primärt har graden av täthet hos ledningarna betydelse i bägge fallen. Är ledningarna otäta uppstår läckage, och ligger grundvattenytan lägre än ledningen läcker vatten från ledningarna ut i grunden så att grundvatten och marklager förorenas.

I detta sammanhang bör påpekas att föroreningar från avloppsvatten kan nedsätta hållfastheten hos leror /34/. Vid flera av de jordskred som inträffat de senaste åren har ett klart samband kunnat konstateras mellan skredet och utsläpp av avloppsvatten i grunden. Detta problem, som ej synes ha uppmärksamats tidigare, utgör således ett ytterligare argument för att krav införs på täta avloppsledningar.

4.4.5 Utrymmesbehov

Denna effekt är mest aktuell vid ombyggnad till separat system i äldre bebyggelse där gatorna ofta är smala. I vissa av våra storstäder har problem av denna karaktär uppstått i samband med omläggning av kombinerat avloppssystem till separat /21/. Det har helt enkelt inte funnits plats i gatorna för två avloppsledningar. Ytterligare accentuerat blir naturligtvis detta problem vid anläggning av ett system som har tre ledningar, liksom då ett kombinerat system skall kompletteras med fördröjningsmagasin. Det

visar sig härvid att underjorden i centrala stadsdelar ofta är så utnyttjad redan att det kan vara mycket svårt att finna lämpliga platser för fördröjningsmagasin.

4.4.6 Hygieniska synpunkter

Häri innefattas olägenheter på grund av lukt från brunnar och ledningar. Lukt uppstår då nedbrytbart organiskt material samlas någonstans i ledningsnätet och bryts ned under anaeroba förhållanden. De illaluktande gaserna består vanligen av metan och andra kolväten samt svavelväte. Risken för lukt beror således på i vilken utsträckning det finns platser i ledningsnätet där slam kan ansamlas. Förutom platser där skador, t.ex. sättningar, inträffat förekommer risk för luktbesvär i ledningar som ej är självrensande.

4.5 Avloppsreningsverk

4.5.1 Reningsverkets utformning

Ingående reningssteg: Vilka reningssteg som skall ingå i en reningsanläggning beror på vad man vill ta bort ur det inkommande avloppsvattnet. Grovt generaliserat kan man säga att vid förbehandlingen avlägsnas trasor och sand, i försedimenteringen övrigt sedimenterbart material, i den biologiska delen organiskt material och i den kemiska fosfor och i viss mån tungmetaller. Tillmäts någon av dessa föroreningsstyper mindre betydelse med hänsyn till recipientens mottagningsförmåga, skulle man kunna avstå från motsvarande reningssteg. På motsvarande sätt skulle ytterligare reningssteg kunna erfordras om exempelvis kvävebelastningen är hög:

Spillvatten innehåller normalt betydligt mindre mängd sand och grus än dagvatten. I litteraturen har därför antytts möjligheten att helt avstå från sandfång vid reningsverk som renar endast spillvatten från ett separat system /19/. Sandfång skulle sålunda erfordras endast vid kombinerat system. I SNVs dimensioneringsanvisningar /30/ däremot anges: "Galler och sandfång bör ingå i alla reningsanläggningar då dessa anordningar underlättar den vidare avloppsvattenbehandlingen och medför minskat slitage på apparatur och maskiner."

Reningsstegens storlek: Dimensionerande parameter för samtliga vattenbehandlingssteg i ett konventionellt reningsverk är den så kallade dimensionerande tillrinningen, q_{dim} . För luftningsbassäng används även dimensioneringsparametern slambelastning, B_{ss} . Slambehandlingsstegen dimensioneras utgående från slammängd.

Av dessa parametrar påverkas i första hand Q_{dim} av uppsamlingsystemets utformning och kvalitet. Om ingen inläckning finns minskar sålunda Q_{dim} och reningssorgen kan göras mindre. Vidare kan slammängd påverkas något. Då dagvatten innehållande organisk substans tillförs reningsverket ökar även slambelastningen, B_{ss} .

Ovanstående resonemang gäller konventionell avloppsvattenrening. Vid vakuumsystemet sker reningen enligt ett helt annat förfarande, bl.a. med stark alkalisering /40/, varför en jämförelse av systemen avseende anläggningskostnad närmast blir en kostnadsjämförelse mellan helt olika avloppsreningsverk.

4.5.2 Drift och underhåll

Inledningsvis måste framhållas att det varit mycket svårt att få fram tillförlitliga uppgifter angående kostnader för drift och underhåll av avloppsreningsverk. Kommunernas kontoplaner är vanligen ej utplagda så att de kan utnyttjas i detta syfte, utan man är i allmänhet hänvisad till egna, relativt osäkra kalkyler. Några litteraturuppgifter har emellertid återfunnits och redovisas nedan.

En amerikansk undersökning från 1958 /26/ redovisar kostnaden för drift och underhåll vid olika typer av reningsverk, bl.a. aktivslamanläggningar. Till kostnaden hänförs endast kostnader som är direkt knutna till driften vid den aktuella anläggningen men ej kostnader för t.ex. administration. Totalt har kostnader från ca 60 aktivslamanläggningar i intervallet 1 000-100 000 p erhållits. Undersökningen anger att kostnaden bäst uppskattas med ekvationen

$$\log y = \frac{1}{a+b \log x} \quad \text{där}$$

y = årlig kostnad per volymsenhet

x = genomsnittsflödet

Härur inses att kostnaden per m^3 avloppsvatten sjunker ju större verket är.

I Sverige gjordes 1968 /1/ en jämförande studie av kostnader för drift och underhåll vid två avloppsreningsverk i storleksordningen 100 000 p. Bägge verken var aktivslamanläggningar utan kemisk fällning. Slambehandlingen utgjordes av förtjockning och stabilisering i rötkammare. Studien visar att vid dessa två verk fördelar sig kostnaden för drift och underhåll i stort sett enligt följande:

Personal	25-30 %
Elektricitet	ca 30 %
Underhåll av maskiner, byggnader etc.	10-15 %
Övrigt	30-40 %

I posten "övrigt" ingår "slam efter rötkammaren, förbrukningsmaterial, uppvärmning, klor och överförda kostnader".

En driftkostnads kalkyl för ett avloppsreningsverk för ca 100 000 pe varav en stor del industrianslutning redovisas i /25/. Reningsmetoden är förbehandling, försedimentering, biologisk rening i två steg (biobädd + a-slamrening), efterfällning. Slamstabiliseringen sker genom att kalk tillsätts till dess ett pH \sim 11 erhålls. Årskostnaden, ca 500 000 kr år 1974, fördelar sig på följande sätt:

Personal	26 %
Elektricitet	24 %
Kemikalier, AVR	22 %
" , slam	19 %
Slamtransport	9 %

Personalkostnaden torde ej nämnvärt påverkas av avloppssystemets kvalitet och utformning. Den beror i huvudsak på andra faktorer, i första hand anläggningens storlek, "lättskötthet" och ålder.

Energikostnaden vid ett avloppsreningsverk hänför sig till större delen till syrsättningen i luftningsbassängerna. Energibehovet bestäms i första hand av mängden BS (biokemiskt syreförbrukande material) som tillförs verket. Denna är endast i mindre utsträckning beroende av avloppssystemet. En annan energi-krävande post är pumpningen av avloppsvatten som till viss del beror av avloppssystemets utformning.

Kemikalieåtgången, speciellt vad gäller fällningskemikalier för fosforreduktion är till viss del beroende av avloppssystem. På de flesta verk är kemikalieförbrukningen idag direkt proportionell mot avloppsvattemängden med en övre begränsning. Minskar flödet minskar således även kemikalieåtgången. I framtiden är det troligt att dosens storlek kommer att bestämmas av fosforhalten. Härvid kommer kemikalieåtgången per m³ avloppsvatten att öka om inläckande rent vatten elimineras. Den totala effekten blir emellertid sannolikt fortfarande en minskning av kemikalieåtgången.

De övriga ovan redovisade posterna torde endast obetydligt påverkas av vilket avloppssystem som väljs.

4.6 Utloppsledning

Utloppsledningar kan schematiskt delas upp i utloppsledningar från avloppsreningsverk samt dag- och bräddvattenutlopp. Den nedan förda diskussionen koncentreras på utloppsledningar från avloppsreningsverk, eftersom i dag endast undantagsvis större kostnad läggs ned på brädd- och dagvattenutlopp. Ett sådant

undantag utgör t.ex. Riddarfjärden i Stockholm, som är en känslig recipient med en allmän badplats i anslutning till utloppet.

Anläggningskostnaden för utloppsledningar är i hög grad beroende på lokala förhållanden, bottnens beskaffenhet, djup etc. Ledningens längd är naturligtvis en viktig parameter som dock ej primärt beror på avloppssystemet utan på en bedömning av avloppsvattnets förorenande inverkan jämfört med recipientens självreningsförmåga. Det finns således ett samband mellan ledningslängd och spridningseffekt.

Direkt kan avloppssystemet genom vattenmängden påverka dimensionen hos utloppsledningen. Om såväl spill- som dränvatten skall ledas genom utloppsledningen måste dennas dimension ökas jämfört med om enbart renat spillvatten skall ledas ut. På motsvarande sätt blir dimensionen ännu större om även dagvatten skall tillföras ledningen.

Som regel erfordras pumpning genom utloppsledningen. Det har emellertid antagits att kostnaden härför är liten jämfört med kapitalkostnaden.

4.7 Recipient

4.7.1 Föroreningsbelastning av orenat avloppsvatten

De olika slag av orenat avloppsvatten som normalt kan belasta en recipient är bräddvatten och orenat dagvatten. Vidare förekommer på vissa håll, speciellt på landsbygden, utsläpp av orenat spillvatten. Bräddning kan ske längs ledningsnätet och i reningsverk. Snö, även den som tippas i recipienten, räknas här som dagvatten, liksom det spolvatten som erhålls vid renspolning av gator.

Dag- och bräddvattnets förorenande egenskaper finns ej belysta i större utsträckning - varken i utlandet eller i Sverige. Det uppges emellertid från USA att badplatser behövt stängas beroende på att dagvatten förorsakat hög bakteriell förorening. Liknande problem har nyligen varit aktuella i Stockholm.

De olika verksamheter i samhället som utsläpp av orenat bräddvatten påverkar negativt har i en amerikansk undersökning /23/ angetts enligt följande:

- a. Fiske
- b. Bad
- c. Vattenförsörjning
- d. Estetik
- e. Friluftsliv-naturvård
- f. Sjöfart
- g. Vattenkraft
- h. Bevattning

De skador som uppstår i recipientsteget på grund av utsläpp av orenat brädd- och dagvatten har också räknats upp:

- a. Allmänt obehag (nuisance)
- b. Skada på egendom (property damage)
- c. Värdeminskning på fastighet (real estate values)
- d. Vattnets användningsområde begränsas (use restricted)
- e. Vattnets rekreativsvärde påverkas (recreational use impaired)

Storleken av effekten av avloppsvatten i recipienten beror dels på recipientens, dels på belastningens storlek. Även utsläppspunktens läge i recipienten spelar stor roll. I /20/ står: "Lokaliseringen av bräddvattenutsläpp måste nog bedömas med beaktande av beskaffenheten och användningen av vatten- och strandområdena vid de utsläppspunkter som kan ifrågakomma". Motsvarande gäller för dagvattenutsläpp.

Ytterligare en faktor som måste beaktas vid bedömning av brädd- och dagvattenutsläpp är det sätt på vilket föroreningarna tillförs recipienten, dvs. kontinuerligt eller intermittent.

Belastningens storlek beror på föroreningshalten i brädd- och dagvattnet och på mängden vatten. De föroreningar i avloppsvattnet som man i dag vanligen bedömer som allvarligast är organisk substans och fosfor. Härutöver finns vid kommunala avloppsreningsverk ofta speciella anordningar för grovrening och förbehandling samt för bakterieavdödning. Vid brädd- och dagvatten kan det dessutom bli nödvändigt att beakta innehållet av tungmetaller, olja och gummirester.

4.7.2 Föroreningsbelastning av renat avloppsvatten

Reningseffekten vid ett kommunalt avloppsreningsverk är på olika sätt beroende av tillrinningen. Ett omfattande forskningsarbete har utförts under de senaste åren i syfte att klarlägga detta beroende, se t.ex. /9/ och /15/. De resultat som hittills uppnåtts ger emellertid ej underlag för en säker bedömning av avloppssystemets inverkan på reningsresultatet. Vissa generella slutsatser kan emellertid dras.

Sålunda kan sägas att en låg hydraulisk belastning ger bättre reningsresultat än en hög hydraulisk belastning vid konstant organisk belastning.

De inledande fullskaleundersökningar som utförts i Sverige /15/ antyder även att det finns en optimal driftpunkt (med hänsyn till reningsresultat) vid ett avloppsreningsverk.

Av primärt intresse i detta sammanhang är emellertid inte den långvariga belastningen, denna får mötas genom rätt dimensionering av avloppsreningsverket, utan i stället de kortvariga belastningsvariationer som kan uppstå som en följd av avloppssystemets utformning.

Det måste betonas att ett stort behov av ytterligare forskningsarbete fortfarande föreligger. Önskvärt är att detta forskningsarbete så långt möjligt ges en sådan inriktning att resultatet kan tillämpas praktiskt. Såväl de olika i ett reningsverk ingående delprocessernas reaktion på belastningsvariationer som samverkan mellan dessa måste klarläggas.

4.7.3 Hydrologisk jämvikt

Effekterna av ledningssystemet på den hydrologiska jämvikten hänger intimt samman med den tidigare beskrivna effekten grundvattensänkning. Problemet har först på senare tid fått stor betydelse dels i och med att våra tätorter växt snabbt och att allt större delar av avrinningsområdena belagts med asfalt och betong, dels genom att underjordsarbeten tagit en allt större omfattning.

De naturliga avrinningsförhållandena har härvid ändrats så att dag- och grundvatten, som tidigare fritt avrunnit till en recipient, i stället avleds till en annan. På sikt kan detta leda till en sänkning av vattenytans nivå i recipienten, vilket påskyndar igenväxten av denna.

Dessutom har tendensen på senare år varit att man alltmer eftersträvat regionala lösningar på avloppsfrågorna och transporterat avloppsvattnet långa sträckor från den naturliga recipienten. Kommer denna tendens i framtiden att gälla även för dagvattenavledningen, så kommer effekterna på den hydrologiska jämvikten att förstärkas ytterligare.

5 KVANTIFIERING AV EFFEKTERNA

5.1 Inledning

I detta kapitel skall kvantifieras samtliga de effekter som i föregående kapitel identifierades. För varje effekt jämförs de fyra huvudavloppssystemen inbördes. Dessa är, som tidigare nämnts:

Kombinerat system
Kombinerat system med fördröjning
Separat system
Halvseparat system

När det gäller kombinerat system med fördröjning måste det betonas att sättet på vilket fördröjningen sker kan ha stor betydelse för resultatet. Sålunda ger olika typer av fördröjning skiftande resultat. I det följande har förutsatts att fördröjningen sker i särskilda bassänger. Se vidare avsnitt 5.4.1.

