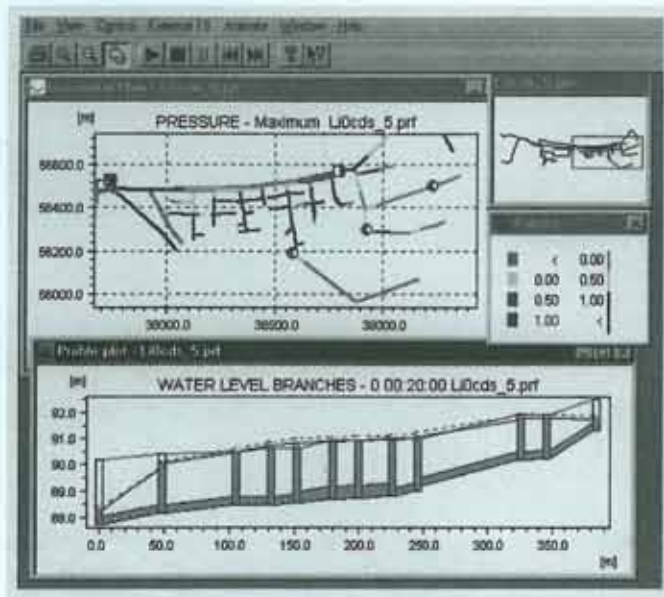


Analys av avloppssystem med datormodeller Tillämpningsexempel med MOUSE-systemet

Bo Granlund
Mats Andréasson



Utgiven av VAV AB

VA-FORSK
RAPPORT
1997 • 9

VAV FORSK

VAV

VA-FORSK

VA-FORSK är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande en krona per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig och intresset från kommunernas sida har varit mycket stort. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-FORSK initierades gemensamt av Kommunförbundet och VAV. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-FORSK styrs av en kommitté, som utsetts gemensamt av VAV och Kommunförbundet. Kommittén är underställd VAVs styrelse. Under perioden 1993-1995 har kommittén följande sammansättning:

Hans Mattsson, ordförande	Södertälje
Professor Peter Balmér	GRYAAB, Göteborg
Driftchef Sture Bergström	Gatukontoret, Skellefteå
Enhetschef Bengt Göran Hellström	Stockholm Vatten AB
Kommunalråd Nina Jarlbäck	Eskilstuna
Tekn chef Peeter Maripuu	Lysekil
Ledamot i KS o KF Håkan Mattsson	Ystad
Ledamot i KS Åsa Möller	Sundsvall
VA-chef Bengt L Persson	VA-verket Malmö
Sektionschef Jan Söderström	Sv kommunförbundet
VD Håkan Westerlund	VAV
Forskningschef Jan Falk, sekreterare	VAV

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande VAVs ståndpunkt.

VA-FORSK
VAV AB
101 53 STOCKHOLM
Tel: 08-677 25 70
Fax: 08-677 25 75

Servicebolag till Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen

***Analys av avloppssystem
med datormodeller
Tillämpningsexempel
med MOUSE-systemet***

***Bo Granlund
Mats Andréasson***

**VA-FORSK
RAPPORT
1997 • 9**

**VA-FORSK**

VAV

VA-FORSKs rapportserie

Rapportens titel:	Analys av avloppssystem med datormodeller Tillämpningsexempel med MOUSE-systemet
Title of the report:	Analysis of sewer systems using computer models Examples from projects where the MOUSE-system has been used
Rapportens beteckning Nr i VA-FORSK-serien:	1997-9
ISSN-nummer:	1102-5638
ISBN-nummer:	91-88392-29-5
Författare:	Bo Granlund, VBB Viak AB, Mats Andréasson, VBB Viak AB
Utgivare:	VAV AB
VA-FORSK projekt nr:	95-130
Projektets namn:	Analys av avloppssystem med MOUSE-systemet - Exempelsamling
Projektets finansiering:	VA-FORSK
Rapporten beställs från:	AB Svensk Byggtjänst, Litteraturtjänst, 113 87, Stockholm, tel 08-457 11 00
Rapportens omfattning	
Sidantal:	100
Format:	A4
Upplaga:	1200
Sökord:	Avloppssystem, MOUSE, datormodeller, tillämpningsexempel, projektplanering, erfarenheter
Keywords:	Sewer system, MOUSE, computer models, examples of application, project planning, experiences
Sammandrag:	Rapporten ger en övergripande beskrivning av modellteknikens utveckling, nyttan med modellanalys i avloppssystem samt av hur man kan planera genomförandet av ett modellprojekt. I en exempelsamling redovisas genomförandet av 11 projekt tillsammans med erfarenheter av projekten och den upplevda nyttan med att använda modellverktyg.
Abstract:	The report gives a brief description of the progress in modelling techniques, the benefits of using models for analysing sewer systems and suggestions for how to plan a modelling project. The example collection presents 11 projects more in detail, experiences from the projects and opinions of the benefits achieved when using computer models.
Målgrupper:	VA-förvaltningar Konsulter Miljövårdsmyndigheter
Utgivningsår:	1997
Pris 1997:	150 kr, exkl moms

Sammanfattning

Beräkningar med datormodeller är idag etablerad teknik vid förnyelseplanering och dimensionering av avloppsledningssystem. För att sammanställa och sprida erhållna erfarenheter från tillämpningar med MOUSE-systemet har ett VA-FORSK-stött projekt bedrivits under 1996/1997 där denna rapport utgör en slutredovisning.

I projektets arbetsgrupp har ca 30 personer från 9 st kommuner och Räddningsverket samt deras konsulter ingått. Dessa har diskuterat utformningen av exempelsamlingen och gjort skriftliga sammanställningar av erfarenheter från 11 genomförda eller pågående projekt. Utformningen av rapportens allmänna del och slutredigering av exempelsamlingen har gjorts av Bo Granlund och Mats Andréasson, VBB Viak.

Huvudsyftet med exempelsamlingen är att sprida erhållna erfarenheter från ett antal projekt med varierad inriktning till en större krets. Dessa exempel redovisar bredden i tillämpningsområden för MOUSE och illustrerar hur modeller kan vara nyttiga verktyg för VA-förvaltaren i förnyelseplaneringen. Läsaren får även en insikt i hur modeller kan vara pedagogiska redskap för att förstå avloppssystemens funktion, vilka nyckeltal man kan få fram samt vilken arbetsinsats som krävs för genomförandet av ett MOUSE-projekt.

Kapitlen 1-5 beskriver VA-FORSK-projektets bakgrund och genomförande och ger en övergripande beskrivning av modellteknikens utveckling, nyttan med modellanalys i avloppssystem samt av hur man kan planera genomförandet av ett modellprojekt.

Kapitel 6, som innehåller själva exempelsamlingen, utgör rapportens tyngdpunkt. Inledningsvis finns en tabell som sammanfattar de 11 st olika projektens bakgrund samt vilka MOUSE-beräkningar som använts i respektive exempel. Nyckeltal om modellernas omfattning samt vilka förbättringsåtgärder på ledningssystemet som respektive projekt mynnat i redovisas också. Varje exempelbeskrivning redovisar bl a en inledande projektbeskrivning, kommunens erfarenheter av projektet samt den upplevda nyttan med modellverktyget. I rapporten redovisas exempel från Göteborg, Halmstad, Helsingborg, Jönköping, Kalmar, Karlskrona (två exempel), Malmö, Umeå och Växjö kommun samt en tillämpning från Räddningsverket (utbildning av räddningsbefäl).

I kapitel 7 ges avslutningsvis en utförligare beskrivning av MOUSE-systemet och de moduler som ingår.

NYCKELORD:

Avloppssystem, Mouse, datormodeller, tillämpningsexempel, projektplanering, erfarenheter.

Summary

Calculations based on computer models is nowadays an established technique in the work with rehabilitation and dimensioning of sewer systems. In order to conclude and spread experiences obtained from applications with the MOUSE system, a project supported by VA-FORSK was carried during 1996/1997, this report representing the final documentation.

The work team of the project has consisted of some 30 persons from 9 Swedish municipalities and The Swedish Rescue Services Agency together with their consultants. These persons have discussed the layout of the example collection and have made written reports of experiences from 11 completed or ongoing projects. The layout of the general parts of this report and the final editing of the examples have been made by Bo Granlund and Mats Andréasson, VBB Viak.

The main purpose with the example collection is to spread the experiences from a number of projects with varying purposes to a larger circle. The examples show the variation of application areas for the MOUSE system and illustrates how models can be useful tools in the rehabilitation process. The reader is shown how models can be used as pedagogic tools to understand the behaviour of the sewer systems, which key-numbers that can be obtained and the amount of work that is required in order to realize a MOUSE project.

The chapters 1-5 describes the background and accomplishment of the VA-FORSK project and gives a brief description of the progress in modelling techniques, the benefits of using models for analysing sewer systems and suggestions for how to plan a modelling project.

Chapter 6, the example collection, is the main part in the report. First there is a table which concludes the background of the 11 different examples and the type of MOUSE calculations used in each project. It also includes data that shows the extent of the models and planned or accomplished measures in the sewer system as a result of the project. Each example is described more in detail completed with experiences from the project and opinions of the benefits with using computer models. The report presents examples from the municipalities of Göteborg, Halmstad, Helsingborg, Jönköping, Kalmar, Karlskrona (two examples), Malmö, Umeå and Växjö together with an application used by the Swedish Rescue Services Agency (education of rescue officers).

Finally, in chapter 7, a more detailed description of the MOUSE system and its different modules is given.

KEYWORDS:

Sewer system, MOUSE, computer models, examples of application, project planning, experiences

Förord

Beräkningar med datormodeller är idag en etablerad teknik vid förnyelseplanering och dimensionering av avloppsledningssystem. För att sammanställa och sprida viktiga erfarenheter från tillämpningar med MOUSE-systemet har ett VA-FORSK-stött projekt bedrivits under 1996/1997 där denna rapport utgör en slutredovisning.

I projektets arbetsgrupp har ca 30 personer från 9 st kommuner och Räddningsverket samt deras konsulter ingått. Dessa har diskuterat utformningen av exempelsamlingen och gjort skriftliga sammanställningar av erfarenheter från genomförda och pågående projekt. Utformningen av rapportens allmänna del och slutredigering av exempelsamlingen har gjorts av Bo Granlund och Mats Andréasson, VBB Viak.

Vi vill rikta ett tack till alla som på olika sätt deltagit i projektet och delat med sig av sina erfarenheter, vilka med säkerhet kommer att vara till stor nytta för de som ännu inte påbörjat eller de som planerar uppstart av nya MOUSE-projekt.

Bo Granlund och Mats Andréasson

VBB Viak Ledningsförnyelse
Sundsvall och Växjö i maj 1997

Innehållsförteckning

	Sid nr
Sammanfattning	
Summary	
Förord	
1. Inledning	1
2. Projektbeskrivning	2
3. Utvecklingen av datormodeller för avloppssystem	3
4. Nyttan med modellanalys i avloppssystem	5
5. Planering av modellprojekt	7
6. Exempelsamling	11
Exempel 1 Göteborg, Kodammarnas avrinningsområde	14
Exempel 2 Halmstad, centralorten	22
Exempel 3 Saneringsplan för avloppssystemet i Helsingborg	31
Exempel 4 Jönköping-Huskvarna, centralorten	39
Exempel 5 Kalmar, överföringsledningar samt del av centralorten	45
Exempel 6 Karlskrona, centralorten	51
Exempel 7 Karlskrona, Ramdala	58
Exempel 8 Malmö, Risebergabäcken	63
Exempel 9 Akut spridning av föroreningar i dagvattennät, Statens Räddningsverk	71
Exempel 10 Parkdammen vid Umeå Universitet	74
Exempel 11 Växjö, Spetsamossens utjämningsmagasin	80
7. Beskrivning av MOUSE-systemet	85
8. Referenser	93

1 Inledning

MOUSE, som står för Modelling Of Urban SEwers, har sedan datorprogrammet introducerades 1985 blivit det dominerande modellverktyget i Sverige för analyser av funktionen hos avloppssystem. Många VA-ingenjörer i kommuner och konsultföretag har i dagsläget redan hunnit bekanta sig med MOUSE-systemet. Med olika praktiska tillämpningar har man bildat sig en uppfattning om hur man med en modell kan öka förståelsen för avloppssystemets funktion i samband med utredningsprojekt och vid olika problemställningar.

Intresset från tillsynsmyndigheterna har också blivit stort, främst när det gäller möjligheterna att på ett trovärdigt sätt kunna redovisa statistik över omfattningen av bräddning från ledningssystemet samt över flödesbelastningen på reningsverket. I vissa fall har man även angett i villkoren i samband med tillståndsprövningen av avloppsreningsverket att en MOUSE-modell för ledningssystemet ska upprättas.

Eftersom begreppet MOUSE är välbekant för de allra flesta med anknytningar till VA-branschen är det viktigt att de personer som har egna praktiska erfarenheter delar med sig av sin kunskap till kollegor i branschen.

Huvudsyftet med denna exempelsamling är att sprida erfarenheter från ett antal projekt med varierad inriktning till en större krets. Dessa exempel redovisar bredden i tillämpningsområden för MOUSE och illustrerar hur modeller kan vara pedagogiska redskap för att förstå avloppssystemens funktion, vilka nyckeltal man kan få fram samt vilken arbetsinsats som krävs för genomförandet av ett MOUSE-projekt.

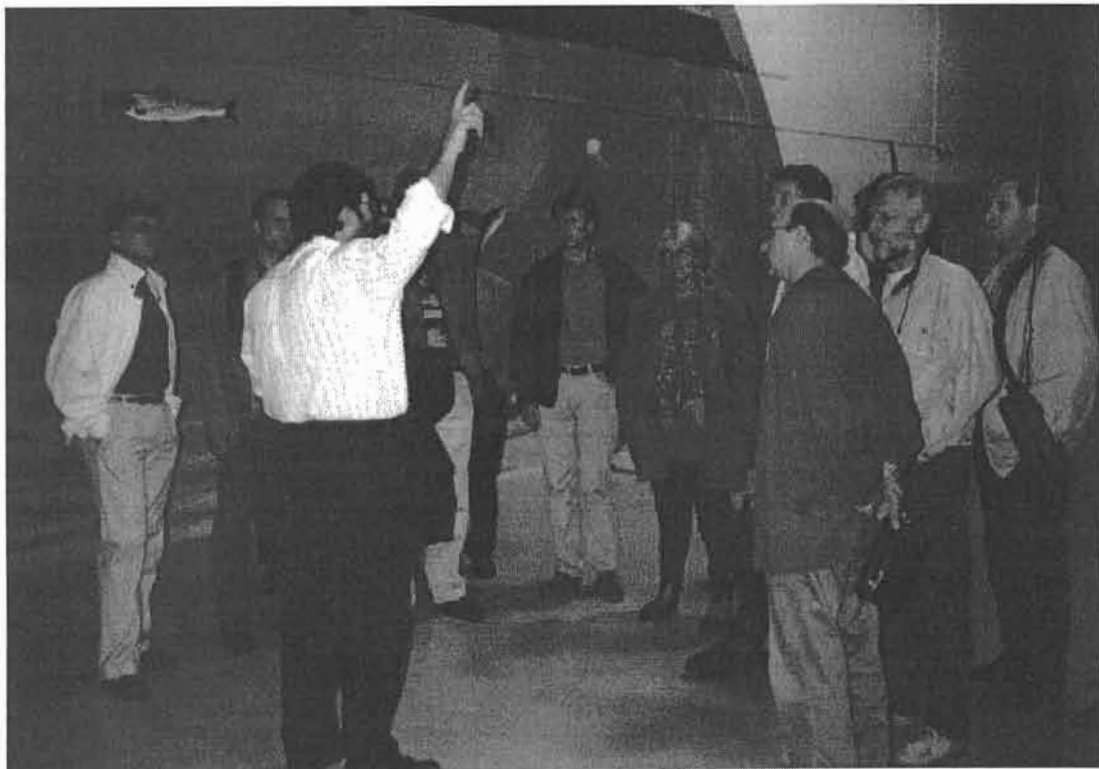
Målgruppen är främst svenska kommuners VA-förvaltningar, konsulter och miljövårdsmyndigheter. Förhoppningsvis kan exempelsamlingen inspirera och ge ökad förståelse för möjligheterna och nyttan men även belysa begränsningarna med att använda modeller som verktyg i VA-planeringen.

