

# Datormodellering för bestämning av bräddning — Ett nytt hjälpmedel vid upprättandet av saneringsplaner

Av Ronny Berndtsson, William Hogland og Magnus Larson

Forfatterne er alle sivilingeniører og ansatt på  
Lunds Tekniska Högskola.

## Inledning

I kombinerade avloppssystem regleras vattenflödet oftast med bräddavlopp. Vid överbelastning av ledningsnätet, t ex vid intensiva regn, avlägsnas förorenat vatten ur ledningssystemet utan föregående rening (bräddning). En stor del av den totala föroreningstransporten ut från urbana områden orsakas av bräddning.

För att kartlägga och avhjälpa avloppsproblem av denna typ genomförs i de flesta svenska kommuner en saneringsplan. Saneringsplanens syfte är att inventera aktuella avloppsproblem, så att de ekonomiska insatserna kan göras där de från miljösynpunkt får störst effekt. Vidare skall saneringsplanen ge bättre möjligheter att överblicka behovet av personella och ekonomiska resurser. Avloppssystem i tätortsområden är ofta komplicerade och därmed svåröverskådliga. När nybyggda områden ansluts till avloppssystem i äldre områden är det svårt att med handräkningsmetoder bestämma hur den hydrauliska situationen kommer att bli i olika punkter i ledningssystemet. Detta har ofta varit fallet i tätorter med gammal bebyggelse, där nya avloppssystem i takt med utbyggnader successivt kopplats på äldre centrala delar. I detta sammanhang utgör bräddningen ett svåröverskådligt problem. I äldre system

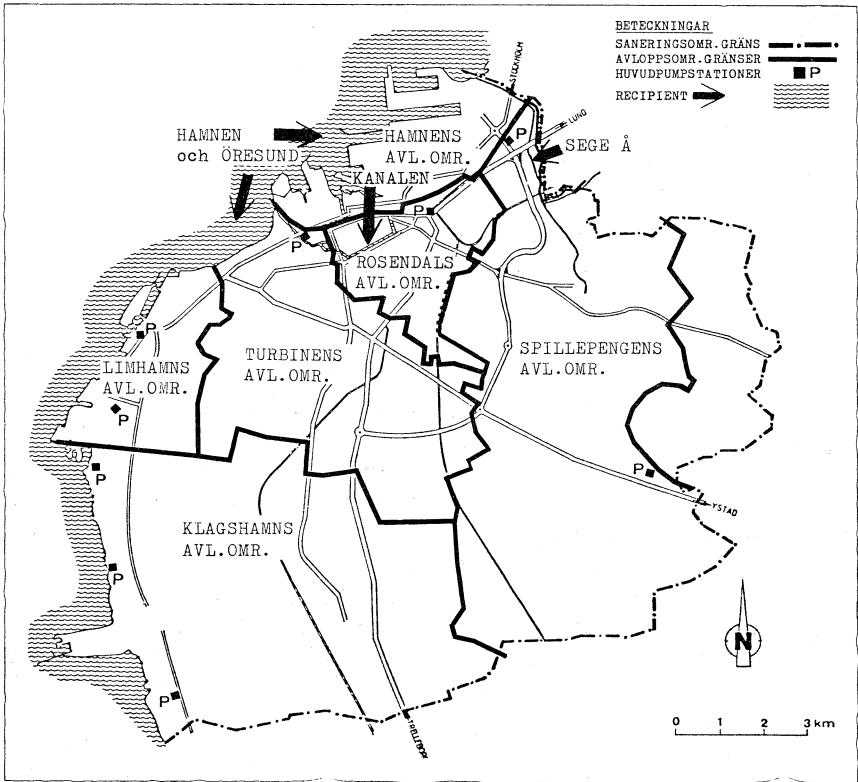
vet man oftast inte hur stora mängder bräddvatten som släpps ut vid respektive bräddöverfall och när detta sker. En av huvuduppgifterna vid upprättandet av saneringsplaner är således att bestämma bräddningens belägenhet i tid och rum samt vilka föroreningsmängder som släpps ut.