De tre komplementsystemen, d.v.s. vakuumsystem, tryckavloppssystem och infiltrationssystem och den storlek effekterna kan förväntas få vid anläggande av dessa har här ej närmare studerats och berörs endast då speciella skäl härtill föreligger, t.ex. vid effekter där ett komplementsystem medför betydande fördelar jämfört med huvudavloppssystemen. Orsaken till detta är dels att komplementsystemen än så länge till stora delar befinner sig i ett utvecklingsskede och sålunda i de allra flesta fall ännu ej utgör reella alternativ till huvudavloppssystemen, dels att driftserfarenheten från komplementsystemen är så begränsad att storleken av effekterna många gånger är omöjlig att ange.

Då man anger storleken av effekterna kan man i princip gå till väga på två olika sätt:

- a) Effekten anges i "sin egen sort", d.v.s. anläggningskostnad i kr, utrymmesbehov i m^3 , förorenings effekt i kg BS, P etc.
- b) Alla olika sorter omvandlas till jämförbara storheter i form av relationstal.

I detta arbete kombineras de två metoderna på så sätt att alla anläggningskostnader anges enligt a) i kr medan de övriga effekterna inklusive drift och underhåll omvandlas enligt b) till relationstal. Med slutledning härav kommer därmed jämförelse att kunna ske mellan å ena sidan totala anläggningskostnaden och å andra sidan sålunda framräknade relationstal för olika system.

Huvudprincipen vid val av relationstal har varit att det separata systemet givits värdet 1,0 medan de övriga systemen värderats i förhållande till det separata. Avvikelsen i relationstal från värdet 1,0 är i allmänhet relativt liten och relationstalen ligger med ett undantag inom intervallet 0,5 - 2,4.

5.2 Vattenbehov

Vattenbehovet påverkas ej i nämnvärd utsträckning av val av avloppssystem. En enkel analys visar att den påverkbara vattenmängden, d.v.s. vatten för spolning, rengöring etc., är i storleksordningen 0,1 % av totala renvattenmängden och sålunda kan bortses från.

Det enda avloppssystem som i större utsträckning påverkar vattenbehovet är vakuumsystemet på grund av dess snålspolande toaletter, som kan minska vattenbehovet med upp till ca 10 %. Utvecklingen går dock generellt mot vattensnålare toaletter, varför man kan förvänta att skillnaden mellan vakuumsystemet och de fyra huvudavloppssystemen vad avser vattenbehov kommer att minska i framtiden.

Som följd av vad ovan sagts får samtliga huvudavloppssystem samma relationstal enligt följande tabell:

System	Relationstal
Kombinerat	1,0
Kombinerat med fördröjning	1,0
Separat	1,0
Halvseparat	1,0

5.3 Servisledningar inkl. installationer

5.3.1 Översvämningar

Försök att kartlägga vilken skada som uppstått vid inträffade översvämningar har gjorts i bl.a. Linköping /38/, Eskilstuna /42/ och Västerås. I det följande skall sammanfattande slutsatser från dessa undersökningar återges:

I Linköping föll den 3 augusti 1967 40 mm regn under en timme, vilket ungefär motsvarar 30-årsregnet. Vid regn av denna storleksordning kan man ej gardera sig mot källaröversvämning genom att ha separat system. Linköpingsundersökningen visar också att översvämning skedde via markytan i stort sett lika ofta som via golvbrunn. Av antalet abonnenter drabbades ca 13 % av översvämning.

Av dessa hade 3,6 % mindre än 1 dm vattendjup i källaren
 7,8 % mer än 1 dm men mindre än 3 dm
 1,8 % mer än 3 dm

"Medelöversvämningen" var ca 1,5 dm.

I Eskilstuna har en sammanfattande utvärdering av inträffade skador gjorts i samband med kraftiga regn den 1 och 2 juli 1972 och härav föranledda skadeståndskrav. Den 2 juli 1972 föll under en knapp timme drygt 40 mm regn, vilket överstiger 30-årsregnet.

Skador på fastigheter och inventarier har i allmänhet uppstått av en av följande fyra orsaker:

1. icke vattentäta väggar och golv i källare
2. avsaknad av avstängningsbar golvbrunn
3. avstängningsbar golvbrunn, icke stängd
4. vatten runnit in via garagedfart

Till va-verket anmäldes ca 150 översvämningar, vilket kan uppskattas motsvara knappt 5 % av abonnenterna. Några försök till kvantifiering av översvämmad vattenmängd har ej gjorts.

I Västerås inträffade under sommaren 1973 översvämning i ett område på ca 300 villor. Regnmängderna är ej exakt angivna men uppges ungefär ha motsvarat 20-årsregnet. Avrinningen anges dock ha varit ännu större, beroende på att omgivande mark redan tidigare var vattenmättad efter långvarigt regn.

Ca 50 villor i det aktuella området, d.v.s. drygt 15 %, översvämmades dels genom det överbelastade regnvattennätet, dels genom spillvattennätet.

Någon uppskattning av översvämmad vattenmängd har ej gjorts men skadorna på 24 av fastigheterna har uppskattats kosta 70 000 kronor, d.v.s. ca 3 000 kronor per fastighet. Som en jämförelse kan nämnas att vid en beräkning i Stockholms kommun år 1974 har varje källaröversvämning antagits kosta ca 1 700 kronor.

Det är flera faktorer som spelar roll då man jämför olika avloppssystem vad avser effekten av översvämningar. Av primär betydelse är frekvensen i översvämningar och den plats där översvämningen sker. Dessutom har typen av vatten, d.v.s. om det är uteslutande spillvatten eller en blandning av spill- och dagvatten eller enbart dagvatten, viss betydelse. Däremot synes den översvämmade vattenmängden vara av mindre betydelse när en översvämning väl har skett. I nedanstående tabell anges hur de fyra huvudavloppssystemen förhåller sig avseende de ovannämnda faktorerna av betydelse vid allmänt vedertagna dimensioneringsförutsättningar.

System	Översvämningsfrekvens ^{x)}	Översvämningsplats	Vattentyp
Kombinerat	1 ggr/2 år	källare	spill- och dagvatten
Kombinerat med fördröjning	1 ggr/2 år	källare	spill- och dagvatten
Separat	1 ggr/1 år	gatumark	dagvatten
Halvseparat	1 ggr/1 år	gatumark	dagvatten

x) Då i tabellen översvämningsfrekvensen anges t.ex. till 1 ggr/2 år innebär detta att i ett område inträffar översvämning statistiskt sett med denna frekvens. Översvämningen drabbar dock ej alla fastigheter, sannolikt <10 % av fastighetsbeståndet drabbas av olägenhet vid 2-årsregnet.

Som komplettering till tabellen skall nämnas risken för sekundär översvämning, se 4.3.1, vid separat och halvseparat system varvid översvämningsplatsen är källare och vattentypen spill- och dagvatten.

Vid kombinerat system med fördröjning är det svårt att ange översvämningsfrekvens eftersom någon vedertagen praxis för dimensionering och lokalisering av fördröjningsmagasin ännu ej finns.

I första hand anläggs fördröjningsmagasin för att begränsa utsläpp av bräddvatten. Placeras magasinens nedströms bräddavloppen torde översvämningsfrekvensen inte minska. Placeras magasinens däremot lokalt högt uppe i ledningsnäten, spridd fördröjning, minskar i allmänhet belastningen på nedströms liggande ledningar och således även frekvensen av översvämningsfall.

Om vi beräknar relationstal och därvid antar att

- a) relationstalet är direkt proportionellt mot översvämningsfrekvensen
- b) skadan är dubbelt så stor om översvämningsfall sker i källare än om den sker på gatumark
- c) skadan är dubbelt så stor om det översvämningsvatten utgörs av blandat spill- och dagvatten än om det är enbart dagvatten
- d) relationstalen höjs med 25 % på grund av risken för sekundär översvämningsfall vid de system där detta är aktuellt

erhålls följande relationstal:

System	Relationstal
Kombinerat	1,6 ^{x)}
Kombinerat med fördröjning	1,6
Separat	1
Halvseparat	1

x) beräknas enligt följande: 0,5 (översvämningsfrekvens) x 2 (översvämningsplats) x 2 (vattentyp) x 0,8 (sekundär översvämningsfall) = 1,6.

Inte oväntat är översvämningsproblemet större vid kombinerade än vid separata system. Det bör emellertid understrykas att vid kombinerat system med fördröjning är effekten i hög grad beroende på utformning och placering av fördröjningsmagasinen.

5.3.2 Servisledningar

I bilaga 1 redovisas en jämförande beräkning av anläggningskostnaderna för de olika ledningssystemen. Kostnadsberäkning har utförts såväl för schakt enbart i jord som för schakt både i jord och berg, varvid i det senare fallet antagits jordschakt ned till 1,5 m djup och därefter bergschakt. Följande kostnader redovisas, kr/m servisledning:

System	Jord, kr/m	Jord + berg, kr/m
Kombinerat	100	215
" med fördröjning	100	215
Separat	202	459
Halvseparat	173	337

Eftersom det här är fråga om anläggningskostnader sker enligt avsnitt 5.1 ingen omräkning till relationstal.

5.3.3 Vvs-utrustning

Vvs-utrustningen är identisk vid samtliga fyra huvudavloppssystem och relationstalet blir sålunda detsamma för alla systemen.

Vid vakuumsystemet erfordras en speciell wc-utrustning som sannolikt är dyrare än den konventionella. Dessutom erfordras vid detta system dubbla ledningar inom fastigheten och tre ledningar utanför. Dessa större kostnader vid vakuumsystemet uppvägs delvis av klenare dimensioner och enklare installationsarbete.

System	Relationstal
Kombinerat	1
Kombinerat med fördröjning	1
Separat	1
Halvseparat	1

5.3.4 Fastighetsutnyttjande

Vid kombinerat system kan uppdämning ovanför källar-golvet inträffa i spillvattenservisen vid regn och möjligheten att utnyttja källaren minskar. Relationstal 1,2.

Vid kombinerat system med fördröjning gäller samma principiella resonemang som ovan förts avseende källaröversvämningar, d.v.s. magasinen inrättas i första hand för att minska utsläpp av bräddvatten men man kan sannolikt uppnå förbättringar även avseende andra effekter. Relationstalet kan antas som ovan till 1,2.

Vid separat system föreligger mindre risk för uppdämning, varför källarutrymmena kan utnyttjas friare. Relationstal 1.

Vid halvseparat system är risken för uppdämning i spillvattenservisen liten men kan ej helt uteslutas.

Relationstal 1,1

System	Relationstal
Kombinerat	1,2
Kombinerat med fördröjning	1,2
Separat	1
Halvseparat	1,1

5.4 Allmänna avloppsledningar

5.4.1 Anläggningskostnad

De generella uppgifter angående kostnader för avloppssystem som återfinns i litteraturen är oftast jämförelser mellan kombinerat och halvseparat system. Enligt ett ofta återkommande riktvärde är det halvseparata systemet ca 20-30 % dyrare än det kombinerade.

Den totala ledningslängden blir naturligtvis mindre vid kombinerade än vid halvseparat och separat system. Hur mycket mindre är bl.a. beroende på var dagvattnet kan tillföras en recipient. Finns det flera fullgoda recipienter för dagvattnet runt en tätort, kan ledningslängden, speciellt vad gäller ledningar av större dimensioner, hållas nere. Om så ej är fallet, eller om man av andra skäl, t.ex. dagvattenrening i en punkt, vill samla dagvattnet, ökar längden på dagvattenledningarna.

Vid separat och halvseparat system läggs två ledningar för avloppsvatten mot en vid kombinerade. Dock skall bägge dessa ledningar avleda mindre mängd vatten än den enda ledningen vid kombinerat system. Det är följaktligen inte helt säkert att materialkostnaden alltid blir högre vid separat system. Vid det halvseparata systemet avleds en del dag- och dränvatten genom spillvattenledningen. Dessutom sker en viss inläckning i såväl dag- som spillvattenledningar. Detta medför att ledningarnas dimension måste väljas större vid halvseparat system jämfört med separat.

Den kombinerade ledningen måste läggas så djupt att dränvattnet kan avledas genom den. Ledningsgraven måste således schaktas relativt bred till fullt djup. Vid det halvseparata systemet är det ibland möjligt att schakta en smalare ledningsgrav i botten, då man ju här avleder dräneringsvattnet

genom spillvattenledningen. Om man däremot avleder dräneringsvattnet genom dagvattenledningen, separat system, är man tvingad att schakta en bred ledningsgrav till fullt djup och kostnaden ökar avsevärt.

Hittills har endast berörts kostnaden för ledningarna. Vid kombinerat system med fördröjning kommer till anläggningskostnaden för ledningar även motsvarande kostnad för fördröjningsmagasinen.

Som komplettering till ovan förda allmänna diskussion redovisas i bilaga 2 en kostnadsjämförelse mellan de olika ledningssystemen. Kostnadsberäkning har utförts i ett tänkt område med ytan ca 30 ha, prisnivå 1975.

Följande förutsättningar har legat till grund för kostnadsberäkningarna:

- a) Området har befolkningstätheten 100 p/ha och specifik vattenförbrukning 300 l/pd.
- b) Avrinningskoefficienten $\psi = 0,4$
- c) Dagvattenledningarna vid separat och halvseparat system har dimensionerats för 1-årsregn och den enda ledningen vid kombinerat system har dimensionerats för 2-årsregn.
- d) Fördröjningsmagasinet vid kombinerat system med fördröjning har dimensionerats för att rymma 1-årsregnet utan att brädda.
- e) Alla ledningar antas ligga i 3 o/oo lutning och ha råhetstalet $k = 1,0$ mm.
- f) Sektionerna för ledningsgravarna är utformade enligt typsektioner återgivna i MarkAMA 72.
- g) Avståndet mellan markytan och centrumlinjen i spillvattenledningen har valts till 2,20 m.
- h) Inläckande dränvattenmängd antas vara 50 % av spillvattenmängden vid halvseparat och de två kombinerade systemen.

I nedanstående tabell redovisas den specifika anläggningskostnaden i kr/ha för de fyra ledningssystemen

System	Anläggningskostnad kr/ha
Kombinerat	47 000
Kombinerat + fördröjning	63 000
Separat	82 000
Halvseparat	72 000

5.4.2 Drift och underhåll

Inom begreppet drift och underhåll inryms åtgärder som erfordras för att hålla nätet i funktion. Åtgärderna presenteras nedan under följande rubriker:

Pumpning, rensning, rengöring och reparation samt beredskap.

Pumpning: Kostnaden för pumpning är beroende av uppbyggnaden av eltariffen och aktuella elpriser. Enligt ett vanligt sätt att konstruera eltariffen uppdelas kostnaden i tre delar:

- a) en effektkostnad som är beroende av vald s.k. gränseffekt
- b) en energikostnad för den energi som tas ut under den s.k. gränseffekten
- c) en energikostnad för den energi som tas ut över den s.k. gränseffekten.

Vid separat system pumpas spillvatten. Vi kan åsätta systemet relationstalet 1.

Vid halvseparat system med inläckande vattenmängd motsvarande 50 % av spillvattenmängden kommer kostnaden enligt a) och b) ovan att öka med 50 %, vilket innebär att relationstalet ökar till 1,5.