Även om beskrivningarna av de olika exemplen beretts relativt stort utrymme i rapporten finns säkert åtskilliga frågor som kräver utförligare beskrivning till intresserade läsare. Kontaktpersoner för de olika exemplen finns därför angivna och de ställer säkert gärna upp och delar med sig av sin erfarenhet.

2 Projektbeskrivning

Ett brev har sänts ut till samtliga licensinnehavare i Sverige med inbjudan att bidra med beskrivningar av goda exempel till exempelsamlingen. Efter värdering av inkomna förslag har 11 exempel valts ut så att de representerar modellprojekt med varierande inriktning och omfattning. Exempelen innehåller tillämpningar med olika moduler i MOUSE-systemet och avser både spill- och dagvattenförande avloppssystem samt ett rinnande vattendrag. De flesta projekt i exempelsamlingen har bedrivits med konsultstöd där J&W, VAB respektive VBB Viak finns representerade.

Samtliga kontaktpersoner för utvalda exempel inbjöds att delta vid ett projektarbetsmöte för att utbyta erfarenheter och diskutera rapportens utformning. Exempelbeskrivningarna i rapporten har därefter utformats av kontaktpersonerna i samråd med eventuell berörd konsult. Projektsamordning samt utformning av den allmänna delen och slutredigering av rapporten har utförts av Bo Granlund och Mats Andréasson, VBB Viak.



Figur 1 Arbetsgruppen samlad på Ryaverket i Göteborg, juni 1996

3 Utvecklingen av datormodeller för avloppssystem

Utvecklingen av datormodeller för avloppssystem tog fart genom projekt drivna inom universitet och högskolor i flera länder under 1970-talet. Det var dock först efter 1985, när MOUSE-programmet introducerades i Sverige, som modellverktyg började användas som hjälpmedel hos VA-ingenjörer. Idag är programmet spritt i mer än 30 länder med ett 70-tal installationer i Sverige och datormodeller kan numera anses vara ett etablerat verktyg för dimensionering och analys av funktionen i avloppssystem.

De tidiga tillämpningarna berörde oftast dimensioneringsberäkningar för dagvattenssystem där ledningsnätet skulle dimensioneras för att klara att avleda maxflöden i samband med regn med viss statistisk återkomsttid (ofta 2 eller 5 år). Flödesvariationerna i avloppsnät påverkas dock i hög grad av säsongsvariationer i klimatet och en svårighet som uppmärksammades under början av 90-talet var att de traditionella avrinningsmodellerna inte beaktade vare sig den indirekta (långsamma) nederbördspåverkan eller läck- och dräneringsvattnets inverkan på flödesvariationen. Effekterna av dessa flödeskomponenter kan många gånger ha en avgörande betydelse, speciellt vid volymsstudier som exempelvis simulering av tillrinning till reningsverk och bräddvolymmer, vilket innebär att nederbördens påverkan på grundvattenavrinningen även bör beskrivas i en avloppsmodell.

Med anledning av detta utvecklades en ny modul i MOUSE-systemet (MouseNAM) utifrån de processer som beskrivs i en sk icke urban hydrologisk modell. I NAM tar man hänsyn till att indirekt nederbördspåverkan och läck- och dräneringsvatten belastar ledningssystemet i varierande grad beroende på säsong och hur nederbördssituationen varit tidigare. Modulen simulerar även uppbyggnad av snömagasin samt snösmältningsförlopp.

De senaste utvecklingarna i MOUSE-systemet ger bl a möjlighet att simulera sediment- och föroreningstransporten i ledningssystemet (MouseTRAP). Dessutom finns möjligheten att utföra kontinuerlig beräkning med historiska regnserier och simulera realtidsstyrning (MouseRTC) samt att införa modellbaserad online-styrning av ett avloppssystem, detta genom att MouseONLINE integreras med ett traditionellt styr- och övervakningssystem.

Den framtida utvecklingen av MOUSE karakteriseras främst av integration med andra modeller och informationssystem. Nyligen har ett treårigt (1997-99) EU-finansierat utvecklingsprojekt startat som handlar om integrerad avloppsvattenhantering (ledningssystem, avloppsverk och recipient). Som ett planeringsverktyg kommer inom detta projekt att utvecklas programvara som t ex gör det möjligt att samtidigt simulera vad som händer i avloppssystemet (med MOUSE) och inom avloppsverket (med STOAT) samt i recipienten (med recipientmodellen MIKE11) och dessutom tillåter utbyte av information (styrning etc) mellan systemen.

En utveckling sker också mot integration av användargränssnitt mm med de vanligaste GIS-verktygen och databaserna.

I kapitel 7 redovisas en mer detaljerad översikt över Mousesystemet och ingående beräkningsmoduler.

4 Nyttan med modellanalys i avloppssystem

I takt med att erfarenheter från olika projekt byggs upp ökar också bredden på tillämpningarna, vilket illustreras av de 11 exempel som beskrivs i denna rapport.

Nedan redovisas de mest förekommande tillämpningarna:

- Dimensionering av ledningar och ledningssystem
- Analys av den hydrauliska funktionen (flöden och dänningsnivåer) hos befintliga avloppsledningssystem eller vattendrag/dikessystem vid olika klimatsituationer och med varierande randvillkor (nivåer i hav, sjöar och vattendrag)
- Åtgärdsplanering i befintliga avloppssystem genom simulering av olika åtgärdsförslag (t ex ökad kapacitet, flödesutjämning, reducering av ytbelastning etc)
- Beräkning av statistiska uppgifter såsom bräddvolym och bräddfrequens i olika bräddavlopp, återkomsttider för uppdamning över kritiska nivåer (tex källargolvsnivåer)
- Simulering av sediment- och föroreningstransport med MouseTRAP, t ex för bedömning av framtida rensbehov eller vattenkvaliteten i bräddat vatten
- Realtidsstyrning (RTC) av ledningsnätet i samverkan med avloppsverket. Man kan modellmässigt testa olika typer av styrning inom systemet, rörliga luckor och överfall samt pumpningar t ex baserat på nivåer i ledningar eller magasin
- Beräkning av kalibrerade hydrografer (flödesserier) med MouseNAM i punkter där mätvärden saknas eller är ofullständiga. Hydrograferna kan sedan utnyttjas t ex vid beräkningar av nyckeltal eller modellstudier
- Undervisningssyfte för att illustrera och förklara avloppssystemets funktion

De exempel som beskrivs i denna rapport redovisar mer ingående hur ett projekt kan planeras och genomföras beroende på problembild och syfte. Den upplevda nyttan med modellen som verktyg i förnyelseplaneringen och positiva effekter av projekten som helhet berörs också. Här är det viktigt att poängtera att projektets uppläggning med deltagarnas VA-tekniska kompetens, delaktighet från driftspersonal och erfarenhetsutbyte vid arbetsmöten etc ofta är mycket viktiga faktorer för hur slutresultatet upplevs.

Nedan återges ett axplock av omdömen från genomförda projekt:

- Man får en god överblick över den samlade systemfunktionen hos huvudavloppssystemet på ett sätt som är svårt att uppnå på annat sätt än genom en datormodell
- Ett modellprojekt ökar kunskapen om systemets utformning och dess nominella kapacitet. Inte sällan upptäcks bortglömda detaljer, fel eller kapacitetsnedsättningar som under tidens gång väsentligt försämrat den samlade funktionen (kapaciteten)
- Modellen kan användas till att åskådligt och pedagogiskt visa systemets funktion vid olika driftfall. Driftpersonalen får därmed en ökad förståelse för systemet och resultatet av föreslagna förbättringar
- Modellen ger möjligheter att hitta de mest optimala lösningarna genom att utnyttja det befintliga ledningsnätets transportkapacitet bättre och dessutom utnyttja dess volym på ett bättre sätt
- Modellberäkningar kan användas för att illustrera och visa effekten av samordnad utjämning på nät och vid avloppsverk och därmed inverkan på tillflödet till reningsverket
- Beräkningsresultaten utgör ett bra underlag vid redovisningar till myndigheter avseende bräddavloppsfunktion och åtgärdsplaner (nyckeltal)
- Modellen kan användas för att på ett åskådligt sätt öka förståelsen för avloppssystemens uppbyggnad och funktion och för vad som kan hända vid olika katastrofscenarier, exempelvis för personal med ansvar vid olyckor med miljöfarligt utsläpp

5 Planering av modellprojekt

När man planerar att påbörja ett modellprojekt är det lämpligt att först klargöra följande frågor:

- Vad är problemställningen?
- Vad är projektets huvudsakliga syften och vad vill vi uppnå med modellberäkningarna? Behövs modellen?
- Vilken modellteknik är lämplig att tillämpa för att på bästa sätt uppnå önskade resultat?

För att kunna upprätta ett arbetsprogram för modellprojektet och bedöma behovet av arbetsinsatser bör följande belysas:

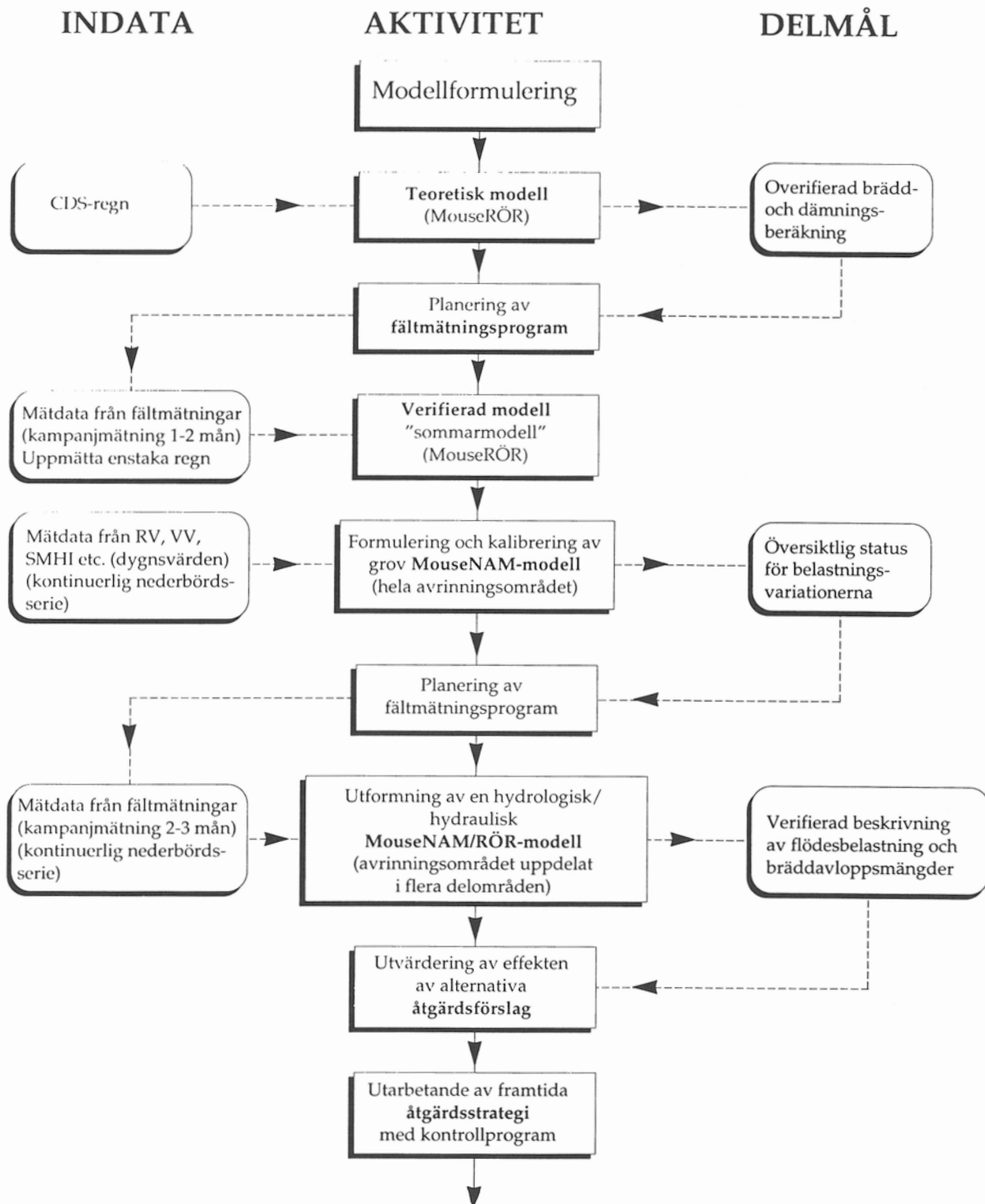
- Vilka fysiska indata till ledningsnätsbeskrivning finns tillgängliga (och i vilken form) och vad behöver ytterligare kompletteras genom fältkontroller?
- Vilka driftserfarenheter finns tillgängliga? Finns t ex partier på ledningsnätet där kapaciteten är eller misstänks vara nedsatt, påverkan från recipienten vid hög vattennivå etc?
- I vilka partier på nätet är det mest väsentligt att kunna verifiera modellen och stämma av beräkningsresultat mot uppmätta värden?
- Vilka kompletteringar krävs när det gäller nederbörds- och flödesmätningar mm?
- Hur omfattande mätning- och inventeringsarbete kommer att krävas?

De traditionella tillämpningarna bygger på hydrauliska beräkningar i ledningssystem där man vill studera vilka flöden och dämningarnivåer som uppstår i olika delar av nätet vid regntillfällen och genom beräkningar testa vilken effekt som kan uppnås med föreslagna förändringar i systemet. Modellbeskrivningen av römnätet med dess ingående anläggningsdelar är oftast relativt enkel att upprätta med tillräcklig noggrannhet för att ge trovärdiga beräkningsresultat gällande den hydrauliska delen, dvs transporten i nätet. Svårigheten här ligger främst i risken att "verkligheten inte stämmer med kartan", dvs att man inte beskrivit vissa bräddavlopp på rätt sätt, att fel nivåer eller kapaciteter angetts i pumpstationer eller att sediment i ledningar försämrar den verkliga (nominella) kapaciteten. Sådana avvikelser upptäcks dock ofta vid jämförelser mellan beräkningsresultat och uppmätta värden eller driftserfarenheter. Resultatet från modellberäkningen ger då anledning att kontrollera oklarheter i fält varvid felaktigheter, kapacitetsnedsättningar eller okända detaljer i nätets uppbyggnad kan upptäckas.

Det största arbetet med att bygga upp en modell som efterliknar verkligheten tillräckligt bra ligger oftast i beskrivningen av hydrologin, dvs avrinningen från anslutna delområden till ledningsnätet. Vanligtvis är storleken på och fördelningen av anslutna ytor med snabb (direkt) nederbördsavrinning väsentligast för att kunna simulera avrinningsförloppen i samband med regn på ett verklighetsliknande sätt. Dessa uppgifter kan tas fram t ex genom beräkningar utifrån regn- och flödesmätningar, mätningar från befintligt kartmaterial, fältkontroller eller en kombination av dessa metoder.

Det är svårt att ge generella svar på vad som krävs utan varje projekt måste detaljplaneras utifrån sina egna förutsättningar. Här kan givetvis god hjälp erhållas från personer med bred erfarenhet av modelltillämpningar. Ofta kan en första översiktlig bedömning av ett ledningssystemets funktion och transportkapacitet uppnås med uppgifter från befintligt kartverk och med statistiska typregn som huvudsakliga indata.

Nedan redovisas ett förslag till arbetsgång för projekt som rör bräddningsproblematiken, vilket även är tillämpligt för åtgärder mot källaröversvämningar. Schemat återfinns även som bilaga i SNV:s allmänna råd för bräddning, 93:6.



