

# FÖRDRÖJNINGSMAGASIN FÖR DAGVATTEN

## Spetsamossen i Växjö kommun

I Växjö hade man tidigare problem med dagvattenhanteringen i vissa delar av staden vid häftiga regn. Ett ditintills outnyttjat område i staden byggdes 1990 om till ett park- och lek område som vid skyfall utnyttjas som fördröjningsmagasin för dagvatten.

När man i Växjö skulle lösa sina problem med dagvattnet vid kraftiga regn fanns olika lösningar. En traditionell lösning hade troligtvis inneburit ombyggnad av drygt en kilometer ledning alternativt byggande av ett underjordiskt magasin. Det första alternativet hade medfört stora kostnader för ombyggnad och eventuell nyläggning av ledningar och ett underjordiskt magasin hade medfört mycket stora anläggningskostnader.

Istället utnyttjades en befintlig gräsyta där möjligheter fanns att på ett naturligt sätt ta hand om dagvattnet och samtidigt erhålla en trevligare miljö i området. För länge sedan var området sjöbotten och därför en dålig växtplats för träd och buskar.

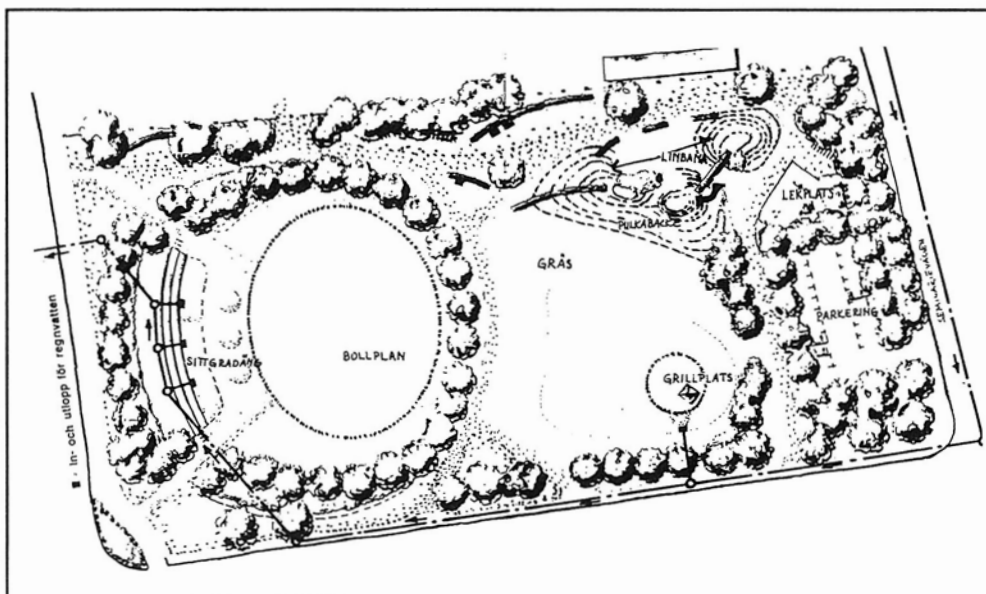
Hela området schaktades ur och dräneringsledningar till dagvattennätet lades på botten som

därefter iordningställdes med bollplan, lekplats, pulkabacke, grillplats, parkeringsplats, gräsmattor, buskar och träd.

### Tekniska fakta

Avrinningsområde	270 ha
varav hårdgjort	210 ha
Hela grönområdet	15 000 m <sup>2</sup>
varav magasin	6 000 m <sup>2</sup>
Uppdämningshöjd	ca 0,5 m
Uppdämningsvolym	3500 m <sup>3</sup>

Vid tillfällen med stor nederbörd stiger vattnet snabbt på de lägst liggande ytorna. Det tar endast 1-2 timmar innan ytorna är torrlagda igen. Avrinningen sker med självfall tillbaka ut i dagvattennätet. En pumpstation finns som säkerhet men har knappt behövt användas. När vattnet försvunnit måste marken rensas från skräp, lera och annat som under torrare perioder samlas i dagvattenledningarna och sköljs med ut vid stora flöden. Grusytorna räfsas och krattas medan gräsytor rensas från stora partiklar och sedan självläker på 2-3 dagar.



Figur 7 Spetsamossen - dagvattenmagasin och parkområde

Under sommarperioder med torr väderlek och låga grundvattennivåer sker en viss infiltration i marken medan grundvattenytan under resten av året står cirka en halv meter under markytan. Allt regnvatten avleds då till nätet.

### Ekonomi

Anläggningskostnad-

en var totalt 2,4 Mkr varav 1,7 Mkr för själva magasinet, inklusive ledningar, brunnar och dylikt. Resterande kostnad härrör från iordningställandet av lekplats och parkmark. Driftskostnaderna inskränker sig till rensningarna och normal parkförvaltning.

Denna kostnad kan jämföras med beräknad kostnad med lantbrukselement eller rörmagasin för motsvarande kapacitet.



Figur 8 Spetsamossen - dagvattenmagasin och parkområde

Anläggningskostnad per fördröjd kubikmeter:

600 kr	Spetsamossen - öppet magasin
2 700 kr	lantbrukselement
3 500 kr	rörmagasin

## Omdömen

Kjell Gustavsson, Gatukontoret, Växjö kommun

- *Det är en bra och billig lösning på dagvattenproblemet. Vid första urspolningen av dagvatten ur ledningarna varje sommarsäsong är vattnet smutsigt och föranleder driftskostnader. Nästa gång är vattnet rent och man ser botten i magasinet.*
- *Vi var lite försiktiga med flödesregleringen vid projekteringen, 500 l/s, vi kunde ha strypt mer.*

Ingvar Johnsson, Gatukontoret, Växjö kommun

- *Vi är själva nöjda och har endast erhållit positiva reaktioner från Växjöborna.*

Kenneth Hermansson, Parkavdelningen, Växjö kommun

- *Parken är mycket populär, bland annat för boule-spel. Området är finare nu med kullar och träd.*
- *Det enda underhåll som krävs förutom vanlig parkskötsel är rensningar av markyt-*

*orna en eller ett par gånger om året.*

Anders Lingborg, Länsstyrelsen, Kronobergs län

- *Det är en bra idé att kunna utnyttja ett område för två ändamål. Särskilt som dessa i detta fallet knappast krockar tidsmässigt.*
- *Vid planeringen av liknande områden krävs 100-%ig säkerhet vad beträffar ledningsnäten. Det får inte finnas någon risk för inblandning av avloppsvatten i dagvatten-systemet som området kopplas till.*

## Adresser

Växjö kommun, Gatukontoret, Kjell Gustavsson, Box 1222, 351 12 Växjö, tel 0470-412 46

Växjö kommun, Parkavdelningen, Kenneth Hermansson, Box 1222, 351 12 Växjö, tel 0470-410 00

Länsstyrelsen Kronobergs län, Anders Lingborg, 351 86 Växjö, 0470-860 00

## DAGVATTEN I STADSBILDEN

### Toftanäs i Malmö kommun

**Alternativa metoder att omhänderta dagvatten kan minska belastningen på recipienter och reningsverk samtidigt som stadsmiljön vinner på lösningar där dagvattnet tas om hand på sådana sätt att öppna vattenytor och nya grönområden skapas.**



**Figur 9** Vy över våtmarken i Toftanäs

VA-divisionen och Parkavdelningen vid Malmö Kommun, samarbetar i syfte att finna nya lösningar för omhändertagande av dagvatten i stadsmiljö. De förbättringar man önskar uppnå är gynnsammare system med avseende på avrinning och miljö. Andra metoder än de konventionella för avledande av dagvatten kan minska belastningen på recipienter och reningsverk, till exempel genom utjämning och rening i öppna magasin utformade som våtmarker och diken. Även stadsmiljön som

helhet vinner på lösningar där dagvattnet tas om hand ovan mark då man samtidigt kan skapa nya grönområden med öppna vattenytor i stadsmänniskors närmiljö.

Inom VA-divisionen och Parkavdelningen präglas synen på omhändertagande av dagvatten av målet att förbättra miljön och avrinningsförhållandena i staden samtidigt som det inte får kosta mer än dagens konventionella lösningar. Dessa båda avdelningar försöker påverka stadsplaneringen så att dagvattenhanteringen i ny bebyggelse löses med tillvaratagande av de naturliga förutsättningarna för rening i öppna magasin. Man har startat några projekt att dra lärdom av och kunna gå vidare ifrån, ett exempel presenteras nedan, och man har planer på större projekt.