Vid kombinerat system måste även dagvattnet pumpas. Dagvattenmängden utgör totalt ca 5 % av spillvattenmängden, varav ca 30 % antas brädda innan det pumpas. Vid "normaltaxan" torde det vara förmånligast att bibehålla samma gränseffekt som vid halvseparat system och betala högre energipris enligt c) för pumpningen av regnvatten. Med "normalförhållande" mellan effekt- (1/3 av totalkostnaden) och energikostnad (2/3 av totalkostnaden) ökar relationstalet till 1,55.

Vid kombinerat system med fördröjning kommer en större andel av dagvattnet att pumpas in i det "rena" kombinerade systemet. "Mervolymer" kan uppskattas till ca 30 % av totala dagvattenmängden (Jfr 5.7.1). Med samma antaganden angående elkostnaden som ovan kommer relationstalet att höjas till 1,6.

Rensning, rengöring och reparation:

I nedanstående tabell redovisas antalet stopp och rensad ledningslängd i avloppsledningar i Dallas, USA, 1969-70 /27/.

Dimension, mm	<u>Rensad ledningslängd</u>	<u>Antal stopp</u>
	Total ledningslängd, m/m	km ledning
100	0,22	-
150	0,27	1,4
200	0,16	0,27
250	0,09	0,04
300	0,65	0,04
375	0,04	-
450	0,03	-
600	0,05	-

I ett svenskt arbete /12/, baserat på utförda TV-undersökningar av spillvattenledningar presenteras följande tabell:

Dimension, mm	Totalt antal fel/100 m
225	9,8
300	9,0
375	7,3
400	7,8
500	8,6
600	8,2

En viss tendens till fler fel vid mindre dimensioner kan sålunda konstateras i bägge undersökningarna.

Vid kombinerat system har man ett ledningsnät med relativt stora dimensioner. Härtill kommer brädd-avloppsbrunnarna som också kräver visst underhåll för att fungera tillfredsställande /32/.

Vid kombinerat system med fördröjning tillkommer, jämfört med rent kombinerat system, rengöring av magasin. Denna rengöring kan ske automatiskt men i de flesta fall erfordras ändå viss manuell insats.

Vid separat system har man ett ledningsnät med relativt små dimensioner, d.v.s. stort rensningsbehov och ett med stora dimensioner, litet rensningsbehov.

Vid halvseparat system gäller detsamma som vid separat system frånsett att dimensionen på spillvattenledningarna ökar något enligt tidigare antaganden, jämför 5.4.1.

Beredskap: Som framgår av punkt 4.4.2 är i de flesta fall avloppssystemet betydelselöst i detta avseende eftersom beredskapen dimensioneras av renvattenförbrukningen. Eventuellt skulle detta förhållande kunna ändras vid tryckavloppssystem eller vakuumsystem.

I nedanstående tabell sammanfattas storleken av effekterna under punkt 5.4.2.

System	Pumpning	Rensning, rengöring och reparation	Beredskap	Totalt ^{x)} (Medelvärde)
Kombinerat	1,55	0,9	1	1,15
Kombinerat + fördröjning	1,6	1,1	1	1,23
Separat	1	1	1	1
Halvseparat	1,5	0,9	1	1,13

x) I beräkningen bortses från att relationstalen egentligen bör viktas inbördes.

Som framgår av tabellen är det separata systemet det förmånligaste avseende på effekten, drift och underhåll av ledningssystemet. De högre relationstalen för de övriga systemen beror på att den transporterade vattenmängden är större i dessa fall på grund av inläckning eller avsiktlig dagvattenavledning.

Avslutningsvis måste emellertid betonas att frågor om drift och underhåll av avloppsledningar i hög grad är obesvarade och att stort behov av forskningsinsatser föreligger. Problematiken är vidare svåranalyserbar, vilket till stor del beror på att den kommunala redovisningen av driftfrågor är relativt summarisk.

5.4.3 Grundvattensänkning

Några studier av hur grundvattenytan avsänks på grund av inläckning i ledningar har veterligen ej gjorts. I detta arbete har i stället en approximativ teoretisk beräkning av grundvattenytans avsänkning gjorts, se bilaga 3. Av denna beräkning framgår att markens permeabilitet är av avgörande betydelse för grundvattenytans avsänkning. Vidare framgår att vid normala permeabilitetsvärden, $k < 10^{-7}$, är grundvattenytans avsänkning av mindre betydelse. Av denna anledning ges samtliga avloppssystem relationstalet 1.

Skulle emellertid grunden kring ledningen utgöras av grovkorniga material kommer grundvattenytan att sänkas vid de ledningssystem som antagits otäta, dvs. de kombinerade och det halvseparata men ej vid det separata, som antagits vara tätt.

System	Relationstal
Kombinerat	1
" + fördröjning	1
Separat	1
Halvseparat	1

Det bör emellertid betonas att frågan om grundvattensänkning på grund av inläckning är ofullständigt utredd, att ovanstående beräkning endast skall ses som en ansats till bedömning av problemets storlek och att ett starkt behov av ytterligare forskningsarbete föreligger.

5.4.4 Grundvattenförorening

Grunden och grundvattnet förorenas genom att avloppsvatten läcker ut från ledningarna. Spillvatten är i detta avseende i normala fall farligare än dagvatten. Av primärt intresse är sålunda tätheten hos den spillvattenförande ledningen. I tabell redovisas detta förhållande.

<u>System</u>	<u>Täthet</u>
Kombinerat	Viss otäthet antas, utläckning möjlig
Kombinerat + fördröjning	---
Separat	Täta ledningar antas
Halvseparat	Viss otäthet antas, utläckning möjlig

Utläckning förutsätter vidare att grundvattenytan i den omgivande marken ligger lägre än vattenytan i ledningen. Dock skiljer sig i detta avseende de olika systemen ej åt, eftersom den ledning som är av störst intresse, spillvattenledningen, kan antas ligga på samma nivå oavsett ledningssystem.

Som en sammanfattning av punkterna 5.4.3 och 5.4.4 kan sägas att primärt har ledningens täthet betydelse. Är ledningen otät, läcker det antingen ut eller in, beroende på grundvattenytans läge.

I tabellen nedan redovisas relationstalet för de fyra systemen när det gäller effekten grundvattenförorening.

System	Relationstal
Kombinerat	1,3
Kombinerat + fördröjning	1,3
Separat	1
Halvseparat	1,3

5.4.5 Utrymmesbehov

Vid bedömning av utrymmesbehovet för ledningarna i olika avloppssystem har typritningar och bestämmelser i MarkAMA 72 utnyttjats. Utrymmesbehovet har angetts som erforderlig bredd x erforderlig höjd, $b \times h$, för själva ledningen

I nedanstående tabell redovisas dels vilka ingående dimensioner som antagits, dels utrymmet $b \times h$.

System	Antagna dimensioner, mm	Erforderligt utrymme, $b \times h$
Kombinerat	Ø 900	$1,0 \times 1,0 = 1,0 \text{ m}^2$
Kombinerat + fördröjning	Ø 900	$1,0 \times 1,0 = 1,0 \text{ m}^2$
Separat	Ø 800 + Ø 225	$1,7 \times 1,3 = 2,2 \text{ m}^2$
Halvseparat	Ø 800 + Ø 300	$1,8 \times 1,4 = 2,5 \text{ m}^2$

Härtill kommer det utrymme som erfordras för magasin vid kombinerat system med fördröjning. Dessa magasin kan många gånger vara det stora problemet, speciellt vid anläggande av fördröjningsmagasin i befintliga stadskärnor och motiverar att relationstalet för detta system höjs till i nivå med det för halvseparat system. Relationstalet för kombinerat system utan fördröjning höjs något med hänsyn till det utrymme som erfordras för bräddavloppsbrunnar och -ledningar. Vi får sålunda följande relationstal:

System	Relationstal
Kombinerat	0,7
Kombinerat + fördröjning	1,15
Separat	1
Halvseparat	1,15

5.4.6 Hygieniska synpunkter

Risken för lukt ur avloppssystemet antas förhålla sig på samma sätt som behovet av rensning enligt punkt 5.4.2.

System	Relationstal
Kombinerat	0,9
Kombinerat + fördröjning	1,2
Separat	1
Halvseparat	0,9

5.5 Avloppsreningsverk

5.5.1 Reningsverkets utformning

Ingående reningssteg: Det normala förfarandet i Sverige i dag torde vara att låta reningsstegen förbehandling, mekanisk, biologisk resp. kemisk rening ingå i reningsverket oavsett avloppssystem. Av denna anledning antas avloppssystemet ej ha någon inverkan på ingående reningssteg i detta arbete. Detta förhållande kan dock i hög grad komma att förändras i framtiden i takt med att kraven på rening stiger. Kommer i framtiden att krävas reduktion av t.ex. kväve, olja, tungmetaller, gifter eller separat rening av dagvatten, så kan detta medföra att avloppssystemet får mycket stor betydelse.

Reningsstegens storlek: I avsnitt 4.5.1 framgår att parametrarna q_{dim} , B_{SS} och slammängd har betydelse för reningsstegens storlek.

1. Variationen i q_{dim} med avloppssystem redovisas i följande approximativa beräkning. Beräkningen följer SNVs normer, /30/, till vilken även hänvisas för symbolförklaring.

a. Separat system

$$\text{Antag } Q_d = 0 \quad T_s = 15$$

$$Q_i = 0,5 Q_s \quad T_i = 10$$

$$q_{dim} = \frac{Q_s}{15} + 0 + \frac{0,5 Q_s}{10} = > q_{dim} = 0,117 Q_s$$

- b. Halvseparat system, kombinerat system med och utan fördröjning

$$\text{Antag } Q_d = 0,5 Q_s$$

$$q_{\text{dim}} = \frac{Q_s}{15} + \frac{0,5 Q_s}{24} + \frac{0,5 Q_s}{10} \Rightarrow q_{\text{dim}} = 0,138 Q_s$$

q_{dim} ökar med ca 18 % vid dessa system jämfört med det separata under gjorda antaganden.

Enligt SNVs dimensioneringsnormer skall enheterna dimensioneras för 4 alt. 2 ggr q_{dim} .

Dessa höga värden motiveras av den stora andelen kombinerade ledningar i många samhällen. Om ledningsnätet är utbyggt helt enligt separat eller halvseparat system, kan man ofta tillåta att de ingående enheterna dimensioneras för 3 ggr q_{dim} , vilket innebär att relationstalet för kombinerat system, såväl med som utan fördröjning, ökas med 33 % vad avser q_{dim} .

2. Slambelastningen, B_{SS} , är densamma oavsett avloppssystem. Vi förutsätter således att det inläckande vattnet är helt rent och att belastningen av biokemiskt syreförbrukande material ej ökar.

Vid kombinerat system ökar slambelastningen vid regntillfällen, vilket medför att luftningssystemet måste dimensioneras större. Bassängvolymen, som dimensioneras enligt formeln

$$\text{slambelastning} = \frac{\text{föroreningsmängd}}{\text{volym} \times \text{slamhåll}}$$

förändras emellertid ej eftersom den genomsnittliga föroreningsmängden avses.

3. Slammängden kan uppdelas i mängd primärslam, biologiskt överskottsslam och kemiskt slam.

Separata system antas ha relationstalet 1 för alla slamlagen.

Vid kombinerat system ökar primärslammängden. Mängden bioslam liksom mängden kemsam antas i stort sett oförändrad.

Vid kombinerat system med fördröjning ökar primärslammängden ytterligare något. Även mängden bioslam och kemsam ökar något jämfört med kombinerat system eftersom större föroreningsmängd förs till reningsverket istället för att brädda.

Vid halvseparat system, jämfört med separat system tillförs reningsverket större mängd avloppsvatten med lägre genomsnittlig föroreningshalt. Under förutsättning att reningsverket, d.v.s. bassängvolymer etc., dimensioneras med hänsyn till detta, kommer samma procentuella reningseffekt att erhållas, och således samma slammängder.

I följande tabell redovisas relationstalen för effekterna enligt ovan:

Relationstal

System	q_{dim}	B_{ss}	Slammängd	Medelvärde
Kombinerat	1,57	1	1,1	1,22
Kombinerat + fördröjning	1,57	1	1,2	1,26
Separat	1	1	1	1
Halvseparat	1,18	1	1	1,06

Avloppssystemet har sålunda en viss betydelse för reningsverkets utformning med de reningskrav vi tillämpar idag. Det är högst troligt att denna betydelse kommer att öka i framtiden i takt med att kraven på rening höjs.

5.5.2 Drift och underhåll.

De drifts- och underhållskostnader som i första hand kan påverkas är energi- och kemikaliekostnader (se även avsnitt 4.5.2). Båda dessa är i första hand flödesberoende.

Separat system åsätts relationstalet 1 för såväl energi- som kemikaliebehov.

Vid kombinerat system kommer såväl energi- som kemikaliekostnaden att öka på grund av det inläckande vattnet, enligt ovan med ca 18 %. Dessutom tillförs dagvatten reningsverket. Hur stor denna ökning kan vara visas i följande exempel.

Ber.ex. Förutsättningar: Befolkningstäthet
 100 p/ha
 Spec. spillvattenmängd
 400 l/p.d
 Årlig nederbörd
 600 mm/år
 Genomsnittlig avrinnings-
 koefficient 0,4

Spillvattenmängd: $100 \text{ p/ha} \times 400 \text{ l/p.d} = 40 \text{ m}^3/\text{d.ha}$

Dagvattenmängd: $\frac{0,6 \text{ m/år} \times 0,4 \times 10\,000 \text{ m}^3/\text{ha}}{365 \text{ d/år}} =$
 $= 6,6 \text{ m}^3/\text{d.ha}$

Dagvattenmängden utgör således drygt 15 % av spillvattenmängden under gjorda antaganden. Med hänsyn till att en del av dagvattenmängden bräddas och att en del av kostnaderna för energi är fasta antas relationstalet för energi vara 1,15 och för kemikalieåtgång 1,25.

Vid kombinerat system med fördröjning kommer praktiskt taget allt dagvatten att tillföras reningsverket och relationstalet förväntas därför öka till 1,20 för energi och till 1,30 för kemikalieåtgång.

För halvseparat system ökar q_{dim} med ca 18 % vid gjorda antaganden (se 5.5.1). Antar vi vidare att hälften av energikostnaden är fast och hälften rörlig, skulle energikostnaden öka med 10 % och relationstalet bli 1,1. Då flödet konstant är större än vid separat system, kan den ökning av kemikalieåtgången som orsakas av det ökade flödet begränsas genom att doseringen anpassas till en lägre föroreningshalt. Detta motiverar relationstalet 1,1 för kemikalieåtgång.

Relationstalen sammanfattas i tabell:

System	Energi- åtgång	Kemikalie- behov	Medel- värde
Kombinerat	1,15	1,25	1,20
Kombinerat + fördröjning	1,20	1,30	1,25
Separat	1	1	1
Halvseparat	1,1	1,1	1,1

5.6 Utloppsledning

Som framgår av diskussionen i avsnitt 4.6 är utloppsledningens dimension den parameter som i första hand påverkas av avloppssystem. Dimensionen bestäms av den maximala vattenmängd som skall ledas ut genom ledningen. Den maximala vattenmängd som skall ledas genom utloppsledningen är densamma som den vattenmängd som leds till avloppsreningsverket. Variationen i dimension anges således av variationen i q_{dim} enligt nedanstående tabell.