Figur 2 Exempel på schema för planering av modellprojekt

Aktuell frågeställning styr inte bara lämplig modellteknik utan även valet av lämpliga nederbördsdata. Är förekommande maximala flödesintensiteter primärt av intresse, eller är det fördelningen av avrunnen volym eller kanske sannolikheten för återkommande händelser? Frågeställningar av den första typen är aktuella då primärt den momentana avledningskapaciteten är styrande, den andra vid volymbestämmingar av t ex utjämningsmagasin eller av bräddvattenvolymer samt den tredje t ex då tömningsförloppet från en magasinsvolym är extremt långvarigt.

På senare år har kontinuerliga regnserier, uppmätta med hög upplösning, blivit tillgängliga för antal platser utspridda inom landet, vilka ibland täcker en tidsperiod av flera år (upp mot 10 år). Dessa kan utgöra alternativ till statistiska typregn att belasta även rena dagvattensystem med, speciellt vid dimensionering av utjämningsvolym eller olika typer av behandlingssteg.

När en hydrologisk modellbeskrivning finns kalibrerad innebär beräkning med en kontinuerlig högupplösande regnserie att man som resultat, förutom den direkta nederbördspåverkan, får risken för samtidiga extrema basflödessituationer inklusive snösmältningspåverkan med i bedömningen. Detta är väsentligt vid bedömning av t ex av bräddningar (årlig volym, frekvens). En uppmätt regnserie bör emellertid alltid kvalitetskontrolleras mot annan tillgänglig nederbördsinformation, t ex en näraliggande SMHI-station.

6 Exempelsamling

I exempelsamlingen redovisas 11 exempel från projekt med MOUSE-tillämpningar i 10 svenska kommuner. Följande personer har deltagit i arbetsgruppen och de kan lämna kompletterande uppgifter om sina respektive tillämpningsexempel:

Exempel	Kontaktperson	Tel	Fax
Göteborg	Bernt Persson, VA-verket	031-627034	137831
Halmstad	Anders Widerström, Tekniska kontoret	035-137717	157518
Helsingborg	Ulla-Britt Thorén, VA-verket	042-105935	107840
Jönköping	Roland Thulin, Tekniska kontoret	036-105152	165085
Kalmar	Kenneth Svensson, Kalmar Vatten och Renhållning AB	0480-83240	83226
Karlskrona	Kenneth Johansson, Tekniska kontoret	0455-83191	83141
Malmö	Hans-Erik Carlsson, VA-verket	040-341000	341448
Räddningsverket	Björn Albinson, Risk och miljöavd.	054-104000	102889
Umeå	Kurt Knutsson, Tekniska kontoret	090-161000	161347
Växjö	Kjell Gustavsson, Tekniska förvaltningen	0470-41000	12667

En översikt över de olika exemplens bakgrund och syfte samt omfattning visas i nedanstående tabell:

Exempel	Systemtyp	Bakgrund och problembild	Mouse-beräkningar	Modellens omfattning	Genomförda eller planerade åtgärder
1. Göteborg Kodammarna	Komb/Spill	BRD	RÖR, RTC	19 km ledn, 0 pstn, 50 brd, tot yta 3133 ha	Styrning pstn för minskade utsläpp, SAMOVAR
2. Halmstad Centralorten	Komb/Spill	BRD, VRV	RÖR, NAM, RTC Kont(L),Kont (A)	10 km ledn, 5 pstn, 13 brd, tot yta 2600 ha	Utjämning, styr och regler, SAMOVAR
3. Helsingborg Centralorten	Komb/Spill	KÖV, VRV, BRD	RÖR, NAM, RTC, Kont(L), Kont (A)	23 km ledn, 8 pstn, 18 brd, tot yta 34 000 ha	Bortkoppling ytor, utjämning, styr och regler, SAMOVAR
4. Jönköping Centralorten (Jönköping/ Huskvarna)	Komb/Spill	BRD	NAM, RÖR, RTC, TRAP, Kont (L)	55 km ledn, 8 pstn, 34 brd, tot yta 4500 ha	Ombyggnad pstn och ledningar
5. Kalmar Centralorten	Komb/Spill	BRD, KÖV, VRV	RÖR, NAM, RTC, Kont (A)	16 km ledn, 7 pstn, 4 brd, tot yta 3300 ha	Ombyggnad pstn och BRD, bortkoppl ytor, SAMOVAR
6. Karlskrona Centralorten	Komb/Spill	BRD, VRV	RÖR, NAM, RTC, CDS	18 pstn, 26 brd, tot yta 700 ha	Dim av avloppsverk
7. Karlskrona Ramdala	Komb/Spill	KÖV, MÖV	RÖR, CDS	3 km ledn, 1 pstn, 2 brd, tot yta 800 ha	Ökade ledningsdim, relining, ändrade bräddavlopp, utjämning
8. Malmö Riseberga- bäcken	Bäck	MÖV	RÖR, NAM, Kont (L), CDS	tot yta 2900 ha	Trög dagvattenhantering, utjämning
9. Räddnings- verket, Utbildning	Dag	Utbildning av räddningsbefäl	RÖR, TRAP, MikeView		Illustrera hur farliga ämnen sprids i avlopp. Diskussionsunderlag
10. Umeå Parkdammen	Bäck + Dag	Dämning i dräneringar	RÖR, NAM, CDS		Underhåll galler, utjämning, pumpning
11. Växjö Spetsamossen	Dag	MÖV	RÖR, CDS	14 km ledn, tot yta 270 ha	Reglering, utjämning i öppet magasin

Tabell 1 Exemplens bakgrund, syfte och omfattning

Förklaringar till tabellen:

BRD	= Bräddning, bräddavlopp/nödavlopp
KÖV	= Källaröversvämningar
MÖV	= Marköversvämningar
VRV	= Överbelastning av avloppsreningsverk (planerad utjämning av flödestoppar)
Komb	= Kombinerat system
Spill	= Duplikat eller separat spillvattensystem
Dag	= Dagvattensystem
NAM	= MouseNAM (hydrologisk modell)
RÖR	= MouseRÖR (hydraulisk modell)
RTC	= MouseRTC (NAM+RÖR, tid. PILOT)
TRAP	= MouseTRAP (modell för simulering av vattenkvalitet och sedimenttransport)
CDS	= Beräkning med CDS-regn (statistiska typregn)
Kont (L)	= Beräkning med kontinuerlig regnserie (lokalt uppmätt)
Kont (A)	= Beräkning med kontinuerlig regnserie (anpassad till lokala förhållanden)
Pstn	= Pumpstation
SAMOVAR	= SAMOrdning och samVerkan Avloppsnät och Reningsverk

Se även kapitel 7 beträffande en utförligare beskrivning av MOUSE-systemet och de moduler som ingår.

Exempel 1 Göteborg, Kodammarnas avrinningsområde

Kontaktperson

Bernt Persson, Göteborgs VA-verk, Box 123, 424 26 Angered
Tel: 031-62 72 13 Fax: 031-13 78 31

ANVÄNDNING AV DATORISERADE BERÄKNINGSMODELLER FÖR AVLOPPSSYSTEM I GÖTEBORG

Beräkningsmodeller för flöden i avloppssystemet i Göteborg har använts under de senaste 15 åren. Innan MOUSE-modellens tillkomst 1986 användes NIVANETT i ett utvecklingsprojekt i samarbete med Chalmers Tekniska Högskola. Nyttan med det projektet blev framförallt att en systembeskrivning över hela avloppsnätet togs fram som indata till modellen genom bl. a ett omfattande karterings- och fältinventeringsarbete.

Huvudledningsnätet och tunnlar, alla anslutningar, bräddavlopp, utjämningsmagasin och pumpstationer ingick i beskrivningen. Systembeskrivningen har varit en grundförutsättning för arbetet med åtgärdsplanerna för avloppsnätet i Göteborg. Systembeskrivningen ajourhålls årligen.

MOUSE-modeller har projektvis successivt lagts upp för 7 olika avrinningsområden för att bl a studera kapaciteten i ledningsnätet i samband med översvämningstillfällen. Kalibreringsförsök med flödesmätningar har endast genomförts för tre av områdena.

En MouseNAM-modell lades upp 1990 för Ryaverkets tunnelsystem, där anslutande avrinningsområdena från Göteborg ingår med ca 80 % och grannkommunerna med 20 %. Syftet var att kunna utföra flödesprognoser till Ryaverket och kunna ge underlag till bland annat styrning och reglering av tunnelsystemet.

Anslutet avrinningsområde i modellen uppgår till 210 km² som delats in i 20 delområden med anslutning till olika delar av tunnelsystemet.

Av total tunnellängd på 130 km ingår tunneldelarna närmast Ryaverket 65 km i modellen med motsvarande volym ca 560.000 m³. Tunneln har beskrivits med 50 delsträckor. Kalibrering och verifiering av hydrologin utfördes för perioden 1987 och 1988.

Beräkningsresultaten för olika nederbördssituationer har visat på möjligheten att under kontrollerade former utnyttja delar av tunnelvolymen för magasinering för att utjämna flödet till Ryaverket och minska den lokala bräddningen i samband med häftig nederbörd. Med uppgift från strategiskt placerade nederbördsräknare kan tillförlitliga flödesprognoser på 4-8 timmar ges från beräkningsmodellen.

Beräkningsmodellen har utnyttjats i pågående utvecklingsprojekt MouseONLINE för

modellen MouseRTC. Beräkningsmodellen har även utnyttjats vid flödesdimensionering för Ryaverkets kapacitetshöjning i samband med pågående ombyggnad för kväverening. Det största delområdet och med den största anslutna hårdgjorda ytan via kombinerat ledningssystem är pumpstationen Kodammarna. (Se vidare exempel).

Inom Kodammarnas avrinningsområde har ett avrinningsområde med kombinerat avloppssystem anslutet till ett bräddavlopp detaljstuderats med hjälp av en MouseRÖR-modell. Omfattande flödesmätningar, provtagningar och analyser av avloppsvattnets kvalitet samt nederbördsräkning genomfördes. Modellen kalibrerades med några typiska regn ur mätserien. Utvärdering och analys av samband mellan uppehållstid mellan bräddningar, nederbördsvolym och bräddade föroreningsmängder genomfördes och ledde fram till utveckling av föroreningsmodellen MOCSOP (Modelling of Combined Sewer Overflow Pollution).

Genererade flödeshydrografer från en kalibrerad MOUSE-modell kan användas tillsammans med MOCSOP för att beräkna bräddade föroreningsmängder. MOCSOP-modellen tar hänsyn till ackumulering av föroreningar inom avrinningsområden mellan bräddningstillfällena. Beräkningar kan göras för att studera effekten av åtgärder för att minska föroreningstransporten till vattendrag i samband med bräddningar genom t ex magasin, kvalitetsstyrning m m.

Genom utvärdering av en 18-års nederbördserie har ett statistiskt medelår framtagits. En flödeskalibrerad MOUSE-modell genererad med nederbörd under ett statistiskt medelår kan användas tillsammans med en föroreningskalibrerad MOCSOP-modell. Föroreningsmängderna till vattendrag i samband med bräddningar kan då redovisas som årliga mängder, återkomsttid, årlig frekvens och fördelning av transporterade mängder till vattendrag.

Exemplet Kodammarna

Sammanfattning

Det primära syftet med projektet är att hitta ett bra sätt för att kvalitetsstyra Kodammarnas avloppspumpstation. Ett bra styrsätt innebär att det mest förorenade vattnet pumpas vidare till reningsverket, och att bräddning sker när föroreningskoncentrationerna i tillflödet till Kodammarna är låga eller när vattnet som pumpas vidare kommer att bräddas vid reningsverket.

MouseRTC användes för att beräkna tillrinningen till Kodammarna för ett statistiskt medelår från en 18-årig regnserie. Det ger mer representativa flöden än om man skulle använda uppmätta flöden för en lång period. De beräknade flödena har använts i en kalibrerad föroreningsmodell MOCSOP för att studera effekten av olika styrsätt med avseende på bräddade föroreningsmängder.

I projektet ingår mätning av flöden och föroreningshalter, kalibrering och verifiering av

MouseRÖR och MouseRTC, kalibrering och verifiering av föroreningsmodell MOCSOP, simulering av flöden under ett medelår i MouseRTC och test av olika styrsätt i MOCSOP.

Tillämpningen med att utnyttja båda modellerna MOUSE och MOCSOP tillsammans har givit ett bra och trovärdigt underlag att genomföra kvalitetsstyrning vid Kodammarnas avloppspumpstation. Åtgärdseffekterna med avseende på minskade föroreningar till vattendrag har kunnat redovisats vilket inte annars inte varit möjligt om endast MOUSE-modellen utnyttjats.

Avrinningsområdet

25% av Göteborg, delar av de centrala och sydöstra delarna, pumpas via Kodammarna till reningsverket. Avrinningsområdet till Kodammarna består av både kombinerat system och duplikatsystem. 57% av ytan är kombinerat system, och resterande yta är duplikatsystem med dagvattenavledning direkt till lokala recipienter. I avrinningsområdet finns 59 bräddavlopp med bräddning till recipient.

Total area: 3133 ha
Ansluten hårdgjord yta: 638 ha
Personekvivalenter: 148 547 pe
Torrvädersflöde: 573 l/s

Kodammarnas spillvattenpumpstation

Kodammarna pumpar avloppsvatten till avloppstunneln som leder till reningsverket. I pumpstationen finns sex pumpar som kan styras mot reningsverk eller mot recipient i fyra tryckledningar. Det finns möjlighet till stor flexibilitet i styrningen av flödet. Varje pump har kapaciteten 1,6 - 2,2 m³/s. Tillrinningen till Kodammarna varierar kraftigt i samband med nederbörd. Uppmätta timflöden varierar mellan 0,3 och 7,1 m³/s.

Pumpat flöde till tunneln och till recipient mäts kontinuerligt genom drifttidsmätning på pumparna. Pumpkapaciteten kontrolleras två gånger per år.

Arbetsgång

Föroreningsmodellen MOCSOP och idéer om hur kvalitetsstyrning skulle ske fanns innan projektet startade.

Projektplanen kan sammanfattas som:

Mätning: Mätning av flöden och föroreningskoncentrationer vid torrväder och bräddning.

Föroreningar:	Kalibrering av föroreningsmodell MOCSOP mot föroreningsmängder och flöden som mätts vid torrväder och bräddning.
Flöden:	Kalibrering av Mousemodell mot uppmätta flöden. Beräkning av avrinningshydrografer med MouseRTC för uppmätt nederbörd under ett medelår.
Styrsätt:	Beräkningar med MOCSOP för att jämföra bräddade föroreningsmängder vid olika styrsätt. Avrinningshydrografer från MouseRTC för ett medelår.

Föroreningskoncentrationer mättes genom provtagning med automatisk provtagare och analys i laboratorium. De föroreningsparametrar som analyserades från proverna var susp, BOD, COD, Ntot, Ptot, Pb, Cd, Cu, Zn och Hg. Konduktivitet, pH, redox och temperatur mättes kontinuerligt under perioder.

Kalibrering och verifiering av MouseRÖR och kalibrering och verifiering av MOCSOP gjordes som examensarbete på Chalmers Tekniska Högskola. Kalibrering och verifiering av modell i MouseRTC har gjorts och test av styrsätt har genomförts i ett samarbetsprojekt med Chalmers.

Modellbeskrivning - avgränsningar - kalibrering - verifiering

Modell MouseRÖR

I modellen finns 50 bräddavlopp, 77 delområden, 127 ledningar med total längd 33 km. De två huvudledningarna som leder vatten till Kodammarna har modellerats. I delområdena har endast ledningen nedströms det sista bräddavloppet i varje delområde tagits med.

Modellen är kalibrerad enbart mot mätningar i Kodammarnas pumpstation. Kalibrering gjordes mot tre bräddtillfällen, och verifiering mot tre bräddtillfällen. Två regnmätare användes.