### Toftanäs

Ett exempel ligger i Toftanäs och byggdes 1989. Dagvattnet från ett industriområde (under uppbyggnad) samt ett mindre bostadsområde, totalt 150 ha, samlas upp i ett dike och leds till en stor anlagd våtmark, totalt drygt 2 ha. I dagsläget, innan hårdgörningen av ytorna i industriområdet är slutförd, kommer en relativt stor del av tillrinningen från intilliggande jordbruksmark. Recipient för det renade vattnet är Risebergabäcken som i sin tur mynnar i Sege å.

Våtmarken är utformad med stor hänsyn tagen till miljön. Vattnet från uppsamlingsdiket leds via en liten damm vid inloppet till en vindlande bäck, som mynnar i en lite större damm vid utloppet. Vid hög belastning bräddar bäcken och hela området översvämmas. För att öka vattnets uppehållstid i våtmarken vid tillfällena med mycket nederbörd har man utformat denna så att huvuddelen av vattenflödet tvingas slingra sig fram mellan tre höjdparter, utformade som runda öar.

Hela området är tättbevuxet med inplanterade

och självsådda växter av olika slag anpassade till de olika miljözoner som finns inom våtmarksområdet. En zon översvämmas aldrig, en sällan, en ofta och vissa delar står alltid under vatten. Vissa djur har koloniserat våtmarken. Fiskar har tagit sig dit från vattendrag upp- eller nedströms, fåglar som strandvipa, tofsvipa och gräsand häckar på öarna, grodor har kommit långväga ifrån tack vare att grodägg fastnar på fötterna av till exempel änder och på så sätt förs till helt nya vattendrag. Där finns också ett stort antal olika insekter. Valet av växter har gjorts i samråd med lantbruksuniversitetet i Alnarp och limnologer och ekologer vid Lunds universitet. Forskare vid dessa institutioner följer kontinuerligt upp utvecklingen av växt- och djurliv i dammen och hur tillväxten av framförallt växtligheten påverkar reningseffekten i våtmarken.

**Faktaruta för Toftanäs - våtmark som dagvattenmagasin**

Avrinningsområde	150 ha
Våtmarkens yta	2 ha

Hur stor reningsgraden blir i våtmarken är inte klarlagt ännu eftersom industriområdet inte är färdigställt. På årsbasis har med nuvarande tillflöde från jordbruksmark och växthusodlingar en kvävereduktion på cirka 50% uppmätts.

## Ekonomi

Ekonomiskt sett är vinsten ringa eller ingen jämfört med konventionellt omhändertagande av dagvatten vad beträffar anläggningskostnaderna. För anläggning av dike och damm är kostnaderna av samma storleksordning som för utbyggnad av ett konventionellt dagvattensystem. Det som sparats på kort sikt är kostnaden för förstärkning av en överföringsledning genom bebyggelsen nedströms våtmarksanläggningen (cirka 4 milj kr). På lång sikt hoppas man att kostnaderna blir lägre än för dagens konventionella system. Öppna våtmarker medför små behov av underhållsarbeten.

Kostnaderna för uppföljning av flora och fauna samt reningseffekt täcks via forskningsbidrag och handhas av respektive institution.

## Kommentarer

Toftanäsanläggningen är ett bra exempel på hur man kan ta hand om dagvattnet i öppna system. Andra exempel finns i några andra städer, där man dock nöjt sig med att anlägga öppna dammar. I Toftanäs kombinerar man utjämningsmagasinet med en våtmark, vilket synes vara en lyckad lösning. Toftanäs, Spetsamossen och Båtmanstorpet är alla exempel på hur man med kreativt och logiskt tänkande kan skapa positiva lösningar på dagvattenproblemet - som faktiskt inte längre behöver vara ett problem överallt, utan en tillgång i stadsmiljön.

## Omdömen

Peter Stahre, rörnätschef, Malmö Gatukontor  
 - *kostnadseffektiv lösning*  
 - *en utmaning att anlägga våtmarksanläggningar inom tätortsområden*

Charlie Walker, Lena Peterson, Limnologiska institutionen, Lunds universitet  
 - *Det tar flera år innan bästa reningsresultat kan uppnås. Till exempel kommer algbloomingen att minska när träden växer upp och kan ge skugga. Idag ser vattnet i dammarna periodvis ganska oaptitligt ut under sommaren.*  
 - *Så länge utbyggnad av industriområdet pågår förändras avrinningsområdet hela tiden och våtmarken tillförs alltför mycket sediment.*  
 - *Vid planering av nya våtmarker bör hänsyn till hydrologin tas redan i inledningskedet. Långa uppehållstider och en blandning mellan dammar, diken och rena våtmarksavsnitt är viktigt för reningsresultatet.*

Margareta Gustafsson, landskapsarkitekt, Malmö kommun  
 - *Toftanäs är ett spännande och intressant projekt. De vattendrag och öppna vattenytor som LOD ger upphov till är i sig en kvalitet som bör tas till vara i stadsmiljö.*

- *Toftanäsområdet har goda förutsättningar att på sikt bli en värdefull oas för rekreation och naturstudier för närboende.*
- *Tyvärre är det anslutande diket djupt och har branta sidor. En samordnad landskaps-gestaltning mellan diket och våtmarken hade kunnat bidra till att göra området säkrare att vistas i.*

## **Adresser**

Malmö Gatukontor, Peter Stahre, Box 2500,  
205 80 Malmö, tel 040-34 16 23

Lunds universitet, Limnologiska Institutionen,  
Charlie Walker, Lena Peterson, Box 65, 221  
00 Lund, tel 046-10 70 00

Malmö Stadsbyggnadskontor, Översiktsplane-  
avdelningen, Margareta Gustafsson, 205 80  
Malmö, tel 040-34 23 17

## **Litteratur**

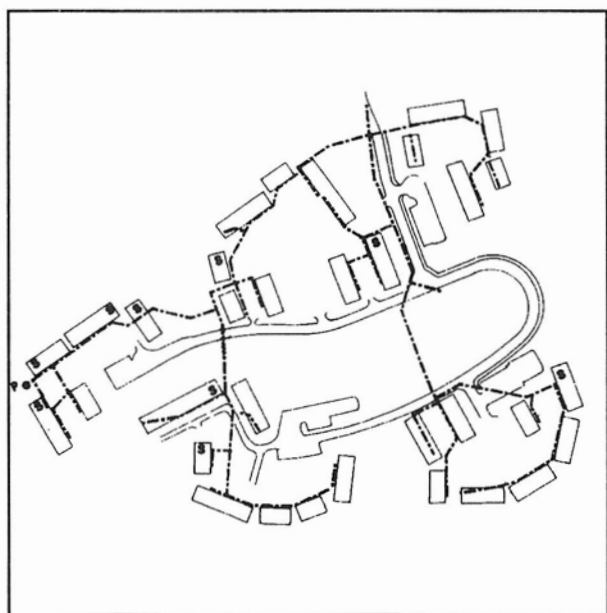
Persson, B., 1990, Plats för regn - Stad och  
land Nr 86, MOVIUM, VA-FORSK

Berggren, H. et al, 1991, Lokalt om-  
händertagande av dagvatten - Erfarenheter och  
kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-  
talen - Geohydrologiska forskningsgruppen,  
Chalmers tekniska Högskola, Göteborg 1991

## LEDNINGSPLANERING med GRUND LEDNINGSFÖRLÄGGNING och LOD

Varje år investeras stora summor på VA-systemen i tätorter. Runt om i landet pågår försök att på olika sätt minska dessa kostnader. Miljötänkandet är samtidigt utbrett och i nya VA-lösningar försöker man ta hänsyn till miljön, både med avseende på föroreningar och yttre miljö som till exempel grönområden.

Vid planering av nya områden har traditionellt de stora ledningsstråken planerats först och oftast förlagts till huvudvägarna genom området. Därefter har detaljplaner upprättats med ledningspåstick av olika slag till de grova huvudledningarna.