System	q_{dim}
Kombinerat	1,57
Kombinerat + fördröjning	1,57
Separat	1
Halvseparat	1,18

5.7 Recipient

5.7.1 Förorening av orenat avloppsvatten

I det följande diskuteras inverkan av dag- och bräddvatten. De effekter som uppstår på grund av bräddvattenutsläpp får härvid hänföras till kombinerade system medan nederbörden i separat och halvseparat system avleds som dagvatten. I syfte att göra framställningen mer lättillgänglig förs diskussionen under underrubriker: Vattenmängd, föroreningshalt, spolvatten och snötippning.

Omräkningen till relationstal görs i avsnitt 5.7.3

Vattenmängd: Regn faller under ca 5 % av året, vilket innebär att dagvatten avrinner under ungefär samma tid. En regnintensitet av 1 mm/minut, vilket är ett ganska rejält störtregn, ger en avrinning av ca 65 k/s.ha vid avrinningskoefficienten 0,4.

Mängden bräddvatten från ett kombinerat system kan beräknas t.ex. enligt en metod angiven i /20/. Några beräkningsexempel anger bräddvattenmängderna till storleksordningen 50-100 mm/år vid de dimensioneringsförutsättningar som normalt gäller i Sverige. Sammansättningen av bräddvattnet, andel spill- respektive dagvatten, varierar under bräddningen i princip så att spillvattenandelen är störst i början av bräddningsförloppet på grund av genomsköljning av ledningen.

Ber.ex. Om vi bortser från urspolningseffekter så består bräddvattnet vid 4-faldig utspädning av högst 25 % spillvatten och minst 75% dagvatten dvs. 12,5-25 mm spillvatten/år och 37,5 -75 mm dagvatten/år. Vid ett antaget område med

100 p/ha och spec. spillvattenmängd 500 l/p.d är den totala spillvattenavrinningen 1 825 mm/år, dvs. $\frac{12,5-25}{1\ 825} = 0,7-1,4$ % av spillvattnet bräddar. Om avrinningskoefficienten för dagvattnet antas till 0,35 och årsnederbörden är 500 mm blir den totala dagvattenavrinningen ca 200 mm/år, dvs.

$$\frac{37,5-75}{200} = 19-37 \text{ \% av dagvattnet bräddar.}$$

I /5/ anges mängden spillvatten som bräddar från ett kombinerat system till i storleksordningen 0,1-5 % av den totala årliga spillvattenmängden, vilket stämmer väl med vad som ovan beräknats.

Avslutningsvis skall noteras att vad som ovan sagts om bräddvattenmängder givetvis förutsätter att bräddavloppen fungerar på avsett sätt. Är inte så fallet, vilket undersökningar i USA antyder är vanligt, /4/, så kan bräddvattenmängden och därmed föroreningen från bräddvattenutsläpp vara avsevärt större.

Vi kombinerat system med fördröjning antas att det magasin som anläggs dimensioneras för att rymma 1-årsregnet utan att brädda (jfr 4.5.1), dvs. magasinet kommer att fungera som ett utjämningsmagasin för alla regn som har lägre eller lika stor intensitet som 1-årsregnet. Vid kraftigare regn än 1-årsregnet kan magasinet fungera som bräddmagasin. För många större regn, t.ex de många 2-årsregnen, är emellertid magasinvolymen tillräcklig för att bräddning inte skall ske. Endast vid vissa 2-årsregn är tillrinningen så stor att bräddning sker. Vilka 2-årsregn detta gäller är beroende bland annat på hur fördröjningen sker, så att vid små nederbördsområden är korta och intensiva regn mest kritiska medan vid större nederbördsområden långvariga regn är farligare. Den vattenmängd som sålunda årligen bräddar från magasinet till recipienten är liten, uppskattningsvis i storleksordningen 10 mm/år.

Om vid ett separat system den dimensionerande avrinningskoefficienten är 0,6 så innebär detta inte att 60 % av allt regn avrinner som dagvatten. Avrinningskoefficienten är mindre vid mindre regnintensiteter, vilket medför att även den avrunna dagvattenmängden är mindre. I tabell 5.7.1, hämtad ur /20/, redovisas undersökningar och beräkningar avseende avrinningskoefficientens variation.

Tabell 5.7.1 Beräknad dagvattenavrinning exkl. vinterperioden.

Nederbördsintensitet mm/h	Nederbörds- tid h/år	Neder- börd mm/år	Avrinnings- koefficient	Avrinning mm/år
<0,3	98	25	0	-
0,3-0,4	30		0	-
0,4-0,6	50	24	0,04	1
0,6-1	60	46	0,13	6
1-2	67	97	0,28	27
2-4	40	112	0,43	48
4-8	11	55	0,54	30
8-16	2,7	27	0,58	16
6-25	0,5	10	0,6	6
25-36	0,2	6	0,6	4
>36	0,4	21	0,6	12
Summa	360	434	-	150

Den dimensionerade avrinningskoefficienten i det aktuella området är 0,6. Den genomsnittliga avrinningskoefficienten blir $\frac{150}{434} = 0,35$.

Vid ett halvseparat system kommer en del av dagvattenet att bortledas genom spillvattenledningen varigenom mängden dagvatten blir mindre än i ett separat system. Hur stor denna förändring är beror på hur systemet är separerat och måste beräknas i varje speciellt fall. Såsom ett genomsnittsvärde antas att 10 % av dagvattenet avleds till spillvattennätet genom avsiktliga eller felaktiga inkopplingar.

Föroreningshalt: Bräddvattnets beskaffenhet är dåligt känd. Undersökningar av bräddvatten har framför allt gjorts i England, USA och Kanada. Av dessa framgår att bräddvattnet tidvis kan vara starkare förorenat än spillvattnet. Det har visat sig att bräddningsförloppet kan indelas i olika faser. Den första fasen karaktäriseras av det inkommande dagvattnets undanträngande av avloppsvattnet i ledningssystemet. Det första vattnet som bräddas skulle då i stort sett ha karaktären av spillvatten.

Den andra fasen utgörs av en period med urspolning av i systemet avlagrat material. Huvuddelen av partiklarna på markytan spolas också ned i ledningarna med det första vattnet vid intensiva avrinningar. Bräddvattnet skulle under denna andra fas i allmänhet vara av sämst beskaffenhet med en ökning av föroreningskoncentrationerna till 150 à 200 % av halterna i spillvattenavrinningen under torrväder.

Föroreningsnivån sjunker därefter till konstantare värden, vilka ligger i storleksordningen 10 till 25 % av värdena vid torrväder.

För bräddvattnets genomsnittliga beskaffenhet har i /20/ föreslagits följande normalvärden.

Tabell 5.7.2 Genomsnittlig beskaffenhet av bräddvatten.

Parameter		Normalvärde
Torrsubstans	g/m ³	800
Susp. ämnen	"	300
Susp. glödförlust	"	150
BS7	"	80
Totalfosfor	"	3
Totalkväve	"	10 ⁷
Totala coli	antal/100 ml	10 ⁶
Termostab. coli	" "	10 ⁶

Beskaffenheten hos det vatten som bräddar från fördröjningsmagasin ut i recipienten är dåligt känd. Om vi antar att avloppsvattnet renas i fördröjningsmagasinet i enlighet med låggradig behandling vid avloppsreningsverk erhålles följande värden på det vatten som bräddar från magasinet ut i recipienten /13/.

Tabell 5.7.3 Beskaffenhet av låggradigt renat vatten.

Parameter		Normalvärde
Susp. ämnen	g/m ³	120
BS7	"	60
Totalfosfor	"	2,5
Totalkväve	"	8,5

När det gäller föroreningshalter i dagvatten är det svårt att ge ett generellt svar på hur detta är beskaffat, då lokala omständigheter uppenbarligen spelar en mycket stor roll. Utförda undersökningar, såväl från Sverige som utlandet är också klart avvikande från varandra.

Några karakteristika kan dock urskiljas. Halten suspenderat material är t.ex. mycket stor, BS-halten är i nivå med biologiskt-kemiskt renat kommunalt avloppsvatten, medan fosfor-, kväve och bakteriehalten uppgår till 10-50 % av motsvarande halter i biologiskt-kemiskt renat avloppsvatten. Dagvatten innehåller vidare i vissa fall en hel del olja. I tabell 5.7.3 visas exempel på föroreningshalter i dagvatten från olika områden /18/.

Tabell 5.7.4 Aritmetiska medelhalter av några föroreningskomponenter i dagvatten från olika områden.

Områdestyp	susp. g/ m ³	BS ₇ g/ m ³	P _{tot} g/ m ³	N _{tot} g/ m ³	Pb mg/ m ³	Zn mg/ m ³	Cu mg/ m ³
Förort, Stockholm 5 700 p/km ²	142	11	-	-	270	320	80
Förort, Stockholm 5 000 p/km ²	129	9	0,08	1,2	278	165	86
Höghus, Stockholm 10 000 p/km ²	122	13	0,09	1,5	-	-	-
Radhus, Stockholm 3 500 p/km ²	113	10	0,04	1,4	-	-	-
Motorväg, Stockholm 65 000 fordon/dygn	282	36	0,08	2,1	-	-	-
Motorväg, Göteborg 68 000 fordon/dygn	300	15	(0,04)	-	300	290	77

Karakteristiskt för dagvatten har vidare visat sig vara att föroreningarna i stor utsträckning finns bundna till det suspenderade materialet som till övervägande delen är finpartikulärt och svårsedimenterat.

Dagvattnets beskaffenhet varierar under ett regn. Det är dock ej klarlagt hur variationerna sker. Utländska erfarenheter visar att dagvattnet är starkast förorenat i början av ett regn, vilket indikerar en ur- och avsköljningseffekt. Undersökningar från Sverige visar ett samband mellan föroreningshalt och regnintensitet.

Spolvatten: Förutom av dag- och bräddvatten belastas recipienten också av bland annat spolvatten. Undersökningar avseende spolvatten har gjorts i Göteborg, tabell 5.7.5.

Tabell 5.7.5 /20/ Analysresultat på prover tagna vid gatuspolning i kvarteret Perukmakaren, Göteborg 1969-07-24.

Parameter		Spolning 1	Spolning 2	Spolning 3
Torrsubstans	g/m ³	1 040	1 100	910
Glödförlust	"	260	250	210
Permanganat	"	105	44	38
Olja och fett	"	23	26	16
Klorid	"	41	41	24
Svavel	"	25	23	20
Bly	mg/m ³	605	620	600
Koppar	"	194	237	190
Zink	"	1 920	2 000	1 830
Kvicksilver	"	45	45	56
pH		8	8	8

Beräkningsexempel. Anta att en gata spolas 20 ggr/år. Varje spolning motsvarar 1,5 mm nederbörd. Antar vi att gatuytan utgör 10 % av den totala ytan och avrinningskoefficienten från gatan är 1,0 så motsvarar varje spolning av gatorna i ett område 1 ha stort, en nederbörd av 0,3 mm vid en antagen avrinningskoefficient av 0,5. Tjugo spolningar motsvarar alltså nederbörden 6 mm.

TS-halten är ca 1 000 g/m³, dvs. den årliga TS-mängden från gatuspolning blir $0,006 \cdot 10\,000 \cdot 1 = 60$ kg/ha.år. Motsvarande värde för dagvatten är ungefär $0,150 \cdot 10\,000 \cdot 0,4 = 600$ kg/ha.år.

Härav inses att belastningen av spolvatten är av liten betydelse jämfört med belastningen av dagvatten.

Snötippning: Inledningsvis kan konstateras att när det gäller den snö som hopsamlas på lastbilar för att tippas i recipienten saknar avloppssystemet betydelse. Om man istället för att tippa snön smälter denna i smältaggregat och avleder smältvattnet via avloppsledningarna kommer avloppsledningarna kommer avloppssystemet att spela roll. Är systemet kombinerat kommer smältvattnet att avledas till reningsverket och reningsprocessen påverkas, jfr 5.7.2 Förrorening av renat avloppsvatten. Är systemet separat eller halvseparat avleds smältvattnet genom dagvattenledningarna och dagvattenmängden påverkas.

Undersökningar avseende belastningen av tippad snö har gjorts i Stockholm, se tabell 5.7.6.

Tabell 5.7.6 /35/ Beräknade föroreningsmängder tippade i sjörecipient från Stockholms kommun under en normalvinter.

Föroreningstyp	Mängd i ton
Torrsubstans	700
Därav suspenderat material	350
Organiskt material	50
Därav olja	6
Koksalt	130
Bly	0,3
Agarbakterier	$2 \cdot 10^{15}$ stycken

Beräkningsexempel. Stockholm. Total mängd TS från sjötippad snö är enligt tabell 700 ton/år. Vi kan anta att drygt hälften av denna mängd tillförs Mälaren - säg 400 ton. I /13/ har beräknats att ca 890 ton suspenderat material tillförs Mälaren med dagvatten per år.

Föroreningsmängden från snö utgör sålunda knappt hälften av motsvarande mängd från dagvatten och bör beaktas vid en total jämförelse av alternativa åtgärder för att begränsa recipientens belastning.

5.7.2 Förorening av renat avloppsvatten

Vid kvantifiering av denna effekt förutsätts att reningsverket är dimensionerat i enlighet med SNVs dimensioneringsnormer, dvs. med avseende på parametrarna q_{dim} , B_{ss} och slammängd. Av de faktorer som härvid kommer att avgöra reningsresultatet kan variation i flöde och föroreningshalt till viss del härledas till avloppssystemet (se även 4.7.2).

Flöde: Av en studie gjord 1972 vid ett medelstort ($\sim 100\ 000$ p) avloppsverk i Sverige, /17/, framgår att flödet under dygnet normalt varierar mellan 400-750 l/s med medelvärdet 625 l/s. Maxtillrinningen ligger omkring 1 000 l/s, dvs. max/medel-faktorn blir 1,6. Systemet kan betraktas som halvseparat.

Vid det separata systemet bortfaller det inläckande vattnet jämfört med det halvseparata. Om vi studerat

samma verk som ovan, så innebär bortfall av inläckande vatten och dagvatten att variationerna ligger mellan 275-625 l/s och att max/medel-faktorn blir 1,75.

Vid ett kombinerat system är de normala flödesvariationerna desamma som vid ett separat, dvs. faktorn max/medel är 2,3. Då det regnar kommer mer vatten att avledas till reningsverket. Normalt dimensioneras tillloppsledningen så att den klarar 2-6 ggr medelspillvattenmängden. I England skall ledningen klara 6, i Tyskland 5, i USA 2-3 och i Danmark 3 gånger medelspillvattenmängden. Vid känsliga recipienter kan utspädningen öka till 20 ggr medelspillvattenmängden. Antar vi att tillloppsledningen dimensioneras för 4 gånger utspädning, så kommer max/medel-faktorn att vara 4.