Kalibrering av MouseRÖR mot uppmätta flöden krävde lite trixande. Bäst resultat nåddes genom att öka basflödet med ca 30% och hårdgjord yta med ca 20% under vinterhalvåret. Detta kan sägas ha sin fysikaliska förklaring i mjuka ytor i kombinerat system, som snabbt blir verksamma under perioder med mycket vatten i marken.

Maxflödet vid de tre verifieringstillfällena skiljer ca $\pm 10\%$ mellan beräkning och mätning, efter årstidsjustering av hårdgjord yta och basflöde. Volymerna och tidsvariationerna stämmer bra med mätningarna.

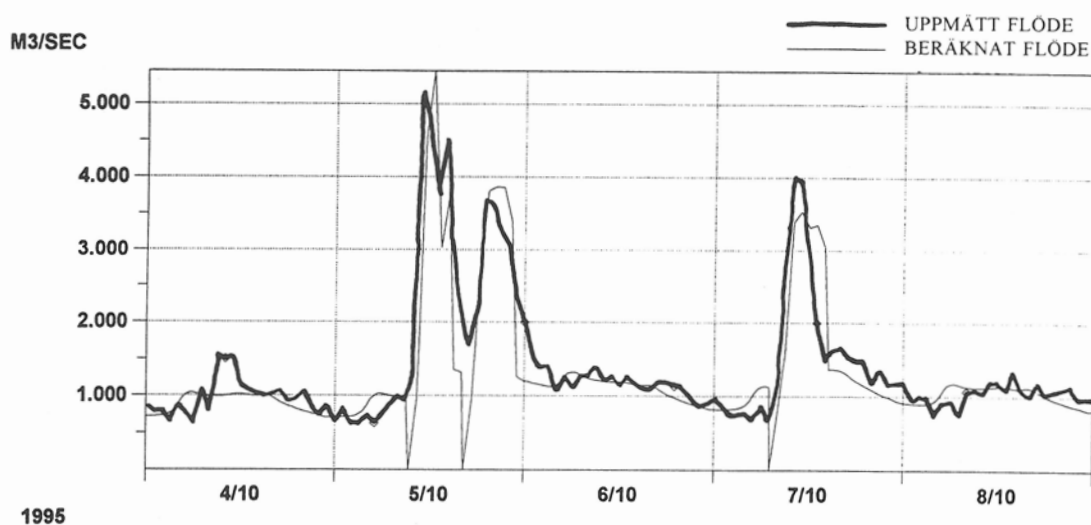
Modell MouseRTC

I modellen finns åtta bräddavlopp, 13 delområden, 56 ledningar med total längd av 19 km. Modellen har förenklats jämfört med MouseRÖR-modellen för att minska beräkningstiden och få hanterbara datamängder.

Avrinningsområden med kombinerat system är sammanslagna till åtta delområden och anslutna till ledningarna i modellen via bräddavlopp. Avrinningsområden med duplikat-system är direktanslutna till ledningarna i modellen.

Ytan för den snabba avrinningen, FRC, i den kalibrerade modellen är 11% större än den karterade hårdgjorda ytan. Ytan för den långsamma avrinningen, SRC, är 52% av karterad totalyta.

Modellen kalibrerades mot pumpat flöde i Kodammarna för tre perioder om vardera drygt en månad, mars, juni och september 1995. Verifiering gjordes för oktober och november 1995. Modellen fungerar mycket bra vid regn med stor volym. Vid korta regn under sommarperioden fungerar den sämre, troligen pga att regnen är korta och mer lokala. I slutet av verifieringsperioden kom en del nederbörden som snö. Vid nederbördstillfället och när snön smälte efter några dagar blev det stora avvikelser mellan modell och mätning.

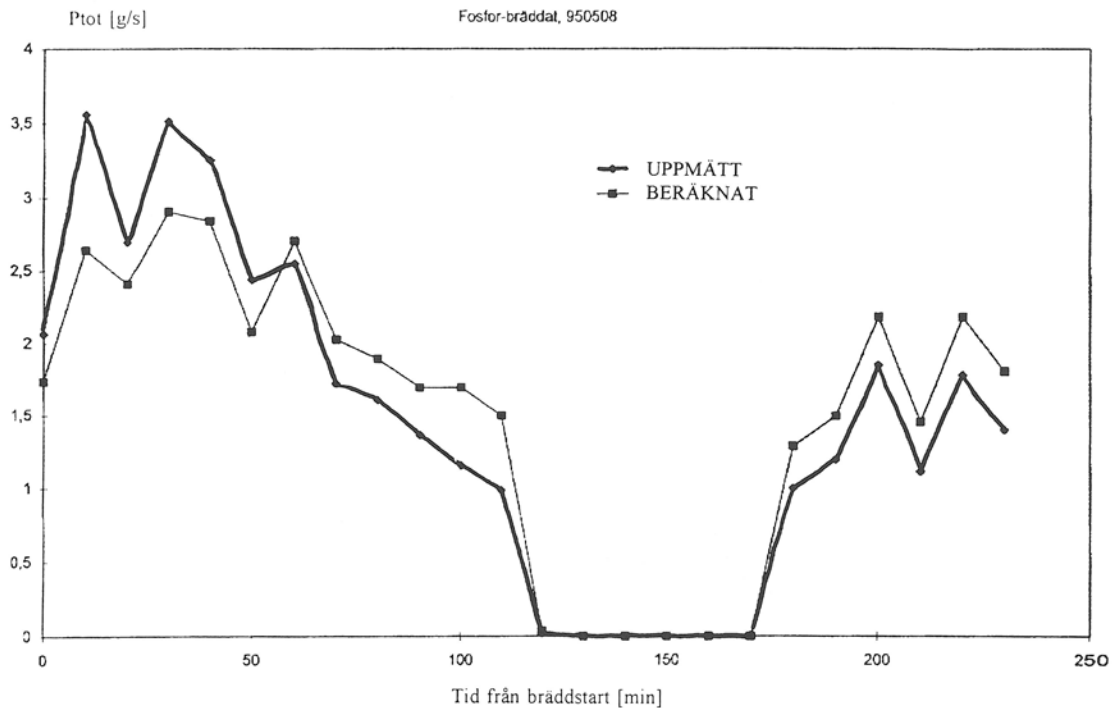


Figur 3 Uppmätt och beräknad tillrinning till Kodammarna under del av verifieringsperioden. Uppmätt flöde som timmedelflöde och beräknat flöde en gång per timme.

Föroreningsmodell MOCSOP

Kalibrering av MOCSOP gjordes mot sex bräddtillfällen, och verifiering mot fyra tillfällen. Utvärderingen inriktades på Ptot, BOD och Pb. Uppmätta flöden användes vid kalibrering av MOCSOP. För totalmängderna bräddad BOD och Ptot skiljer det 4-30%

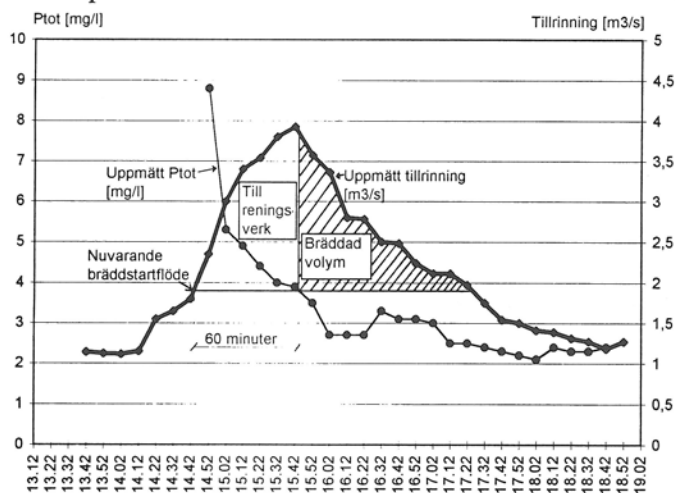
mellan mätning och beräkning för de fyra verifieringstillfällena.



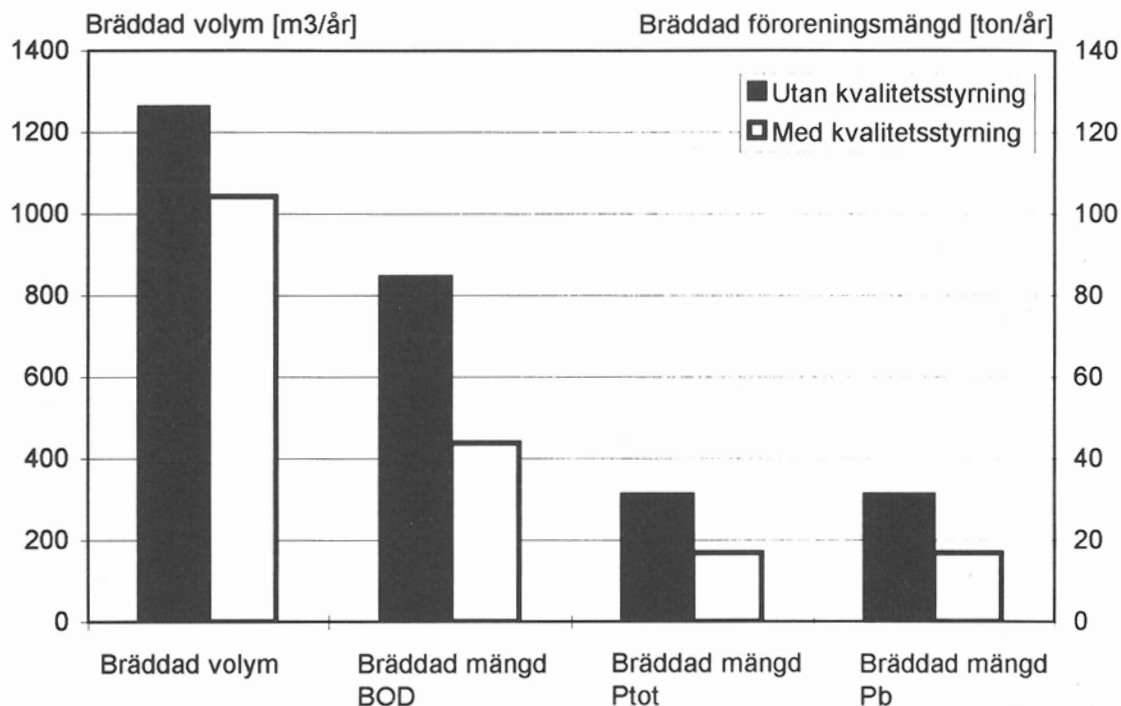
Figur 4 Uppmätt och beräknad bräddning av fosfor. Det mest lyckade resultatet från verifiering av föroreningsmodellen MOCSOP.

Effekter av kvalitetsstyrning

Modellen visar att kvalitetsstyrning ger en kraftig minskning av bräddade föroreningsmängder. Det mest effektiva styrsättet hittills testats ger en minskning av bräddad volym med 17% samtidigt som bräddad föroreningsmängd räknat som BOD minskar till drygt hälften, räknat på årsbasis.



Figur 5 Uppmätt koncentration Ptot och uppmätt flöde vid ett bräddtillfälle. Exempel på kvalitetsstyrning 60 minuter efter det att bräddstart skulle ha skett vid normal styrning. Det mest förorenade vattnet i början av nederbördstillfället pumpas till reningsverket.



Figur 6 Effekter på bräddade volymer och föroreningsmängder av kvalitetsstyrning vid Kodammarna jämfört med nuvarande styrsätt för ett statistiskt medelnederbördsår.

Erfarenheter av projektet

MouseRÖR-modellen har egentligen inte använts i detta projekt, annat än att den var ett bra underlag för att lägga upp MouseRTC-modellen. Den har dock använts i andra sammanhang, för att uppskatta effekten av att stänga av delar av ledningssystemet i samband med TV-inspektion av ledningarna.

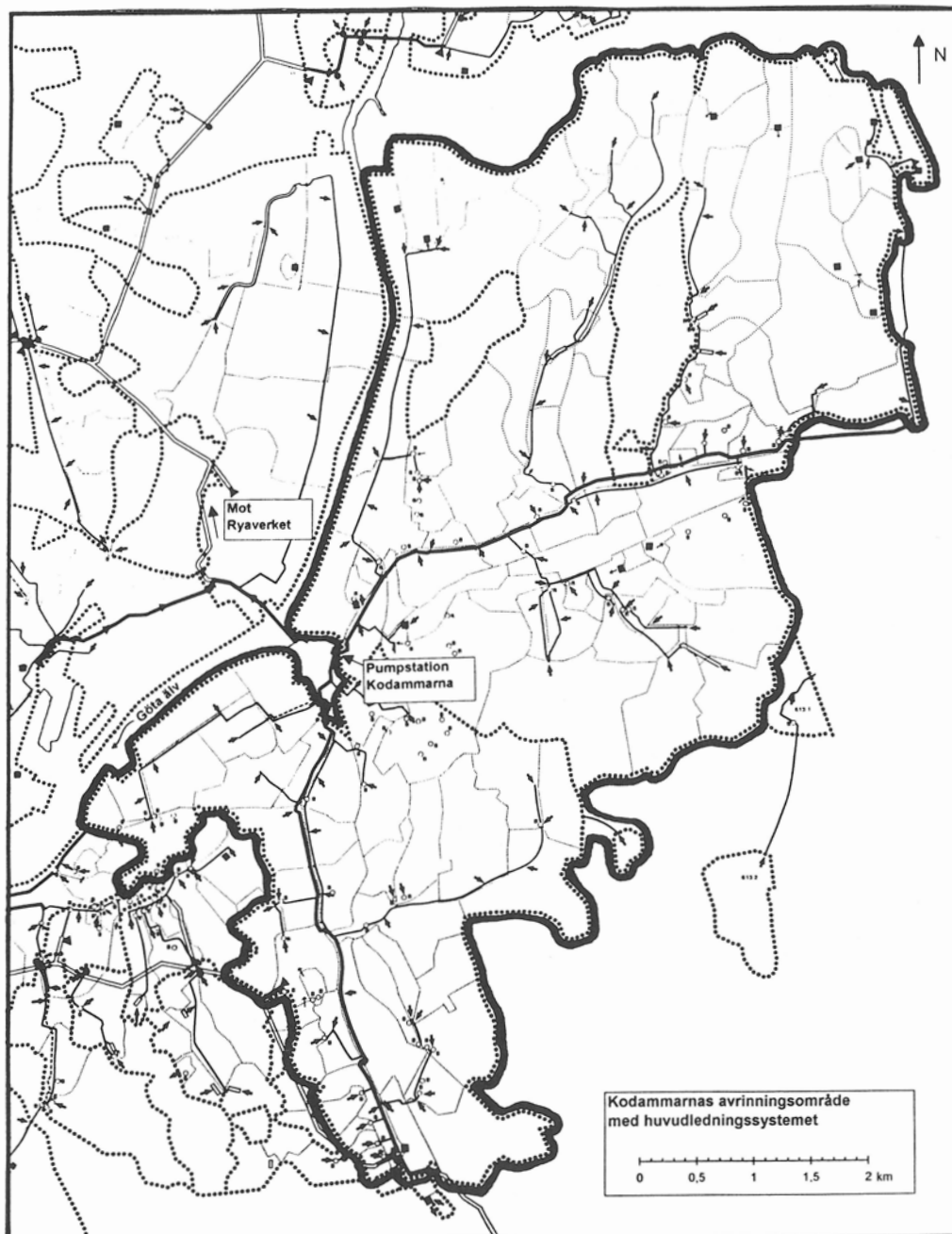
Systembeskrivning för spillvattensystemet i Göteborg ajourhålls årligen. Totalytor, hårdgjorda ytor, personekvivalenter osv finns angivet för varje delområde. Detta är ett mycket bra underlag för modellering.