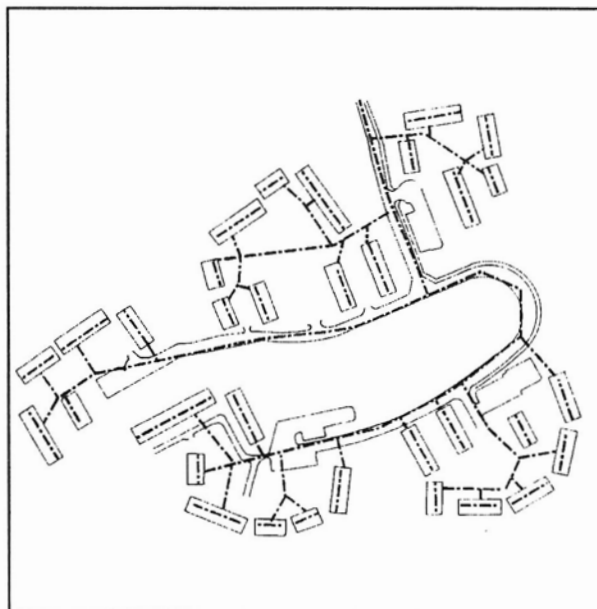
**Figur 10** "Ny" ledningsplanering inom området Båtsmanstorp

För att kunna effektivisera ledningsförläggningen bör planeringen istället ske "inifrån och ut". Det vill säga att för varje hus, varje grupp av hus och varje område bör man beakta den bästa placeringen av ledningarna och först därefter samplanera med kommunens försörjningsnät. Ofta kan dessa ledningsdragningar sammankopplas till lokala ledningsnät och kommunens ledningsnät minskas eller i vissa fall helt utgå. Även ledningarnas placering i området bör övervägas. Figur 9 och 10

belyser tydligt vad som här beskrivits. Det bästa alternativet är inte alltid att placera rörgravarna under områdets huvudvägar, vilket man vanligtvis gör.

Dagvattenledningens dimension kan minskas och grunda ledningsgravar med dränering kan utnyttjas som tillfälliga dagvattenmagasin när man på detta sätt planerar för användning av grund ledningsförläggning och lokalt omhändertagande av dagvatten, LOD. Om LOD planeras för ett område från början finns goda möjligheter att tillvarata den ursprungliga miljön.

LOD innebär att man försöker leda den nederbörd som faller över hårdgjorda ytor till så många utsläppspunkter som möjligt och att endast den del av nederbörden som omöjligt



**Figur 11** Konventionell ledningsplanering inom området Båtsmanstorp

går att infiltrera naturligt inom området, direkt eller efter magasinering, leds till dagvatten nätet eller ett naturligt vattendrag. Infiltrering och magasinering i till exempel öppna dammar har också en renande effekt på vattnet.

Vid grund ledningsförläggning utnyttjas den värme som vissa ledningar avger till att skydda andra ledningar från frostsador. Den ledning som normalt måste frostskyddas är dricksvattenledningen. Om dricksvattenledningen läggs i samma ledningsgrav som värmekulvert, elkablar och spillvattenledning kan värmeavgivningen från dessa ledningar och kablar utnyttjas för att minska tjäldjupet och på så sätt skydda dricksvattenledningen. Dagvattenledningen bör läggas separat eftersom den speciellt vintertid kyler sin omgivning.

För att hålla kvar tillräcklig mängd av den värme som de olika ledningarna avger i marken behövs på vissa platser någon form av isolering av rörgraven. Ett isolerande material läggs då ovanför eller runt ledningarna.

Det som kan sparas vid grundare ledningsförläggning än den traditionella är beroende av markförhållandena. Jämfört med traditionell ledningsförläggning är det på schaktarbetena som de stora besparingarna kan göras. Det som fördyrar grund ledningsförläggning är skyddet mot mekanisk belastning, framförallt under byggnadstiden, och frostskyddet. Om läggningsdjupet anpassas efter rådande bergprofil erhålls normalt större kostnadsbesparingar än den fördyring som frostskyddet medför.

De kostnadsbesparingar som kan uppnås är olika från område till område. Vid nybyggnad kan ett "systemtänkande" enligt ovan medföra besparingar på upp emot 5 000 - 10 000 kr per lägenhet. Att enbart införa grund ledningsförläggning eller LOD kan inte minska investeringskostnaderna i samma utsträckning.

## Båtmanstorpet i Härryda kommun

Ett område i Härryda, utanför Göteborg, har av HSB exploaterats i enlighet med det ovan presenterade systemtänkandet. Båtmanstorpet ligger i ett område med stora höjdskillnader och mycket berg. På en yta av cirka 4 ha ligger 107 radhus. Halva området stod inflyttningsklart januari -92, inflyttning i andra halvan sker under januari -93.

Området var från början planerat med konventionell dagvattenhantering varför kommunens ledning inte anpassats efter det mindre flöde som blir resultatet av LOD och ledningsplanering.

Regnvattnet från taken leds till brunnar och sedan vidare till öppna dagvattenledningar. I dessa utjämnas och infiltrerar vattnet.

## Ekonomi

I området har dimensionerna för dagvattenledningarna kunnat minskas från 200 mm till 100 mm. Vägarna inom Båtmanstorpet ligger på grund av områdets topografi ofta högre än husen. Med traditionell ledningsplanering styrde detta utformningen av ledningsschakten till djup på 3,5 - 4 m. Omplaneringen av ledningsnätet så att naturliga lutningar utnyttjas har inneburit att erforderligt läggningsdjup reducerats till cirka 1 m. Detta har medfört kraftigt minskade kostnader.

## Kommentarer

Tack vare infiltration får man en viss rening innan dagvattnet släpps ut i marken. Vanligtvis släpps dagvatten direkt ut i recipient, långt från området där nederbörden föll. Med denna metod återförs vattnet till naturen inom samma område och kan komma växtligheten tillgodo samt fylla på grundvattenmagasinen.

## Omdömen

Kurt Larsson, HSB, projektansvarig

- *En vettig lösning. Vattenbalansen i naturen förväntas bibehållas bättre både inom och utanför området.*

Per Johnsson, SBS - totalentreprenör

- *Vi sökte en konsult med annorlunda idéer vad beträffar dagvattenhantering (Hans Berggren, VBB VIAK) och är nöjda med resultatet. Detta byggnadssätt är billigare, förvaltningen är enklare och billigare och det är ett system som är mycket bättre anpassat till miljön. Metoden är oprövad för oss men vi tror inte den ska medföra några problem.*

**Adresser**

HSB Göteborg, Kurt Larsson, Box 31111, 400  
32 Göteborg, tel 031 - 85 91 94

SBS, Per Johnsson, Box 21019, 400 71 Göte-  
borg, tel 031 - 69 47 21

**Litteratur**

Persson, B., 1990, Plats för regn, Movium och  
VAV VA-forsk, Stad och land Nr 86

Berggren, H. et al, 1991, Lokalt omhänder-  
tagande av dagvatten - Erfarenheter och kun-  
skapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen,  
Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska  
forskningsgruppen, Meddelande nr 91