Kombinerat system med fördröjning kommer med den placering och utformning av fördröjningsmagasin som antagits (jfr avsnitt 5.4.1) att fungera som kombinerat system utan fördröjning. En annan utformning av magasinen skulle kunna ge andra resultat.

Föroreningshalter: Vid Sjölundaverket i Skåne har studerats hur föroreningshalten i inkommande avloppsvatten varierar under dygnet, se FIG. 5.1.

Föroreningshalt

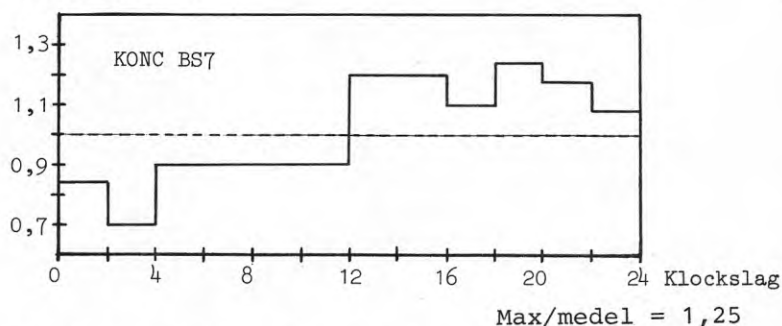


FIG. 5.1 Sjölundaverket i Skåne. Föroreningshaltens dygnsvariationer i inkommande avloppsvatten.

Vi antar att ledningssystemet är halvseparat, dvs. att visst dag- och dränvatten tillförs ledningssystemet.

Vid ett separat system bortfaller det inläckande vatten. Detta påverkar emellertid ej max/medel-faktorn som förblir 1,25.

Vid kombinerade system med och utan fördröjning medför ursköljningen vid regn att maxhalten ökar, förslagsvis så mycket att max/medel-faktorn blir 2.

I nedanstående tabell sammanfattas variationerna i flöde och föroreningshalt enligt ovan:

System	Flöde	Föroreningshalt
	max/medel	Max/medel
Kombinerat	4	2
Kombinerat + fördröjning	4	2
Separat	1,75	1,25
Halvseparat	1,6	1,25

Slutligen några kommentarer till tabellen:

- Generellt för alla systemen gäller att variationerna blir mindre ju fler personer som är anslutna till reningsverket.
- De speciella max/medel-förhållanden som redovisas ovan skall betraktas som grova ansatser som kan vara giltiga i ett speciellt fall men absolut inte kan betraktas som generella. I stället måste studier göras i varje speciellt fall. Ett stort behov föreligger även av ytterligare forskningsinsatser inom detta område (jfr 4.7.2).

5.7.3 Relationstal för föroreningseffekter

Den beräkningsmetod som används bygger på en metod som tidigare använts för beräkning av vattenkvalitetsindex i sjöar, t.ex. i /41/. Metoden innebär att funktioner konstrueras för samtliga parametrar som anses ha betydelse och att funktionsvärdena sedan kombineras till ett medelvärde, i detta fall enligt formeln:

$$\text{Relationstal} = \prod_{i=1}^v f_i^a (P_i)$$

- där P_i = värdet på den i:te parametern
 $f_i(P_i)$ = funktionsvärdet på den i:te parametern
 a = vikten av den i:te parametern (= 1)
 v = antalet parametrar

De parametrar som ansetts vara av betydelse är:

- Vid förorening av orenat avloppsvatten: Susp. halt, BS7-halt, P-halt, total vattenmängd, max. flöde och utsläppsplats.

- b) Vid förorening av renat avloppsvatten: Susp.halt, BS7-halt, P-halt, variation i utgående föroreningshalt, vattenmängd, flödesvariation, utsläppsplats.

De funktioner som använts är för de flesta parametrar av typen:

$$A = B \ln P \text{ eller } A = BP^C$$

där A = funktionsvärdet

B och C är konstanter ($C < 1$)

P = parametervärdet

Gemensamt för dessa två funktioner är att den marginella effekten av en ändring i parametervärde är mindre ju större parametervärdet är.

Konstanten B har bestämts så att funktionsvärdet A blir = 1 för det parametervärde som svarar mot separat system. Vid funktioner för föroreningshalter har konstanten B bestämts så att funktionsvärdet A = 1 för de halter som svarar mot renat avloppsvatten med reningsgraden = 90 %.

Funktionen för flödesvariation vid förorening av renat avloppsvatten är linjär med formen

$$A = B + C \cdot D$$

där A = funktionsvärdet

B = konstant (= 0,75)

C = konstant (= 0,25)

D = förhållandet max/medel . föroreningshalt

Funktionsvärdet för utsläppsplats har bestämts godtyckligt till 1 vid utsläpp från reningsverk och 2 vid dag- och bräddvattenutsläpp.

Följande funktioner har använts:

1. $f(\text{susp.}) = 0,32 \ln(\text{susp})$ susp. i mg/l
 2. $f(\text{BS7}) = 0,34 \ln(\text{BS7})$ BS7 i mg O₂/l
 3. $f(P) = 0,145 \ln(P)$ P i mg/m³
 4. $f(\text{vattenmängd}) = 0,104 \ln(\text{vattenmängd})$ vid renat avl.-vatten
 5. $f(\text{vattenmängd}) = 0,026 (\text{vattenmängd})^{1/2}$ vid orenat avl.-vatten
- vattenmängd anges i m³/ha.år
6. $f(\text{max.flöde}) = 0,30 \ln(\text{max-flöde})$ maxflöde i l/s.ha

7. f (utsläppsplats) = 2 vid utsläpp av brädd- och dagvatten och = 1 vid utsläpp av renat avloppsvatten
8. f (utgående föroreningshalt) = $0,75 + 0,25 \frac{\text{max}}{\text{medel}} - \text{föroreningshalt}$
9. f (flödesvariation) = $0,35 \ln (10 \cdot \frac{\text{max}}{\text{medel}} \cdot \text{flöde})$

Då absoluta parametervärden sätts in i funktionerna erhålls funktionsvärden enligt nedanstående tabeller:

Tabell 5.7.7 Orenat avloppsvatten

a. Susp. $f(\text{susp}) = 0,32 \ln (\text{susp})$

System	Susp.halt mg/l	f(susp)
Kombinerat	300	1,83
Kombinerat, fördröjning	120	1,53
Separat	125	1,55
Halvseparat	125	1,55

b. BS7 $f(\text{BS7}) = 0,34 \ln (\text{BS7})$

System	BS7 mgO ₂ /l	f(BS7)
Kombinerat	80	1,49
Kombinerat, fördröjning	60	1,39
Separat	15	0,92
Halvseparat	15	0,92

c. P $f(P) = 0,145 \ln (P)$

System	P, mg/m ³	f(P)
Kombinerat	3 000	1,16
Kombinerat, fördröjning	2 500	1,13
Separat	80	0,64
Halvseparat	80	0,64

d. Vattenmängd $f(\text{vattenmängd}) = 0,026 (\text{vattenmängd})^{1/2}$

System	Vattenmängd, m ³ /ha.år	f(vattenmängd)
Kombinerat	750	0,71
Kombinerat, fördröjning	100	0,26
Separat	1 500	1
Halvseparat	1 350	0,96

e. Maxflöde $f(\text{maxflöde}) = 0,30 \ln(\text{maxflöde})$

System	Maxflöde, l/s.ha	f(maxflöde)
Kombinerat	33	1,05
Kombinerat, fördröjning	6,9	0,64
Separat	28	1,0
Halvseparat	25	0,96

f. Utsläppsplats ger samtliga system relationstalet 2

g. Sammanställning

System	$\frac{f}{\pi a} f_i (P_i)$
Kombinerat	4,7
Kombinerat, fördröjning	0,80
Separat	1,81
Halvseparat	1,66

Tabell 5.7.8 Renat avloppsvatten

a-c. Susp, BS7 och D ger relationstalet 1 för samtliga system.

d. Variation i utgående föroreningshalt f (utgående föroreningshalt) = $0,75 + 0,25 \frac{\text{max}}{\text{medel}}$ föroreningshalt.

System	Utg. för.halt $\frac{\text{max}}{\text{medel}}$	f(förorenings- halt)
Kombinerat	3	1,5
Kombinerat, fördröjning	3	1,5
Separat	1	1,0
Halvseparat	2	1,25

Anm. Vid beräkning av dessa funktionsvärden har antagits att reningseffekten vid regnväder nedgår från normala 90 % till 70 % vid kombinerat och 80 % vid halvseparat system.

e. Vattenmängd $f(\text{vattenmängd}) = 0,104 \ln(\text{vattenmängd})$

System	Vattenmängd, m ³ /ha.år	f(vatten- mängd)
Kombinerat	15 400	1,01
Kombinerat, fördröjning	16 000	1,01
Separat	14 600	1,00
Halvseparat	14 800	1,00

f. Flödesvariation $f(\text{flödesvariation}) = 0,35 \ln$
(10. max/medel)

System	Max/medel	f(flödes- variation)
Kombinerat	4	1,29
Kombinerat, fördröjning	4	1,29
Separat	1,75	1
Halvseparat	1,6	0,97

g. Utsläppsplats ger samtliga system relationstalet 1.

h. Sammanställning

System	$\frac{g}{a} f_i (P_i)$
Kombinerat	1,95
Kombinerat, fördröjning	1,95
Separat	1
Halvseparat	1,21

5.7.4 Hydrologisk jämvikt

Avloppssystemets betydelse för den hydrologiska jämvikten är i hög grad beroende av lokala topografiska förhållanden. Det är därför svårt att säga hur den hydrologiska jämvikten påverkas i varje enskilt fall. Dock framstår klart att ju mer vatten som avleds i ledningarna och ju större del av detta vatten som renas desto mer påverkas den hydrologiska jämvikten och det är i dessa avseenden som systemen jämförs nedan.

Vid separat system avleds beroende på avrinningskoefficienten upp till ca 50 % av dagvattnet direkt till recipient. Inget dagvatten behandlas. Relationstal 1.

Vid halvseparat system avleds lika mycket dagvatten som vid separat system. En liten del av detta, jämför punkt 5.7.1, avleds dock via spillvattenledningen och renas. Relationstal $\sim 1,1$.

Vid kombinerat system avleds lika mycket vatten som vid separat system, men större delen av detta vatten avleds till reningsverk. Endast den del som bräddar, jämför punkt 5.7.1, förs direkt till recipient. Relationstal 1,2.

Vid kombinerat system med fördröjning avleds praktiskt taget allt dagvatten till reningsverket, varför relationstalet höjs till 1,3.

System	Relationstal
Kombinerat	1,2
Kombinerat, fördröjning	1,3
Separat	1,0
Halvseparat	1,1

6 UTVÄRDERING

6.1 Beräkningsmetod

För att det skall vara möjligt att jämföra den totala effekten vid olika system så måste de härledda relationstalen kombineras till ett gemensamt värderingstal, som i det följande kallas systemindex, SI. Vi måste därvid först bestämma den metod enligt vilken relationstalen skall kombineras. Den metod som valts här innebär att det geometriska medelvärdet beräknas enligt formeln (jfr 5.7.3):

$$SI = \left[\prod_{i=1}^n \text{relationstal}^a \right]^{\frac{1}{\sum a_i}} \quad (1)$$

där SI = systemindex

a = vikten hos resp. relationstal

6.2 Viktning av effekterna

En väsentlig del vid beräkning av SI enligt ekv. (1) är att fastställa de vikter som skall åsättas de olika effekterna, dvs. ange värden för konstanten a i ekv. (1). I tabell nedan anges förslag till intervall inom vilka värdet på a normalt bör ligga. Vidare anges vid vilka förutsättningar ett högre respektive lägre värde inom intervallet bör väljas.

Effekt	Intervall för a	Högt värde	Lågt värde
Vattenbehov	0,4-0,6	Utbyggnad aktuell	Utbyggnad inaktuell
Översvämningar	1 -2	Tät bebyggelse med källare	Källarlös bebyggelse
Vvs-utrustning	0,3-0,5	Ombyggnad	Nybyggnad
Fastighetsutnyttjande	0,2-0,4	Tät bebyggelse med källare	Källarlös bebyggelse
Drift och underhåll (ledn.)	0,4-0,8	Gammalt ledningsnät	Nytt ledningsnät
Grundvattensänkning	0,3-0,8	Grovkornigt material Tät bebyggelse	Finkornigt material Gles bebyggelse
Grundvattenförorening	0,2-0,6	Lermaterial Tät bebyggelse	Friktionsmaterial Gles bebyggelse
Utrymmesbehov	0,1-0,3	Tät bebyggelse Ombyggnad	Gles bebyggelse Nybyggnad
Hygieniska synpunkter	0,2-0,5	Intill bebyggelse	Gles bebyggelse
Reningsverks utformning	0,8-1,2	Utbyggnad aktuell	Utbyggnad inaktuell

Effekt	Intervall för a	Högt värde	Lågt värde
Drift och underhåll (verk)	0,6-1,0	Höga driftskostnader	Låga driftskostnader
Utloppsledning	0,4-0,6	Utbyggnad aktuell	Utbyggnad inaktuell
Orenat avloppsvatten	1,5-2,5	Känslig recipient	Okänslig recipient
Renat avloppsvatten	1,5-2,5	Känslig recipient	Okänslig recipient
Hydrologisk jämvikt	0,5-0,8	Känslig vattenbalans	Okänslig vattenbalans

De föreslagna intervallen, som kan betraktas som normalintervall, grundas på en diskussion och subjektiv värdering av effektens betydelse, ekonomiskt, socialt och miljömässigt. Det har sålunda bedömts rimligt att betrakta översvämningar ca 10 gånger allvarigare än effekten utrymmesbehov, eller utsläpp av orenat brädd- och dagvatten ca 15 gånger allvarigare än utrymmesbehov. Huruvida denna antagna inbördes värdering är riktig kan endast kontrolleras genom ett praktiskt studium av några utvalda representativa områden ute i kommunerna.

Vilka slutliga värden på a som skall väljas måste avgöras i varje enskilt fall. Vid speciella förhållanden kan andra vikter än vad som ovan angivits vara motiverade. Om t.ex. en effekt ej påverkas alls av en åtgärd blir effektens vikt noll.

Den använda metoden bygger på synsättet att en effekt är något negativt. Det är ej säkert att så alltid är fallet, t.ex. skulle man kunna tänka sig att tillförsel av näringsämnen till en recipient kan främja plankton-, alg- och fisktillväxt och därigenom vara positivt. Detta är möjligt med den använda metoden genom att a ges ett negativt värde vilket i sin tur gör att SI sänks.

6.3 Typfall 1 - Nybyggnad

I syfte att åskådliggöra på vilket sätt det utförda forskningsarbetet kan utnyttjas för praktiskt ändamål görs närmast några kortfattade exemplifieringar, dels för det fall som innebär nyexploatering, typfall 1, dels vid åtgärder på befintligt system, typfall 2. Förutsättningarna i de två exemplen är helt godtyckligt valda men kan antas representera förhållandena i måna svenska kommuner.