Framtagning av modell innebär att man tvingas tänka igenom systemet och räkna en del för hand. Det ger nya insikter:

- Några bräddavlopp i ledningssystemet visade sig ha dålig styrning vid kraftig nederbörd. Det planeras att åtgärdas genom kraftigare strypning av bräddavloppen. Ett bräddavlopp visade sig ha stor risk för igensättning varför åtgärder planeras.
- Genomgång av flödesmätningarna visade att torrväderstillrinningen till Kodammarna var stor. Därför har delar av det lägst liggande ledningssystemet TV-inspekterats, och stora fynd har gjorts. Inläckage om ca 25 l/s från närliggande vattendrag har hittills kunnat tätas. Det motsvarar spillvatten från 11000 personer sett till volymen.

Den använda versionen av MouseRTC kan inte redovisa timmedelvärden. Den redovisar istället ett beräknat värde per timme, vilket kan innebära tex att det beräknade flödet blir noll som i figur 3.

Tillämpningen med att utnyttja båda modellerna MOUSE och MOCSOP tillsammans har givit ett bra och trovärdigt underlag att genomföra kvalitetsstyrning vid Kodammarnas avloppspumpstation. Åtgärdseffekterna med avseende på minskade föroreningar till vattendrag har kunnat redovisats vilket inte annars inte varit möjligt om endast MOUSE-modellen utnyttjats.



Figur 7 Kodammarnas avrinningsområde.

Exempel 2 Halmstad

Huvudavloppssystemet

Sammanfattning

I det kontinuerliga arbetet med att förbättra huvudavloppsnätets funktion har i Halmstad i hög grad modellberäkningar utnyttjats under lång tid, mera intensivt sedan 1989-90. Modellbeskrivningarna har använts för att belysa bräddningsproblem, lokala källaröversvämningar, att klarlägga funktionen hos trånga ledningssektioner samt samverka mellan olika delar i systemet - även den totala tillrinningen till reningsverket. Arbetet har bl a resulterat i ett omfattande åtgärdsprogram på ledningsnätet, vilket är under genomförande 1995-99. Uttryckt som resulterande bräddning, är den förväntade effekten jämfört med utgångsläget en mer än 90%-ig reduktion i årlig bräddningsvolym.

Kontaktperson

Anders Widerström, Tekniska kontoret, Box 246, 301 06 Halmstad
tel 035-137717

Från VBB Viak har Mats Andréasson och Claes Hernebring varit engagerade.

Bakgrund till projektet

Förhållandena inom huvudavloppssystemet i Halmstad aktualiserades i hög grad i samband med koncessionsnämndsprövningen av utsläppet från Västra Strandens reningsverk. Under 1990 inlämnade kommunen till koncessionsnämnden förslag till slutliga villkor för avloppsverkets fosfor- och kväveutsläpp baserat på försöksdrift och med utbyggnadsplaner grundad på begränsad utbyggnad av biosteget bl a kompletterad med en särskild försedimenterings- och utjämningsbassäng, som slutligen fick storleken 6000 m³. Detta skulle kompletteras med utjämningsbassänger på ledningsnätet. I de ursprungliga planerna betonades det att flödesutjämnningen i rörnätet och vid reningsverket kommer att samordnas.

Ledningsnätet, som är anslutet till Västra Strandens reningsverk, belastas med avloppsvatten från 100 000 personekvivalenter. I centrala Halmstad är en stor del områden med kombinerat system anslutet. Cirka 500 ha av den totala arealen inom avrinningsområdet på 2 600 ha kan sägas omfattas av det kombinerade systemet. Den deltagande hårdgjorda ytan, verifierad genom mätningar och beräkningar, uppgår till 170 ha.

Avloppsvatten inom centralorten avleds med självfall via 2 större pumpstationer till avloppsverket, där avloppsvattnet tillsammans från norr och väster lyfts in till verket med ytterligare en pumpstation. Från de östra delarna pumpas avloppsvattnet direkt in

till avloppsverket. Från ytterområdena pumpas avloppsvattnet in till huvudavloppssystemet via drygt 50 pumpstationer. På det kombinerade systemet inom centralorten förekommer 13 aktiva bräddavlopp med direktavledning till Nissan.

Syfte med modellarbetet

Syftet med modellarbetet har i första hand varit att upprätta ett åtgärdsprogram för att minska bräddningar, med beaktande av ev lokala uppdämningsproblem, som kan orsaka källaröversvämningar. En inte oväsentlig del i arbetet har varit att belysa möjligheterna att påverka tillrinningsvariationerna till reningsverket Västra Stranden. I alternativa förslag till lösningar har kostnader kunnat ställas i relation till uppnådd miljöeffekt, och på så sätt gett underlag för fruktbara diskussioner med tillsynsmyndigheter.

Den slutliga verifierade modellbeskrivningen har, som en bieffekt av modellarbetet, sedan 1992 fungerat som ett rapportverktyg för bräddningar i den årliga sammanställningen till miljörapport.

Projektets arbetsgång och tidplan

Kommunen arbetade länge efter en långsiktig plan för separering av det kombinerade ledningssystemet, enligt erfarenheter som samlats in och redovisats i en saneringsplan daterad juni 1981. Planen bedömdes emellertid inte vara genomförbar inom en rimlig tidsperiod av såväl tekniska som ekonomiska skäl. För att kunna få en trovärdig beskrivning av det centrala avloppsnätets funktion och möjligheter att inom ett rimligt tidsperspektiv nå uppställda mål, formulerades en datorbaserad beräkningsmodell under 1989-90. Detta resulterade i ett översiktligt åtgärdsförslag redovisat i samband med koncessionsnämndsansökan 1990. Under 1991 utfördes en VA-FORSK-finansierad SAMOVAR-studie baserat på detta åtgärdsförslag, men även med syftet att med hjälp av styrnings- och regleringsåtgärder på ledningsnätet förbättra driftförhållandena vid reningsverket.

Efter hand framkom vissa idéer om hur ledningsnätet kunde utnyttjas mer optimalt, vilka relativt enkelt kunde testas modellmässigt. Det handlade om förstärkning av pumpstationskapaciteter, utnyttjande av befintliga ledningsvolym, optimerad transport inom ledningssystemet samt anläggandet av utjämningsmagasin i olika punkter. Modellbeskrivningen uppdaterades dessutom kontinuerligt allt eftersom belastande ytor kopplades bort i samband med separeringsåtgärder.

Åtgärdsprogram för avloppsledningsnätet har formulerats och successivt förnyats, det senaste avser åren 1995-99. Den enskilda åtgärd i detta program som får störst betydelse är anläggandet av Vallgravsmagasinet (3 500 m³), byggt och taget i drift under 1996.

Separeringsåtgärder av en viss omfattning har utförts kontinuerligt, så att den anslutna hårdgjorda ytan från totalt ca 200 ha år 1990 i dagsläget minskat till ca 170 ha och fram till år 1999 bedöms vara reducerad till 155 ha.

Modellbeskrivning - avgränsningar

Modellarbetet har, beroende på syftet med beräkningarna, bedrivits med olika detaljeringsgrad. Detaljerade delmodeller, avsedda att studera lokala uppdämningsförhållanden, har förenklats och satts samman till en totalmodell för hela avrinningsområdet, en "bräddmodell" som korrekt beskriver nivåförhållanden och flöden i anslutning till bräddavloppen samt den totala tillrinningen till reningsverket. Tillflödet från ytterområden är förenklat beskrivet som inloppshydrografer beräknat från belastande tröga respektive snabba ytor samt aktuell spillvattenbelastning. I de fall som flödes- och trycknivåförlopp i ledningsnätet uppströms bräddavloppen varit intressanta, t ex i samband med detaljstudier för anläggandet av Vallgravsmagasinet, har modellbeskrivningen åter förfinats.

Den förenklade bräddmodellen innehåller 46 brunnar eller strukturer, 43 ledningar, 5 pumpstationer samt 13 bräddavlopp. Flödesbelastningen för ansluten hårdgjord yta (FRC) är fördelad till 27 punkter, för långsam nederbördspåverkan (SRC) till 8 ledningsgrenar samt spillvattenbelastningen till 16 knutpunkter.

Den modellteknik som har utnyttjats har under projektets gång varierat något beroende på hur mjukvaran i programsystemet Mouse har utvecklats. Grunden har hela tiden varit den hydrodynamiska beskrivningen av ledningsnätet i MouseRÖR. Basflödespåverkan som i början ansattes i form av inloppshydrografer beskrivs numera som nederbördspåverkat basflöde i MouseNAM. Systemfunktionen har dels beskrivits utgående från beräkningsresultat efter belastning med statistiska typregn som statistik sammansatt av ett antal enstaka regntillfällen, dels har kontinuerliga långtidssimuleringar utförts med MousePILOT(RTC). Därvid har också möjligheterna i MouseRTC utnyttjats, att dynamiskt reglera t ex rörliga luckor.

Utnyttjade klimatdata har också varierat under projektets gång beroende på aktuellt utredningssyfte. För kalibrering av en en-box NAM-modell, samt fördelning av denna till huvudgrenar utnyttjades klimatdata från SMHI: dygnsnederbörd, dygnstemperatur samt månadsmedelvärden för potentiell avdunstning. För verifiering av belastningen av hårdgjorda ytor utnyttjades data från nederbördsräknare inom avrinningsområdet med hög upplösning.

Beräkningar har utförts efter belastning med kontinuerliga mätserier. En 10-årig nederbördsserie uppmätt i Lundby, Göteborg utnyttjades (korrigerad för Halmstadförhållanden) för översiktlig karakterisering av systemfunktionen och urval av ett representativt medelår ur bräddningssynpunkt. I detta fall blev det nederbördsåret 1929 i Lundbyserien. Detta år har sedan i fortsättningen använts för att beskriva effekter av olika åtgärder i ledningssystemet "ett medelår".

För att återskapa verkliga flödesförhållanden, t ex vid bräddmodellberäkningar, har naturligtvis verklig uppmätt nederbörd inom avrinningsområdet med hög upplösning använts, under åren sedan 1992. Ett system med kontinuerligt registrerande nederbörds-

mätare utplacerade inom kommunen är under uppbyggnad. Den mätare som hittills utnyttjats för centralortens bräddberäkningar är belägen vid Stationsgatan.

Mätningar

Som ett led i utredningsarbetet genomfördes under hösten 1990 en verifiering av modellen baserat på en fältmätningssats med kontinuerligt registrerande instrument:

- 4 st nederbördsräknare
- 4 st v/h-räknare
- 4 st nivå- och händelseregistrerare i pumpstationer
- 5 st nivåregistrerare i bräddavlopp

Dessutom påbörjades i slutet av 1989 kontinuerlig bräddavloppskontroll (nivåmätning) i tre vitala bräddavlopp utmed Nissan, dessa har senare kompletteras med en ytterligare mätpunkt.

Inför den framtida driftsituationen med möjlighet att samordna utnyttjandet av magasinering vid reningsverk resp på ledningsnätet, se nedan, befanns det nödvändigt att ständigt ha tillförlitlig information om aktuell status (flöden, nivåer) inom olika delar av ledningssystemet. Kravet var därför en installation av noggranna och tillförlitliga flödesräknare som registrerar flöde och nivå, ADS-räknare, totalt i 6 punkter. Samtliga räknare är nu installerade

Kalibrerings och verifieringsberäkningar

Vid den grundläggande modelluppbyggnaden utfördes, som nämnts ovan, kalibrerings- och verifieringsberäkningar mot mätdata från fältmätningssatser. Ytterligare verifiering av modellbeskrivningen erhålls kontinuerligt varje år, vid utförande av bräddningsberäkningar. Beräkningsresultaten kan då jämföras med uppmätta nivåer i aktuella bräddavlopp, totalt uppmätt tillflöde till reningsverket, och successivt allt eftersom ADS-räknare installerats även mot flödesvärden i olika mätpunkter. Hittills utförda verifieringsjämförelser har inte föranlett några förändringar i modellbeskrivningen (annat än kända, mindre justeringar av belastningen på grund av utförda åtgärder), utan enbart bekräftat att belastningsfördelningen är riktig.

Resultat, slutsatser och åtgärdsförslag

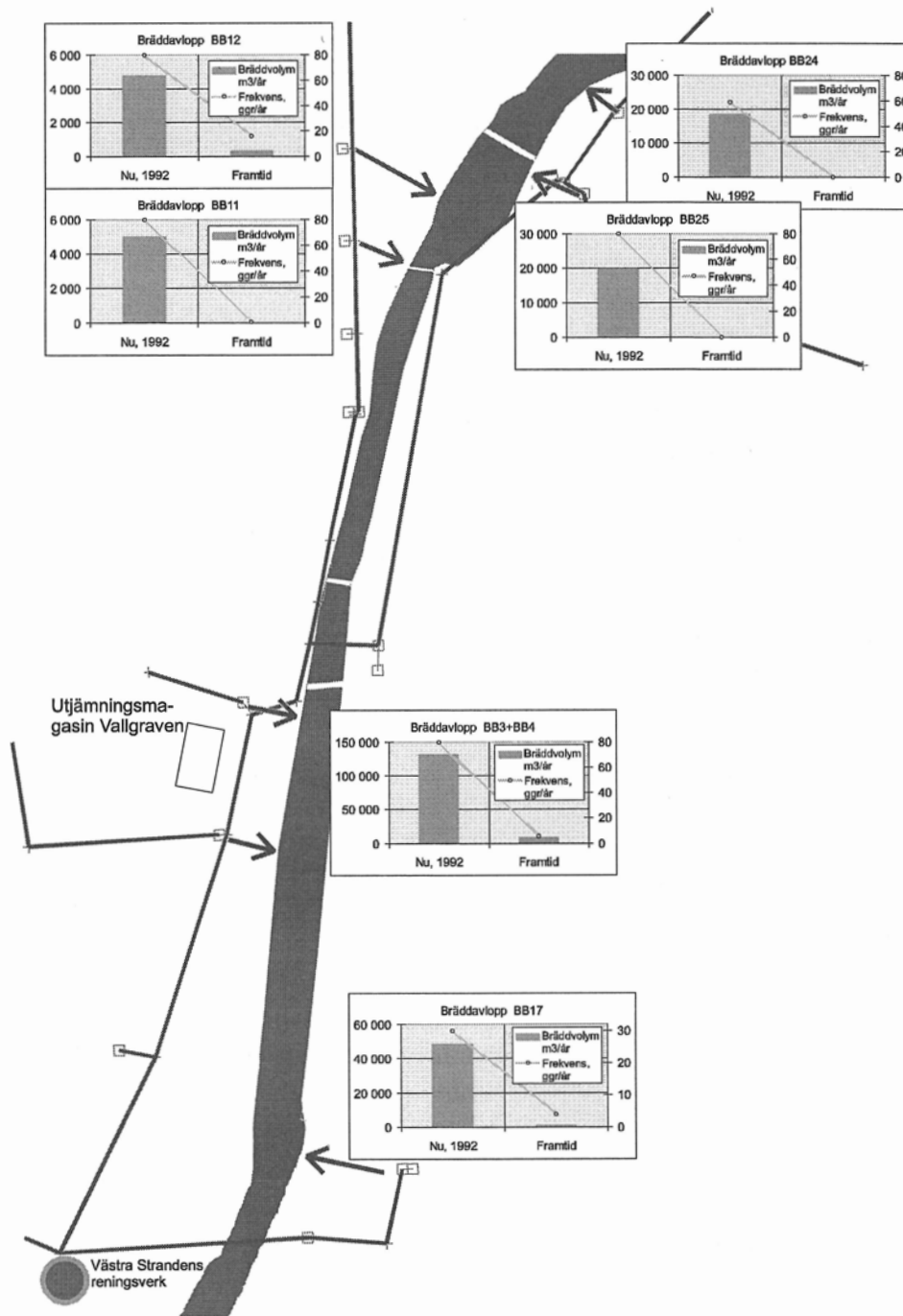
De åtgärdsförslag som har upprättats har relaterats till uppställda funktionskrav, främst motiverade av estetiska skäl, där målet för avloppssystemets funktion uttryckts ur bräddningssynpunkt. En rimlig ambitionsnivå har föreslagits vara en bräddningsfrekvens av mindre än 1-2 ggr/år i Nissans "stadsdel" (uppströms Österbro) respektive mindre än 5-10 ggr/år i de nedre delarna, Nissans "hamndel". Kontrollberäkningar av effekten

av planerade åtgärder visade att den formulerade ambitionsnivån kunde uppfyllas i hög grad. Resultande bräddfrequens blir av storleksordningen 1 respektive 5 ggr/år för de olika recipientavsnitten.