I samband med utarbetandet av saneringsplanen för Malmö tätort erhöll Institutionen för teknisk vattenresurslära medel av Malmö kommun för att utföra en bräddningsstudie inom delar av tätorten. Härvid användes en datormodell (Storm Water Management Model, SWMM), för att analysera bräddningsförhållandena i kommunen. Ett omfattande mätprogram genomfördes för att kalibrera modellen och verifiera beräkningsresultaten.

## Bräddningsbestämning genom datormodellering

Målsättningen med bräddningsstudien var att uppskatta årliga bräddade vattenvolymer och föroreningsmängder från respektive bräddöverfall inom de studerade avloppsområdena (se figur 1).

Härvid skulle även en indelning göras i olika recipienttyper, beroende på recipientens känslighet för bräddvattenutsläpp samt dess nuvarande och framtida utnyttjande.



Figur 1. De studerade avloppsområdena samt förekommande recipienttyper i Malmö kommun

Denna klassificering tjänade som underlag för bestämning av en acceptabel nivå på föroreningsutläppen och därmed för åtgärdsbehovet samt för prioriteringen mellan olika bräddavlopp.

Fyra olika typer av recipienter kan urskiljas som mottagare för Malmö tätorts bräddvattenutsläpp; Segeå, Kanalen, Hamnen, samt Öresund. Kanalen, som ligger i tätortens centrala delar, bedöms allmänt sett vara den ömtåligaste recipienten av de fyra (se figur 2).

För att kunna kalibrera den använda datormodellen placerades olika instrument för mätning av vattennivå och bräddningsfrekvens ut vid cirka 30 st bräddavlopp. Vid fem bräddavlopp togs dessutom kvalitativa prover på bräddvattnet för att tjäna som underlag för beräkning av föroreningsutsläpp.

Vid datorsimulering av avrinningsförhållandena i en tätort kan två olika huvudtyper av modelleringstekniker urskiljas med avseende på vilken typ av regndata som



Figur 2. Kanalen.

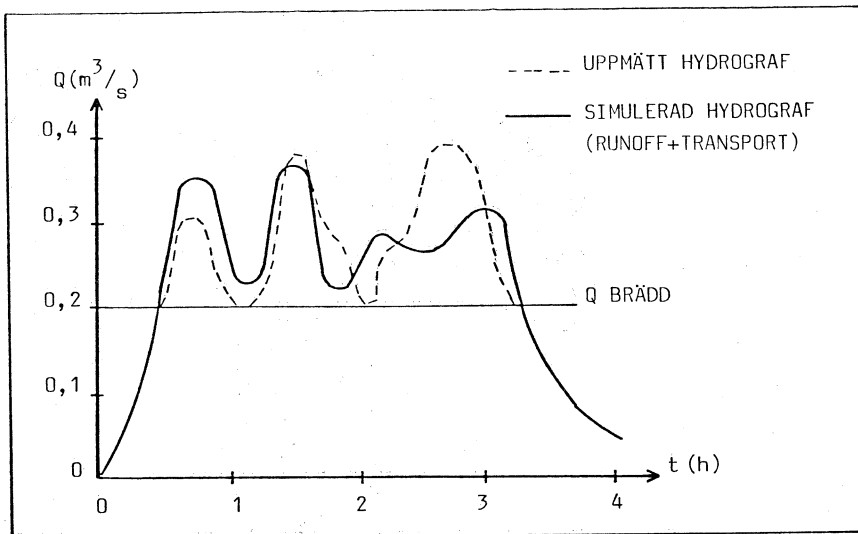
används. Vid simulering av enstaka bräddningstillfällen används endast en regnhändelse med hög tidsupplösning i regndata. När simulering görs för längre perioder, t ex flera år, används i stället långa regnserier och längre tidssteg. Om en noggrannare analys av ledningsnätets funktion vid bräddning fordras, genomförs simuleringar med enstaka regntillfällen.

Figur 3 visar resultatet av en sådan simulering för ett enstaka regntillfälle samt motsvarande uppmätta bräddningshydrograf.

Skillnaden mellan simulerad och uppmätt bräddvattenvolym var för detta tillfälle endast cirka 5%. För att erhålla tillförlitliga resultat måste korresponderande mätningar av regn och avrinning genomföras för ett flertal tillfällen, att utnyttjas vid kalibrering av modellen.