I det första exemplet antas att ett bostadsområde för 5 000 personer, 100 p/ha, skall byggas på jungfrulig mark. Markbeskaffenhet, lutningar och förutsätt-

ningar i övrigt antas vara sådana att kostnadsberäkningen i avsnitt 5.4.1 är tillämpbar. Området antas bli anslutet till ett modernt, ännu ej byggt, biologiskt-kemiskt avloppsreningsverk. Problemet är att välja avloppssystem.

Relationstal och vikter för avloppssystem respektive effekter i detta exempel framgår av nedanstående tabell:

Effekt	Vikt	Relationstal			
		K	KoF	S	HS
Vattenbehov	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0
Översvämningar	1,3	1,6	1,6	1,0	1,0
Vvs-utrustning	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0
Fastighetsutnyttjande	0,2	1,2	1,2	1,0	1,1
Drift och underhåll (ledn.)	0,8	1,15	1,23	1,0	1,13
Grundvattensänkning	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0
Grundvattenförorening	0,6	1,3	1,3	1,0	1,3
Utrymmesbehov	0,1	0,7	1,15	1,0	1,15
Hygieniska synpunkter	0,4	0,9	1,2	1,0	0,9
Reningsverks utformning	1,0	1,22	1,26	1,0	1,06
Drift och underhåll (verk)	0,8	1,20	1,25	1,0	1,1
Utloppsledning	0,4	1,57	1,57	1,0	1,18
Orenat avloppsvatten	1,5	4,7	0,8	1,81	1,66
Renat avloppsvatten	1,5	1,95	1,95	1,0	1,21
Hydrologisk jämvikt	0,6	1,2	1,3	1,0	1,1

K = Kombinerat system

KoF = Kombinerat system med fördröjning

S = Separat system

HS = Halvseparat system

Om relationstalen viktas enligt ovan gjorda antaganden, jfr ekv. (1), erhålls viktade relationstal för avloppssystemen enligt nedanstående tabell:

Effekt	Viktade relationstal			
	K	KoF	S	HS
Vattenbehov	1,0	1,0	1,0	1,0
Översvämningar	1,84	1,84	1,0	1,0
Vvs-utrustning	1,0	1,0	1,0	1,0
Fastighetsutnyttjande	1,04	1,04	1,0	1,02
Drift och underhåll (ledn.)	1,12	1,18	1,0	1,10
Grundvattensänkning	1,0	1,0	1,0	1,0
Grundvattenförorening	1,17	1,17	1,0	1,17
Utrymmesbehov	0,96	1,01	1,0	1,01
Hygieniska synpunkter	0,96	1,08	1,0	0,96
Reningsverks utformning	1,22	1,26	1,0	1,06
Drift och underhåll (verk)	1,16	1,19	1,0	1,09
Utloppsledning	1,20	1,20	1,0	1,07
Orenat avloppsvatten	10,2	0,72	2,44	2,14
Renat avloppsvatten	2,73	2,73	1,0	1,33
Hydrologisk jämvikt	1,12	1,17	1,0	1,06

Beräknas systemindex, SI, för varje system enligt

$$SI = \left[\prod_{i=1}^n (\text{relationstal})^{\text{vikt}} \right]^{\frac{1}{\sum \text{vikt}}} \quad (\text{jfr 6.1})$$

erhålls följande resultat:

	K	KoF	S	HS
Systemindex	1,58	1,26	1,09	1,16

Ser man enbart till de olika alternativens tekniska och miljömässiga kvalitet blir således det separata systemet överlägset det kombinerade.

Kostnaderna för de fyra alternativa lösningarna är, jfr avsnitt 5.3.2 och 5.4.1,

Anläggningskostnad kr	K	KoF	S	HS
Servisledningar	$2,5 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$5,05 \cdot 10^6$	$4,32 \cdot 10^6$
Allmänna ledningar	$2,35 \cdot 10^6$	$3,15 \cdot 10^6$	$4,10 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^6$
Totalt	$4,9 \cdot 10^6$	$5,7 \cdot 10^6$	$9,2 \cdot 10^6$	$7,9 \cdot 10^6$

Multiplieras kostnaden med systemindex, SI, erhålls

	K	KoF	S	HS
SI x kostnad, · 10 ⁶	7,73	7,18	10,02	9,05

Sålunda synes ett kombinerat system med fördröjningsbassänger vara det mest optimala alternativet.

Resultatet är något överraskande med tanke på svensk gällande praxis, som innebär preferens för det halvseparata systemet. Mot denna bakgrund måste fortsatt utvecklingsarbete inriktas mot en kritisk granskning av metodens felkällor och variationsmöjligheter. En dylik felanalytisk betraktelse torde ske enklast genom metodiskt studium av ett antal praktikfall, i vilka också systemens totala kostnader inklusive kapitaliserande drift- och underhållskostnader ställs mot varandra.

6.4 Typfall 2 - Ombyggnad

I en medelstor tätort (ca 30 000 p resp. 400 ha) är avloppssystemet till större delen utbyggt enligt det halvseparata systemet, dvs. dränvatten från fastigheter är kopplat på spillvattenledning och viss otäthet förekommer. Endast i de äldre centrala delarna finns ännu kombinerat system, totalt omfattande ca 30 ha (ca 5 000 p). Avloppsreningsverket utgörs av en aktivslamanläggning kompletterad med efterfällning för fosforreduktion. Reningsresultaten är goda utom vid regn då reningseffekten vid avloppsreningsverket kan nedgå från 95 % till 60-70 % avseende BS7 och fosfor. För att avhjälpa dessa tillfälliga överbelastningar av reningsverket samt för att minska olägenheterna i övrigt, bräddning etc., vid regnväder har diskuterats att vidta någon åtgärd på det kombinerade ledningsnätet. Följande fyra alternativ har därvid befunnits möjliga (täta jordar förutsätts):

- Inga åtgärder alls vidtas utan det kombinerade nätet behålls oförändrat
- Det befintliga kombinerade systemet kompletteras med fördröjningsbassänger nedströms bräddavloppen
- Det befintliga kombinerade systemet byggs om till halvseparat, varvid den befintliga ledningen behålls och en ny spillvattenledning anläggs.
- Ett helt nytt separat ledningssystem anläggs i det kombinerade området med dagvattenledningen liggande lägre än spillvattenledningen.

Relationstal och vikter för effekterna i detta typfall framgår av följande tabell:

Effekt	Vikt	Relationstal			
		K	KoF	S	HS
Vattenbehov	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0
Översvämningar	1,5	1,6	1,6	1,0	1,0
Vvs-utrustning	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0
Fastighetsutnyttjande	0,3	1,2	1,2	1,0	1,1
Drift och underhåll (ledn.)	0,8	1,15	1,23	1,0	1,13
Grundvattensänkning	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0
Grundvattenförorening	0,4	1,3	1,3	1,0	1,3
Utrymmesbehov	0,3	0,7	1,15	1,0	1,15
Hygieniska synpunkter	0,4	0,9	1,2	1,0	0,9
Reningsverks utformning	0	1,22	1,26	1,0	1,06
Drift och underhåll (verk)	0,8	1,20	1,25	1,0	1,1
Utloppsledning	0	1,57	1,57	1,0	1,18
Orenat avloppsvatten	2	4,7	0,80	1,81	1,66
Renat avloppsvatten	2	1,95	1,95	1,0	1,21
Hydrologisk jämvikt	0,6	1,2	1,3	1,0	1,1

De ändringar i viktning som gjorts jämfört med föregående exempel är orsakade av de ändrade förutsättningarna, jfr avsnitt 6.2.

De viktade relationstalen i detta exempel framgår av följande tabell:

Effekt	Viktade relationstal			
	K	KoF	S	HS
Vattenbehov	1,0	1,0	1,0	1,0
Översvämningar	2,02	2,02	1,0	1,0
Vvs-utrustning	1,0	1,0	1,0	1,0
Fastighetsutnyttjande	1,06	1,06	1,0	1,03
Drift och underhåll (ledn.)	1,12	1,18	1,0	1,10
Grundvattensänkning	1,0	1,0	1,0	1,0
Grundvattenförorening	1,11	1,11	1,0	1,11
Utrymmesbehov	0,90	1,04	1,0	1,04

Effekt	Viktade relationstal			
	K	KoF	S	HS
Hygieniska synpunkter	0,96	1,08	1,0	0,96
Reningsverks utformning	1,0	1,0	1,0	1,0
Drift och underhåll (verk)	1,16	1,20	1,0	1,08
Utloppsledning	1,0	1,0	1,0	1,0
Orenat avloppsvatten	22,0	0,64	3,27	2,76
Renat avloppsvatten	3,80	3,80	1,0	1,46
Hydrologisk jämvikt	1,12	1,17	1,0	1,06

Systemindex, SI, beräknas såsom tidigare, varvid erhålls:

	K	KoF	S	HS
Systemindex	1,69	1,25	1,12	1,18

Kostnaden för de fyra alternativen uppskattas till, jfr 5.3.2 och 5.4.1

Anläggningskostnad, kr	K	KoF	S	HS
Servisledningar	-	-	$1,2 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$
Allmänna ledningar	-	$0,7 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$
Totalt	-	$0,7 \cdot 10^6$	$3,7 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^6$

Om vi nu utgår från det kombinerade systemet, dvs. befintliga förhållanden, och jämför förbättringen, dvs. sänkningen av SI, med kostnaden för att uppnå denna förbättring erhålls följande:

- Anläggs fördröjningsmagasin minskar SI med 26 % till kostnaden $0,7 \cdot 10^6$ kr, dvs 2 700 kr per %.
- Byggs ett halvseparat system minskar SI med 30 % och kostnaden blir $2,1 \cdot 10^6$ kr, dvs. 7 000 kr per %.
- Byggs ett separat system minskar SI med 36 % och kostnaden för detta är $3,7 \cdot 10^6$ kr, dvs. 10 300 kr per %.

Av det ovan sagda framgår att även i detta exempel är det kombinerade systemet med fördröjningsmagasin att föredra. Det föreligger emellertid i detta fall en viss risk för feltolkning av resultatet. Produkten av SI och anläggningskostnad är ju noll för det kombinerade systemet eftersom anläggningskostnaden är noll i detta fall. Vi finner alltså att analysen ej

är fullständig, utan måste involvera frågan:
Vad kostar det samhället att behålla det kombinerade systemet? En hjälp i en dylik analys är att till anläggningskostnaden lägga kapitaliserade drifts- och underhållskostnader och jämföra den så framräknade totala kostnaden med sänkningen av SI. Härefter bör en systematisk studie av variationer i relationstal och vikter utföras innan det definitiva valet av åtgärd görs.

7 VÄSENTLIGA FoU-ARBETEN

7.1 Vidareutveckling av projektet

Som tidigare nämnts, kapitel 1.4, har ett av syftena med föreliggande forskningsarbete varit att definiera de problemställningar inom VA-tekniken med anknytning till dagvattenfrågor, inom vilka angelägenheten av ytterligare FoU-insatser framstår som störst.

Det hittills utförda arbetet har i hög grad varit av övergripande karaktär. Kännetecknande för arbetet har varit att först har alla effekter som uppstår till följd av ledningssystemets utformning identifierats och herefter har varje effekt granskats mera i detalj, vilket i huvudsak skett i form av litteraturstudier. Med denna arbetsgång har det varit relativt lätt att klarlägga för vilka effekter de förutsättningar föreligger, som kan anses som grundläggande för att en stor FoU-satsning överhuvudtaget skall diskuteras, nämligen

för det första problemet är, eller åtminstone anses vara, av stor ekonomisk betydelse

för det andra att den nuvarande kunskapsnivån avseende problemet är låg.

Som en följd av det hittills utförda arbetet enligt ovan har fyra problemområden framträtt, vilka alla måste ges hög prioritet vid val av FoU-objekt.

Dessa är:

- a. Morgondagens ledningssystem
- b. Översvämningar
- c. Utsläpp av brädd- och dagvatten
- d. Varierande belastning på avloppsreningsverk.

I det följande diskuteras dessa problemområden något.

- a) Morgondagens ledningssystem

De avloppsledningar vi idag bygger, för närvarande till en årlig kostnad av i storleksordningen 1 miljard kronor, är avsedda att användas under mycket lång tid, ofta ända upp till 50 år. Det är naturligtvis av största vikt att avloppssystemet fyller sin funktion, dvs. uppfyller de krav som ställs på det, under hela denna tid.

Det föreliggande forskningsarbetet har haft som målsättning att utreda hur dagens ledningssystem upp-

fyller de krav vi idag ställer på ett ledningssystem. Vi vet emellertid fortfarande mycket lite om hur dagens ledningssystem uppfyller morgondagens krav eller alternativt hur vi idag skall bygga ledningar så att de uppfyller framtidens krav. Huvudorsaken härtill är att vi ej vet vilka krav vi kommer att ställa på ledningar i framtiden. Förstahandsuppgiften måste således bli att söka utreda hur de krav vi idag ställer kommer att förändras, vilka nya krav som kommer till och vilka krav som kommer att minska i betydelse och eventuellt falla bort.

Ett forskningsarbete av ovan skisserade karaktär kan lämpligen angripas med hjälp av de metoder som utvecklats inom framtidsstudietekniken och de generella teorier för förändring av krav som något berörts i kap. 1.3.

b) Översvämningar

Förekomsten av källaröversvämningar i lågt liggande fastigheter vid kombinerat system är en bidragande orsak till att man på senare år nästan uteslutande byggt nya avloppsledningar enligt det separata systemet. Kunskapen när det gäller översvämningar är emellertid låg i flera avseenden.

För det första vet vi ej hur mycket dagvatten som avbördas genom ett ledningssystem vid ett visst givet regn, vilket i sin tur beror på att de beräkningsmodeller vi idag använder ej tillräckligt väl beskriver avrinningsförloppet olika delprocesser. Vi behöver således noggrannare beräkningsmodeller.

För det andra saknas en mängd data för beräkning av vattenmängder. Detta gäller främst nederbördsstatistik men även vad avser avrinningskoefficienter erfordras ytterligare arbete.

För det tredje vet vi ej vilken betydelse ledningsnätets kondition har. Hur mycket vatten läcker in eller ut, på vilket sätt påverkar detta översvämningen, vilken betydelse har eventuella sättningar, slamavlagringar, felkopplingar etc. Detta är en fråga av högsta prioritet som återkommer som en del av flera angelägna projekt.

För det fjärde vet vi ej hur en inträffad översvämning skall värderas. Möjligen kan vissa uppgifter erhållas från försäkringsbolag.

c) Utsläpp av brädd- och dagvatten

Ett mycket omfattande arbete har under de senaste åren utförts på detta område, inte minst på dagvat- tensidan. De frågetecken som fortfarande kvarstår gäller i första hand bräddvattenmängd och recipient-

påverkan. Även här (jfr b ovan) är det svårigheten att korrekt beräkna dagvattenflöden och därmed även bräddvattenmängd som vållar problem. Forskningsinsatser erfordras sålunda dels för att ta fram noggrannare beräkningsmodeller, dels för att ta fram riktigare värden på nederbördsintensitet och avrinningskoefficienter.

Vidare vet vi ej heller här (jfr b ovan) vilken betydelse ledningsnätets kondition har för bräddningen.