Föreslaget åtgärdsprogram är sammansatt av delmoment som dels utnyttjar befintliga ledningsvolymerna i så hög grad som möjligt, dels tillskapas kapacitet vid trånga sektioner genom t ex ökad pumpkapacitet eller anläggande av utjämningsvolymerna. En väsentlig del är fullföljandet av planerade separeringsåtgärder i viss omfattning. Under 1990-talet kommer ansluten hårdgjord yta att reduceras med ca 25%.

Befintliga ledningsnätvolymerna utnyttjas för utjämning genom t ex flödesregleringar och justering av bräddavlopps nivåer. Kontroller har skett med modellberäkningar att detta kan ske utan att skadlig uppdämning sker till kritiska nivåer vid 10-års regn.

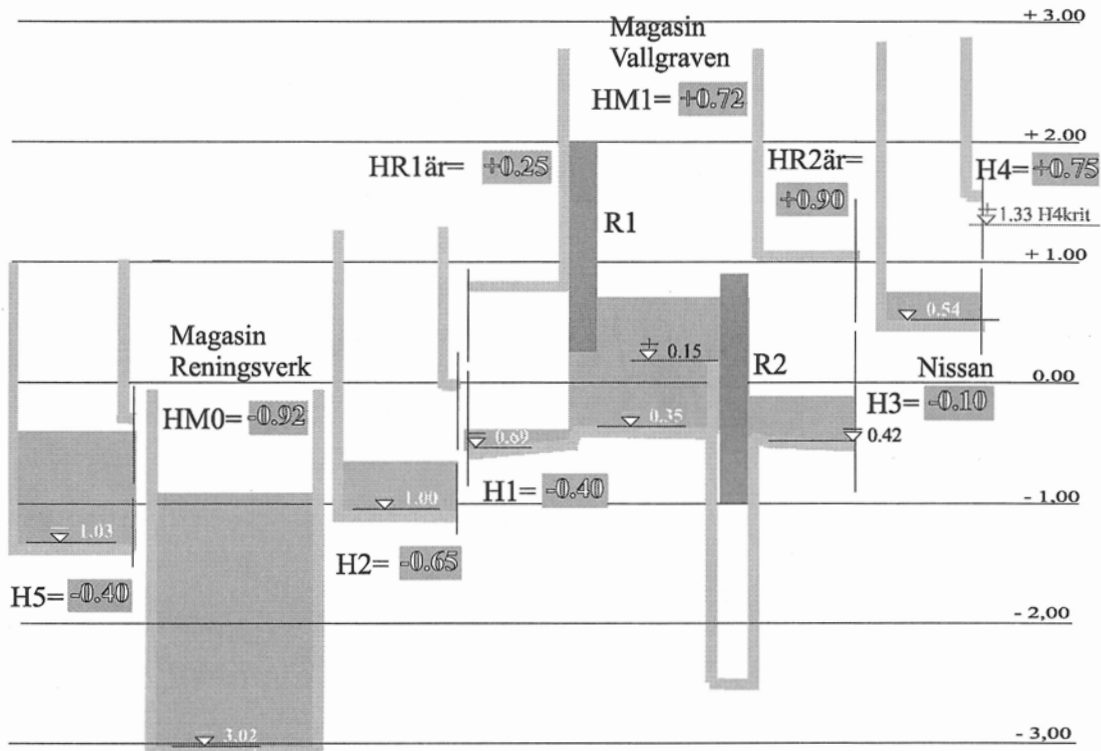
För att uppfylla funktionskraven var det i vissa punkter nödvändigt att anlägga utjämningsmagasin. Vid de största bräddavloppen (BB3 och BB4) har Vallgravsmagasinet anlagts med volymen 3 500 m³. Vid uppdämningen kommer dessutom ca 1000 m³ av befintligt ledningssystem att medverka som utjämningsvolym. Detta medför bl a att utloppet vid BB4 kan slopas som bräddpunkt. Magasinet är försett med rörliga luckor, dels för tömningen mot avskärande system, och dels mot bräddledningen för att vid en katastrofsituation medge en snabb avsänkning av magasinet.



Figur 8 Årlig bräddvolym och frekvens vid de större bräddavloppen i Halmstad före och efter åtgärder

I figur 8 jämförs utgångsläget, årlig bräddvolym och frekvens med de anslutningsförhållanden som rådde år 1992, med den framtida systemfunktionen enligt åtgärdsplanen (år 1999).

Framtida systemfunktion



Figur 9 Överblick av vattennivåer i olika delar av ledningssystemet och reningsverkets utjämningsmagasin samt position hos rörliga luckor. Processbild tillgänglig i avloppssverkets övervakningssystem.

Inom genomförandet av åtgärdsplanen ingår också ett dynamiskt samutnyttjande av utjämningsvolymerna vid reningsverk och ledningsnät. Driftsförhållandena för reningsprocesserna vid avloppssverket Västra Stranden kan förbättras om lediga resurser (volymerna) i avloppssystemet utnyttjas, inte bara vid häftiga regn utan också under den dominerande delen av året med mer eller mindre torrvedersförhållanden. Olika driftstrategier har testats med MouseRTC-beräkningar. I den verkliga driftsituationen är emellertid tillgång till tillförlitliga och trovärdiga flödes- och nivådata en förutsättning. Som nämnts ovan har 6 st ADS-mätare installerats vid kritiska punkter i ledningssystemet och anslutits till övervakningssystemet.

Syftet med regleringsåtgärder är att en så stor andel som möjligt av avloppsvattenmängden skall undergå fullständig behandling vid reningsverket utan att oacceptabel bräddning sker av obehandlat vatten på ledningsnätet eller av delvis behandlat vatten vid reningsverket. Detta kan t ex uttryckas i en regleringsstrategi som innebär att när magasinet vid reningsverket börjar att bli fullt ska magasinet vid Vallgraven strypa utloppet till avskärande ledning. Detta sker upp till en viss fyllnadsgrad i Vallgravsmagasinet, då öppningsgraden mot avskärande ledning åter ökas, eftersom en bräddning vid reningsverket prioriteras före bräddning vid Vallgraven. Vidare regleras bräddöverfallet vid Vallgraven så att bräddning undviks i det längsta, men när bräddning är

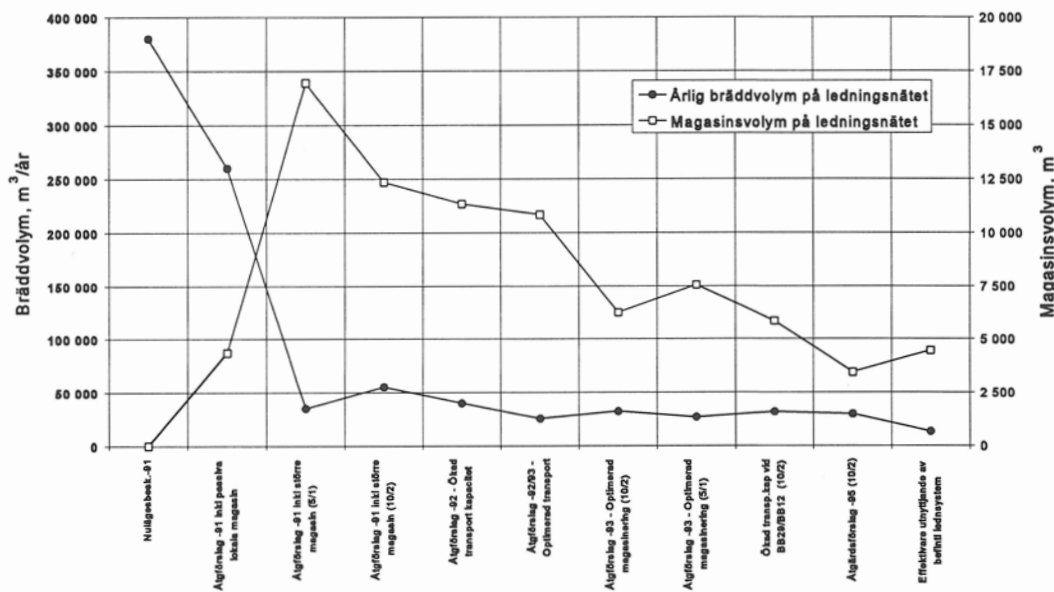
oundviklig sänks bräddnivån för att möjliggöra en snabb uttransport av bräddvatten.

Som ett led i en ytterligare utveckling av det här skisserade samutnyttjandet av ledningsnät och reningsverk kommer Halmstad kommun att delta i det EU-finansierade TVP-projektet (Technology Validation Project) 1997-1999. Projektet handlar just om utveckling av integrerade planeringsverktyg för ledningsnät, reningsverk och recipient.

Erfarenheter av projektet och nytta med modellen

Tekniska kontoret har genom modellarbetet fått ökad kunskap om ledningsnätets funktion och kapacitet. Arbetet har gett:

- Underlag för åtgärdsprogram och uppföljning.
- Underlag för samråd och diskussion med politiker och miljövårdsmyndigheter.
- Möjligheter till erfarenhetsutbyte med andra kommuner.



Figur 10 Bedömning av erforderlig utjämningsvolym respektive årlig bräddvolym på ledningsnätet i olika skeden av projektet.

Som en allmän erfarenhet av tillämpad utredningsmetodik kan nämnas, att det hade inneburit stora svårigheter att få en överblick av den samlade systemfunktionen i huvudavloppssystemet på annat sätt än genom en datormodell. Åtgärdsprogrammet består, som framgått, av en mix av delåtgärder: ytseparering, magasinering, optimerad transport etc. Utvärdering av tänkbara alternativ, att m h a modellbeskrivningen testa alternativ, har sparat stora anläggningskostnader jämfört med ursprungligt åtgärdsförslag. Detta

framgår schematiskt av figur 10, där erforderlig magasinsvolym för att uppnå funktionskraven för bräddning successivt under projektets gång minskat allt eftersom t ex ledig kapacitet i ledningssystemet utnyttjas allt effektivare.

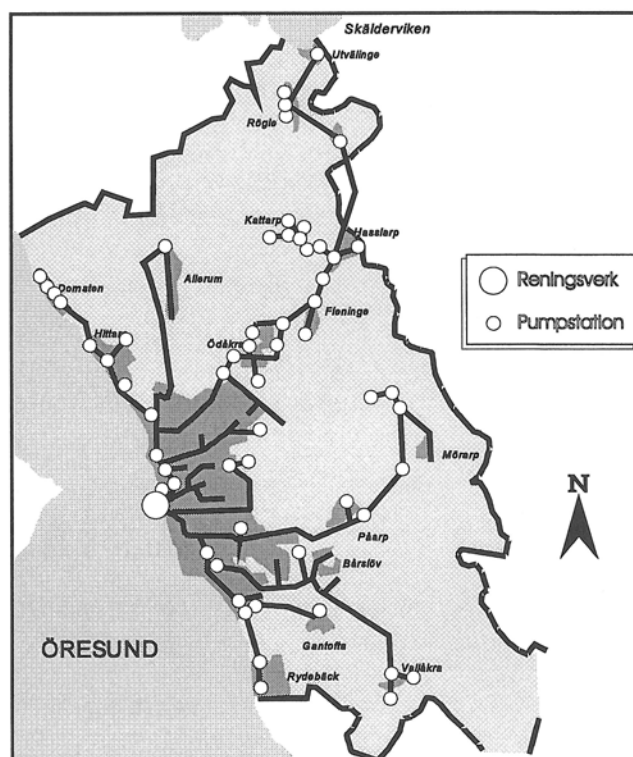
Exempel 3 Saneringsplan för avloppssystemet i Helsingborg

Underlaget för denna rapport har arbetats fram av en arbetsgrupp med personal från Helsingborgs VA-verk och konsultföretaget VBB Viak. För VA-verkets del har Ulla-Britt Thorén varit ansvarig och från VBB Viak Mats Andréasson och Claes Hernebring.

Kontaktperson Ulla-Britt Thorén Tel: 042 - 10 59 35 Fax: 042 - 10 78 40

Systemuppbyggnad

I stort sett är hela kommunen ansluten till centralortens reningsverk, Öresundsverket. Avloppsvattnet pumpas in från de mindre tätorterna till Helsingborg. Pumpningen sker i flera steg. Totalt finns ett 60-tal pumpstationer för spillvatten. Längs strandlinjen i tätorten går en avskärande huvudledning där också de största pumpstationerna är belägna. De dominerande bräddavloppen är belägna vid Norra Hamnen i norr och Gallerstationen i söder. Här pumpas bräddvattnet via utloppsledningar av längd 500 resp. 120 m ut i Öresund. Om dessa bräddpumpars kapacitet överskrids sker bräddning i hamnområdet. Dessa utloppsledningar samt utlopp i hamnområdet har klassificerats med lägsta prioritet m.h.t. recipientens känslighet.



Figur 11 Översikt. Spillvattensystemet inom Helsingborgs kommun

Bakgrund till projektet

Från Länsstyrelsen fanns krav på en fördjupad saneringsplan över avloppsnätet som skulle redovisas senast den 1995-01-01. Enligt tillståndsbeslutet skall avloppsnätet fortlöpande ses över för att så långt som möjligt:

- Förhindra källaröversvämningar.
- Begränsa flödet till reningsverket.
- Förhindra / Begränsa utsläpp av bräddvatten.

Basfakta

Modellen är begränsad till tätorten. Verksamhetens totala yta omfattar 2810 ha, ungefär 16% av denna eller 450 ha bedömdes vara deltagande hårdgjorda ytor. Modellen begränsas vid pumpstationer och inkommande ledningar från ytterområden. Ledningssystemet innefattar kombinerade- samt spillvattenledningar, som tillsammans ger en längd av 23 km med en volym på 20.250 m³.

Antalet anslutna personer ekv.(pe) 166.000 samt industri pe m.a.p.BOD 57.500.

Problem och mål

De senaste åren har det förekommit kortvariga häftiga skyfall, vilka medfört översvämningar. Åtgärder krävdes för att komma till rätta med detta problem. Åtgärder för detta hade och har högsta prioritet.

Källaröversvämningar;

- att de mest utsatta fastigheterna statistiskt sett inte skall drabbas av översvämning med kortare återkomsttid än 10 år. Ledningar med kapacitetsbrist byggs om. Kombinerade områden separeras, genom LOD i första hand.

Bräddningar;

- att separering fullföljs, så att de redan befintliga duplikata områden som idag ligger som "öar" i kombinerade områden och belastar reningsverket och vid större regn också bräddning.

- att utsläppta volymer utgör en rimlig del av de totala utsläppen.

Recipientklassificering har gjorts till stöd för styrning av åtgärder så att känsliga recipientdelar inom avrinningsområdet skall skyddas i första hand. Vattenområdena prioriteras med hänsyn till deras användning, känslighet och föroreningsstatus genom funktionskrav avseende maximalt antal bräddtillfällen per år enl. tabell nedan.

TABELL		Klassificering av recipientavsnitt
Prioritet	Vattenområde	Mål för bräddning
I	Avloppsreningsverkets närhet, Norra Hamnens utloppsledning	10 - 12 ggr/ år
II	Hamnbassängerna	5 - 10 ggr/ år
III	Övriga vattenområden, ex. Råå-ån.	2 -5 ggr/ år
IV	Badstränder	< 1 ggr / år

Valet av modellverktyg föll sig helt naturligt, då vi tidigare redan 1986 byggde upp en modell inför "Bangårdsprojektet" samt 1987 en modell inför ett större översvämningsärendet med stora ersättningskrav. Delar av detta modellarbete gick också att använda vid uppbyggandet av delmodellerna inför Saneringsplanen.