# STYRNING AV FLÖDEN I KOMBINERADE AVLOPPSLEDNINGSNÄT

## Projektet "Ormen" i Stockholm

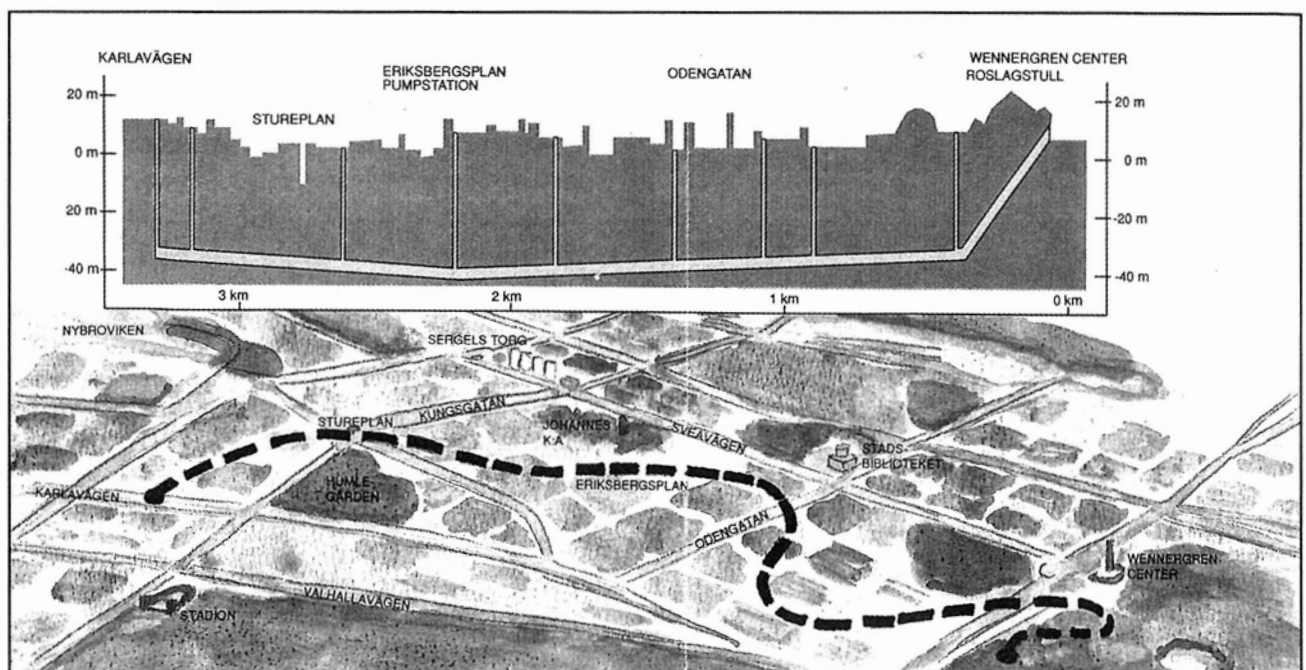
I de större städernas innerområden är avloppssystemen ofta kombinerade, det vill säga spillvatten och dagvatten avleds i samma ledning. När det regnar får man då problem med källaröversvämningar och bräddningar av orenat spillvatten ut i vattendragen. Så är fallet också i Stockholm.

Särskilt har man haft problem i området Vasastan - Norrmalm - Östermalm. Periodvis har man också oacceptabla bräddningar till bland annat Riddarfjärden, Nybroviken och Brunnsviken. I Stockholms avloppsplan från 1983 har problemen i dessa områden föreslagits bli avhjälpna med hjälp av utjämning i fem olika utjämningsmagasin med en sammanlagd volym av 15 000 m<sup>3</sup>. När idéerna om ett enda, större utjämningsmagasin djupt nere i berget kom fram, befanns detta vara både ekonomiskt och miljömässigt fördelaktigt.

Under byggnad är därför en ca 3,5 km lång tunnel med diametern 3,5 m och volymen drygt 30 000 m<sup>3</sup>. Tunneln ligger 40 - 50 m

under marken och ringlar sig fram under Stockholms centrum, och kallas därför "Ormen". Tunneln går från Roslagstull till Karlavägen. Tunneln fullortsborras.

Avloppsvattnet förs till tunneln via åtta vertikala schakt med en diameter av mellan 600 och 1200 mm. Sex av de åtta tillloppsschakten har reglerbara, motordrivna skibord. Dessa kan ställas in så att tunneln utnyttjas på ett så effektivt sätt som möjligt, utan att riskera källaröversvämningar. När tillrinningen till tunneln har upphört, pumpas vattnet vidare till Henriksdals reningsverk via en stor pumpstation, belägen under Eriksbergsplan. Till en början kommer de reglerbara skiborden och pumpstationen att styras på ett relativt enkelt och säkert sätt. Signaler från bland annat nivågivare ger besked om när tunneln håller på att bli full, varpå skiborden höjs och tillrinningen upphör. I nästa utvecklingsfas kommer en mer avancerad så kallad realtidsstyrning att tillämpas. Signaler från inte bara nivå- och flödesmätare kommer då att tas in till den centrala



**Figur 12** Utjämningsmagasinet "Ormen" har byggts under Stockholm city för att vid kraftig nederbörd minska utsläppen av avloppsvatten till recipienter.

datorn, men också signaler från nederbörds-mätare. Datorn, som är placerad i pumpstationens kontrollrum, kommer då att kunna göra prognoser för hur stora flödena i ledningsnätet kommer att bli den närmaste tiden. Styrningen av tillflödena och pumpningen kan då ske så att tunneln utnyttjas oftare och så att större vattenvolymer lagras. Säkerheten mot källaröversvämningar kommer att vara viktig vid denna realtidsstyrning, även om riskerna för översvämningar ökar ju effektivare tunneln utnyttjas. Styrningen blir, kan man säga, en balansgång mellan att minska riskerna för källaröversvämningar och bräddningar. - I en framtid blir det möjligt att också utnyttja signaler från väddradarstationer för att öka förvarningstiden och därmed få ett än effektivare utnyttjande av tunneln.

#### Tekniska fakta för "Ormen"

Tunnellängd	3,5 km
Diameter	3,5 m
Volym	30 000 m <sup>3</sup>
Djup under markytan	40-50 m
Beräknad minskning av bräddvolym från 100 000 m <sup>3</sup> till 30 000 m <sup>3</sup> per år vid fullt utbyggd realtidsstyrning.	

Omfattande hydrauliska analyser och simuleringar av flödena i ledningsnätet ligger till grund för besluten. Beräkningarna i Avloppsplan 1983 gjordes med datormodellen SWMM. Beräkningarna för "Ormen" har gjorts med MOUSE, men också andra modeller har använts. Vid beräkningarna av hur mycket som kommer att bräddas har modellerna MOUSE-SAMBA och SIMNON använts.

Genom Ormen kommer bräddningarna till Stockholms inre recipienter att minska från ca 100 000 m<sup>3</sup> per år till ca 30 000 m<sup>3</sup> per år, när realtidsstyrningen utnyttjas fullt ut. Ormen medför också att det långsiktiga men kostsamma arbetet med förnyelse av avloppsledningarna i Stockholms city kan förenklas och förbilligas, genom att kraven på hydraulisk kapacitet kan ställas lägre. Man kan då i större

utsträckning använda infodring av de befintliga ledningarna.

## Ekonomi

Totalkostnaden för "Ormen" har beräknats till cirka 150 Mkr. Till detta kommer kostnaderna för realtidsstyrningen, cirka 10 Mkr. Trots de stora summorna, har "Ormen" befunnits vara ett klart kostnadseffektivt sätt att lösa avloppsproblemen i Stockholms centrum.

## Kommentarer

Ormen är ett storskaligt exempel på hur man med nya datorbaserade beräknings- och simuleringsmetoder, moderna och rationella byggmetoder samt datorstödd drift på ett kostnadseffektivt sätt kan lösa problemen med kombinerade ledningsnät i de stora städernas innerområden.

## Omdömen

Åke Jonsson, avdelningschef, Stockholm Vatten AB

- *Fullborrningstekniken är utomordentligt driftsäker och medför inga störningar för boende, trafik etcetera.*
- *Våra erfarenheter pekar entydigt på att de initialt högre kostnaderna för tunnelalternativet mycket väl är konkurrenskraftigt när kostnaderna för alla störningar medräknas vid alternativet med öppen schakt.*
- *Även för de anslutande ledningarna i projektet, cirka 500 m, har den konventionella metoden med öppen schakt fått stå åt sidan för tunnelteknik. I detta fall så kallad microtunneling som medför avsevärt lägre kostnader vid anläggning mitt i centrum och på 5-7 meters djup.*

Gilbert Svensson, tekn. dr., VBB VIAK/Chalmers

- *Tunneln, fullt utbyggd med realtidsstyrning av påsläppen från det kombinerade avloppsnätet, kommer att medföra stora minskningar av både bräddningar och översvämningar.*
- *Det är mycket viktigt att vi även i Sverige*

*får en stor realtidsstyr anläggning. Vi kan med denna både utveckla tekniken och får större möjligheter att hänga med i den internationella utvecklingen.*

## **Adresser**

Stockholm Vatten, Avdelningschef Åke Jonsson, Box 6407, 113 82 Stockholm, tel 08 - 728 01 00

Chalmers Tekniska Högskola, VA-teknik, Gilbert Svensson, 412 96 Göteborg, tel 031 - 772 21 26, fax 031 - 772 21 28

## SUPERTUB

### Kista i Stockholms kommun

När Ärvingefältet i Kista utanför Stockholm skulle bebyggas prövade Stockholm Vatten en ny metod, den så kallade Supertuben. En ledningsschakt med vatten-, avlopps- och dagvattenledning ersattes av en kulvert med samförläggning av alla ledningarna.