Frågan om hur utsläpp av brädd- och dagvatten påverkar recipienten har ej studerats i större utsträckning tidigare. Detta är ändock en av de grundläggande frågeställningarna. Vi behöver ett underlag för att kunna avgöra var brädd- och dagvattenutsläpp utan vidare kan tillåtas, var enklare reningsåtgärder erfordras samt var långtgående rening krävs eller utsläpp över huvud ej kan tillåtas.

d) Varierande belastning på avloppsreningsverk

Det försämrade reningsresultatet i ett konventionellt biologiskt-kemiskt avloppsreningsverk vid ojämn belastning anses vara en av de största olägenheterna med kombinerat system. Arbete på detta område har emellertid utförts endast i begränsad omfattning och mycket få undersökningsresultat finns redovisade, på svenska praktiskt taget ingenting.

Vid en studie av belastningsvariationer bör ingående enhetsoperationer systematiskt gås igenom. Detta bör ske dels i laboratorieskala, dels där så är möjligt genom praktiska fullskaleförsök ute på anläggningar.

7.2 Övergripande systemanalys

En övergripande systemanalys kan utföras med utgångspunkt från den principskiss över vattnets kretslopp som visas i FIG. 2.1.

I figuren visas de steg, vattenverk, ledningsnät, bräddning, avloppsrening etc., som vattnet passerar på sin väg från vattentäkt till recipient. I slutsteget tas naturens egen självreningsförmåga i anspråk och recipienten blir ånyo vattentäkt för samma samhälle som tidigare eller för ett annat. Passagen av varje steg medför en effekt, E_{μ} , som erfordrar en viss kostnad, K_v . I vattenverket t.ex. renas vattnet från en vattentäkt så att det blir av dricksvattenkvalitet. Denna effekt, E_v , orsakar vissa kostnader, K_v , t.ex. avskrivning av byggnader, kemikalier, personal etc.

Vi antar nu att det krav vi har på vattnet, är att det skall vara av dricksvattenkvalitet efter det att steg V har passerats. Vi säger vidare, att om så

är fallet, så har hela VA-systemet totaleffekten 100 %, dvs. $\sum E_{\mu} = 100 \%$. Om vattnet är sämre än vad normer anger så är $\sum E_{\mu} < 100 \%$ och på motsvarande sätt om dricksvattnet är bättre än vad som krävs så är $\sum E_{\mu} > 100 \%$. Vi söker nu det VA-system som till minsta kostnad ger den önskade effekten dvs.

$$\sum E_{\mu} = 100 \%$$

$$\sum K_v = \text{minimum}$$

E (och på motsvarande sätt även K) sönderfaller i enlighet med FIG. 2.1 i E_L, E_B, E_A, E_S, E_N och E_V där E_L kan indelas i E_{LV} (ledningarna vatten), E_{LS} (ledningarna spillvatten) och E_{LD} (ledningarna dagvatten) och E_A kan indelas i sex delar med hänsyn till reningssteg.

Den reningseffekt som uppnås i varje steg och de kostnader som erfordras för uppnåendet av denna reningseffekt kan åsättas relationstal, vilket gjorts i nedanstående tabell dels för det nuvarande systemet i ett avancerat samhälle (vilket kan betecknas som suboptimalt) dels för ett förändrat system i ett framtida samhälle (som kan antas vara optimalt).

	1.		2.	
	Nuvarande system i ett avancerat samhälle (suboptimalt system)		Framtida system i ett optimalt samhälle (optimalt system)	
	E	K	E	K
LV Vattendistribution	0	0	0	0
LS Spillvattenuppsamling	$-10^x)$	0	0	$6^{xx})$
LD Dagvattenuppsamling	$-5^{xxx})$	0	0	4
B Bräddning, utjämn.	$-10^{xxxx})$	0	0	4
A1 Mekanisk rening	40	1	40	1
A2 Biologisk rening	40	3	40	2
A3 Fosforreduktion	10	4	0	0
A4 Kvävereduktion, filtrering	5	8	0	0
A5 Olje- och giftreduktion	-	0	1	8

	Nuvarande system i ett avancerat samhälle (suboptimalt system)		Framtida system i ett optimalt samhälle (optimalt system)	
	E	K	E	K
A6 Salmhantering	0	6	0	4
S Spridning	10	1	15	2
N Naturens själv- rening	10	5	0	-5
V Vattenverk	10	4	4	2
	Σ 100 %	32	100 %	28 (20) ^{xx)}

$$\left(\frac{\Sigma K}{\Sigma E}\right)_1 = 0,32 \quad \left(\frac{\Sigma K}{\Sigma E}\right)_2 = 0,28$$

- x) Kombinerade systems eller otäta separata systems ojämna belastning på reningsverket.
- xx) Ev. -2 för att grundvattensänkning och källaröversvämningar minskar.
- xxx) Förorenat dagvatten i separata system som utsläpps direkt.
- xxxx) Orenat spill-regnvatten i kombinerade system vid bräddning.

Jämförelsen avser reningseffekter, vilket förklarar att kostnaderna på ledningssidan antagits vara noll i system 1. De stora kostnader som onekligen läggs ned på ledningar syftar uteslutande till att avleda avloppsvattnet utan hänsyn till reningseffekten. Det är ju till och med så, att de idag förekommande sätten att avleda avloppsvatten har en negativ inverkan på reningen, vilket visas i tabellen där LS, LD och B givits negativa värden i det nuvarande systemet.

Kostnaderna i tabellen vid steg N avser de åtgärder som erfordras för att bibehålla naturen i ett acceptabelt skick, sjörestaurering etc. samt de merkostnader som uppstår, t.ex. då en närbelägen vattentäkt ej kan reservationslöst utnyttjas. De negativa kostnaderna i det optimala systemet avser de ökade möjligheterna att utnyttja naturen då dennas självreningsförmåga ej längre behöver ianspråkta.

Relationstalen för kostnader liksom i viss mån även reningseffekterna är blott grovt antagna i idédemonstrationens syfte. En viktig FoU-uppgift är den noggranna och vetenskapliga kvantifieringen av dessa data.

Problem som ur den allmänna utformningsanalysen kan tillskrivas brister tillhörande det dagvattentekniska området:

LS (Spillvattenuppsamling och -avledning)

LS(K) Vid kombinerade system:

1. Ojämnt flöde och ojäm kvalitet på inkommande vatten till reningsverk p.g.a. systemet.
2. Grundvattensänkning vid otäta ledningar och brunnar.
3. Källaröversvämningar p.g.a. systemet.

LS(S) Vid separata system:

1. Ojämnt flöde och ojäm kvalitet på inkommande vatten till reningsverk p.g.a. otäta dag- och spillvattenledningar, otäta brunnar, felkopplingar, intag av djupdränerat dagvatten (dränvatten) i spillvattenledning som ligger djupare än dagvattenledningar.
2. Grundvattensänkning vid otäta ledningar och brunnar.
3. Källaröversvämningar p.g.a. otäta ledningar (spill + dag)

LD (Dagvattenuppsamling och -avledning)

LD(K) 1. Utsläpp av "mindre" mängd tungmetaller och olja genom reningsverket.

LD(S) 1. Utsläpp av stor mängd tungmetaller, olja, salter, sand, susp, coli etc. direkt i recipient.

B (Bräddning, utjämning)

B(K) 1. Utsläpp av orenat eller endast mekaniskt renat spillvatten direkt i recipient.

Ofullkomligheter i kombinerade system

<u>Problem</u>	<u>FoU-behov</u>	<u>Åtgärd</u>
LS(K) 1.A	Studium av effekten på reningsresultatet av ojäm "råvara" i olika reningssystem.	Utjämningsbassänger, alt. reningssystem som klarar ojäm belastning.

<u>Problem</u>	<u>FoU-behov</u>	<u>Åtgärd</u>
LS(K) 2.A	Fältstudier av ledningars och brunnars kondition liksom av grundvattensänkning härav i jämförelse med av andra skäl (nederbördsbrist, tunnlar, djupschakt etc.).	Täta ledningar och brunnar. Täta tunnlar. Infiltration av dagvatten.
LS(K) 3.A	Skadefrekvens och teknisk-ekonomisk konsekvens.	Backventilsystem eller pumpning (tryckavlopp).
LD(K) 1.B	Studium av passage av dagvattenföroreningar i reningsverk enligt olika system. Utsläppens betydelse för recipienter av olika typ.	Modifierade reningssteg i befintliga verk.
B(K) 1.A	Frekvens och varaktighet av utsläpp vid bräddning som funktion av bebyggelsestyp, ledningsdimensioner, utjämningsmagasin. Nederbördsdata, avrinningskoefficienter. Påverkan på recipienten. Betydelsen av förbättrad spridning.	Utjämningsmagasin. Överledning. Flödesreglering. Infiltration. Bättre spridning.

Ofullkomligheter i separata system

LS(S) 1.A	Fältstudier av ledningars och brunnars kondition. Studium av effekten på reningsresultatet av ojämnt flöde i olika reningsssystem.	Täta ledningar och brunnar.
LS(S) 2.A	Fältstudier av ledningars och brunnars kondition liksom av grundvattensänkning till följd av otäta system eller olämplig	Täta (och ev. flexibla) ledningar: Infiltration.

<u>Problem</u>	<u>FoU-behov</u>	<u>Åtgärd</u>
	dagvattenlednings-placering (sönderbrytning av ytliga ledningar på grund av tjäle).	
LS(S) 3.A	Skadefrekvens och teknisk-ekonomisk konsekvens.	Täta ledningar
LD(S) 1.A	Utsläppens betydelse för recipienten. Reningsmetoder för utvalda delar av dagvattnet jämte utval och separationsmetoder. Föroreningskällornas påverkbarhet.	Separat rening. Utökad spridning. Botten. Reningsmetoder för utvalda delar av dagvattnet jämte utval och separationsmetoder. Föroreningskällornas påverkbarhet.

Praktiskt taget samtliga FoU-behov klassificeras med A, dvs. som högt prioriterade, eftersom grundproblemen är gemensamma för kombinerade och separata system. Samtliga insatser innebär ökad möjlighet till förbättring av befintliga kombinerade system utan att ombyggnad till separat behöver tillgripas, liksom möjlighet till förbättring av nya separata system.

Slutligen bör en övergripande teknisk-ekonomisk analys företas för klarläggande av vilket uppsamlings-system som i framtiden skall äga företräde, det "förbättrade" kombinerade, eller det separata. (Obs. bättre dagvattenkvalitet kan möjligen förväntas i framtiden då luftvården blivit mer avancerad eller då användningen av fossila bränslen minskat till förmån för andra energikällor.)

Sålunda finns specificerat och motiverat två FoU-arbeten av huvudvikt:

- A_{H1} Kvantifiering av reningseffekter och kostnader för olika steg i "vattnets urbana kretslopp".
- A_{H2} Övergripande teknisk-ekonomisk analys för klarläggande av vilket uppsamlings-system, som i framtiden skall äga företräde.

Vidare har arbetet belyst åtta delproblem av stor betydelse vilka klassificerats med A i översikten ovan.

REFERENSER

- / 1/ Alenius, Bergström & Lärkert, 1968, Teknisk-ekonomisk jämförelse mellan avloppsreningsverken i Västerås och Linköping. Examensarbete vid avd. för VA-teknik, KTH, Stockholm.
- / 2/ Berggren & Janson, 1974, Tryckavloppssystem för lokala rörrät, VBB, Stockholm.
- / 3/ Carcich, Hetlong & Farrell, 1974, Pressure sewer demonstration, ASCE Journal of the Environmental Engineering Division, February 1974, sid 25-40.
- / 4/ Combined sewer overflow seminar papers, 1969, U.S. Department of the Interior, DAST-37.
- / 5/ Dagvatten, 1972, STF Ingenjörutbildning, Stockholm.
- / 6/ Ekner, 1954, Regnvandsafledning till sivebrønde og stendræn, Stads- og Havneingenieuren, 45, 9, sid 125-127.
- / 7/ Enorme besparelser forudses med nyt dansk kloaksystem, Ingeniurens ugeblad, 35, 1973.
- / 8/ Field & Struzeski, 1972, Management and control of combined sewer overflows, JWPCF, 44, 7, sid 1393-1415.
- / 9/ George & Gaudy, 1973, Response of Completely Mixed Systems to Hydraulic Shock Loads, ASCE, Journal of the Environmental Engineering Division, October 1973, sid 593-605.
- /10/ Hultgren, Hultman & Stenberg, 1974, Rening av brädd- och dagvatten, KTH, Avd. för va-teknik och vattenkemi, Publ. 1974:2.
- /11/ Janson, Janson & Svensson, 1974, Generella funktionskrav på vatten- och avloppsledningar, BFR, Stockholm.
- /12/ Janson & Lundgren, 1973, System för dagvattenuppsamling och avledning - Förstudier och upprättande av program, BFR, Stockholm.
- /13/ Kommittén för Mälarens vattenvård, 1972, Brädd- och dagvattenutsläpp, Västerås.
- /14/ Koral & Saatci, 1974, Selbstreinigende Regenüberlaufbecken mit Schlangeninne, Wasserwirtschaft 64 (1974) 10, sid 301-306.

- /15/ Larsen & Edvall, 1973, Analys av driftdata, VBB, Stockholm.
- /16/ Liljendahls avloppssystem i utvecklad version, 1966, Rörinstallatören, november 1966, sid 878-879.
- /17/ Lundgren & Öberg, 1972, Driftstudier vid Västerås reningsverk, Examensarbete vid avd. för VA-teknik, KTH, Stockholm.
- /18/ Malmqvist & Svensson, 1974, Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972, Chalmers Tekniska Högskola, VA-teknik, Publ. B74:1, Göteborg.
- /19/ Mikkelsen & Winther, 1970, Teknisk hygiejne-Notater om afløbsteknik, Köpenhamn.
- /20/ Naturvårdsverkets arbetsgrupp för dagvattenfrågor, 1972, Förslag till dagvattenanvisningar.
- /21/ Niklasson, 1970, Lokal förorening av recipient vid olika avloppssystem, Vatten, 1, 1970, sid 24-41.
- /22/ Paus, Carlstedt & Andersson, 1973, Infiltration av dagvatten, Väg- och Vattenbyggaren, 6, 1973, sid 878-879.
- /23/ Pollutional Effects of Stormwater and Overflows from Combined Sewer Systems, 1964, U.S. Department of Health, Education and Welfare.
- /24/ Problems of Combined Sewer Facilities and Overflows, 1967, U.S. Department of the Interior, WP-20-11.
- /25/ Rosén, 1974, Skene avloppsreningsverk, Väg- och vattenbyggaren, 10, 1974, sid 35-37.
- /26/ Rowan, Jenkins & Howells, 1961, Estimating sewage treatment plant operation and maintenance costs, Journal WPCF, 33, 2, sid 111-121
- /27/ Santry, 1972, Sewer maintenance costs, JWPCF, 44, 7, sid 1425-1432.
- /28/ Sjunde nordiska symposiet om vattenforskning, 1972, Dagvatten, Nordforsk, Miljövårdssekretariatet, Publikation 1972:1.
- /29/ Smith, Grigg, Tucker & Hill, 1972, Metropolitan Water Intelligence Systems Completion Report, Department of Civil Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- /30/ Statens naturvårdsverk, 1971, Dimensionering av kommunala avloppsreningsverk.