De uppbyggda detaljmodeller kan användas för hydrauliska detaljstudier att klarlägga förloppet vid ex. källaröversvämning eller för att testa lokala åtgärder på nätet och vid klarläggande av förekommande läck- och dränvatten samt för studier av förhållanden uppströms enstaka bräddavlopp. Den slutliga förenklade modellen används för beskrivning av förloppet i det centralt avskärande ledningssystem och den samlade tillrinningen till reningsverket.

Syftet med modellarbetet

Vi valde att bygga upp en modell för att öka vår kunskap om vårt ledningsnät så att vi på bästa möjliga sätt skall kunna förvalta det på ett så effektivt sätt som möjligt. En modell ger oss möjlighet till olika datorsimuleringar av flöden och är ett utmärkt hjälpmedel vid analys och utvärdering av befintliga såväl som planerade områden.

Projektets arbetsgång och tidplan

I utredningen har tillämpats en metodik och ett arbetssätt där målsättningen varit att komma fram till så kostnadseffektiva åtgärdsförslag som möjligt, d.v.s. att finna förslag som är tekniskt möjliga, ekonomiskt rimliga och miljömässigt befogade. Under arbetet har fyra referensgruppsmöten med representanter från VA-verket, Statens Naturvårdsverk, Länsstyrelsen, Miljökontoret och VBB Viak hållits. Vid dessa möten har diskuterats enligt den ursprungliga planeringen:

- Möte 1** Projektuppläggning.
2 Utredningsmetodik.
3 Funktionskrav.
4 Åtgärds- och tidplan.

Etappmål som formulerades:

- ge en trovärdig beskrivning av systemfunktionen med avseende på översvämnings- och bräddningsförhållanden samt tillrinning till reningsverket.
- fastställa lämpliga funktionskrav på kort och lång sikt.
- föreslå åtgärds- och tidplan som uppfyller funktionskraven på kort sikt.
- föreslå handlingslinjer och åtgärdsprinciper på lång sikt.

Arbetet med saneringsplanen påbörjades 1991 och var slutfört i december 1994. Internt

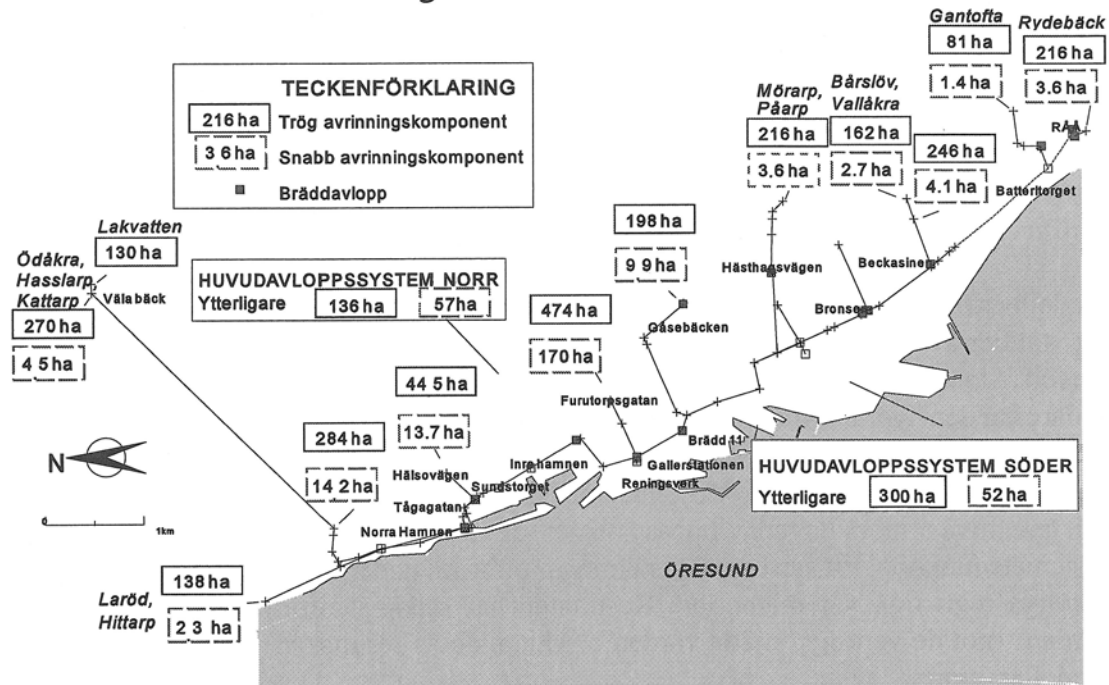
inom VA-verket motsvarar detta en total arbetsinsats på mer än 6 månår. Denna tid fördelar sig på 3 resp. 2,4 månår för två ingenjörer samt övrig intern tid inom VA-verket på ca 0,6 månår. Arbetet har skett under medverkan av konsult, som fungerat som ett "bollplank".

Ur kommunens synpunkt har det varit viktigt att huvudarbetet ex. alla utredningar ute på nätet, har utförts av Va-verkets personal samt att det som utförts av konsult har följts i sin helhet av egen personal. Detta för att utbilda samt trygga kunskapen inom egen personal samt för att i framtiden självständigt kunna använda sig av modellen.

Mätningar

Sommaren 1991 utfördes mätningar under 2 månader. Mätningar skedde i 7 st pumpstationer, 2 bräddavlopp samt 2 mobila nivå/hastighetsmätare som flyttades och totalt användes i 4 mätpunkter. Mätperioden var lyckad med många varierande regn. Med detta underlag kunde vi se sambandet mellan nederbörd och direkt nederbördspåverkan och ytors storlek kunde be-stämmas för ett flertal punkter och som senare användes som underlag för kalibrering av modellbeskrivningarna. Fyra regnmätare inköptes och placerades geografiskt så att 2 st täckte området ovanför landborgen och 2 st i det flacka området/ city nedanför landborgen, enär det är stor skillnad i klimat ovanför/ nedanför landborgen. Med dessa mätare räknar vi med att vi skall bygga upp egna lokala regnserier, för att använda vid utrednings- och beräkningsarbeten framledes.

HUVUDAVLOPPSYSTEM Modellbeskrivning MousePILOT



Figur 12 Modellbeskrivning MousePILOT(RTC)

Modellbeskrivning

Modelltekniken MouseRÖR används i kombination med MouseNAM, som beskriver hydrologipåverkan. Detta sker i systemet MousePILOT(RTC) där vi kommer att finna olika åtgärder för att uppnå våra mål.

Ett omfattande kartläggningsarbete har utförts, där varje kvarter utsatts för bedömning av anslutna hårdgjorda ytor. Uppgifter från arkiv samt okulärbesiktningar har samlats. För att modellen skall vara trovärdig var det nödvändigt att lägga upp en komplett modell över huvudledningsnätet, som av praktiska skäl delades upp i ett antal delmodeller.

- 10 st delmodeller på söder
- 5 st delmodeller på norr
- 1 st modell för Furutorpsgatans avrinningsområde

Totalt innehåller dessa delmodeller 9 pumpstationer, 24 bräddavlopp, 1318 knutpunkter samt 1339 ledningar. Dessa modeller har sedan förenklats och slagits samman till 2 st förenklade s.k. B-modeller på norr, 2 st på söder samt en förenklad B-modell över Furutorpsgatan. Delar av den modell som fanns från "Bangårdprojektet 1986" kompletterades och lades till en av B-modellerna på norr. Ovan nämnda 5 modeller innehåller i sitt förenklade utförande tillsammans: 9st pumpstationer, 26 bräddavlopp, 404 knutpunkter samt 445 ledningar.

De fem modellerna har kompletterats med det avskärande huvudledningsnätet. Därefter

gjordes ytterligare förenkling och den slutliga förenklade kallad D-modellen innehåller endast 8 pumpstationer, 18 bräddavlopp, 86 knutpunkter och 82 ledningar. Observeras bör dock att endast en pumpstation plockats bort samt 6 st bräddavlopp. De bräddavlopp som har tagits bort i den slutliga modellen har först kontrollberäknats i modellen med resultatet att de ej trätt i funktion, något har t.o.m. därefter byggts bort. Denna D-modell kan endast användas för att titta på volymer i olika knutpunkter och bräddavlopp. Skall hydrauliken studeras i nätet måste detta ske i B-modell.

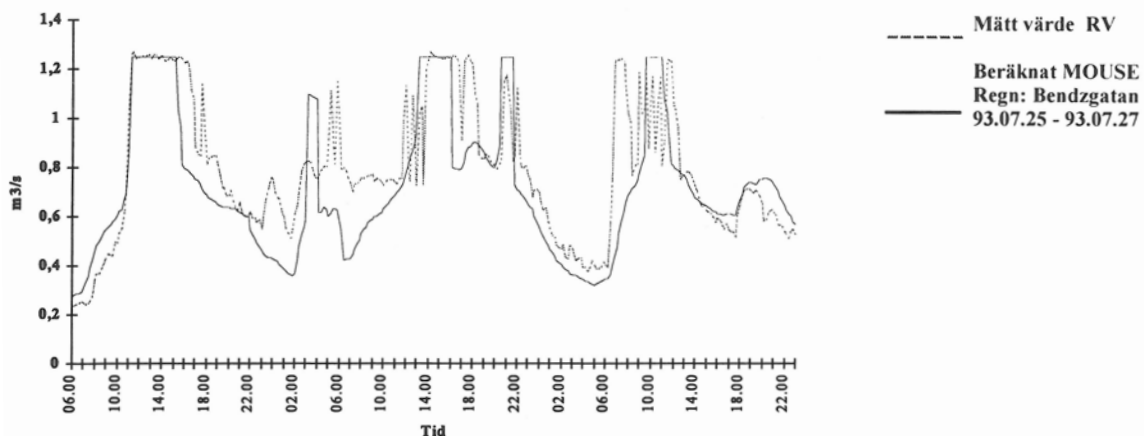
Kalibrering och verifieringsberäkningar

Modellbeskrivningen verifierades mot mätningarna som utfördes under sommaren 1991. För studier av variationer i tillrinningen till avloppsnätet har en generell hydrologisk modell (MouseNAM) använts, vilken kalibrerats mot flödesmätningar vid reningsverket. Vidare har den hydrauliska transportkapaciteten (flöden och nivåer) inom huvudavloppssystemet beskrivits med en MouseRÖR-modell.

De 5 B-modellerna har sedan verifierats mot fältmätningarna både vad beträffar flöden och trycknivåer inom huvudavloppssystemet för att uppnå en trovärdig beskrivning av systemets funktion. Ett stort antal beräkningar utfördes under 1992 i delmodellerna med verkliga regn från vår mätperiod. Resultaten har sedan jämförts "Mouseberäknade värden" mot de verkliga "mätta värden". M.a.p. dessa resultat har sedan justeringar i modellen gjorts.

T.ex. utförligare beskrivning av bräddavlopp har krävts, ökning av skillnader mellan stoppnivåer i pumpstationsbeskrivningen samt kontroller att pumpgång stämmer i modellbeskrivning mot verklighet.

Vi upptäckte också genom beräkningarna i delmodellerna med verkliga regn mot mätta värden att vi i vår modell fick mer vatten jämfört med mätta värden. Detta resulterade i att vi fick justera ytorna, i jämförelse med mätresultaten. Svårigheten är de duplicerade områdena där vi fått välja en %-sats som skall motsvara spillvattennängd + dräneringsvatten från fastigheterna, då vi i Helsingborg har regeln att dräneringen kopplas till spillvattennätet. Inom kombinerade områden är det däremot noggrant karterat samt att vi har god kännedom om dessa områden i övrigt.



Figur 13 Verifierad D-modell

Slutrevidering av den totalt förenklade modellen

Olika revideringssteg för att erhålla en verifierad modell:

- Anslutna ytor enl. indata reviderade m.a.p ombyggnadsarbeten som utförts under 1991-1993. Största insatsen var bortkoppling av Hälsovägens avrinningsområde för dagvatten med en ansluten yta på 112 ha, som tidigare belastat reningsverket. För att minska källaröversvämningar har olika åtgärder tillämpats, som inneburit ytterligare bortkoppling av ungf. 16 ha ansluten yta.
- Ett stort avrinningsområde, med hög procent ansluten hårdgjord yta (Furutorpsgatan avrinningsområde), var alltför kraftigt förenklat. Området utökades från en till tre grenar samt att koncentrationstiderna förändrades.
- Vid jämförelse av regnkurvor från mätt respektive beräknat värde upptäckte vi i vissa fall en förskjutning på exakt en timme. Detta visade sig bero på att klockan i regnmätarna ej var omställd från vintertid till sommartid, vilket däremot skett i redovisade värden från reningsverket. Justering i tidsaxeln fick därför göras vid jämförelse mellan kurvorna om det inföll under "sommartid".

Slutsatser

Då vi nu lyckats att få en så bra överensstämmelse mellan mätt och beräknat värde ansåg vi att vi nått fram till en trovärdig modell, som används för beräkning av nuläget. Resultaten av dessa stämde in med våra iakttagelser och erfarenheter. En del felkopplingar upptäcktes ex. kvarglömda överkopplingar som varit avsedda som tillfälliga under ett byggskede. Framförallt har vi lärt känna vårt nät ännu bättre och ordentlig dokumentation har gjorts om alla utförda undersökningar och kontroller.

Därefter uppdaterades denna modellbeskrivning i MousePILOT(RTC) med de planerade framtida åtgärderna och belastades med nederbördsdata för ett medelår. För att få en överblick över trånga sektioner och översvämningrisker inom tätorten har samtliga kombinerade områden beräknats genom belastning av de detaljerade Mousemodellerna med statistiska typregn. Beräkningarna har berört totalt 46 kombinerade områden med en total ansluten hårdgjord yta av 287 ha. Dessa har använts som bakgrund till föreslaget åtgärdsprogram.

De framtida planerade åtgärderna var som tidigare nämnts; åtgärder mot källaröversvämningar, separering av hårdgjorda ytor med påbörjad separering om det kan göras med relativt låg resursinsats. Ökad magasineringkapacitet i ledningssystemet planeras genom höjning av bräddnivån i en bräddpunkt (Brädd 11). Ökad transportkapacitet i avskärande ledningssystem erhålls genom ökning av pumpkapaciteten i vissa pumpstationer. Ett större område ca 62 ha ansluten yta som idag är en "separerad ö", som belastar reningsverket, åtgärdas nu i etapper med ny kulvert till nybyggt utjämningsmagasin för dagvatten och sedan vidare ut i Öresund.

Resultat av åtgärder

Samtliga bräddpunkter uppfyller, efter att föreslagna åtgärder utförts, de funktionskrav som formulerats beträffande bräddningsfrekvens. Den årliga bräddvolymen har reducerats i varierande grad i olika bräddpunkter, den totala volymen med 56 %.

De årliga bräddvolymerna visar nuvarande situation jan. -94 före åtgärder vara 1,6 % av den årliga avloppsmängden nu enl. åtgärdsprogram och målsättning 0,5 % av den årliga avloppsmängden.

MousePILOT(RTC)-modellen har för oss blivit ett arbetsredskap. Med hjälp av vårt driftöver-vakningssystem kan vi kontrollera flödesförhållandena på ledningsnätet i ett tiotal punkter som gör att vi kan fortsätta att finjustera modellen och få en ökad kunskap om flöden och bräddningar. Modellen har ökat förståelsen för vad som händer på nätet, enär det är lätt att pedagogiskt visa med kurvor samt profiler med flödande vatten. Vi har installerat ett antal regnmätare för att bygga upp egna lokala regnserier. Modellen tillsammans med årlig lokal regnserie används för att beräkna bräddpunkters volym och frekvens, som rapporteras årligen i miljörapporten till Miljöenheten på Länsstyrelsen. Därutöver används delmodellerna till att testa av planerade åtgärder för att få lösningen så kostnadseffektiv som möjligt d.v.s att få ut bästa möjliga resultat för minsta möjliga kostnadsinsats. Man har genom detta verktyg bättre förutsättning att få ett bättre beslutsunderlag, jämfört med vad man haft utan denna modell.