Kontinuerlig simulering används oftast som underlag vid planering av åtgärder i ledningssystemet. Denna typ av simulering lämpar sig således väl för bräddningsstudier. Verkliga regnserier kan användas för att uppskatta årliga bräddvattenvolymer samt bräddningens geografiska och tidsmässiga belägenhet, dvs vilka bräddavlopp som är mest frekventa och under vilka perioder av året. Eftersom långa regnserier används, fordras ett tämligen långt tidssteg för att beräkningsarbetet inte skall bli alltför omfattande. Vid simuleringen för Malmö tätort användes en tre år lång regnserie med en timmas tidssteg (ungefär 600 regn).

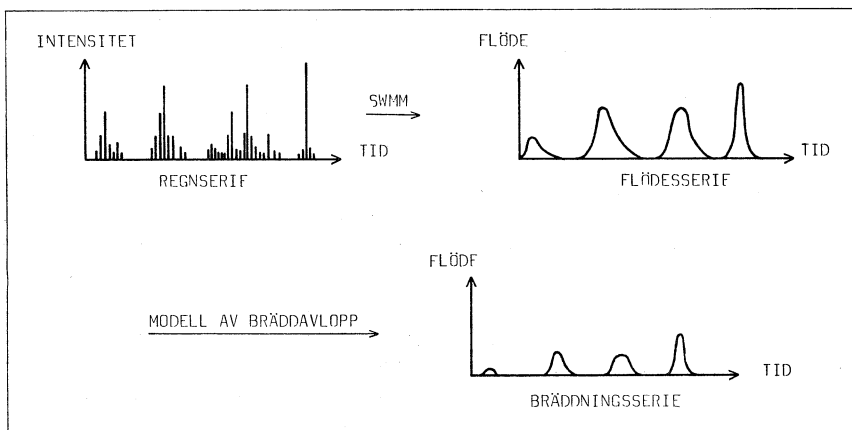
Avrinningen från en hårdgjord yta beskrivs i datormodellen SWMM med hjälp av kinematisk vågteori (Mannings formel +



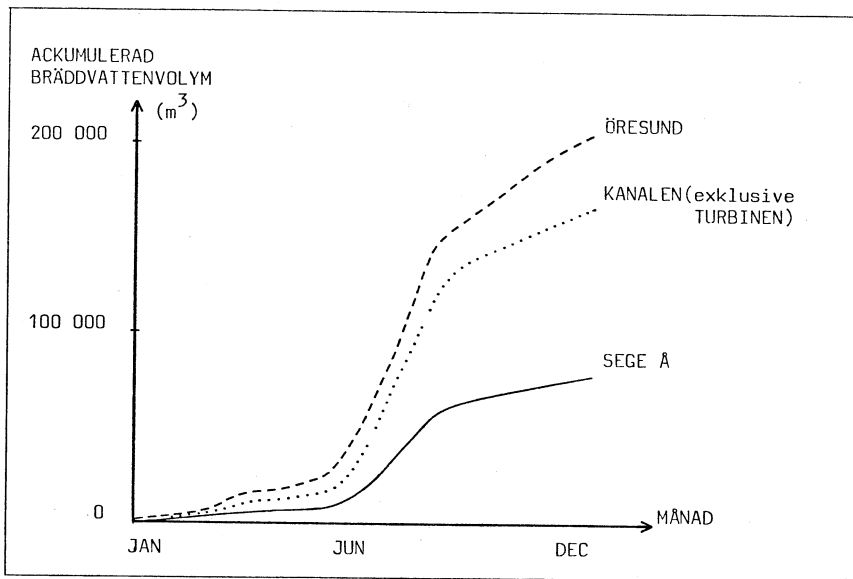
Figur 3. Jämförelse mellan simulerad och uppmätt bränningshydrograf vid ett regntillfälle.

icke-stationära kontinuitetsekvationen). Området schematiseras med hjälp av parametrar såsom totalarea, hårgjord area, lutning samt områdets vidd, vilken huvudsakligen bestämmer hydrografens form. Den

genererade flödesserien används tillsammans med en enkel hydraulisk modell av bräddavloppet för att beräkna bräddvolym vid varje enskilt regntillfälle. Tillvägagångssättet åskådliggörs i figur 4.



Figur 4. Simuleringsmodell för beräkning av bräddvattenvolymer.



Figur 5. Ackumulerad bräddvattenvolym för respektive recipient i Malmö.

Vid en jämförelse av simulerad och uppmätt bräddvattenvolym för ett av de större bräddavloppen i Malmö (perioden juli — oktober 1982) kunde konstateras en endast cirka 5%.

## Diskussion

Bestämning av bräddning med hjälp av datorsimulering kan innebära stora ekonomiska och praktiska fördelar t ex i samband med upprättandet av saneringsplaner. Hänsyn måste emellertid tas till att resultatet från varje typ av beräkningsmodell är helt avhängig tillgången och kvaliteten på indata.

Datormodellen måste således kalibreras mot uppmätta värden för att bli tillförlitlig.

Bräddningsstudien i Malmö visar att kontinuerlig simulering med hjälp av datormodellen SWMM väl lämpar sig för denna

typ av beräkningar. Uppmätta värden stämmer väl överens med simulerade bräddvattenvolymer.

Datormodellen kan efter kalibrering även användas för att simulera effekter av planerade förändringar av ledningsnätet (ofta används härvid enstaka regntillfällen).

För de studerade avloppsområdena i Malmö beräknades årliga bräddvattenvolymer för samtliga bräddavlopp. Uttransporterade föroreningsmängder till respektive recipient bestämdes därefter med utgångspunkt från schablonvärden på föroreningskoncentrationer. Dessa schablonvärden baserar sig på medelvärden för uppmätta koncentrationer vid fem olika bräddöverfall. Den ackumulerade bräddvattenvolymen över ett medelår illustreras i figur 5.

Av figuren framgår tydligt att den kvantitetsmässigt största belastningen på recipi-

enterna förekommer under månaderna juni—september.

När bräddningsförhållandena är kända hos varje enskilt bräddavlopp, kan en plan för hur en sanering av det kombinerade avloppssystemet skall genomföras tas fram.

En förutsättning för detta är naturligtvis kännedom om hur recipienten reagerar för olika typer av föroreningsutsläpp samt en plan för recipientens nuvarande och önskvärda framtida användning.

#### LITTERATUR

- Hogland, W, Berndtsson, R, Larson, M (1983), Bräddning i Malmö, årliga bräddvattenvolymer och föroreningsmängder samt förslag till bräddningsreducerande åtgärder, Rapport 3079, Institutionen för teknisk vattenresurslära, Lunds tekniska högskola/Lunds universitet, Lund.
- Hogland, W, Berndtsson, R, Larson, M (1984), Bräddning — Dimensionering, funktion och sanering av bräddavlopp samt beräkning av bräddvattenvolymer och föroreningsmängder, Rapport 3092, Institutionen för teknisk vattenresurslära, Lunds tekniska högskola/Lunds universitet, Lund.
- Larson, M, Berndtsson, R, Hogland, W (1984), Rening av bräddvatten, en litteraturundersökning, Rapport 3085, Institutionen för teknisk vattenresurslära, Lunds tekniska högskola/Lunds universitet, Lund.
- Hogland, W, Berndtsson, R, Larson M (1985), Qualitative Aspects and Modelling of Combined Sewer Overflow Discharge, Report, Department of Water Resources Engineering, Lund Institute of Technology/University of Lund, Lund (kommer att publiceras).
- Hogland, W, Berndtsson, R, Larson, M (1984), Estimation of Combined Sewer Overflow Discharge from the City of Malmö — Substratum for a Rehabilitation Plan, Eighth Nordic Hydrological Conference, August 6—8, 1984, Nyborg Strand, NHP Report No 5, Nyborg.
- Hogland, W, Berndtsson, R, Larson, M (1984), Estimation of Quality and Pollution Load of Combined Sewer Overflow Discharge, Third International Conference on Urban Storm Drainage, June 4—8, Chalmers University of Technology, Göteborg.
- Hogland, W, Larson, M, Berndtsson, R (1984), Flow Measurements for Estimation of Combined Sewer Overflow Discharge, Proceedings of Nordic Hydrological Program (NHP) in Trondheim, 16—18 October 1984, Trondheim.