På en sträcka av 70 m gjordes kulverten gåbar med en innerdiameter av 2,3 m, i GAP-plast. Resterande ledningssträcka, ca 520 m, gjordes i betong med innerdiametern 2,0 m.

Kulverten trycktes in i jorden med hjälp av domkrafter och styrrör. Jorden bestod av lös till mycket lös lera. Själva tryckningen av så stora rör var ny teknik, och följdes upp i ett forskningsprojekt som finansierades av Byggnadsrådet. De viktigaste erfarenheterna från tryckningen var att vattensmörjning av rören var nödvändig för att minska krafterna

och att tryckningen bör ske sammanhängande eftersom längre stillestånd orsakar att rören suger fast i leran. Sättningarna efter tryckningen var små, mindre än en centimeter, beroende på att man inte fick någon jordundanträngning vid spetsen.

Anslutande serviser påkopplades via teleskopanslutningar på kulvertens hjässa. Möjligheter finns att trycka också dessa i stället för öppna schakter.

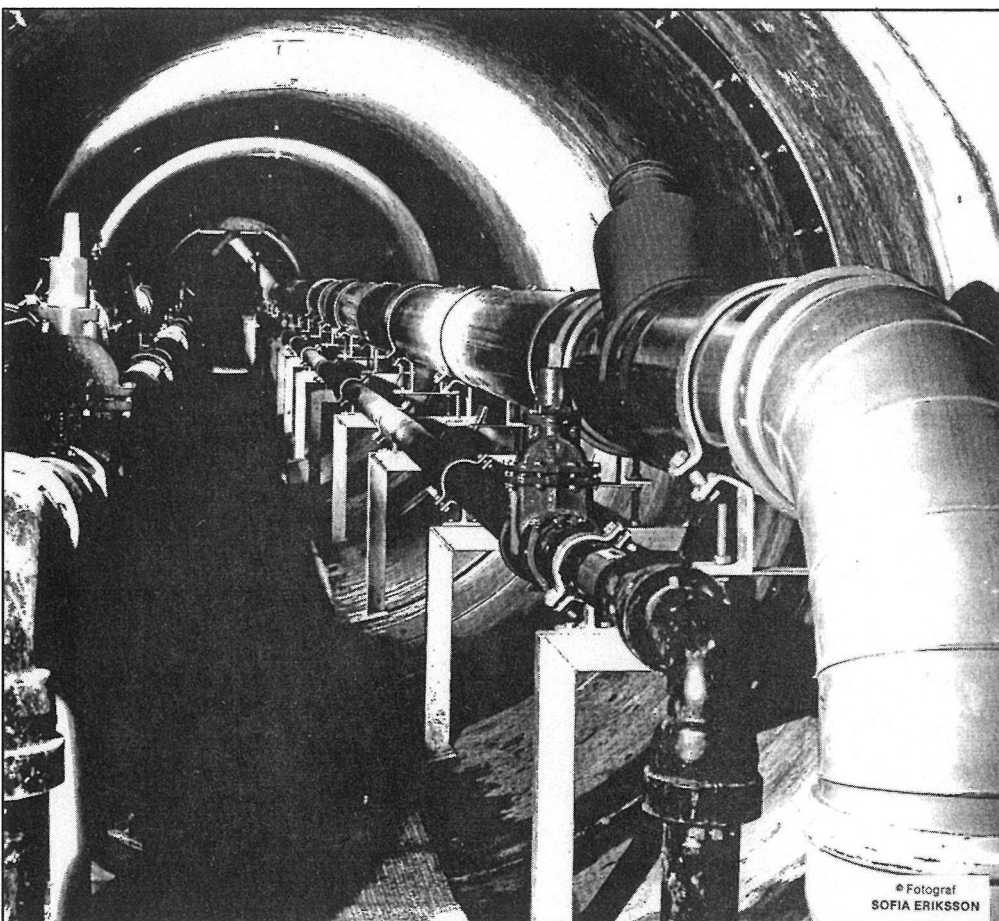
Supertubens fördelar är kortfattat

- att störningarna för trafik och andra markaktiviteter minskas under byggtiden
- att underhållet förenklas genom att ledningarna är lätt åtkomliga för inspektion och eventuell reparation
- att rören troligen får en längre livslängd genom att de skyddas mot påverkan från omgivande jord och grundvatten
- att anläggningskostnaden blir lägre

### Ekonomi

Kostnaderna för anläggningen av Supertuben i Kista har jämförts med den kalkylerade kostnaden för en konventionell öppen schakt. En konventionell anläggning hade i Kista krävt såväl grundförstärkning som sponter.

Verklig anläggningskostnad för Supertuben blev ca 18 Mkr, jämfört med den kalkylerade kostnaden för



Figur 13 Supertuben

konventionellt byggande 27,5 Mkr. Den minskande kostnaden för underhållet har ännu inte kunnat beräknas.

<u>Tekniska fakta</u>		
	GAP-rör	Betongrör
Rörlängd	3,0 m	1,4 m
Ytterdiameter	2,4 m	2,4 m
Innerdiameter	2,3 m	2,0 m
Vikt	2,1 ton	5 ton

## Omdömen

Avdelningschef Åke Jonsson, Stockholm Vatten:

- *Supertuben var för oss ett mycket lärorikt projekt. Förutom att vi genomförde en komplicerad upphandling på grund av det omfattande forskningsarbetet fick vi möjlighet att testa effekterna av en varierande grad av vattensmörjning samt rörmaterialets betydelse för tryckkrafter med mera. Servisledningarna kunde tyvärr inte tryckas på grund av att planläget för fastigheterna förändrades.*
- *Projektet blev en ekonomisk framgång.*

Projektledare Ivar Öhman, Tyréns företagsgrupp AB:

- *Supertuben är en i många avseenden ny teknik för att projektera, samordna och utföra olika typer av ledningar. I gamla stadskärnor kan man samla upp ledningar i en supertub utan att förstöra värdefull miljö och göra upprepade ingrepp i stadsmiljön. Fördelen är att man vid stadsplaneringen får en tredje dimension till sitt förfogande, en särskild nivå som berörs vid ändringar. Flexibiliteten blir stor vad avser möjligheterna att planera och utföra nya ledningar eller ändra ledningsdimensioner.*
- *När det gäller av Fastighetsnämnden anvisad mark i nybyggnadsområden har geoteknikerna möjligheten att vara med och bestämma hur en tub skall ligga och utfor-*

*mas för att bäst kunna fylla sin funktion. Pressningsarbetena kan sedan utföras utan störning av annan byggnadsverksamhet i området. Vid inredning av tuben har man sett fördelen av att arbetet sker på så att säga en nivå för sig. Utbyggnad av ledningssystemet och ändringar kan sedan utformas och utföras i takt med behovet. Lagade asfaltytor behöver inte vittna om gjorda misstag.*

## Adresser

Stockholm Vatten, Avdelningschef Åke Jonsson, Box 6407, 113 82 Stockholm, tel 08 - 728 01 00

Tyréns företagsgrupp AB, Projektledare Ivar Öhman, Box 1512, 172 29 Sundbyberg, tel 08 - 627 85 00

## INFORMATION TILL VA-SYSTEMETS BRUKARE

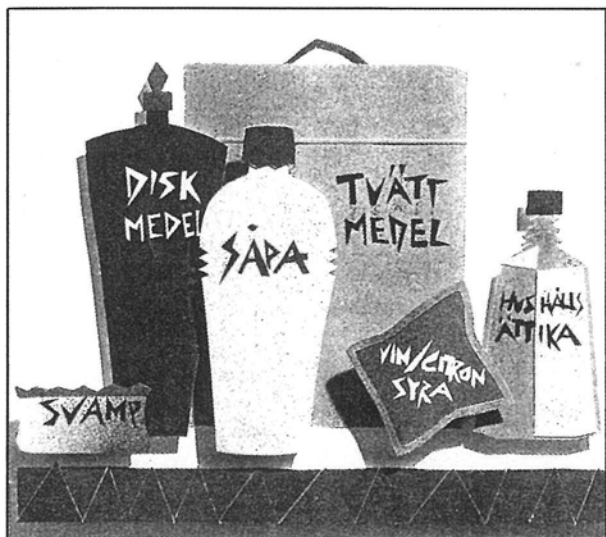
Den ökande användningen av kemikalier i hela samhället avspeglar sig i avloppsvattnets sammansättning och medför problem i våra reningsverk. Reningsverken tar ofta emot avloppsvatten från både industrier och hushåll. Cirka hälften av kemikalieutsläppen till avloppet står hushållen för.

Bland de produkter som normalt används i ett hushåll finns kemikalier som inte kan brytas ned ens i de mest moderna kommunala reningsverken. Istället kommer dessa ut i naturen och belastar miljön på olika sätt. Särskilt i små och enkla reningsverk är reduktionen av kemikalier ofta låg och utsläpp av t ex kväve och fosfor resulterar i övergödning av recipienterna.

På många håll är man övertygad om att en minskning av föroreningsbelastningen på naturen kan uppnås på fler sätt än utbyggnad av reningsverken. Med hjälp av ökad kunskap hos alla kan användningen av olika kemikalier reduceras eller bytas ut till andra som lättare kan oskadliggöras.

### Stockholm

Stockholm Vatten, med ansvar både för dricksvattenförsörjning och avloppsvattenrening, har sedan många år ett nära samarbete



Figur 14 Miljövänliga rengöringsmedel

med industriföretag inom för miljön viktiga branscher. Detta har lett till att många industriutsläpp av miljöskadliga ämnen har upphört eller minskats. Vid Henriksdals reningsverk har man kunnat avläsa en tydlig reduktion av miljögifter och tungmetaller i utgående vatten och i rötslammet.

Under 1989 genomfördes i Stockholm en undersökning av avloppsvattnet från några väl definierade bostadsområden. Halterna av ett stort antal olika ämnen i respektive områdes avloppsvatten analyserades och jämfördes med halterna i inkommande avloppsvatten till Henriksdals avloppsreningsverk. Undersökningen visade att *hushållen* i Stockholm svarar för cirka hälften av utsläppen av miljöskadliga ämnen till avloppsnätet.

Stockholm Vatten beslöt att försöka minska kemikalieutsläppen från alla hushåll genom att hjälpa människor till kunskap om hur var och en med sin lilla insats kan minska den totala föroreningsbelastningen på miljön. Stockholm Vatten startade 1990 en långsiktig informationskampanj gentemot hushållen.

I första skedet valde man att rikta in sig på det volymmässigt största problemet: tvätt-, disk- och rengöringsmedel. Målet var att få stockholmarna att använda miljövänligare produkter och dosera rätt, samt att på sikt påverka även producenter och importörer att i ökande utsträckning miljöanpassa sina produkter.

Alla hushåll, cirka 750 000 stycken, som antingen får dricksvatten från eller skickar sitt avlopp till Stockholm Vatten, alla ägare av större fastigheter, alla fastighetsskötare och återförsäljare av tvättmaskiner fick under våren 1990 brev om vikten av att alla hjälps åt att minska belastningen på miljön. Brevet beskrev lämpliga produktval och innehöll dekaler med doseringsanvisningar för olika tvättmaskinsstorlekar. Någon månad senare gjordes ett utskick med en hushållsaffisch med tips om rengöringsmetoder för olika material

och ytor i hemmen. För att minska utsläppen även av andra kemikalier satsades på en så kallad Tur & Retur-kampanj. Renhållningsföretagens personal, färghandlarna, apoteken och bensinstationerna fick brev, informationsfoldrar och dekaleringar som uppmanade människor att återlämna överblivna kemikalier till inköpsstället för särskild insamling och destruktion och *inte spola ut det med avloppet* eller slänga dem i hushållssoporna. Alla hushåll fick även samma information hemskickad.

<u>Fakta</u>	
Antal hushåll	750 000 st
Kostnad för utskick och annonsering	
Dosering och val av rengöringsmedel	5 milj kr
Tur & Retur	2 milj kr

## Resultat

Informationskampanjen planeras pågå under ett flertal år med bearbetning av olika målgrupper. Redan i detta stadium har en effekt kunnat avläsas. Utsläppen av ämnen från tvätt-, disk- och rengöringsmedel har minskat tydligt, antalet fasta föremål i avloppsvattnet har minskat, försäljningen av såpa och miljöanpassade tvättmedel har ökat kraftigt och insamlingen av färg, olja och övriga kemikalier har fördubblats.

Genomslagskraften för kampanjen blev mycket god. 6 av 10 Stockholms-hushåll kommer spontant ihåg kampanjen och vad den innebär.

## Kostnad

Hittills har kostnaden för kampanjen varit totalt 7 Mkr, varav cirka 5 Mkr för den första delen om dosering och rengöring, inkluderat hushållsutskick, interninformation, trycksaker, annonsering i press och på allmänna platser med mera. Den andra delen, Tur & Retur, kostade cirka 2 Mkr.

## Uppföljning

Varje kampanjsteg skall följas upp med enkäter, försäljningsmätning av olika produkter och begränsad mätning i avloppsvatten från två väl avgränsade bostadsområden.

## Omdömen

Gunilla Brattberg, Stockholm Vatten

- *Kampanjen är ett bra sätt att öka medvetenheten om vatten och dess betydelse samt att alla måste hjälpas åt att bevara vår miljö.*

Charlotte Gunsell, Stockholmsbo

- *Bra initiativ. Inriktningen kunde varit mer mot att undvika giftiga ämnen. Nu blev det mest en fråga om vilka tvättmedel och vilken dosering som är bäst.*

## Älekulla i Marks kommun

I Marks kommun ville man undersöka om det gick att väsentligt förbättra avloppsvattnet genom att förändra kemikalieanvändandet i hemmen. Som försökssamhälle valdes Älekulla med ett begränsat antal hushåll och utan industripåverkan. Fosfor valdes som försöksparameter på grund av att den endast måttligt reduceras i enklare verk och att det är en enkel analys.

Avloppsanläggningen består av två slamavskiljare och efterföljande biologisk damm. Den var i princip maximalt utnyttjad. Samtidigt pågick en utbyggnad av samhället med två flerfamiljsfastigheter, dvs från 20 hushåll till knappt 30. Om belastningen från hushållen kunde minskas skulle det innebära att en ut- och ombyggnad av reningsverket för ca 500 000 kr kunde undvikas eller skjutas på framtiden.

I februari -89 togs skriftlig kontakt med avloppsabonenterna angående åtgärder för att minska utsläppen av fosfor till avloppet. Tips om lämpliga produkter vid tvätt och rengöring bifogades. I april knackade personal från gatukontoret dörr och delade ut tvätt- och disk-

medel. Från och med maj tillhandahöll affären i Älekulla miljövänliga produkter som subventionerades av Marks kommun.

## Resultat

Under sommaren följde gatukontoret upp satsningen med en enkätundersökning om Älekullabornas inställning till försöket. Enkäten visade att innevånarna ställde sig positiva till användning av miljövänliga produkter och att miljömedvetandet och kunskaperna ökat.

Under maj till september analyserades fosforhalten på inkommande och utgående vatten varje vecka.

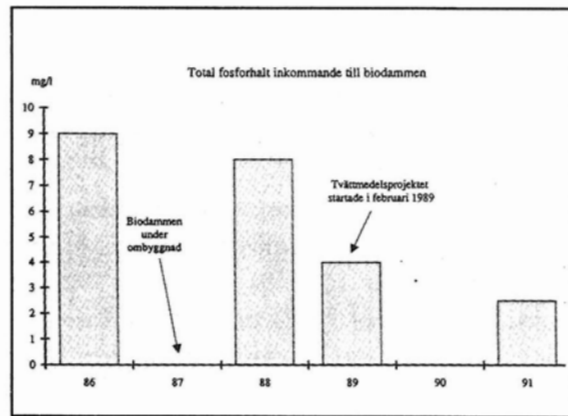
Fakta	
Antal hushåll	30 st (vid starten ca 20 st)
Kostnad för utskick, information och tvättmedelssubvention	5 000 kr
Besparing tack vare undvikande av utbyggnad	500 000 kr

Innan "tvättmedelsprojektet" startade var utgående fosforhalt från biodamnen cirka 8 mg/l. Under 1989 sjönk halten till cirka 4 mg/l och i slutet av 1991 var halten endast cirka 2,5 mg/l. Detta trots anslutning av nya hushåll.

Kommunen fortsätter att hålla hushållen informerade om utsläppen och "påminner" om gammalt och nytt på produktsidan. Det arbetas också på vissa tekniska förbättringar i biodamnen som kan minska de miljöskadliga utsläppen.

## Ekonomi

Kostnaden för tvättmedelsprojektet har hittills varit blygsam, utgifterna för utskick och subventionering av rengöringsmedel har inte överstigit 5 000 kr.



**Figur 15** Förändringen av total fosforhalt i inkommande vatten till biodamnen i Älekulla

## Omdömen

Gunilla Niklasson, Älekullabo

- I början fanns inga lämpliga rengöringsmedel i vanliga livsmedelsbutiker. Nu tillhandahåller alla butiker miljöanpassade produkter och priserna ligger på ungefär samma nivå som för de "vanliga" rengöringsmedlen.
- Folk följer rekommendationerna så gott man kan. Det är viktigt att man får vetskap om resultatet för man behöver bli påmind.

Gunnar Mellström, driftingenjör

- Tvättmedelsprojektet har visat att gamla biodammar kan användas även i fortsättningen på olika sätt. Idag håller vattnet från biodamnen samma standard som ett vatten från en markbädd, vilket var alternativet till tvättmedelsprojektet.

## Helsingborg

I Helsingborg har man i samband med att det nya avloppsreningsverket togs i bruk hösten 1991 gjort utskick till vattenkonsumenterna. Det nya reningsverket är byggt för konventionell kemisk och biologisk rening samt för kvävereduktion. Tidigare var kvävereduktionen cirka 30%, nu cirka 80%. För att minska driftstörningarna vid verket och minska föroreningsbelastningen i Östersund måste tillförseln av miljöfarliga och svårnedbrytbara ämnen minskas.



I informationsbroschyren uppmanas helsingborgarna att tvätta och diska med miljömärkta medel, att inte slänga fasta föremål, såsom cigarettfimpar, bomullstops och strumpbyxor, i toaletten samt att lämna in miljöfarligt avfall för destruktion.

## **Kommentarer**

Resultaten från de redovisade kampanjerna visar på ett bra sätt att miljöproblemen måste lösas med en kombination av tekniska och icke-tekniska åtgärder. Sedan många år har man talat om att föroreningarna bör tas bort redan vid källan, och att "end-of-pipe"-strategin inte är tillräcklig. Nu har man i Stockholm, Mark och Helsingborg visat, att detta är möjligt också i praktiken. Nästa steg måste bli att försöka påverka tillverknings- och förpackningsindustrin i samma riktning.

## **Adresser**

Stockholm Vatten AB, Box 6407, 113 82  
Stockholm, tel 08-728 01 00, fax 08-728 01  
05

Informationsenheten  
Brita Forsberg

Reningsavdelningen, undersökning av kampanjens resultat  
Peter Hugmark  
Urban Jonsson  
Klas Öster

Marks kommun, Miljökontoret, 511 80 Kinna  
Lotta Sahlin, miljöinspektör, tel 0320-171 07

Marks kommun, Gatukontoret, 511 80 Kinna  
Gunnar Mellström, driftsingenjör,  
tel 0320-171 25

Helsingborgs gatukontor, Ingvar Bergqvist,  
Driftavdelningen, Gåsebäcksvägen 4, 252 27  
Helsingborg, tel 0420- 10 58 43

## STYRNING AV VATTENLEDNINGSNÄT

Kvaliteten på vårt dricksvatten diskuteras allt mer. Kvalitetskraven regleras genom Statens Livsmedelsverks kungörelse om dricksvatten, SLV FS 1989:30. Här anges bland annat att dricksvattnet ska vara tjänligt när det når konsumenten. Vattenkvaliteten försämras vid lång uppehållstid i ledningsnäten. Med hjälp av hydrauliska beräkningar av vattenledningsnät erhålls bland annat möjligheter att styra och reglera ledningsnätet så att vattenomsättningen blir bättre och jämnare i hela nätet.

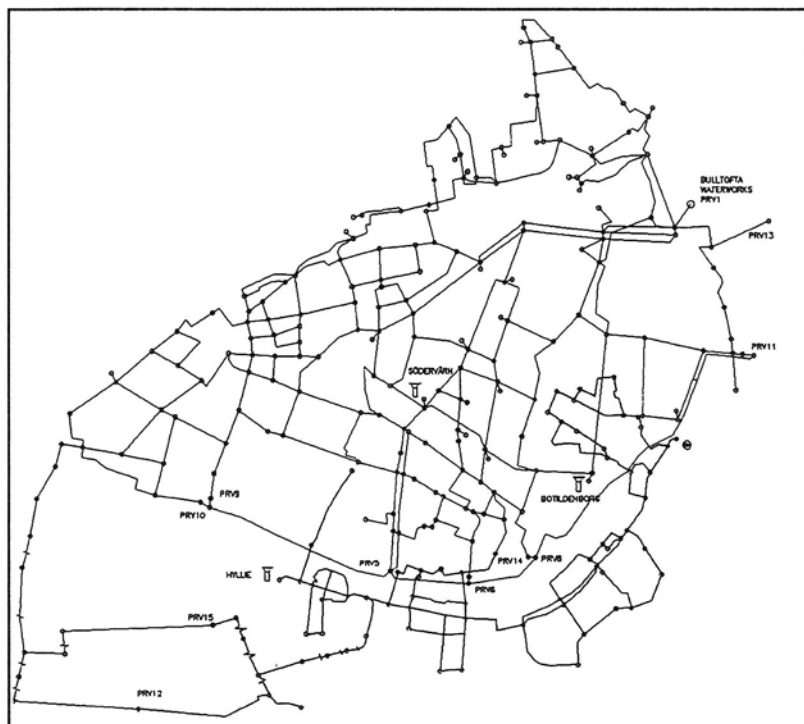
Parallellt med ett vanligt driftövervakningssystem kan man därför använda t ex LICWATER ONLINE, i syfte att bättre kunna övervaka och styra vattenströmningen i ledningsnätet. LICWATER ONLINE är en vidareutveckling och ett komplement till PC-programmet LICWATER, som utvecklats för hydraulisk analys av vattenledningsnät.

LICWATER ONLINE ger en utmärkt överblick över nätet och dess olika delar. Underlaget för beräkningarna kommer från en Auto Cad ritning av ledningsnätet vilken kompletterats med

alla uppgifter som behövs för de hydrauliska beräkningarna. Man kan direkt på data-skärmen följa och simulera olika händelseförlopp på nätet och avläsa hur detta påverkar vattendistributionen.

Simuleringarna med LICWATER ONLINE går till på följande sätt. Tryck och flöden mäts vid inmatningspunkterna på vattennätet. Dessa inmatningspunkter är vattenverk, tryckreduceringsventiler, tryckstegringsstationer och högreservoarer. Signalerna från inmatningspunkterna lagras i driftövervakningssystemet. En gång per timme hämtas uppgifter om tryck och flöden i inmatningspunkterna och läses in i LICWATER ONLINE. Därefter görs en ny beräkning av tryck och flöden i vattenledningsnätet. Driftpersonalen kan alltså kontinuerligt följa vad som händer i vattenledningsnätet med en tidsupplösning på en timme.

Genom att gå in och ändra, till exempel stänga en ventil, på skärmbilden av nätet kan man simulera vad som kommer att hända med flöde, tryck och hastighet då ett ledningsarbete eller dylikt kräver avstängning av en viss ledningssträcka.



Figur 16 Exempel från Malmö på ledningsnätskarta i LICWATER

Resultatet av beräkningarna kan presenteras i tabellform och/eller som en grafisk bild av nätet. Olika färger representerar då olika värden på tryck, flöde, hastighet med mera. Beräkningarna verifieras genom kontrollmätningar av tryck och flöde ute på nätet.

Användningsområdena för LICWATER ONLINE är bland annat följande:

- Hjälpmiddel vid planering och dimensionering av nya ledningssträckor.
- Hjälpmiddel vid römningsunderhåll, styrning av pumpar, läcksökning,

- vattenförbrukningsbestämningar med mera.
- Beräkningar och styrning av vattnets uppehållstid i nätet.
- Driftanalyser, hur kan en säker försörjning skapas och upprätthållas på bästa sätt - ekonomiskt och kvalitetsmässigt.
- Brandsläckningssituationer.

## Malmö kommun

I Malmö används vatten från två olika vattenverk. Från Vombverket kommer ett ytvatten och från Greve kommer ett grundvatten. Dessa båda vatten blandas sedan i Bulltofta vattenverk där utpumpning på vattennätet sker. Vid vattenverket finns ett traditionellt driftövervakningssystem för själva vattenverket och för pumpningen av vattnet ut på ledningsnätet. Parallellt med detta system installerades hösten 1991 LICWATER ONLINE. Syftet var att förbättra övervakning och styrning av vattenströmningen i ledningsnätet. Beräkningsmodellen av ledningsnätet omfattar huvudledningsnätet. Detta utgör cirka 20% av den totala ledningslängden i hela nätet.

## Ekonomi

Kostnaden för LICWATER ONLINE, cirka 300 000 kr, beräknar man i Malmö tjäna in genom effektivisering av den löpande driften av vattennätet.

Möjligheten att följa flödet i olika ledningsavsnitt gör att man vid reovering kan byta till dimensioner på pumpar, ledningar och ventiler som är bättre anpassade till det verkliga flödet. Vattennätet i Malmö har förmodligen kapacitet att klara försörjningen av ungefär dubbelt så många människor jämfört med dem som är anslutna idag. Som en följd av detta har permanenta spolposter måst byggas i flera områden för att öka den annars mycket låga vattenomsättningen.

Med en bättre flödesstyrning kan trycknivån sänkas vilket minskar elförbrukningen och vattenförlusterna i systemet.

Med hjälp av en särskild modul av LICWATER, den så kallade LICQUAL, kan också

företas beräkningar av vattenomsättnings och kvalitetsförhållanden på vattennätet. Här presenteras ett exempel på hur denna kan användas.

Ytvattnet och grundvattnet har lite olika vattenkvaliteter. Genom att placera ut mätinstrument för t ex pH, konduktivitet, kloröverskott, kloridhalt eller syrehalt vid olika knutpunkter i nätet finns möjlighet att med det nya ON-LINE programmet få en bild av hur de båda vattnen blandas på nätet och vilka delar av staden som försörjs av endast en vattenkvalitet, vilka som får blandvatten och vilka som försörjs växelvis av de båda vattenkvaliteterna. Detta kan utnyttjas för att förstå och kanske förutse var och varför vattenkvaliteten varierar, till exempel varför vissa delar av nätet periodvis har problem med rött vatten.

## Kommentarer

Det har under senare tid blivit alltmer accepterat att betrakta vattenverken som en processindustri, med åtföljande krav på kontroll och styrning av processerna. Detta tänkande har inte förrän nyligen vunnit insteg för vattenledningsnäten. När LICWATER ONLINE och LICQUAL, eller andra liknande datorsystem, är fullt utvecklade och testade, kommer de att tillämpas i samma utsträckning och med samma självklarhet som man idag använder processdatorer i vattenverken. Först då kommer vi att veta vilket vatten vi levererar till abonnenterna. Vattnet kommer att kunna varudeklaras.

## Omdömen

Peter Stahre, rörnätschef, Malmö Gatukontor  
- *LICWATER är ett stimulerande arbetsredskap för driftpersonalen och ett mycket bra hjälpmedel för att lära känna vattenledningsnätet.*

Kaj Levin, driftingenjör, Malmö gatukontor  
- *LICWATER ger bättre kännedom om hydrauliken i vattenledningsnätet.*

## **Adresser**

Malmö Gatukontor, Peter Stahre, Box 2500,  
205 80 Malmö, tel 040-34 16 23

Malmö Gatukontor, Kaj Levin, Box 2500, 205  
80 Malmö, tel 040-34 10 00

## **Litteratur**

Andersson, L., 1992, Hydraulisk analys av  
vattenledningsnät - Tillämpningar med dator-  
programmet LICWATER - Exempelsamling -  
VAV VA-forsk, Rapport nr 1992-01

Andersson, L., 1992, Driftövervakning av  
vattenledningsnät med hydraulisk datormodell -  
LICWATER ONLINE i Malmö - Opublicerat,  
VBB VIAK, Stockholm 1992

## Litteratur

- Andersson Hans och Hansson Lennart, 1989. Beställare-utförare - ett alternativ till entreprenad i kommuner. Finansdepartementet Ds 1989:10.
- Andersson, L., 1992, Driftövervakning av vattenledningsnät med hydraulisk datormodell - LICWATER ONLINE i Malmö - Opublicerat, VBB VIAK, Stockholm 1992
- Andersson, L., 1992, Hydraulisk analys av vattenledningsnät - Tillämpningar med datorprogrammet LICWATER - Exempelsamling - VAV VA-forsk, Rapport nr 1992-01
- Berggren, H. et al, 1991, Lokalt omhändertagande av dagvatten - Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen, Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 91
- Borgestrand, L., 1990, Ekologiskt Bärkraftig Stadsutveckling - Litteratursammanställning, Boverket 1990
- DUVED 91. De svenska va-systemen år 2020. En framtidsstudie. Skanska Teknik 1991. Opublicerad.
- Ejvegård, P., Forsberg, A. et al, 1991, Dagmaskens dilemma, idéer för en mer ekologisk stad - Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 1991
- Gustafsson Bertil och Svensson Gilbert, 1992. PRISEK. Prioritering Samhällskonsekvenser Ekonomi. VAV - VA-FORSK Rapport nr 1992-10
- Guterstam Björn, 1991. Ecological engineering for wastewater treatment: Theoretical foundations and practical realities. Ecological Engineering for Wastewater Treatment, Proc. International Conference March 24-28 1991, Stensund Folk College. ISBN 91 7776 059 X. Bokskogen, Göteborg
- Guterstam Björn, 1992. Stensunds vattenbruk - ekologisk teknik för avloppsvatten. Slutrapport till NUTEK, projektnr 89-00897P
- Hallén Lars, 1990. "Systemskifte" inom va-teknik - Frankrike. Rapport från Sveriges Tekniska Attachéer. Opublicerad
- Hanæus, J., 1991, Wastewater treatment by chemical precipitation in ponds. - Doctoral Thesis 1991:095 D, Luleå Tekniska Högskola
- Hällgren, E., Lindgren, B., 1991, Erfarenheter av fällningsdammar, Örnsköldsviks Kommun - Informationsbroschyr, Ö-viks kommun 1991
- Hörberg, I., Kylefors, L., Camper, P-A., 1991, Snogeröds VVO-anläggning, försöksperiod 1988-1991 - Slutrapport, K-Konsult, Kalmar, 1991
- Malmqvist Per-Arne, 1990. Vatten och avlopp i Japan - några trender. VIAK AB och Byggforskningsrådet. Opublicerad

Nilsson Peter et al, 1990, Källsortering med avfallskvarnar, REFORSK FoU nr 54 december 1990. ISSN 0284-9968

Persson, B., 1990, Plats för regn, Movium och VAV VA-forsk, Stad och land Nr 86

Statens Livsmedelsverk 1990. Kartläggning av dricksvattensituationen i Sverige. SLV-rapport 1990:7. Utgiven i samarbete med Svenska Kommunförbundet och Vatten och avloppsverksföreningen.

Svenska Kommunförbundet, 1991. Kommunalt bolag? För- och nackdelar med bolagisering av kommunalteknisk verksamhet. ISBN 91-7099-191-X

Svensson Jesper, 1990. VA-strategier i USA för diffusa utsläpp, avloppsslam och ekologiska metoder. Rapport från Sveriges Tekniska Attachéer och Byggnadsforskningsrådet. Opublicerad.

Tidäng Kristina, 1992. Att bo i Tuggelite - gemenskap och resurshushållning. Publikation BFR T19:1992

Tingström, A., Andersson, S., 1986, Bevattning med avloppsvatten enligt Gotlandsmodellen - Rapport, Gatukontoret Gotlands Kommun

Vatten och avloppsverksföreningen 1987. PRIVA. Prioriteringsstrategi för underhåll, förnyelse och förbättring av va-ledningsnät. Publikation VAV P63, mars 1987.

Vatten och avloppsverksföreningen 1991. PRIVA 2. Åtgärdsplanering för kommunala va-ledningsnät. Publikation VAV P68, september 1991. Utgiven i samarbete med Byggnadsforskningsrådet.

Vatten och avloppsverksföreningen 1991. SAMOVAR - samordnad kommunal avloppshantering. Meddelande VAV M75, maj 1991.

Wolgast, M., 1991, Miljövänligt VA-system -Opublicerat

## Rapporter utgivna i VA-FORSK-serien – 1993-03-31

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

## Övrig Publicering

Video Vatten och Avlopp för låg- och mellanstadiet

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

Plats för regn. VA-FORSK och MOVIUM, 1990

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