Framtida projekt

Då dagvattnet "frikopplades" från vår saneringsplan är det nu vårt nästa projekt. Ekologisk dagvattenhantering med mål att bidra till ökad biologisk mångfald genom att ta hand om regnvattnet där det faller, alternativt att minska vattenmängden till recipienten till ett minimum och därmed stimulera till naturlig rening av dagvattnet. I möjligaste mån skall föroreningarna tas om hand vid källan.

Framtagande av en **Ekologisk dagvattenhanteringsplan**, med åtgärdsförslag som bygger på inventering, kvantifiering och prioritering. En dagvattenmodell planeras att byggas upp och i överensstämmelse med miljöplanen för Helsingborg sträva efter ett lokalt omhändertagande både inom nybebyggelse och inför saneringsåtgärder inom befintliga områden, med hänsyns-tagande till läck- och dränsituationen. I detta projekt kommer vi ha stor nytta av erfarenheterna från tidigare uppbyggda Mousemodeller, en del redan befintliga kommer att användas och kompletteras i denna plan.

Exempel 4 Jönköping/Huskvarna

Jönköping/Huskvarna centrala delar.

Sammanfattning

Projektet går ut på att inom de centrala delarna av tätorterna Jönköping respektive Huskvarna beskriva hur avloppssystemet fungerar. Rapporteringen av bräddningar i den årliga miljörapporteringen förväntas utföras med beräkning i modell. Ledningssystemet inom området är till övervägande del kombinerat. Inläckage förekommer till ledningssystemet. Inom vissa delar förekommer översvämningssproblem.

Kontaktperson

Jan-Erik Bengtsson
Roland Thulin
Jönköpings kommun Tekniska kontoret VAF-avdelningen
Tel 036-105000

Bakgrund till projektet

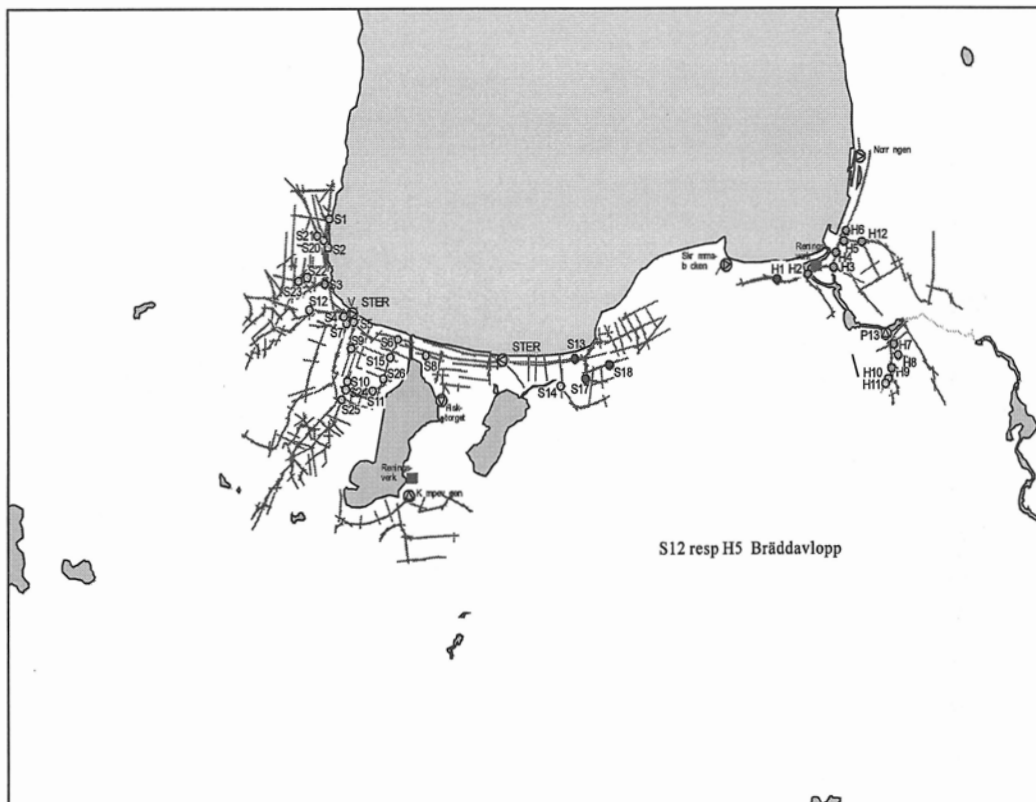


Figur 14 Områdeskarta

Området består av de centrala delarna med tätbebyggelse av flerfamiljshus. Här finns kommunens två stora avloppsreningsverk som betjänar Jönköping resp Huskvarna. Dessa verk belastas med avloppsvatten från självfallssystem och från pumpstationer inom området. Pumpstationerna får sitt avloppsvatten från kommunens ytterområden med mest småhusbebyggelse.

Ledningssystemet inom de centrala delarna består till huvuddelen av kombinerat system medan ytterområden med småhusbebyggelse har duplikatsystem. Avloppsreningsverket i Jönköping, Simsholmsverket har sitt upptagningsområde i de västra och södra delarna av kommunen. Här finns 4 större avloppspumpstationer som samlar ihop vatten från ytterområden för vidare transport mot verket. Bräddningar förekommer också i anslutning till dessa stationer och på ledningstarmar fram till dessa stationer. 37 bräddavlopp finns inom avrinningsområdet. Huskvarna avloppsreningsverk tar hand om avlopp från de östra delarna av kommunen. Här finns 3 större avloppspumpstationer som pumpar mot avloppsreningsverket. Bräddningar förekommer vid dessa stationer och på ledningar från dessa mot verket. 12 bräddavlopp finns inom avrinningsområdet.

Hur fungerar systemet vid belastning? Detta var en frågeställning som vi ville ha svar på liksom att vi visste att bräddningar förekom, men inte frekvens och volym. För att kunna svara i miljörapporten över anläggningarna krävdes också en genomgång av systemet.



Figur 15 Principskiss över ledningssystemet

Syfte med modellarbetet

Utredningsarbetet valdes att göras med stöd av datormodell, för att det då är möjligt att beskriva vad som händer i de punkter där mätningar ej finns eller är svåra att genomföra. Man kan beräkna vad som kommer att hända den närmaste tiden eller testa olika strategier vid häftiga regn för att minimera ogynnsamma konsekvenser. En modell har också den fördelen att effekten av planerade åtgärder kan testas beräkningsmässigt.

Följande etappmål har formulerats:

- ge en trovärdig beskrivning av systemfunktionen med avseende på bräddnings- och översvämningförhållanden samt tillrinningen till reningsverken.
- fastställa lämpliga funktionskrav på kort och lång sikt.
- föreslå åtgärds- och tidplan som uppfyller funktionskraven på kort sikt.
- föreslå handlingslinjer och åtgärdsprinciper på lång sikt.

Projektets arbetsgång och tidplan

Arbetet med framtagning av planeringsverktyget för Jönköping-Huskvarna startade på hösten 1993. En projektgrupp från kommunen och konsulten VBB Viak bildades och arbetet bedrivs i nära samarbete mellan parterna. VBB Viak har svarat för projektledning, utbildning och handledning samt rapportering. Kommunen ansvarar för framtagning och sammanställning av information om avloppssystemet och tillgängliga fältmätningar samt genomförande av kompletterande mätprogram.

Under sommaren 1994 utfördes ett stort mätprogram i olika punkter. Detta genomfördes av kommunen med hjälp av PROVEA, Växjö. Mätningarna har fortsatt och kompletteringar har gjorts under 1995. Dessa omfattade regnmätning, totalt 6 regnmätare, registrering i ett 20-tal bräddavlopp, flödesmätning och registrering av nödavlopp i 8 pumpstationer samt flödesmätning i 10-tal punkter på ledningsnätet (nivå/hastighet).

Parallellt har modellen vuxit fram och mätdata har använts för att kalibrera. Under våren 1996 har arbetet kommit till en punkt där sammanfattande rapport har börjat diskuteras och resultat från beräkningar har kunnat ge en inblick i hur nätet fungerar vid olika flödessituationer.

Modellbeskrivning - avgränsningar

Grunddata till modellerna har framtagits av kommunen. Detta arbete har uppskattningsvis tagit ett halvår räknat som en tjänst. Det som gjorts är digitalisering i plan, nivåer och dimensionsbestämning. Digitalisering har utförts från 2000-delar och arbetet har även innefattat att komplettera dessa i vissa avsnitt. Inom delar har kompletterande avvägningar utförts.

För flödesvariationen, tillrinningen till respektive avloppsreningsverk har **MouseNAM**-modeller upprättats för Jönköping resp Huskvarna. Hela avrinningsområdena till resp verk har setts som en enhet, enbox-modell, och kalibreringsperioden har som mest varit 10 år. Klimatdata för kalibrering, dygnsnederbörd, temperatur samt avdunstning, har hämtats från SMHI och dess mätstationer i Jönköping .

För Huskvarna reningsverk har kalibreringen givit att ca 10 km² dräneras dit av tillrinningsområdets totala yta av ca 25 km² (40%). Motsvarande värden för Simsholmens avloppsreningsverk är 20 km² dräneras av ca 47 km² (43%).

Den totala flödesbelastningen på reningsverken har översiktligt fördelats ut på vissa huvudgrenar i ledningsnätet. Denna utfördelning har baserats på gångtider i pumpstationer, hämtade från driftjournaldata.

För att beskriva hydrauliken i huvudavloppsneten har **MouseRÖR** använts. Ursprungligen 12 delmodeller (9 inom Jönköping och 3 i Huskvarna) har bearbetats , förenklats och slagits ihop. så för Huskvarna består beskrivningen av en modell och i Jönköping är beskrivningen uppdelad i 3 st delmodeller.

Antal modellkomponenter i de hittills verifierade modellerna:

Delmodell	Jönköping-Väster	Jönköping-Centrum	Huskvarna
Ledningar	182	141	121
Brunnar inkl strukturer	180	136	124
Bräddavlopp(även interna)	17	13	4
Pumpstationer	1	3	4

Beräkning av bräddningar i systemet har gjorts med **MouseRTC**. Beräkningar har gjorts för att ta fram ett medelår och ett maxår. För detta har modellen belastats med regndata från en egen uppmätt regnserie. Denna regnserie omfattar 10 år kontinuerlig mätning.

Andelen spillvatten i bräddvattnet är intressant för att bedöma föroreningsbelastningen på recipienten. Spillvattnet kan "märkas" vid beräkningen och med hjälp av **Mouse-TRAP** kan då andelen spillvatten i det bräddade vattnet erhållas.

Mätningar

Under sommaren 1994 utfördes ett stort mätprogram i olika punkter. Detta genomfördes av kommunen med hjälp av PROVEA , Växjö. Mätningarna har fortsatt och kompletteringar har gjorts under 1995. Dessa omfattade regnmätning, totalt 6 regnmätare, registrering i ett 20-tal bräddavlopp, flödesmätning och registrering av nödavlopp i 8 pumpstationer samt flödesmätning i 10-tal punkter på ledningsnätet (nivå/hastighet).

Mätningarna har tillgått så att ett antal mätare har flyttats runt i systemet. Hur länge man behöver hålla på beror på om man är nöjd med det resultat som erhålles och om lämpliga regn har fallit.

Efter de intensiva sommarmätningarna har kontinuerligt loggats data från regnmätare, från avloppspumpstationer i området och bräddmätarna. Detta för att bättre kunna verifiera modellen. Data från pumpstationer och även vissa regnmätare loggas i driftövervakningssystemen på verken och hämtas därifrån. Punktvisa kompletterande mätningar förekommer sida vid sida med att modellen växer fram och verifieras.

Hårdgjord yta som belastar det kombinerade systemet har karterats. Detta har gjorts med hjälp av sommarpraktikanter 2 st under ca 3 mån. För att ytterligare dokumentera hur ytor är anslutna har inom vissa områden speciella insatser gjorts på fältet.

Driftdata från både avloppsreningsverken och de större pumpstationerna inom området har använts.

En nattmätning har utförts i systemet för att få grepp om inläckagesituationen.

Kalibrerings och verifieringsberäkningar

Verifieringsarbetet av de olika delmodellerna och de olika musedelarna har skett mot mätdata och andra kända data. Arbetet har bedrivits med ett kontinuerligt bollande av problem mellan konsult och kommun. Kompletterande data har tagits fram av kommunen där så erfordrats. Genomgång av materialet har skett i projektgruppen ca varannan månad.

Resultat, slutsatser och åtgärdsförslag

I skrivande stund pågår fortfarande beräkningar och delvis verifiering av modellerna.

Vad som hittills kunnat konstateras är att bräddningar förekommer och att de är koncentrerade till vissa punkter. Frekvensen är ganska stor men den totalt bräddade volymen är liten, 0,4 % av totala flödet till avloppsreningsverket i Jönköping resp 0,2 % i Huskvarna. Genom den beräkning av spillvattenandelen som också gjorts kan konstateras att föroreningsbelastningen är liten på recipienten. Medelhalten spillvatten i bräddvattnet för ett medelår varierar mellan 6 och upp till 17 % för de olika bräddavloppen. Totalt innebär detta att ca 0,2 % av totala spillvattenmängden inom avbördningsområdet ej passerar avloppsreningsverket.

Dessa resultat gör att vår bedömning är att bräddproblematiken för oss är ett lokalt estetiskt problem och inte något stort föroreningsproblem. Detta har vid presentation för miljövärdande myndigheter vunnit förståelse, även om de ej vill ta någon direkt ställning i den slutrapport som är under framarbetande.

För de olika recipienterna som belastas med bräddvatten kommer en klassificering att föreslås. I denna fastläggs med vilken frekvens vid ett medelår som bräddning kan accepteras. Denna frekvens kommer sedan att styra vilka åtgärder som behöver vidtagas för att nå uppfyllelse.

Med modellernas hjälp har också beräkning gjorts på inläckage till systemet. För att kunna bedöma systemets funktion vid häftiga regn och ev risker för källaröversvämningar skall beräkningar göras med modellerna belastade med 5 resp 10 årsregn.

Några konkreta åtgärdsförslag har ännu inte framtagits.

Erfarenheter av projektet och nyttan med modellen

Mätningarbetet är omfattande och tidskrävande. Det är bara att hoppas att det regnar, annars får man avvakta till nästa sommar. Ansvar för mätdata var lite splittrat i vårt projekt. Fyra parter var inblandade, kommunen som ansvarade för framtagning av data, den konsult vi köpte mätning av, driftövervakningssystemets leverantör och till sist konsulten som jobbade med modellen. Många olika kuggar hade synpunkter och olika infallsvinklar i projektet. Inget ont utan att det medför något gott och det tror vi är att mätdata från olika parter har ifrågasatts av någon annan, vilket gjort att datan har skärskådats och en del fel och brister har framkommit.

Ett tidigt resultat av modellarbetet är att ledningar mot Huskvarna avloppsverk har byggts om.

Kunskapen om ledningsnätet ökar när man jobbar igenom systemet. Vi har t ex hittat ett "nytt" bräddavlopp.

Modellen har använts vid planering av ombyggnad av en av avloppspumpstationerna. Inom ett delområde har en förtätning gjorts i modellen för att lösa vissa översvämningssproblem.

Modellen har börjat användas för rapportering till miljömyndighet om bräddsituationen.

Bräddsituationen har kunnat belysas i siffror och den allmänna uppfattningen att va-systemet är dåligt har kunnat bemötas bättre.

För framtiden förväntas modellen ge underlag för planering av insatser och att belysa effekten av planerade insatser.

Avslutningsvis kan konstateras att dessa modeller är och blir ganska omfattande och komplexa vilket kräver god kunskap för att i framtiden hantera modellen. För att upprätthålla den kompetensen tror vi att det krävs resurser som enbart har till uppgift att jobba med modellsystemet.