- /31/ Statens Planverk, 1970. Publ. nr 34 - VA-byggnorm.
- /32/ Stockholm stads Gatukontor, 1969, Utredning angående Stockholms avloppssystem.
- /33/ Szniolos, 1950, Gandillon's complete municipal sewerage system. Sewage and Industrial Wastes, 22, 6 sid 752-759.
- /34/ Söderblom, 1973, Påverkan på jorden och grundvattnet av föroreningar i det infiltrerade spillvattnet, BFR, Seminarium. Infiltration av vatten i jord Stockholm den 30 oktober 1973.
- /35/ Söderlund & Lehtinen, 1970, Är sjötippning av snö ett föroreningsproblem, Vatten, 2, 1970, sid 146-148.
- /36/ Technical Committee on Storm Overflows and the Disposal of Storm Sewage, 1970, Ministry of Housing and Local Government, London.
- /37/ Urban stormwater management and technology: An assessment, 1974, EPA, Ohio, USA.
- /38/ Utkast till PM angående översvämning den 3/8-67, Tekniska verken AB, Linköping.
- /39/ VAV-Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, 1974, Statistiska uppgifter över vatten- och avloppsverk 1973, december 1974.
- /40/ VIAK AB, 1968, Vakuumsystem i nyexploatering, Stockholm.
- /41/ Walsh & Parker, 1974, Consumers Water Quality Index, ASCE Journal of the Environmental Engineering Division, June 1974, sid 593-611.
- /42/ Översvämningar den 1/7 och 2/7 1972, Eskilstuna kommun, Utredningsrapport.

Jämförande kostnader per m servisledning
i jord för olika ledningssystem

Arbete	Enhet	Kvant.	A-pris kronor	Kostnad kronor
Alt. I	Kombinerat system			
Jordschakt	m ³	2,4	16	38,4
Betongrör \emptyset 150 inkl. läggning	m	1	35	35
Återfyllning	m ³	2,4	11	<u>26,4</u>
				100
Alt. II	Halvseparat system S 150 D 150			
Jordschakt	m ³	3,8	16	60,8
Betongrör \emptyset 150 inkl. läggning	m	2	35	70
Återfyllning	m ³	3,8	11	<u>41,8</u>
				173
Alt. III	Separat system S 150 D 150			
Jordschakt	m ³	4,9	16	78,4
Betongrör \emptyset 150 inkl. läggning	m	2	35	70
Återfyllning	m ³	4,9	11	<u>53,9</u>
				202

Jämförande kostnader per m servisledning
i jord och berg för olika ledningssystem

Arbete	Enhet	Kvant.	A-pris kronor	Kostnad kronor
Alt. I	Kombinerat system			
Jordschakt	m ³	3,4	16	54,4
Bergschakt inkl. borttransport	m ³	0,7	100	70
Betongrör Ø 150 inkl. läggning	m	1	35	35
Återfyllning fall 1	m ³	3,4	11	37,4
Återfyllning fall 2	m ³	0,7	26	<u>18,2</u>
				215
Alt. II	Halvseparat system S 150 D 150			
Jordschakt	m ³	4,3	16	68,8
Bergschakt inkl. borttransport	m ³	1,2	100	120
Betongrör Ø 150 inkl. läggning	m	2	35	70
Återfyllning fall 1	m ³	4,3	11	47,3
Återfyllning fall 2	m ³	1,2	26	<u>31,2</u>
				337
Alt. III	Separat system S 150 D 150			
Jordschakt	m ³	4,6	16	73,6
Bergschakt inkl. borttransport	m ³	2,1	100	210
Betongrör Ø 150 inkl. läggning	m	2	35	70
Återfyllning fall 1	m ³	4,6	11	50,6
Återfyllning fall 2	m ³	2,1	26	<u>54,6</u>
				459

Anläggningskostnader för ledningsnät i ett område
enligt bifogad skiss

1. Kombinerat system - Ledningsdimensioner och kostnader

Dimension, mm	Längd, m	Kostnad, kr
225	4 480	627 200
300	640	106 880
400	1 280	281 600
500	100	29 800
600	100	34 600
800	300	143 100
900	<u>240</u>	<u>128 880</u>
	7 140	1 352 060

Områdets yta = 28,8 ha

Antal fastigheter = 640

100 p/ha + 2 880 p + 4,5 p/fastighet

Kostnad per ha 47 000:-

Kostnad per fastighet 2 110:-

Kostnad per m ledning 190:-

2. Fördröjningsmagasin typ betongbassänger - Kostnader enligt förslag till dagvattenanvisningar

Byggnadskostnad, kr
Bassängvolym, 1 000 m³

Prisnivå 1972-06

Exklusive spont 235 000:-

Inklusive spont 350 000:-

Prisnivå 1975-02

Exklusive spont 300 000:-

Inklusive spont 450 000:-

Kostnad per ha 15 600:-

Kostnad per fastighet 700:-

Kostnad per m ledning 635:-

Indextal för byggnadsarbeten grupp II A

1973-01-01	160,1
1974-11-01	200,7

3. Separat system - Ledningsdimensioner och kostnader

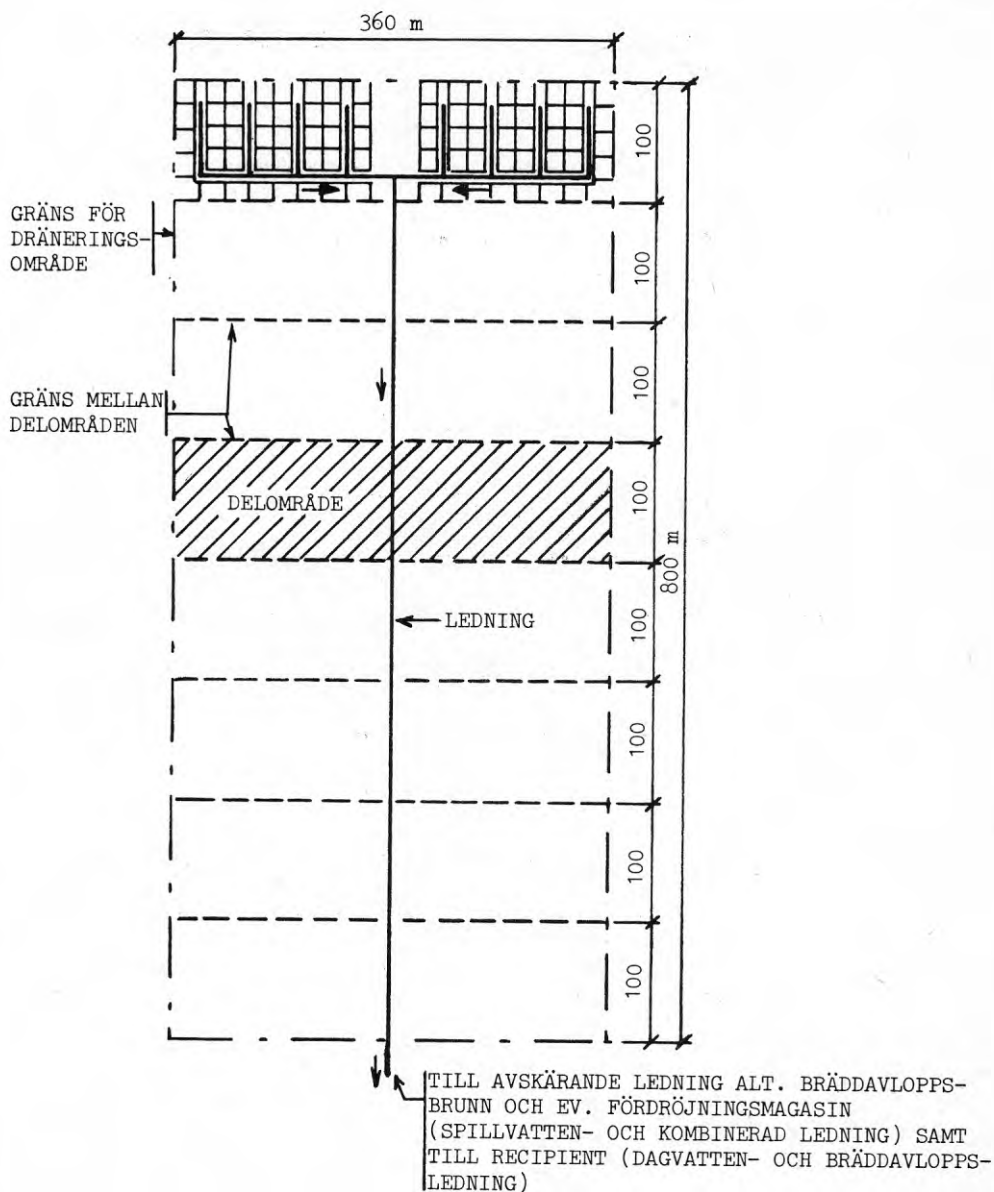
Dimension, mm	Längd, m	Kostnad, kr
S 225 D 225	4 480	1 272 320
S 225 D 300	1 280	401 920
S 225 D 400	640	240 640
S 225 D 500	100	44 500
S 225 D 600	100	50 300
S 225 D 800	400	236 400
S 300 D 800	<u>140</u>	<u>93 660</u>
	7 140	2 359 740

Kostnad per ha	81 900:-
Kostnad per fastighet	3 690:-
Kostnad per m ledning	330:-

4. Halvseparat system - Ledningsdimensioner och kostnader

Dimension, mm	Längd, m	Kostnad, kr
S 225 D 225	4 480	1 124 480
S 225 D 300	1 280	354 560
S 225 D 400	640	210 560
S 225 D 500	100	39 500
S 225 D 600	100	44 300
S 225 D 800	200	113 000
S 300 D 800	<u>340</u>	<u>198 900</u>
	7 140	2 085 300

Kostnad per ha	72 400:-
Kostnad per fastighet	3 260:-
Kostnad per m ledning	292:-



ANM.
SAMTLIGA DELOMRÅDEN ÄR
IDENTISKT LIKA.

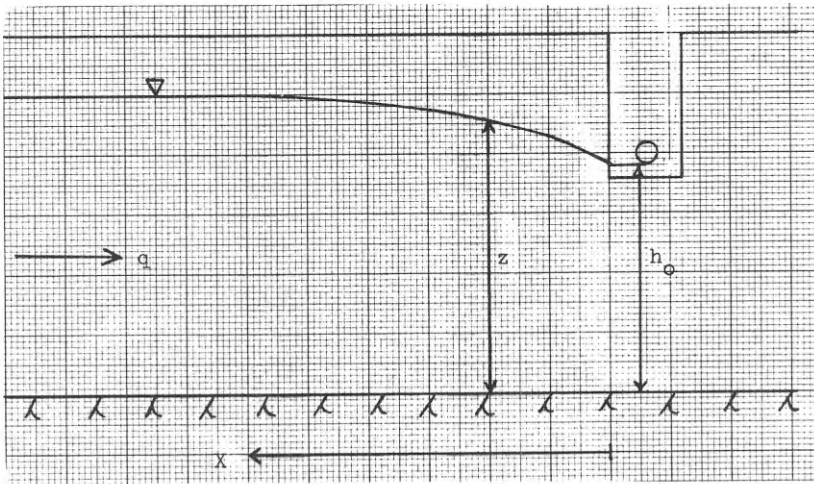
BILAGA 2, FIG. 1. Principiell ledningsdragning för typområde.

Approximativ teoretisk beräkning av grundvattenytans avsänkning på grund av inläckning

Grundvattenytans ekvation antas vara:

$$z^2 = h_0^2 + \frac{2q}{k} \cdot x$$

Följande beteckningar gäller:



$$q = 10 \text{ l/m.d} = 1,15 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{m.s}$$

$$h_0 = 3,8 \text{ m}$$

$$z_{\text{max}} = 5,0 \text{ m}$$

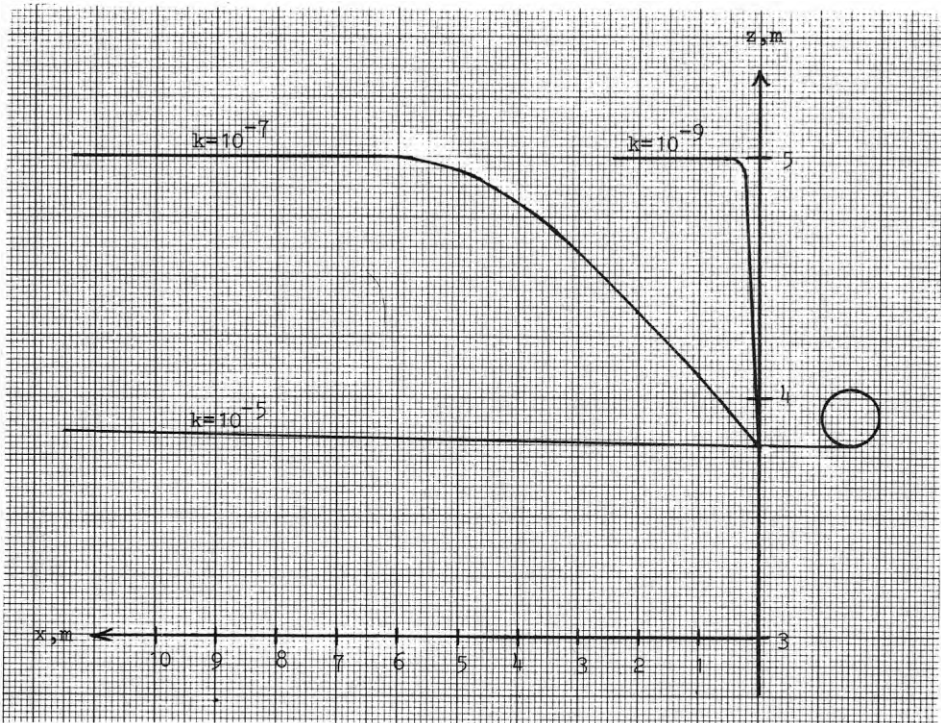
BILAGA 3, FIG. 1. Teoretisk beräkning av grundvattenytans avsänkning på grund av inläckning. Beteckningar.

Grundvattenytans nivå vid olika k-värden visas i nedanstående tabell och figur:

$k = 10^{-5}$	X, m	0	5	10	50	100	200
	Z, m	3,8	3,81	3,84	3,95	4,10	4,36
	X, m	300	400	459			
	Z, m	4,62	4,86	5,0			

$k = 10^{-7}$	X, m	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	Z, m	3,8	3,86	3,91	3,97	4,04	4,1
	X, m	2	3	4	4,6		
	Z, m	4,36	4,61	4,86	5		

$k = 10^{-9}$	X, m	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
	Z, m	3,8	4,1	4,36	4,61	4,86	5



BILAGA 3, FIG. 2. Grundvattenytans nivå vid olika k-värden.

R64: 1975

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 730197-2 från
Statens råd för byggnadsforskning till VBB Vattenbyggnadsbyrån,
Stockholm.**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Grupp: installation**

Pris: 21 kronor + moms

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET