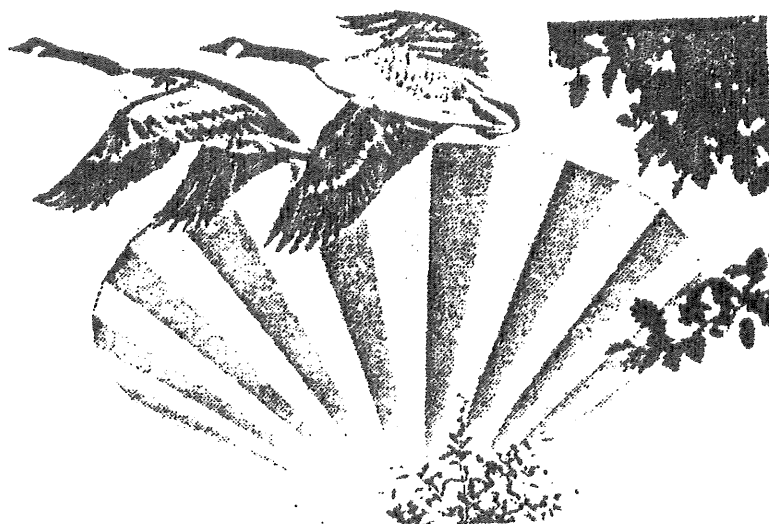




Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

ISSN 0348-1069



NÄRKES SVARTÅ

**Simuleringsmodellen MITSIM
för kvantitativ analys i vatten -
resursplanering**

**Steffen Häggström
Henriette Melin**

Report

Series B: 41

Göteborg 1983



Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola
Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

NÄRKES SVARTÅ
Simuleringsmodellen MITSIM
för kvantitativ analys i vattenresursplanering

av

Steffen Häggström och Henriette Melin

Rapport
Serie B:41

Göteborg 1983

Adress: Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola
412 96 Göteborg

Telefon: 031/81 01 00

SAMMANFATTNING

Svartåprojektet var ett forskningsprojekt för vattenresursplanering, som drevs av naturvetare, ekonomer och jurister. Svartån i Närke utgjorde tillämpningsområde. Målet var att ta fram hjälpmedel och metoder, som kan användas vid vattenresursplanering.

För kvantitativ analys av vattenresursen och vattenanspråken har simuleringsmodellen MITSIM använts. Modellen är ursprungligen avsedd för arida och semiarida områden men har vidareutvecklats för att passa för svenska förhållanden. Modellen beräknar tillgänglighet av vatten för olika uttag, magasins- och sjönivåer samt vattenföring i olika punkter. Med modellen simulerar man tillrinning, flöden, magasinering och uttag för ett antal år. Det är därigenom möjligt att studera hur olika uttag påverkar vattenföring och magasineringsförhållanden liksom att se effekten av olika tappningsplaner för magasinen.

I rapporten visas hur MITSIM tillämpats på Svartån och vilken typ av data som krävs. Trots delvis bristfälliga data ger modellen en statistiskt sett god återgivning av hur vattendraget fungerar idag. För vattenförsörjningen av Örebro visas hur risken för vattenbrist ökar vid en mycket kraftigt ökning av bevattningen. I Laxån planerar man att reglera sjöarna för största möjliga vattenkraftproduktion. Samtidigt är önskemålen nedströms Laxåns inflöde i Svartån att högvattenföringarna minskas och lågvattenföringen ökar. Enligt simulering med MITSIM medför en reglering för kraftproduktion att högvattenföringarna minskar något samtidigt som lågvattenföringen minskar kraftigt.

MITSIM har visat sig vara lämplig för analyser av ovan nämnda art. Den är relativt billigt att köra medan själva appliceringen och anskaffningen av data är tidskrävande. Relevanta indata kan vara svåra att få tag på, något som emellertid är generellt om man vill studera problem av den typ MITSIM är avsedd för.

FÖRORD

Under perioden 1978-1983 har ett forskningsprojekt inom ämnesområden vattenresursplanering pågått vid institutionen för vattenbyggnad, CTH. Projektet har genomförts i samarbete med institutionen för ekonomi och statistik vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Uppsala. Till projektet har även knutits forskare från Vattenlaboratoriet i Uppsala, juridiska institutionen vid Uppsala Universitet och turismlinjen vid högskolan i Falun/Borlänge.

Syftet med projektet är att finna principer för sammanvägning av samtliga intressenters behov mot avrinningsområdets vattentillgång med hänsyn tagen till de restriktioner som begränsar vattenanvändningen. Vid olika tillämpningar inom projektet har Närke Svartå utgjort tillämpningsområde.

Denna rapport visar hur simuleringsmodellen MITSIM använts för att belysa effekter på vattenföringar och magasineringsförhållanden av eventuella framtida förändringar i vattenutnyttjandet.

Dr. Ken Strzepek, en av modellbyggarna vid Massachusetts Institute of Technology, USA, har varit till stor hjälp när modellen lagts upp vid CTH.

Samtidigt som vi skrivit denna rapport har slutrapporten för hela Svartåprojektet sammanställts.

Projektet har stötts ekonomiskt av forskningsnämnden vid Statens Naturvårdsverk.

Göteborg i december 1983

Steffen Häggström

Henriette Melin

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING

FÖRORD

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. VATTENRESURSPLANERING ENLIGT SVARTÅPROJEKTET	6
<u>Synsätt</u>	6
<u>Mål för Svartåprojektet</u>	8
<u>Krav på modeller</u>	9
2. SIMULERINGSMODELLEN MITSIM	11
<u>Användningsområde</u>	11
<u>Översiktlig beskrivning</u>	12
<u>Hydrologiska beräkningar</u>	14
<u>Statistisk bearbetning</u>	17
<u>Ekonomiska beräkningar</u>	18
3. MITSIM APPLICERAD PÅ SVARTÅN	20
<u>Närkes Svartå</u>	20
Hydrologi	20
Kommunala vattenanspråk	20
Industrins och jordbrukets vattenanspråk	23
<u>Indatabeskrivning för Svartån</u>	24
Områdesstruktur	24
Hydrologiska data	25
Magasins- och kraftverksdata	26
Data för kommunala och industriella uttag	29
Bevattningsdata	29
Hydrografnoder	31
<u>1980 års status. Resultat av simulering</u>	32
Hydrologi	32
Magasinerings	34
Vattenförsörjning	35
Lågflödespunkter	35

4. SIMULERING VID ÄNDRAT VATTENUTNYTTJANDE	37
<u>Studerade alternativ</u>	37
<u>Svartån 1990 vid måttligt ökade uttag</u>	40
<u>Svartån 1990 vid kraftigt ökad jordbruksbevattning</u>	40
<u>Laxån reglerad för energiproduktion</u>	42
5. REKOMMENDATIONER FÖR ANVÄNDNINGEN AV MITSIM	49
<u>Hantering</u>	49
<u>Användningsområde</u>	49
REFERENSER	51

1. VATTENRESURSPLANERING ENLIGT SVARTÅPROJEKTET

1.1 Synsätt

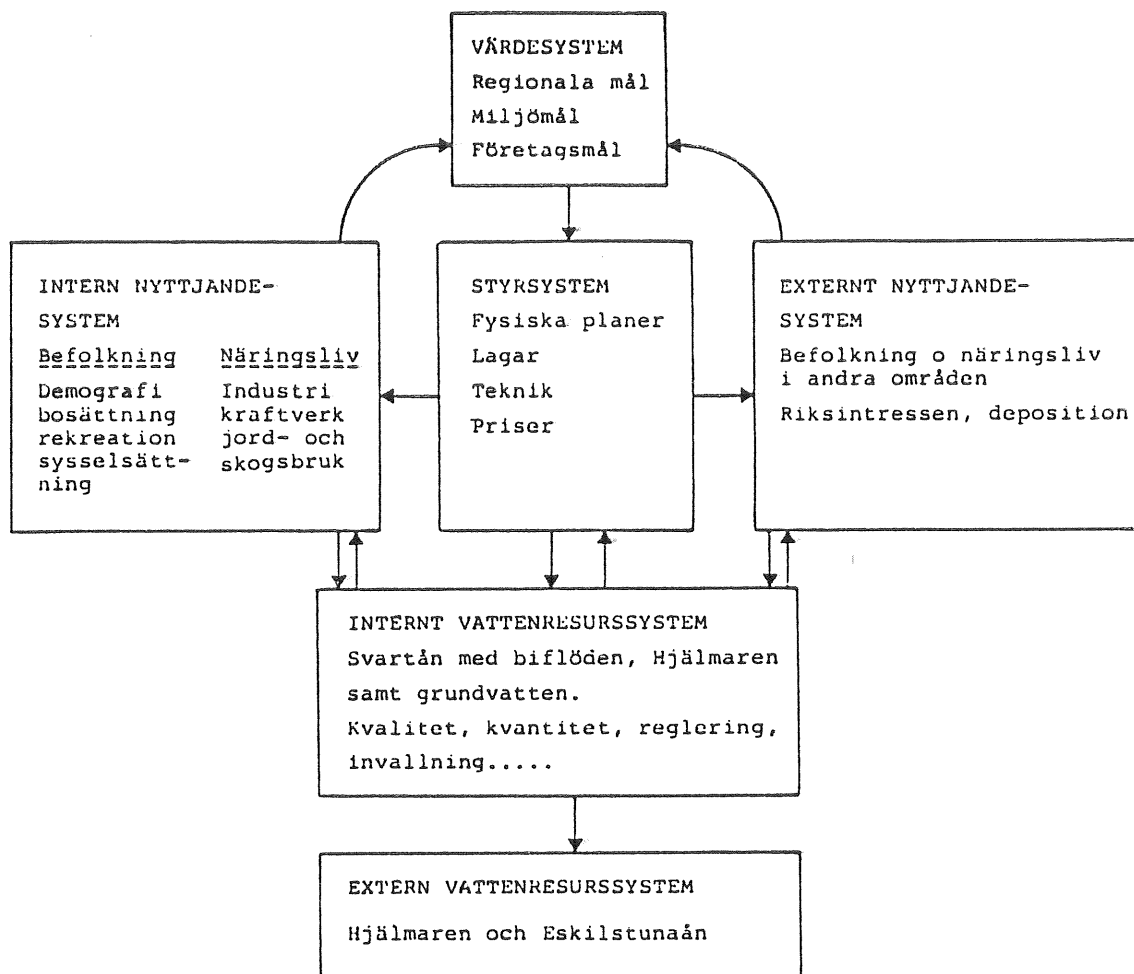
Man kan lägga många olika aspekter på de intressebeträffningar, problem och nyttjandemöjligheter som finns i våra vattendrag. Det är möjligt att tolka begreppet vattenresursplanering på flera olika sätt. För Svartåprojektets del innebär vattenresursplanering närmast att underlag skapas för en sammanvägning av samtliga intressenters krav under hänsynstagande till vattenresursens restriktioner.

I sitt betänkande (SOU 1980:39) har Vattenplaneringsutredningen (VPU) angivit att kommunen är den instans som har ansvaret för vattenplaneringen. Man påpekar också att en samverkan mellan kommuner är särskilt viktig när det gäller en rörlig naturtillgång som vatten.

Inom Svartåprojektet anser vi att avrinningsområdet utgör en naturlig avgränsning. Detta förutsätter ofta en planering på interkommunal nivå där ett regionalt betraktelsesätt utgör en viktig del. Alla vattendrag av någorlunda storlek berör emellertid flera kommuner och ofta även flera regioner.

Det system, som vattenresursplaneringen avser, tänkes uppbyggt av flera delsystem enligt fig.1.

Vattenresurssystemet utgörs här av Svartån med biflöden samt Hemfjärden i Hjälmaren. Det karakteriseras av egenskaper som varierar dels mellan olika punkter, dels med tiden. Dessa egenskaper av kvantitativ och kvalitativ karaktär utgör restriktioner för vattenutnyttjandet. De påverkar och påverkas (pilarna i figuren) av nyttjandesystemen som antingen är internt eller externt. Den interna vattenresursen påverkar naturligtvis även ett externt vattenresurssystem, vilket i Svartåfallet utgörs av Hjälmaren, Eskilstunaån och de längre nedströms liggande områdena.



Figur 1.1 System och delsystem vid vattenresursplanering i Svartåområdet.

Nyttjandesystemet kan vara internt (regionen) eller externt. De främsta anspråken på vattenresurser ställs av verksamheter inom områdena: industri, kraftverk, jord- och skogsbruk, rekreation samt kommunala verksamheter. Visst externt nyttjande eller påverkan förekommer också. Som exempel kan nämnas att det sura nedfallet till övervägande del kommer från utlandet. Beskrivningar av resursanspråken bör bygga på en intressentanalys som belyser följande frågor

Vilka intressenter är att räkna med?

Hur påverkar de vattenförhållandena och varandra?

Vilka målsättningar och drivkrafter ligger bakom deras vattenanspråk?

De uppställda målen, som kan vara samhälleliga och/eller enskilda intressenters mål, utgör värdesystemet. Det måste beskrivas för att det skall vara möjligt att undersöka alternativa lösningar och bedöma dessa.

Styrsystemet består av de legala, institutionella, ekonomiska m.fl. faktorer, som påverkar såväl resurstillgången som nyttjandesystemet. Hit kan även räknas de tekniska förutsättningar för olika former av nyttjande. Detta måste också beskrivas och i möjligaste mån operationaliseras.

Via värdesystemet och styrsystemet påverkas såväl vattenresurssystemet som nyttjandesystemet vilket är markerat med pilar i figur 1.

Mål för Svartåprojektet

För vattenresursplanering enligt Svartåprojektets grundsyn kan följande krav ställas på underlagsmaterialet. Det skall förmedla grundläggande kunskap om vattenresursen och vattenanvändningen samt vattenanknutna verksamheters betydelse för regionens utveckling. Det krävs dessutom en analys av vilka mål som gäller för utvecklingen på lång sikt i regionen.

Med detta underlag som bas skall man kunna

- o göra systematiska analyser av möjliga konflikter.
- o belysa förutsättningarna för olika typer av vattenanvändning.
- o bedöma konsekvenserna av pågående och planerat vattenutnyttjande.

Projektet har inriktats på frågor som rör informationsbe-
arbetning och planeringsmetodik. Avsikten har alltså inte
varit att få fram en plan för den framtida vattenhushåll-
ningen i Svartån utan att undersöka metoder, principer och
data som kan bli aktuella vid vattenresursplanering. Målet
kan formuleras som att projektet skall bidra med metoder
(modeller) som baseras på i första hand befintliga data och
kan vara praktiska hjälpmedel för planerare och beslutsfat-
tare i olika situationer.

Krav på modeller

I områden av likartad karaktär som Svartåområdet har vi
funnit det lämpligt att använda två simuleringsmodeller.
Den ena, SLUMOD, för översiktlig analys av tillgång och
vattenpåverkan i olika punkter och den andra, MITSIM, för
studium av regleringar och uttag i vattendraget.

Det grundläggande kravet man kan ställa på sådana modeller
är flexibilitet. De måste kunna överföras till andra
områden samt ha en enkel grundstruktur där förutsättning-
arna lätt kan ändras. Modeller som avser att analysera
vattensituationer i ett speciellt avrinningsområde i hela
dess komplexitet, kan i regel ej överföras till andra
områden då de ofta kräver kalibreringar och även indata som
ej finns. Dessutom är problemen ofta av olika karaktär i
olika områden.

De modeller som används skall belysa förutsättningarna för
olika typer av vattenanvändning samt konsekvenser av
pågående och planerat vattenutnyttjande.

Syftet med SLUMOD är att ge en indikation om någon intresse-
konflikt kan uppkomma, vilket då måste studeras närmare. I
Persson & Söderström (1981) finns SLUMOD och dess använd-
ningsområde presenterat.

De åtgärder som kan komma ifråga för att lösa en kvantitetskonflikt är antingen att minska vattenuttagen eller att ändra vattenföringen genom regleringsändringar i vattendragen. Behovet av en modell som beskriver detta har bedömts som stort. Med hjälp av en simuleringsmodell, MITSIM, kan man studera effekten av sådana åtgärder. De viktigaste effekter man därvid kan studera är tillgängligheten av vatten till de olika uttagen, magasins- och sjönivåerna samt vattenföringen i olika punkter.

De två modellerna kompletterar varandra då de har olika syften och detaljeringsgrad.

2. SIMULERINGSMODELLEN MITSIM

Användningsområde

Simuleringsmodellen MITSIM har utvecklats vid Massachusetts Institute of Technology för vattenresursplanering i huvudsakligen arida och semiarida områden (Lenton o Strzepek 1977, Strzepek o Lenton 1978, Strzepek et.al 1979). Den har senare vidareutvecklats för svenska förhållanden (Strzepek 1981). Syftet med den ursprungliga modellen var att studera dels hur väl förekommande industrierna och jordbruks vattenbehov kunde tillgodoses, dels det ekonomiska utfallet vid ett sådant vattenutnyttjande. Modellen har använts för studier av "total" utbyggnad av vattendrag t.ex. i Jugoslavien (Strzepek o Lenton 1977) och på Cypern (Franzon et al. 1982).

I Sverige liksom i Norden i övrigt är vattenresurserna så rikliga att möjligheten att tillgodose olika typer av vattenuttag ej blir den dominerande frågeställningen. I stället kommer naturvårds- och rekreationsaspekter in på ett helt annat sätt. Vårt sätt att sköta tappningen från reglerade sjöar skiljer sig därför väsentligt från de rutiner som ursprungligen användes i MITSIM. När MITSIM användes för studium av sydvästra Skånes vattenförsörjning utvecklades en ny version av modellen, MITSIM 2, (Strzepek 1981). Denna har senare vidareutvecklats vid CTH. Den omfattande ekonomiska beräkningarna har för svenska förhållanden bedömts som mindre intressant.

Med den nya versionen är det möjligt att studera frågeställningen av följande typ:

Hur är vattenföringen fördelad över året?

Hur varierar vattennivån i sjöar över året?

Vilken inverkan får en ändrad reglering av en sjö på

låg- och högvattenföring?
vattenuttagen nedströms?
vattenkraftproduktionen?

Med vilken säkerhet kan ett vattenuttag tillgodoses?

Med vilken säkerhet uppnås uppsatta minimigränser på vattenflödet?

Översiktlig beskrivning

MITSIM består i princip av tre delar:

Hydrologiska delen som utgör basen i systemet
Statistiska delen som beräknar viss enkel statistik på resultaten från den hydrologiska beräkningen

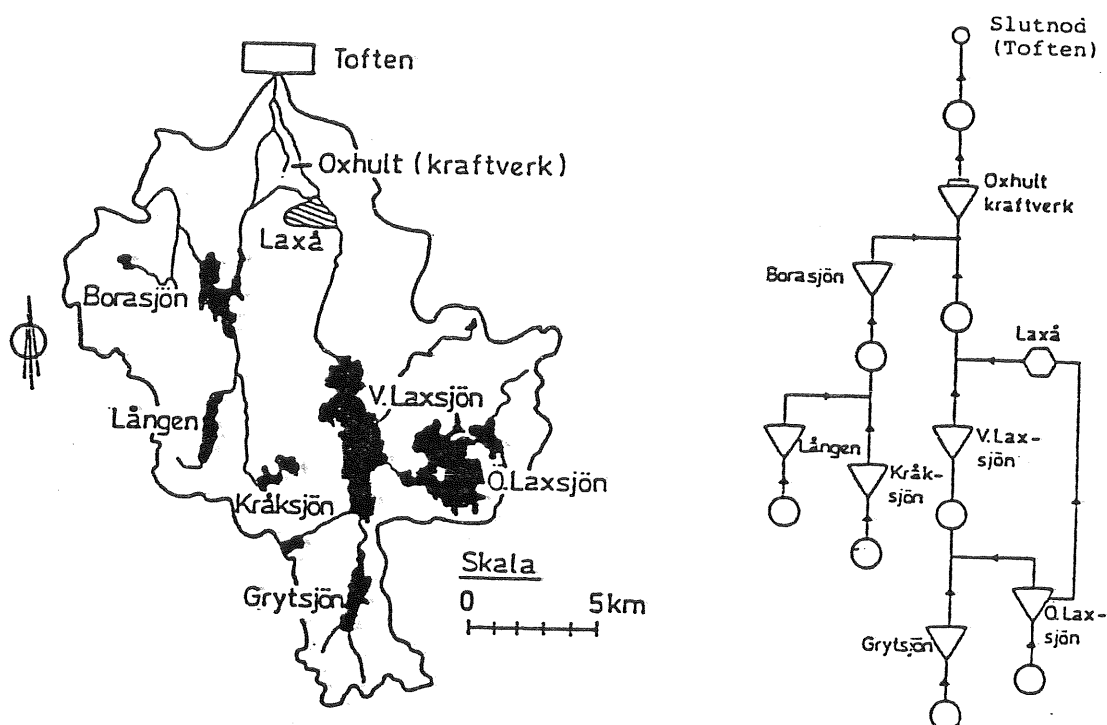
Ekonomiska delen som utgående från de hydrologiska resultaten beräknar den ekonomiska nyttan av olika projekt

För att en simulering skall ge ett bra planeringsunderlag krävs en relativt lång simuleringsperiod, vilket innebär att den bör vara på 20 år eller mer. För denna tid ger man som indata tillrinningen till vattendraget i ett antal punkter. Dessa tillrinningar skall vara naturliga och ej påverkas av t ex regleringar. Tillrinningen kan antingen utgöras av uppmätta eller beräknade värden för ett antal år alternativt syntetiska värden med samma statistiska egenskaper som den naturliga tillrinningen.

I modellen efterliknar man vattendragets, reservoирernas och uttagens egenskaper. Detta innebär att man utför beräkningarna från vattendragets "källor" och successivt adderar tillrinning och tar hänsyn till magasinering och uttag för bevattning, industri, kommuner och vattenkraft-

produktion. Sådana uttag förläggs i diskreta punkter i vattendraget även om de i verkligheten sker på en längre sträcka som vid bevattning.

Ett sätt att förenkla Laxån med punkter för naturlig tillrinning ($\circ$), reservoarer ($\triangleleft$), sammanflöden ($\text{—} \perp \text{—}$), kraftverk ($\triangleleft$) och kommunalt och industriellt uttag ($\text{—} \text{—} \text{—}$) visas i figur 2.1. Som framgår av figuren har några mindre sjöar i systemet utelämnats vid överföringen till MITSIM.



Figur 2.1 Laxåns avrinningsområde enligt karta och enligt MITSIM:s system.

Systemet Laxå-Laxsjöarna förtjänar att kommenteras. Tillrinning till V.Laxsjön sker från Ö.Laxsjön, Grytsjön samt naturlig tillrinning från resten av V.Laxsjöns tillrinningsområde. Modellen kan endast ta hänsyn till ett tillflöde till en reservoar. Därför måste alla tillflöden summeras innan vattendraget rinner ut i reservoiren. Det bör också påpekas att Ö.Laxsjön utgör Laxå kommuns vattentäkt. Detta vatten passerar ej V.Laxsjön varken i verkligheten eller i modellbeskrivningen.

De hydrologiska beräkningarna utförs med tidssteget en månad. Utifrån dessa beräkningar görs dels en statistisk bearbetning av t ex hur väl önskade vattenuttag för kommuner tillgodoses, dels om så önskas en ekonomisk beräkning av kostnader och intäkter för den aktuella utformningen av planen. Dessa delar liksom den hydrologiska delen kommer att redovisas nedan.

Hydrologiska beräkningar

I detta avsnitt ges en översiktlig beskrivning av de olika noder som ingår i MITSIM. Mellan noderna förutsätts vattentransporten ske utan någon tidsförskjutning, vilket är rimligt med hänsyn till att tidssteget i MITSIM är en månad. De olika noderna finns uppställda i tabell 2.1.

Tillrinningsnod

För varje sådan nod anges oreglerad tillrinning som medelvattenföringen per månad under den simulerade tidsperioden. Man kan använda sig av uppmätta eller beräknade värden alternativt av en utanför programmet genererad stokastisk serie. Mer diffus tillrinning längs ett vattendrag måste koncentreras till en eller flera punkter. Det är då viktigt att all sådan tillrinning uppströms en nod, t ex ett bevattningsuttag, kommer med. Därför brukar också tillrinningsnoder komma strax före andra noder i systemet.

Reservoirer

För reservoarer görs först en beräkning av tillgänglig vattenmängd genom att magasinsinnehållet vid en månads början adderas till tillrinningen under månaden. Från denna vattenmängd fördelas vattnet till eventuella uttag knutna till magasinet och till avtappning. Avtappningen ges som en tappningsställare eller avbördningsfunktion.

Tabell 2.1 Noder representerade i MITSIM

Symbol	Benämning	Viktigaste indata o kommentar
	Start- eller tillrinningsnod	Tillrinning till vattendragen som månadsmedelvärde för hela simuleringsperioden. Denna typ av data saknas i stor utsträckning i Sverige, varför särskild analys av avrinningsdata kan krävas.
	Reservoir eller sjö	Magasinering beräknas. Tappningsställare och avbördningsfunktion kan ges. Hänsyn kan tas även till avdunstning.
	Kraftverk	Kraftverk där kraftproduktion kan beräknas.
	Kommunalt eller industriellt uttag	Önskat uttag (m^3/s) för varje månad anges. Brist registreras i modellen och anges i utdata.
	Bevattningsuttag	Önskat uttag för varje månad anges. Modellen kan även ta hänsyn till minskat behov vid nederbörd om sådana indata ges för simuleringsperioden.
	Överledningsnod	Överledning till annat område eller annat delområde. Önskad överledning för varje månad anges.
	Hydrografnod	Används endast för registrering av simulerat flöde.
	Sammanflödesnod	Representerar sammanflöde och summerar endast flödena för vidare transport i systemet.
	Grundvattennod	Grundvattenuttag där akvifären har visst samband med vattendraget.
	Slutnod	Utgör slutpunkt i systemet. Flera slutpunkter kan förekomma.

Som indata för reservoirlerna ges

Magasinsvolym som funktion av vattenstånd
Tappningsställare alternativt avrinningsfunktion.
Maximi- resp. miniminivå i reservoiren för årets
olika månader.

Kraftverk

För ett kraftverk i anslutning till en reservoar tillkommer som indata verkets effekt och utbyggnadsvattenföring samt önskad energiproduktion. För ett kraftverk utan magasin anger man bara att magasinsvolymen är noll, vilket fallet är för Oxhults kraftverk i figur 2.1.

I rutinerna för kraftverk kan antingen kraftproduktion eller andra vattenuttag prioriteras.

Bevattningsuttag

För varje område med bevattning anges det önskade uttaget per månad baserat på klimat, gröda och odlad areal. En viss del av vattnet kan återgå till vattendraget. Så länge vatten finns prioriteras i modellen bevattningen så att detta behov tillgodoses i första hand och endast eventuell överskottstillrinning ledes förbi. Det finns också möjlighet att ta hänsyn till aktuell nederbörd vid simuleringen.

Uttag till kommun eller industri

Önskat månatligt uttag tillgodoses om möjligt. Viss del av eller hela uttaget kan återföras till vattendraget.

Hydrografnod

Hydrografnoden utnyttjas i modellen i de punkter där man speciellt vill studera risken för extremt låga flöden.

I denna nod förändras ej flödet utan registreras endast och anges huruvida det underskrider ett för varje månad angivet minimivärde.

Sammanflödesnod

I dessa noder adderas tillflödena (alltid två tillflöden till en sammanflödesnod). Tillflödena kan antingen vara från två delar av ett vattendrag eller vara återföring från något uttag.

Slutnod

I dessa noder lämnar vattnet avrinningsområdet. Normalt representerar dessa utflödet i havet eller i annat vattendrag. Nedströms ändpunkten görs inga beräkningar.

För upp till 10 punkter i vattendraget kan man få utskrift av vattenföringen för varje månad under simuleringsperioden.

Statistisk bearbetning

Utgående från den hydrologiska beräkningen görs för de olika punkterna enkel statistik på relevanta parametrar; fyllnadsgrad i magasin, flöden (medelvärden och standardavvikelse), hur väl uppsatta mål för uttag tillgodosetts, genererad elektrisk energi m.m. Någon mer sofistikerad statistik är det ej frågan om utan mer av typen hur stor andel av alla tillfällen har ett önskat uttag kunnat tillgodoses.

Genom noggrannare statistisk analys i efterhand av beräknade data kan man föra analysen till den nivå man önskar.

Ekonomiska beräkningar

I Svartåprojektet har möjligheterna att göra ekonomiska beräkningar i MITSIM inte utnyttjats. Ekonomin studeras inom andra delar av projektet. Det kan emellertid vara lämpligt att beskriva vilka möjligheter MITSIM erbjuder i detta avseende. I princip genomförs den ekonomiska beräkningen utgående från:

Projektkostnader, dvs kapitalkostnader + drift, underhåll m.m.

Långsiktiga projektinkomster dvs den ökade inkomst vi skulle få om man varje år lyckades tillgodose de önskade uttagen.

Kortsiktiga projektförluster, dvs den förlust vi gör när vi ej kan tillgodose ett önskat uttag.

För bevattnings-, kommunalt och industriellt uttag, beräknas kostnader och intäkter enligt ovan och diskonteras till nuvärde. För korttidsförlusterna har då ett medelvärde av förlusterna under simuleringsperioden beräknats innan man gör diskonteringen.

Vid kraftproduktion utgör inkomsterna energiinkomster plus inkomst för prima effekt (effektnivå som med stor sannolikhet kan uppnås). Förlusterna utgörs av förlust pga att prima effekt ej kunnat levereras i önskad omfattning.

I många fall är projektkostnader direkt kopplade till motsvarande projektinkomster. Byggandet av ett magasin med en damm kan ofta vara kopplat till flera olika projekt som bevattnings- och kraftproduktion. Därför kan man i modellen hänföra en del av projektkostnaden till andra projekt alternativt hänföra inkomster från ett projekt till andra.

Möjligheter finns också att successivt bygga ut projekt, t ex bevattningsanläggningar, till full kapacitet med motsvarande inverkan på kostnader, inkomster och förluster.

De ekonomiska utdata man får är:

Potentiell inkomst/år (långsiktig projektinkomst)

Korttidsförlust/år

Aktuell inkomst/år

Direkt projektkostnad/år

Fördelade projektkostnader/år

Total projektkostnad/år

Vinst/år m m

3. MITSIM APPLICERAD PÅ SVARTÅN

Närkes Svartå

Nedan ges en allmän beskrivning av Svartån. Kapitlet bygger huvudsakligen på Stöllman (1979 o 1980) och Persson (1980), där mer detaljerade uppgifter kan hämtas.

Hydrologi

Från Kilsbergens sydsluttning strax öster om Degerfors rinner ån söderut till sjön Toften där den mottager Laxån som kommer från Tiveden i söder. Från Toften rinner ån genom sjön Teen och vidare mot nordost längs foten av Kilsbergen för att efter att ha passerat Örebro tätort mynna i Hemfjärden, som är en vik av Hjälmarens. Området karakteriseras i sin övre del av skog, moss- och myrmarker medan området nedströms Teen domineras av Närkeslätten, som sträcker sig in i avrinningsområdets östra del. Vid mynningen i Hemfjärden omfattar Svartåns avrinningsområde 1348 km² varav 6.4% utgörs av sjöar. De karakteristiska vattenföringarna framgår av tabell 3.1.

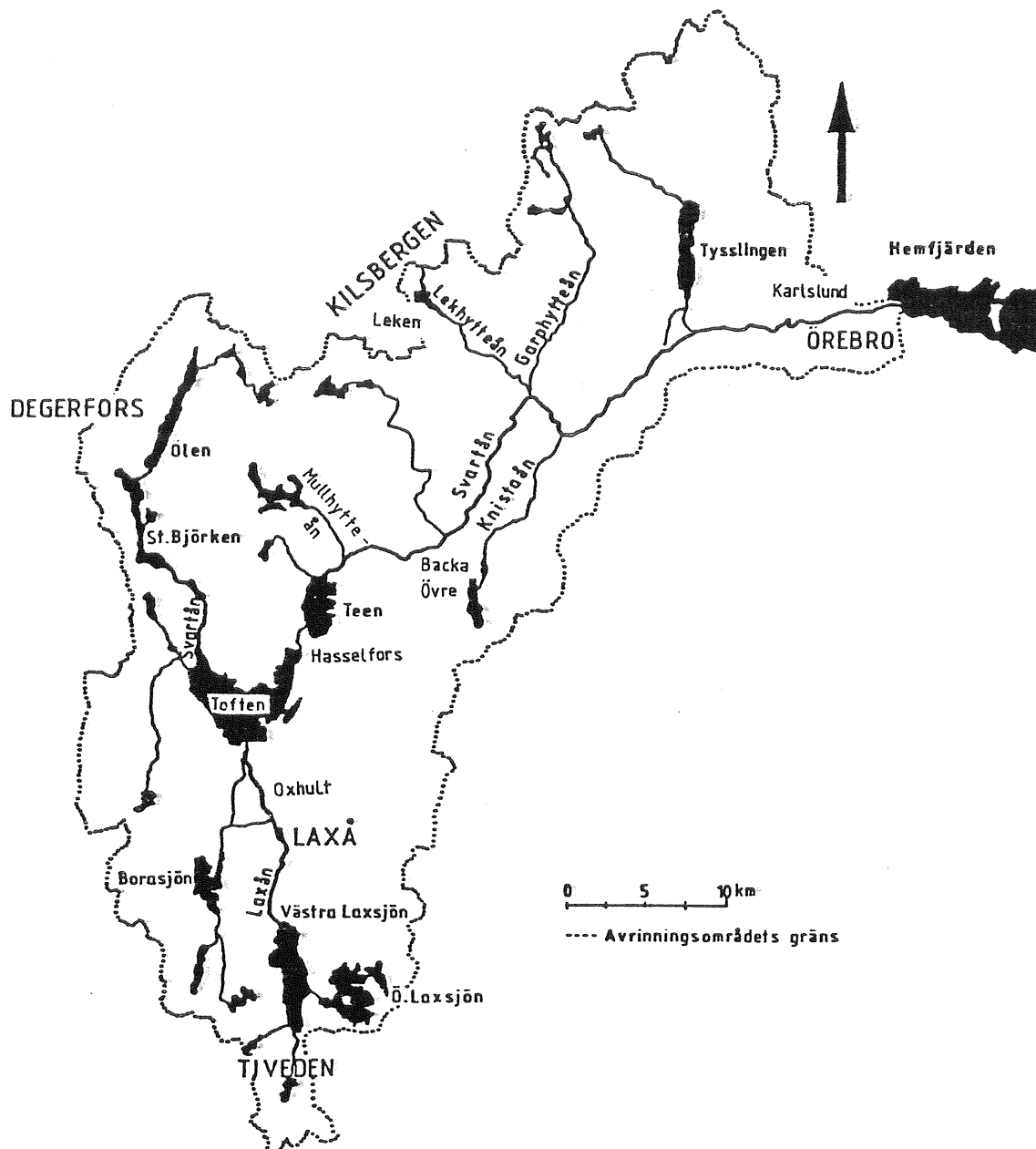
Antalet sjöar större än 0.5 km² är 25, st och den största av dessa är Toften med en areal av drygt 17 km². Flertalet sjöar ligger inom den övre tredjedelen av området, vilket medför att avrinningen från de nedre två tredjedelarna sker i det närmaste helt utan utjämnande magasinering och reglering. På grund härav förorsakar vårfloden ibland svåra översvämningar inom de mest låglänta jordbruksmarkerna.

Kommunala vattenanspråk

Totala folkmängden i området är ca 100 000 personer varav ca 91 000 bor i Örebro kommun och ca 7 000 i Laxå kommun. Resterande fördelar sig på Degerfors och Hallsbergs kommu-

Tabell 3.1 Naturliga karakteristiska vattenföringar
(Stöllman 1980).

Vattendrag	Avrinnings- område N	Sjöprocent P	Högsta hög- vattenföring HHQ	Normal hög- vattenföring NHQ	Medelvatten- föring MQ	Vatten- föring med 50% 75% varaktighet		Normal låg- vattenföring NLQ	Lågsta låg- vattenföring LLQ
Plats	km ²	%	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
<u>Laxån</u>									
V. Laxsjön	96	22			0,9				
Oxhult	211	12,9			1,9				
Mynningen i Toften	235	11,6			2,1				
<u>Svartån</u>									
Ölen	72								
Hasselfors	515	11,8	45	20	6,4	4,8	3,0	2,2	0,7
Backa Övre	828	9,2	58	30	8,5	6,7	4,1	2,6	1,0
Karlslund	1292	6,6	125	50	12	8,5	5,0	2,8	1,0
Utloppet i Hjälmaren	1348	6,4	125	50	12	9,0	5,2	2,8	1,0
<u>Mullhytteån</u>	38	11,8	5	2	0,4	0,26	0,12	0,04	0,01
<u>Knistaån</u>	69	3,3	11	4	0,6	0,3	0,08	0,015	0,005
<u>Garphytteån</u>	106	3,3	20	8	1,1	0,6	0,25	0,06	0,015
<u>Tysslingeån</u>	174	1,7	30	12	1,8	1,0	0,4	0,10	0,02



Figur 3.1 Svartåns avrinningsområde

ner. Befolkningen är alltså koncentrerad till den nedre delen av området. Någon ökning av invånareantalet i regionen som helhet förväntas ej och befolkningsomflyttningen inom regionen bedöms bli måttlig.

Örebro kommun har löst sin vattenförsörjning genom att infiltrera svartåvatten i Karlslundsåsen, som korsar ån strax väster om tätorten. För att försäkra sig om ständig vattentillgång i Svartån har kommunen genom vattendomar fått rätt till viss reglering av sjöarna Toften, St. Björken och Ölen. Kommunen har tillstånd att ta ut $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ från

Svartån, vilket är mellan två och tre ggr mer vatten än det nuvarande behovet. Från kommunens vattenverk i Skråmsta försörjes ca 93.000 personer varav drygt 6.000 bor utanför avrinningsområdet. Någon befolkningsökning, som skulle motsvara det nu tillåtna uttaget, kan inte förväntas inom överskådlig framtid.

Övriga orter, förutom Laxå, använder grundvatten för den kommunala vattenförsörjningen. Laxå utnyttjar Ö.Laxsjön som vattentäkt för försörjning av ca 6.000 personer. Fjugesta förstärker sin grundvattentäkt genom infiltration av svartåvatten.

Industrins och jordbrukets vattenanspråk

Industrin inom området är till stor del råvaruorienterad och bygger bl.a. på jordbruks- och skogsprodukter. Den mest betydelsefulla näringsgrenen är tillverkningsindustrin. Industrins behov av vatten tillfredsställs i huvudsak via de kommunala vattenverken men några större förbrukare bl.a. Örebro pappersbruk tar processvatten direkt från Svartån. Någon väsentlig expansion av industrin i regionen förväntas inte och ej heller dess anspråk på vatten.

I Svartån och några av biflödena utnyttjas fallhöjden för elkraftproduktion i sammanlagt 12 kraftverk. Totalt produceras ca 11 GWh/år. En utbyggnad av vattenkraften är endast tänkbar i Laxå och skulle kunna ge ytterligare 1 GWh/år (Johansson, Skott, 1981).

En med Örebro kommuns vattenförsörjning konkurrerande verksamhet är jordbruksbevattningen. Behovet av vatten för bevattning är oftast störst när tillgången är som lägst. Med nuvarande kapacitet (totalt 50 l/s) innebär bevattningen knappast något hot mot vattenförsörjningen men det kan uppstå konflikter i framtiden om kapaciteten byggs ut så att en större del av den odlade arealen kan bevattnas. Enligt Stirna, 1980, kan vattenbehovet i framtiden under ett torrår uppgå till $0.45 \text{ m}^3/\text{s}$.

Bedömningar på längre sikt av vattenanspråken inom Svartåområdet tyder inte på några större förändringar förutom möjligen jordbruksbevattningen. Tänkbara nya vattenkrävande verksamheter är energiskogsodling, mer vattenkrävande grödor o.d. Vattenbalansen kan påverkas av ökat antal torvtäkter. Nya regleringsplaner kan tillämpas bl.a. för att förbättra Hjälmarens vattenstånd. Allmänt kan sägas att vattenresursen i dagsläget inte utgör flaskhalsen vad gäller den regionala utvecklingen. Detta hänger samman med att näringsliv och befolkning i stor utsträckning är lokaliserade med hänsyn till lokala vattenförekomster.

Indatabeskrivning för Svartån

Områdesstruktur

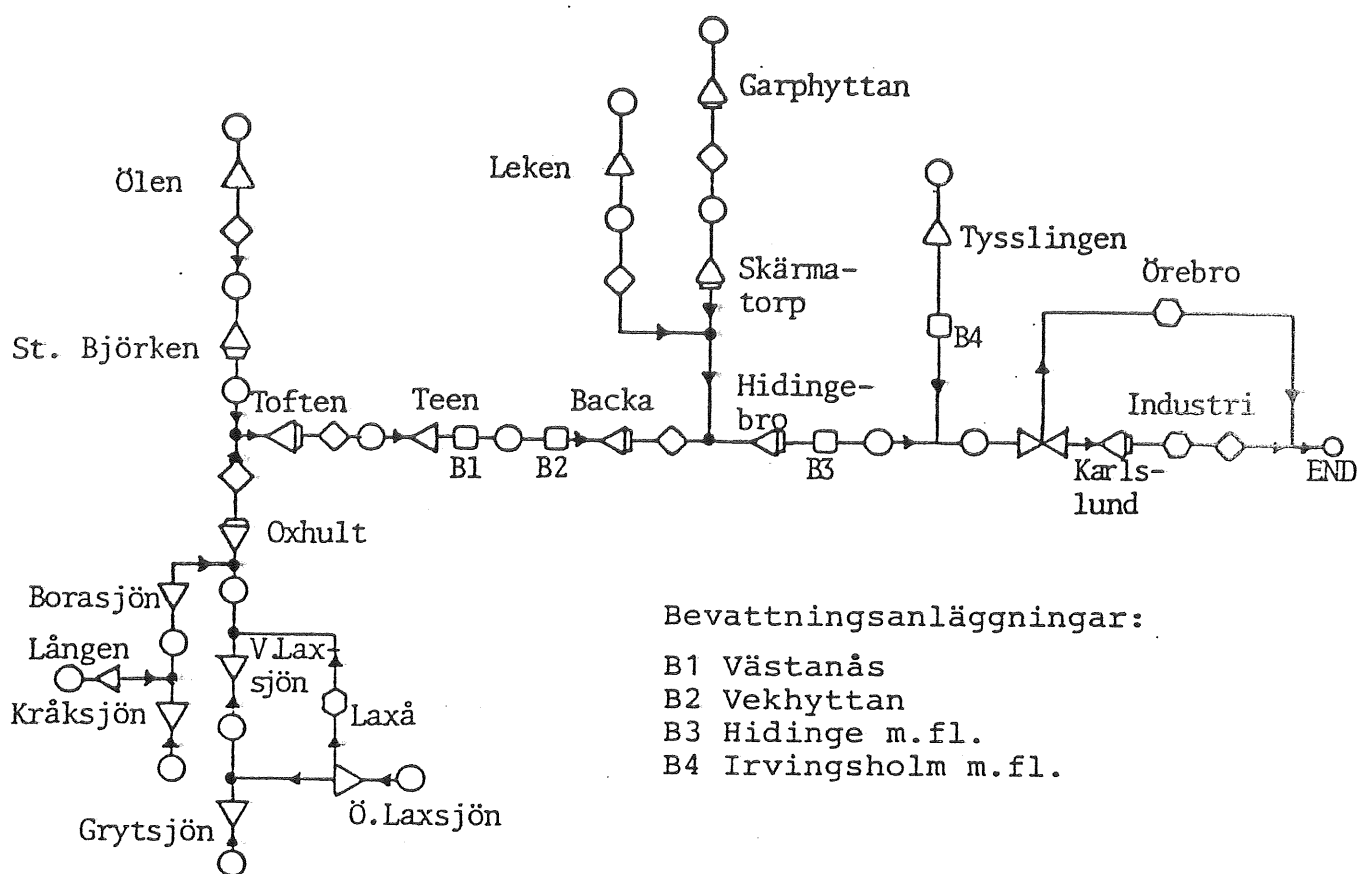
Simulering med hjälp av MITSIM kan göras mer eller mindre komplicerat beroende på hur detaljerat man vill efterlikna vattendraget. Den modellstruktur man ger vattendraget är avhängigt dels möjligheterna att få fram indata, dels vilket syfte man har med simuleringen.

Flertalet sjöar i Svartåområdet är reglerade. Vattenföringen kan ändras i vattendraget genom ändringar av tappningsplanerna (avtappningen som funktion av tid och magasinsfyllnad). I Svartån är det t.ex. önskvärt med en höjd lågvattenföring.

Den struktur vi arbetat med framgår av figur 3.2. De väsentligaste förenklingar vi gjort är följande:

- Ett flertal små sjöar har vi slagit ihop till större eller helt försumrats då deras magasinerande inverkan bedömts som små
- Flera små kraftverk i Laxån uppströms Oxhults kraftverk har slagits ihop med detta, då vattenföringen är i stort sett samma som vid Oxhult.

I det följande anges vilka indata modellen behöver genom exemplifiering från Svartån.



Figur 3.2 Svartån i MITSIM-symboler. Jämför med beskrivningen av Svartån och figur 3.1.

Hydrologiska data

Hydrologiska data består av tillrinning till åsystemet från delavrinningsområden samt avdunstning från och nederbörd på sjöyta.

Tillrinningen ges som månadsvärden av vattenföringen från delområden under i vårt fall en 30-årsperiod. Sådana data saknas i stort sett i hela Sverige. För Svartån har vi beräknat tillrinningen från ett delområde mellan Teen och Backa Övre, Bohman & Genne (1981). Vattenföringen i Backa Övre mäter SMHI och för Teen finns en avbördningskurva som SMHI utnyttjade fram till 1950 då stationen lades ned. Mätningar av vattenstånd har emellertid fortsatt varför vattenföringen kunnat beräknas. Dock är dessa resultat osäkra då utloppet av Teen rent hydrauliskt är olämpligt

för vattenföringsbestämning. Tillrinningen för det aktuella området får vi som skillnaden mellan två stora tal där speciellt det ena är osäkert.

De värden vi fått fram har vi ansett vara representativa för hela avrinningsområdet. För varje månad har tillrinningen från varje delområde satts proportionellt mot områdets storlek.

De använda indata ger resultat som indikerar att de är "korrekta" rent statistiskt även om de inte stämmer för enskilda månader och år under simuleringsperioden, se figur 3.4, som ger vattenföringen vid Backa Övre.

Värden på avdunstning från sjöyta används i modellen för beräkning av sjöarnas vattenbalans. De värden i mm per månad som vi räknat med har getts av Wallén (1966).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
mm/mån	0	3	29	68	132	160	151	105	51	8	0	0

I denna undersökning har vi ej använt nederbördsdata, som emellertid kan användas i MITSIM dels för beräkning av sjöarnas vattenbalans, dels för simulering av bevattningsuttag för olika grödor. I det senare fallet ges avdunstningen som månadsvärden för hela simuleringsperioden varvid bevattningsuttagen reduceras med hänsyn tagen till nederbördens storlek.

Magasins- och kraftverksdata

Modellen kan simulera både reglerade och naturliga magasin. Även generering av elenergi i kraftverk beräknas.

Nödvändiga indata är beskrivning av hur magasinareor och -volymer samt avbördning varierar med vattenstånd och vad gäller avbördning även med månad (tappningsplan). Eventuella avledningar som från Ö.Laxsjön till Laxå (figur 2.1) anges och då även vilket flöde som skall ha förtur vid vattenbrist (prioritering). Magasinsarean används för

beräkning av total avdunstning och nederbörd för varje månad. Initialvärden på fyllnadsgrad vid simuleringens början anges. Eventuellt kan man som vi gjort för Svartån låta systemet svänga in sig under de första åren och göra analyser på den resterande delen av simuleringsperioden.

För kraftverk preciserar man verkningsgrad och fallhöjd samt max.flöde genom turbinerna. Modellen beräknar sedan alstrad elenergi per månad utgående från flödet vid kraftverket.

Nedan ger vi indata för sjön Toften med Hasselfors kraftverk som ett exempel.

TOFTEN

Avledningar saknas. Allt vatten tappas vidare till Teen.

Magasinet:

Dämningsgräns + 75.39

Sänkningsgräns + 74.20

Magasinsarea 17,7 km²

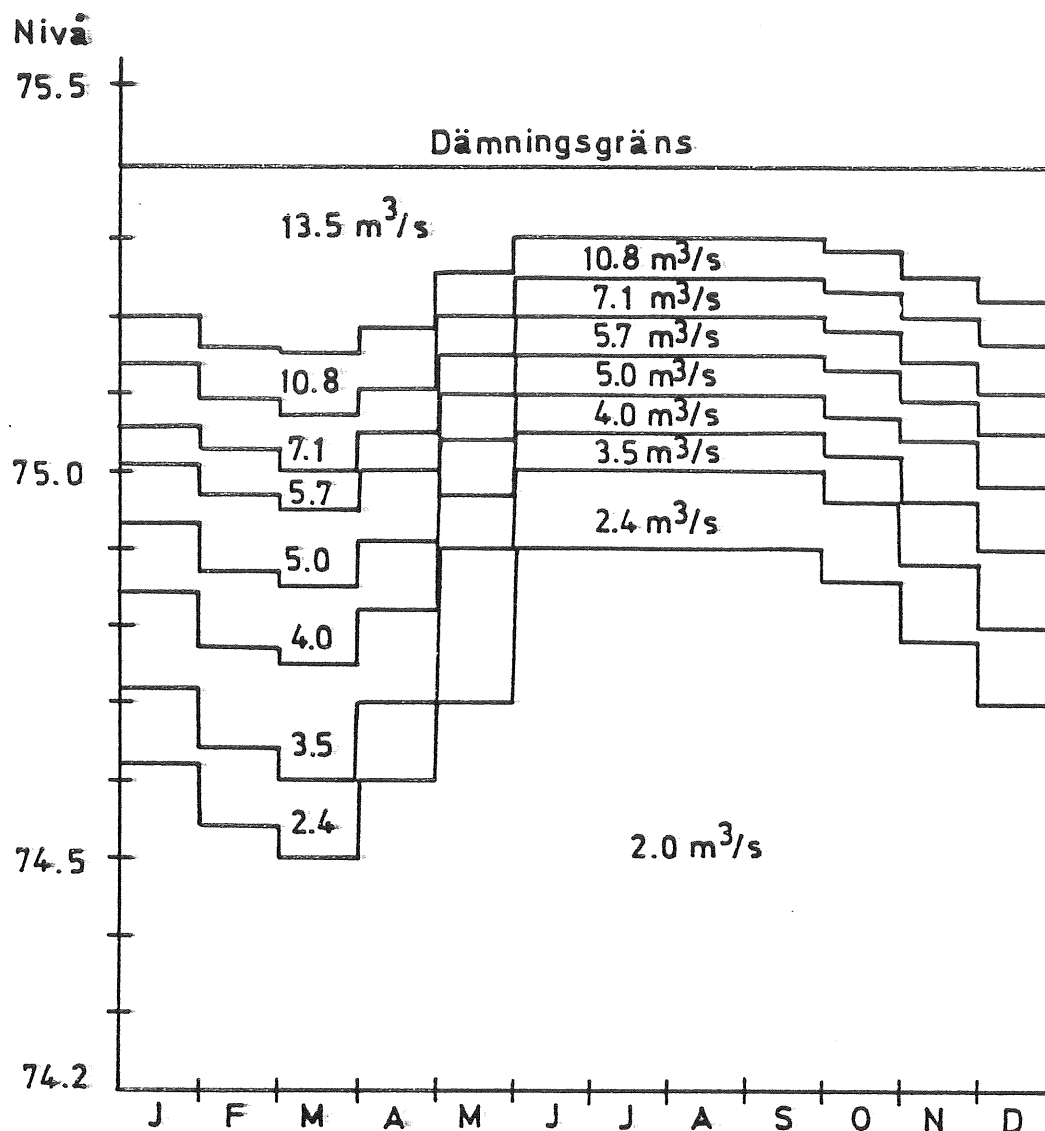
Magasinsvolym 21,1 M m³

Avdunstning i mm/mån ges i hydrologiska indata. För varje månad ges tappningen som funktion av magasin snivån enligt figur 3.3. Här ovan har magasin sarea satts konstant, vilket beror på att regleringsamplituden är liten och stränderna branta varför ytan varierar högst obetydligt med nivå.

Kraftverket

Vattennivå, nedströms kraftverket	64.75
Installerad effekt	0.9 Mw
Verkningsgrad	61%

Utgående från magasin snivån beräknas fallhöjden och energiproduktionen för varje månad.



Figur 3.3 Tappningsplan för Toften

Många reglerade magasin har tidigare tappats utifrån enskilda personers erfarenhet. Detta kan naturligtvis ej simuleras. De tappningsplaner som använts vid simuleringen är de som fastställts av vattendomstol eller efter överenskommelser mellan olika parter t.ex. för Ölen, St.Björken och Toften där Örebro kommun och Hasselfors Bruk kommit överens om tappningsplaner.

Nästan alla sjöar är reglerade och kan därmed tappas enligt fastställda tappningsplaner. Några oreglerade sjöar förekommer också. För dessa är det ofta svårt att fastställa utflödet som funktion av vattennivån i dessa. Speciellt

gäller det för sjöar av typ Tysslingen där ån rinner genom ett mycket flackt slättlandskap. Här skulle man behöva genomföra vattenföringsmätningar vid olika vattennivåer för att kunna fastställa sambandet. För Teen finns sådana redan gjorda av SMHI som fram till 1950 använde vattenståndet i Teen för att bestämma vattenföringen. Stationen lades sedan ned då den rent hydrauliskt är olämplig för vattenföringsbestämningar. Som underlag för simuleringar torde den däremot vara tillräckligt noggrann. För sjöarna Tysslingen och Leken har vi varit tvungna att göra en grov uppskattning utgående från uppgifter om vattenståndsvariationer och max-, medel- och minvattenföringar.

Under arbetet med MITSIM har vi funnit att den rutin som beräknade utflödet är alltför grov och ger felaktiga utflöden. Vi har ersatt den med en rutin som stegar sig igenom varje månad i 30 intervall, vilket ger en tillräckligt noggrann beräkning av tappningen.

Data för kommunala och industriella uttag

De uttag som är tillräckligt stora för att vara intressanta för simuleringarna görs i Örebro och Laxå kommuner. Uttagen antas vara likformigt fördelade över året. I Laxå är årsbehovet $0,91 \text{ Mm}^3/\text{år}$, vilket motsvarar ett uttag av $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$. Vattnet tas från Östra Laxsjön. Örebro tar ut $13.5 \text{ Mm}^3/\text{år}$ eller $0.43 \text{ m}^3/\text{s}$ ur Svartån. Dessutom tillkommer i Örebro en industriell förbrukning på $6 \text{ Mm}^3/\text{år}$ ($0.2 \text{ m}^3/\text{s}$). - Det kommunala uttaget görs uppströms industriområdet, men enligt överenskommelse skall uttaget inte vara större än att flödet i Svartån når upp till $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

För samtliga uttag har antagits att 90% av vattnet återgår till ån efter användning.

Bevattningsdata

Det finns två alternativa sätt att ge indata för önskat uttag till bevattning.

- o månadsbehovet ges utgående från de olika grödornas behov och odlade arealer (samma år från år)
- o månadsbehovet ges som en genererad stokastisk serie för simuleringsperioden där de statistiska egenskaperna bör baseras på behov enligt ovan och naturliga variationer i nederbörd.

I detta arbete har vi använt den första metoden. Man kan där även ta hänsyn till nederbörd som faller under bevattningsperioden vilket reducerar behovet. Det har vi ej gjort här. Felet är antagligen inte så stort då det är torrperioder som är intressantast, och då är nederbörden också liten.

De områden som är bevattnade har följande grödor och bevattningskapacitet. Stirna (1980).

Västanås	9 ha betesvall 6 ha potatis	0.007 m ³ /s
Vekhyttan	1 ha jordgubbar	0.0014 m ³ /s
Hidinge	15 ha slätter 30 ha potatis	0.021 m ³ /s
Irvingsholm	25 ha gräsmatts- odling 53 ha potatis	0.019 m ³ /s
Totalt	139 ha	0.05 m ³ /s

Grödornas vattenbehov uttryckt i mm är under torrår följande: Stirna (1980).

	Maj	Juni	Juli	Aug.	Totalt
Vall	4	65	65	43	177
Potatis	-	49	65	43	157
Köksväxt	-	49	65	43	157

Vid beräkning med 1980 års indata har vi utgått från att kapaciteten och inte den verkligt bevattnade arealen bestämmer vattenuttaget. De områden som därvid skulle bli bevattnade med samma grödefördelning som tidigare blir då

Västanås	30 ha	
Vekhyttan	6 ha	
Hidinge	84 ha	
Irvingsholm	78 ha	(oförändrat)

Hydrografnoder

I hydrografnoderna registreras endast flödet och man får utskrift som anger hur väl uppsatta mål för minimiflöden uppnåtts. De uppställda minimiflödena är konstanta över året men det är i allmänhet under sommaren och hösten risk finns för att de ej skall nås.

Följande miniflöden har angetts

Oxhult	LOWL1	0.25 m ³ /a	vattenkvalitet
Ölens utlopp	LOWS1	0.15 m ³ /s	---
Toftens utlopp	LOWT	2.00 m ³ /s	---
Backa Övre	LOWB	2.5 m ³ /s	---
Lekhytteån	LOWS3	0.30 m ³ /s	öring
Garphytteån	LOWS5	0.08 m ³ /s	
Karlslund	LOWS4	0.50 m ³ /s	vattenkvalitet

En del av ovanstående minimivattenföringar finns fastställda i vattendomar medan vi för Lekhytteån tagit till en siffra i överkant för att studera utfallet i modellen. Ett skyddsvärt bestånd öring i Lekhytteån gör att det finns behov av att upprätthålla en hög lågvattenföring. Observera att själva flödet i punkten ej påverkas av vilket värde man sätter på minimiflödet utan att det enbart är fråga om en registrering.

1980 års status. Resultat av simulering

De allmänna slutsatser man kan dra av körningar med 1980 års uttag och tappningsplaner som grund är följande:

- o Indata för tillrinning måste analyseras noga innan alltför långtgående slutsatser dras av simuleringens resultat
- o Med "korrekta" tillrinningsdata efterliknas vattenföringen i Svartån med god noggrannhet
- o Bristsituation uppstår endast vid en extrem torrsituation

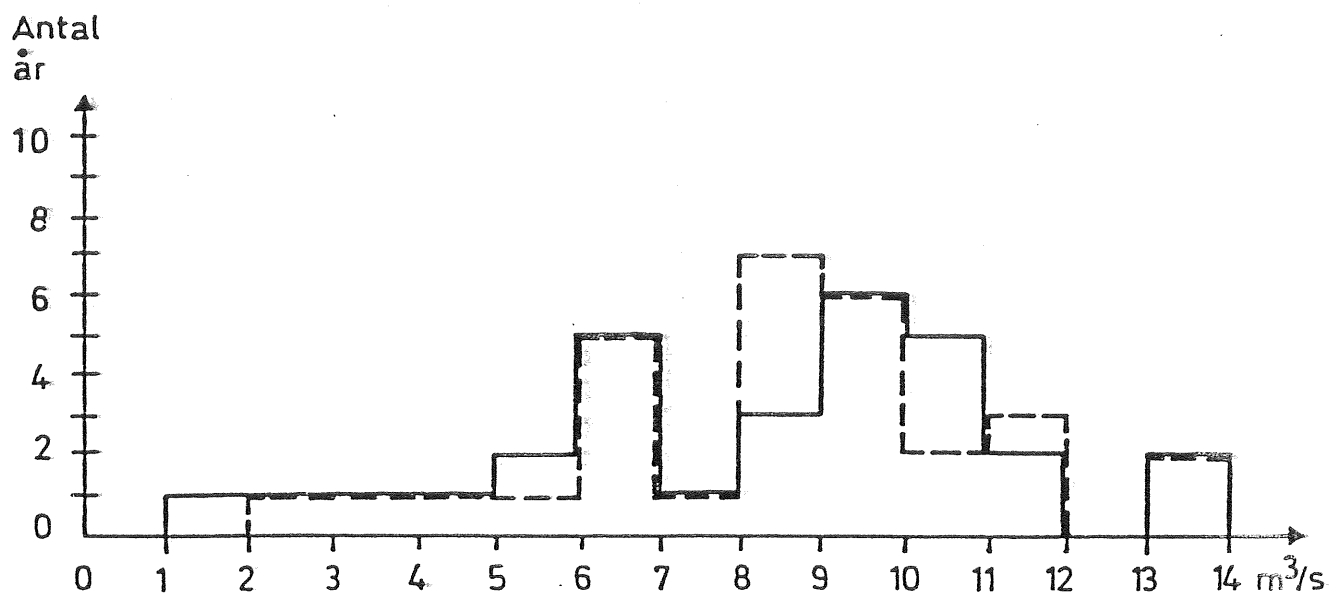
I det följande diskuteras simuleringen och indata mer i detalj.

Hydrologi

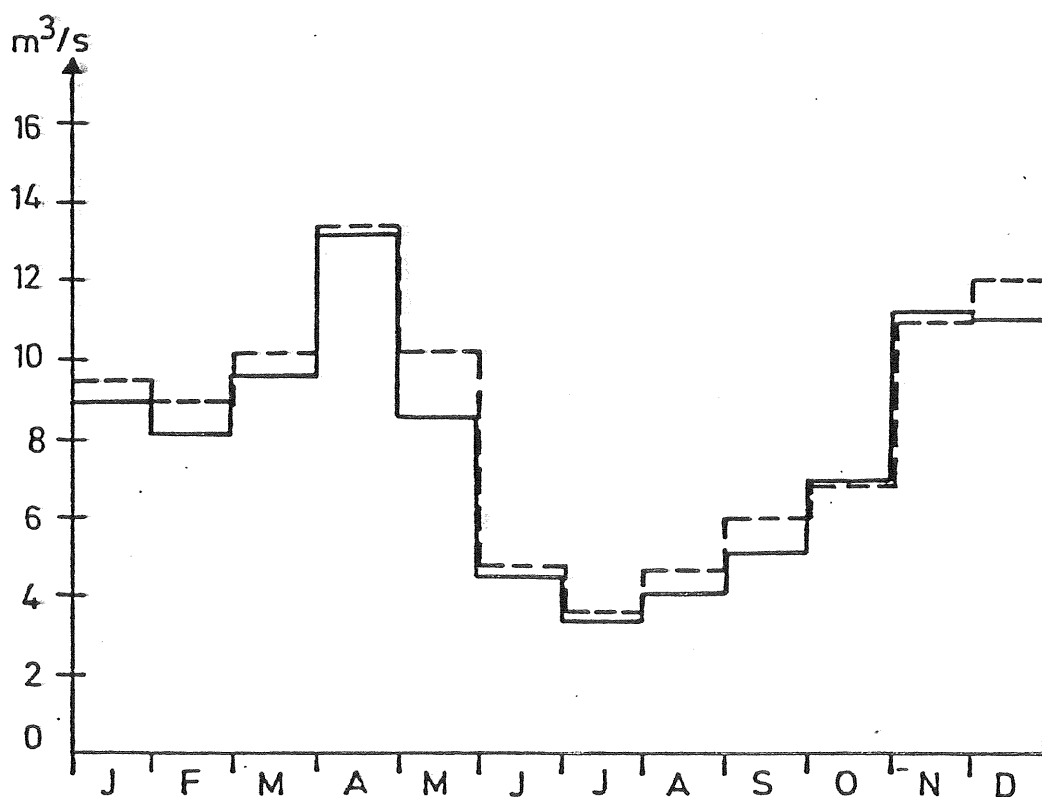
Vi har simulerat med 30 års tillrinningsdata. De två första åren används ej vid analysen av data och detta av flera skäl.

- o Det är två år som med vårt sätt att beräkna indata har extremt låg tillrinning, vilket ej motsvarar situationer i verkligheten. Anledningen till detta kan vi ej rekonstruera. Dessa år är alltså inte representativa.
- o Tar man bort dessa år får man en tillrinning vars fördelning över årets månader stämmer väl med verkligheten. Figur 3.5
- o Genom att vi startat med tomma magasin behövs en viss tid för att vi skall få en anpassning av magasinssyftnaderna till en realistisk nivå.

Fördelningen av årsvattenföringen vid Backa Övre enligt SMHI:s mätningar, se "Vattenföring i Sverige" (1979), och enligt vår simulering visar god överensstämmelse, figur 3.4. I figur 3.5 visas medelvattenföringen för de olika månaderna dels enligt simulering dels enligt SMHI:s mätningar. Överensstämmelsen är mycket god.



Figur 3.4 Histogram för årsmedelvattenföring vid Backa Övre enligt simulering (—) och enligt SMHI:s mätningar (---). Totalt 28 år.

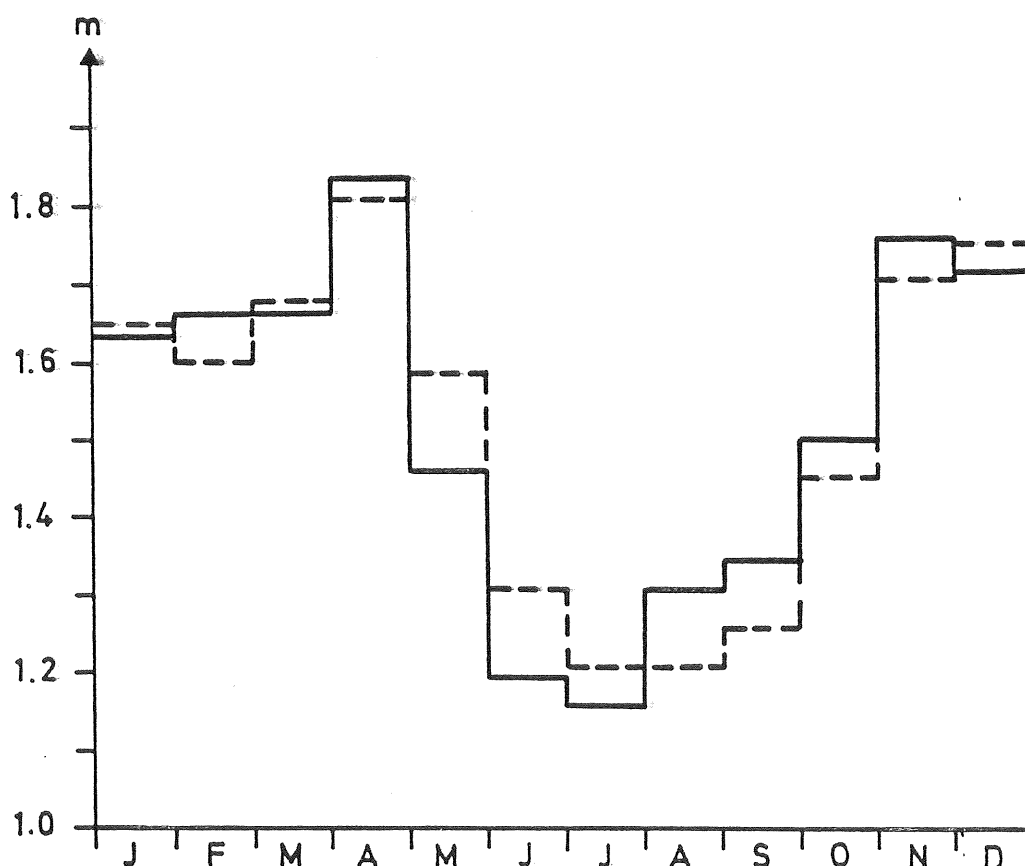


Figur 3.5 Medelvattenföring vid Backa Övre fördelat över året enligt simulering (—) och SMHI:s mätningar (---).

Vi har också provat tillrinningsdata från Velenområdet några mil sydväst om Svartåns avrinningsområde. Dessa ger dock en flödesfördelning i Backa Övre som markant avviker från uppmätta värden.

Magasiner

Det har ej varit möjligt att få fram exakt hur magasinen i Svartån skötts tidigare. De reglerade magasinen är därför inte lämpliga för jämförelser mellan simulering och mätningar. I den oreglerade sjön Teen simuleras avbördningen enligt SMHI:s avbördningskurva. Teen utgör därför ett lämpligt jämförelseobjekt. I figur 3.6 är medelvärde för sjönivån vid olika månader utritad dels enligt mätningar dels enligt simuleringen. Överensstämmelsen är mycket god vilket kan bero på att sjön utgör ett stort magasin. Eventuella avvikelser i tillrinning till sjön påverkar inte nivån så snabbt.



Figur 3.6 Vattenståndet i Teen över året enligt simulering (—) och SMHI:s mätningar (---).

Vattenförsörjning

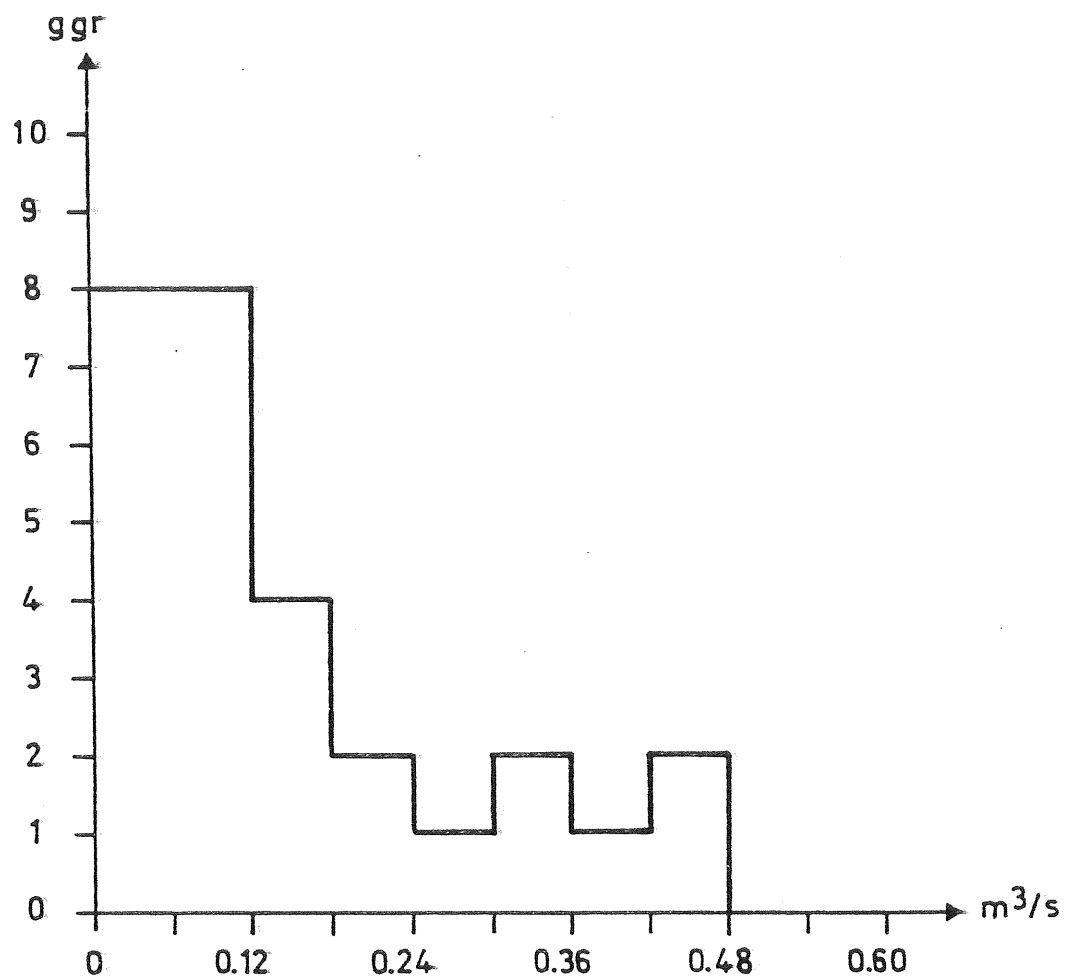
Laxå och Örebro samt industrierna i Örebro står för de större vattenuttagen i Svartån. Dessutom finns bevattning under sommartid som dock är av liten omfattning.

Enligt simuleringen drabbas Laxå, Örebro och industrierna av vattenbrist vid ett tillfälle (under 28 år) med extrem torka. Under resten av tiden räcker vattentillgången mer än väl behovet.

För de olika bevattningsanläggningarna gäller att vattenförsörjningen är god. För Irvingsholms del gäller att vattenförsörjningen i Tysslingeån är noll under den nämnda torrperioden. Dock kan bevattning ändå ske genom att sjön i praktiken avsänks ytterligare, eftersom uttaget ligger alldeles nedströms sjön. Inverkan på vattennivån i sjön är dock mycket obetydlig då uttagsmängderna är mycket små och sjöns yta stor.

Lågflödespunkter

Vid simuleringen har vattenföringen registrerats i lågflödespunkterna. De punkter som ligger i Laxån och i Svartåns huvudfåra nedströms Toften visar vattenbrist under samma period som det är brist i vattenförsörjningen. I biflödena Lekhytteån och Garphytteån uppnås de satta minimivärdena under delar av perioden. För Lekhytteån visas fördelningen i olika flödesintervall under den torraste månaden juli i figur 3.7.



Figur 3.7 Histogram över flödesfördelningen i Lekhytteån för juli månad. (28 år). Angivet värde på minimivattenföringen är $0,3 m^3/s$.

4. SIMULERING VID ÄNDRAT VATTENUTNYTTJANDE.

Studerade alternativ

Simulering av rådande (1980 års) förhållanden är av intresse för bedömningen av hur väl nuvarande vattenbehov kan tillgodoses. Inventeringen av Svartån visade (kap. 2) att vattenresursen varit tillräcklig för industriell och kommunal utveckling och att det är andra faktorer som varit begränsande (Persson 1980). Simulering med MITSIM enligt föregående kapitel visar att vattenresursen i stort sett är tillräcklig. Däremot kan andra krav sättas, speciellt på lågvattenföring, varför konfliktorsaker ändå kan sägas existera.

En analys av framtida förhållanden är naturligtvis av största intresse i ett planeringsarbete. I det tidigare arbetet med SLUMOD för översiktlig analys (Persson o Söderström 1981) studerades några olika utvecklingsalternativ fram till 1990. Här har vi valt att studera hur förhållandena blir för 1990 års data enligt ett basalternativ med endast måttlig ökning av uttag för kommuner, industrier och jordbruk och ett produktionsalternativ där jordbruksbevattningen antas öka kraftigt medan kommunala och industriella uttag ökar relativt måttligt. I tabell 4:1 ges uttag vid simulering enligt rådande förhållanden och 1990 års förhållanden enligt de två nämnda utvecklingsalternativen.

Tabell 4.1 Sammanställning över vattenuttag enligt de tre simulerade alternativen.

Kommunala och industriella uttag

	1980		1990		1990	
	Arsförbrukning Mm ³	Kapacitet m ³ /s	basalternativ Arsförbrukning Mm ³	Kapacitet m ³ /s	utbyggnads- alternativ Arsförbrukning Mm ³	Kapacitet m ³ /s
Laxå	0,91	0,029	1,07	0,034	1,80	0,058
Örebro	13,50	0,429	14,9	0,472	17,1	0,544
Örebro industrier	6,0	0,20	6,0	0,20	6,0	0,20

Uttag för bevattning

	1980			1990			1990		
	Bevattnad area ha	Arsförbrukning Mm ³	Kapacitet m ³ /s	Bevattnad area ha	Arsförbrukning Mm ³	Kapacitet m ³ /s	Bevattnad area ha	Arsförbrukning Mm ³	Kapacitet m ³ /s
Västanaås	30	0,05	0,007	34	0,06	0,008	665	1,04	0,162
Vekhyttan	6	0,009	0,0014	6	0,009	0,0014	143	0,220	0,035
Hidinge	84	0,135	0,021	95	0,152	0,023	1976	3,166	0,480
Irvingsholm	78	0,125	0,019	85	0,136	0,021	1943	3,113	0,472

Örebros vattenförsörjning vid kraftigt ökad bevattning är det problem vi valt att diskutera utgående från simuleringarna av "Svartåsystemet". Materialet ger annars möjlighet till analys av en stor mängd andra frågeställningar. Resultaten måste vid analys sättas i relation till andra aspekter som t.ex. vad betyder vattenbrist för Örebro kommun jämfört med nyttan av bevattningen. Detta kräver analyser av såväl privat- som samhällsekonomisk art då även sysselsättningsaspekten kommer in. Här begränsar vi oss emellertid till att diskutera resultaten från simuleringarna.

Vi har också använt MITSIM för att göra en analys av Laxån. Där finns följande intressen:

Kommunal vattenförsörjning för Laxå kommun i Ö.Laxsjön.

Flera av områdets sjöar har stor betydelse för friluftsliv och fiske. I Borasjön anger vattendomen att vattennivån ej får sjunka mer än 0.15 m från islossningen till mitten av juni. Detta för att säkerställa reproduktionen av gädda.

Kraftproduktionen i Oxhult och några mindre kraftverk. Reglering för dessa avses ske med hög och jämn avtappning oktober-april och minimitappning maj-september.

Problemen i Svartån nedströms Toften är sådana att man vill höja lågvattenföringen och minska högvattenföringen från Laxån.

Vi har utfört simuleringar av Laxån dels för tappning enligt tappningsställare från vattendomen, dels för tappning som ger en stor energiproduktion. Härvid har vi analyserat hög- och lågvattenföring samt nivåförändringar i Borasjön.

Svartån 1990 vid måttligt ökade uttag (basalternativet)

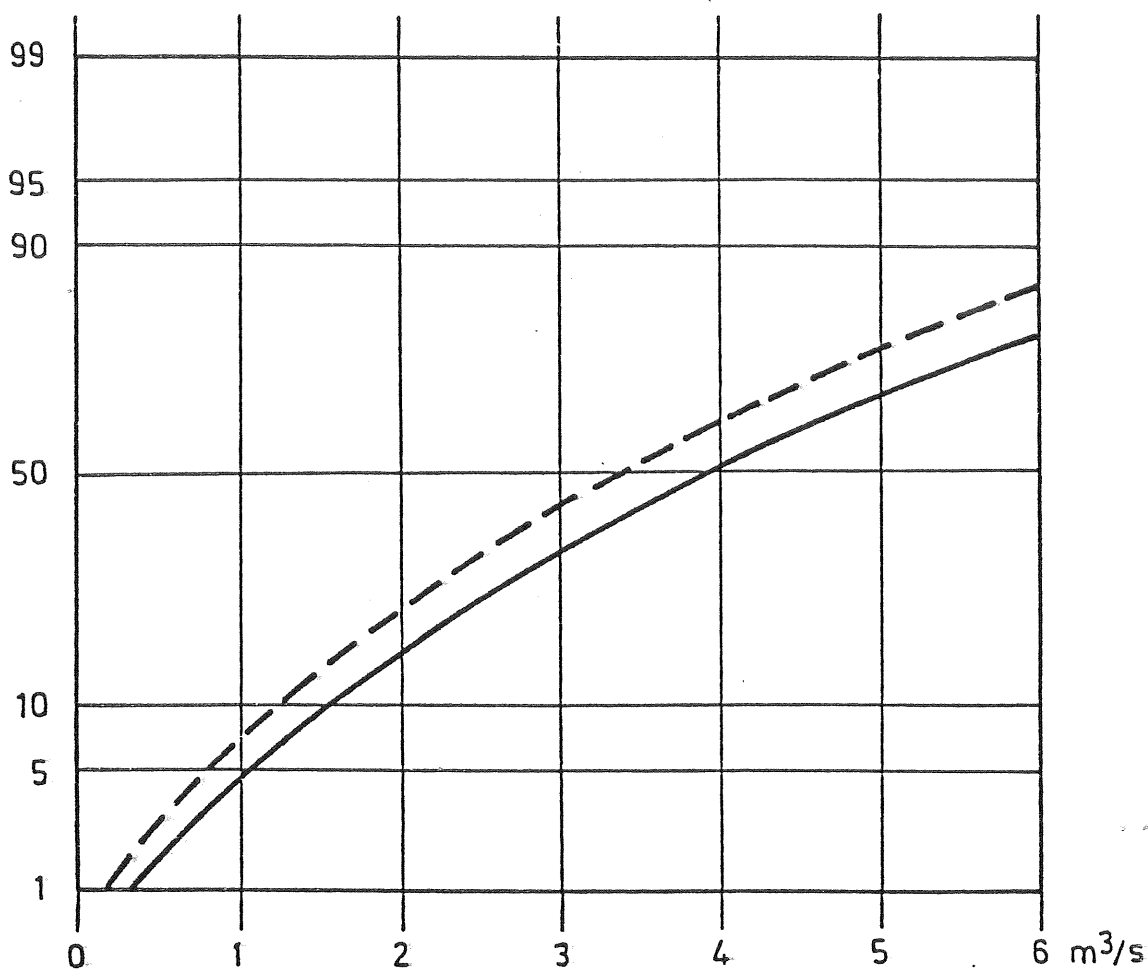
Som framgår av tabell 4:1 innebär detta alternativ endast en ca 10%-ig ökning av vattenuttagen. En sådan ökning innebär en knappt märkbar höjning av risken för vattenbrist. Det uppstår heller inte någon påverkan på lågvattenföringen som är av betydelse. Simuleringarna ger alltså resultat som stämmer väl med uppfattningen att nuvarande uttag ligger inom vattenresursens kapacitet.

Svartån 1990 vid kraftigt ökad jordbruksbevattning (utbyggnadsalternativet)

Enligt detta alternativ ökar kommun- och industriuttagen med sammantaget ca 20% medan däremot jordbruksbevattningen förutsätts öka från maximalt ca $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ till maximalt ca $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Bevattningen är koncentrerad till hög- och sensomaren varför vattenuttagen sett över året blir små jämfört med Örebro kommuns uttag som annars är det dominerande. En sådan ökning förutsätter att praktiskt taget all jordbruksmark nära Svartån bevattnas, vilket i dagens läge får anses orealistiskt. Det kan också påpekas att en eventuell energiskogsodling kräver omfattande bevattning. Sådan odling är tänkbar i de låglänta områdena kring Svartån nedströms Teen.

Bevattningen sker huvudsakligen utefter huvudfåran nedströms Teen. Den intressantaste frågeställningen är då hur Örebro kommuns vattenförsörjning kan tillgodoses. Den vattenföring som krävs där är dels $0.544 \text{ m}^3/\text{s}$ till vattenförsörjning, dels $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ som är minimivattenföringen vid slottet i Örebro dvs totalt $1.044 \text{ m}^3/\text{s}$. En statistisk analys har gjorts för de årliga lågvattenföringarna och sannolikheten för underskridande framgår av figur 4.1.

Sannolikhet för
underskridande %



Figur 4.1 Svartån vid Karlslund i Örebro. Sannolikhet för årliga lågvattenflöden (månadsmedelvärden) vid tappning enligt basalternativet (—) och utbyggnadsalternativet (----) för år 1990.

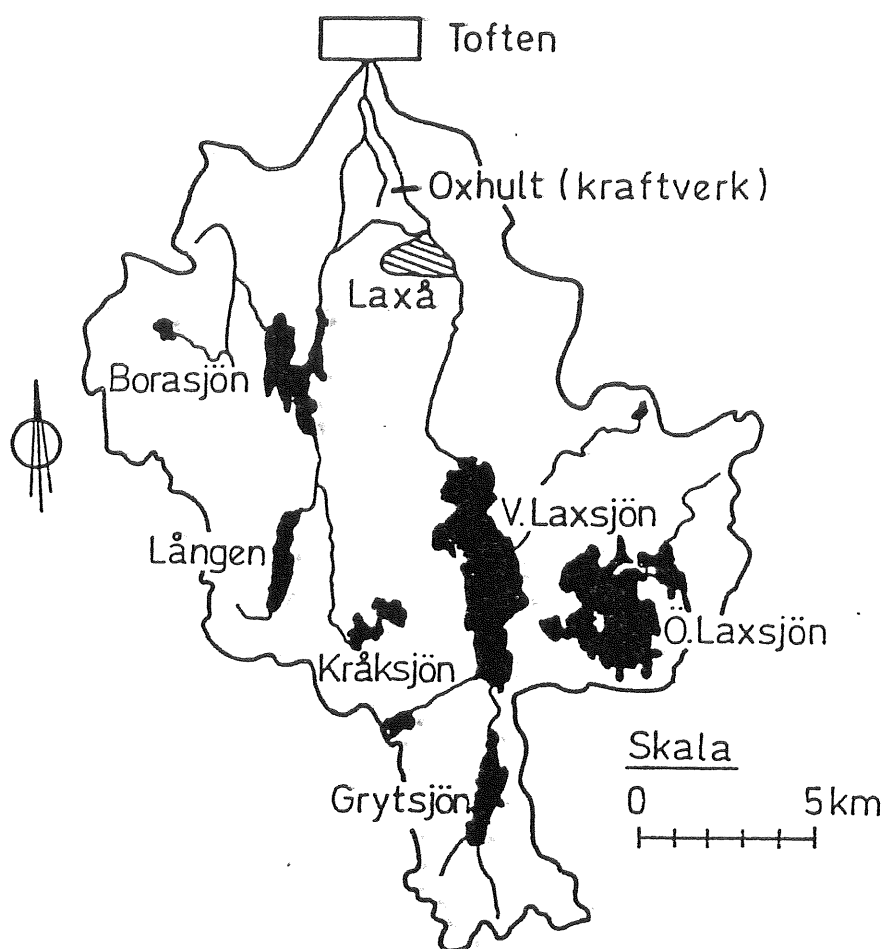
Där finns också inlagt motsvarande samband för basalternativet. Sannolikheten eller risken för att vattenbrist skall uppstå är således ca 8% vid utbyggnadsalternativet mot ca 4% vid måttlig utvecklingstakt. Att skillnaden är så liten trots att bevattningskapaciteten ökat med ca 1 m³/s beror på att denna bara utnyttjas maximalt under juli för att minska till ca 2/3 under augusti. Under september upphör bevattningen helt. Vid naturliga förhållanden uppträder lågvattenföring normalt någon av månaderna juli-oktober (SMHI 1979) och sammanfaller alltså bara ibland med maximal bevattning.

Bevattningen vid Irvingsholm (IRVING) kan tillgodoses med i medeltal $2/3$ av behovet enligt detta alternativ. I praktiken skulle dock behovet ändå kunna tillgodoses då pumpning från ån endast skulle medföra att Tysslingen sänks under vad som tidigare varit lägsta nivå. Ett bättre sätt att i MITSIM simulera bevattningen vid Irvingsholm hade varit att uttaget placerats direkt i sjön.

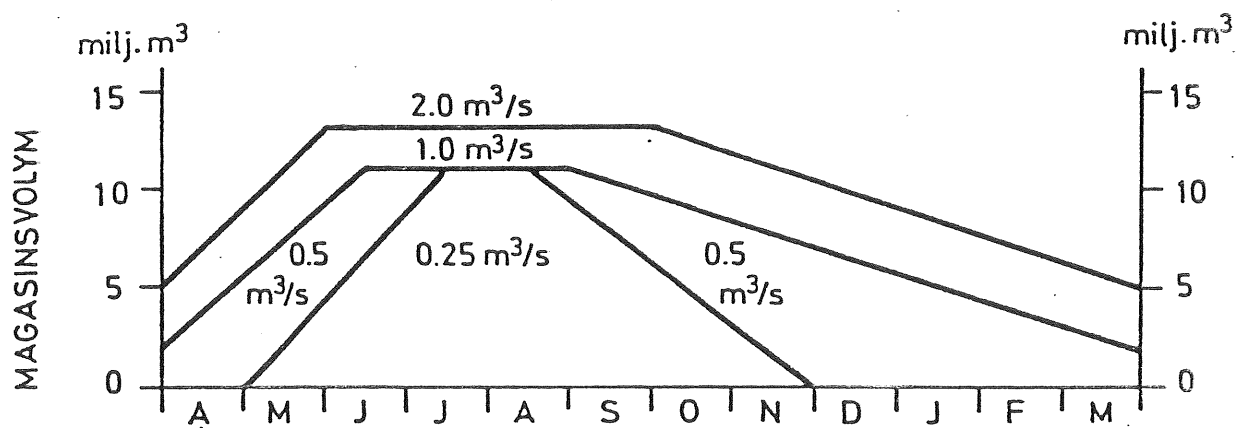
Laxån reglerad för energiproduktion

Laxån, figur 4.2, regleras idag av Laxå kommun som tar hänsyn till Önskemål från Hasselfors Bruk som har regleringsrätten i Toften. Exakta regler för hur tappningen i praktiken utförs finns därför inte. I vattendomen finns emellertid en tappningsplan, figur 4.3, som anger hur tappningen skall skötas om parterna inte kan komma överens. Vid simulering har denna tappningsplan använts som grundalternativ. Den utgår från det samlade magasinsinnehållet i systemets sjöar, varför Laxån i MITSIM-symboler får det enkla utseendet i figur 4.4

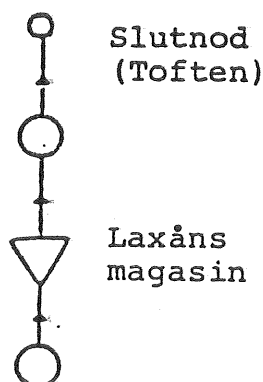
I och med att Laxå kommun restaurerat några minikraftverk inkl. Oxhults kraftverk i Laxån vill man få så effektiv energiproduktion som möjligt (energialternativet). Eftersom energin har störst värde vintertid önskar man ha en hög och jämn vattenföring under oktober-april och minsta möjliga dvs minimitappning under maj-september då vattenkraftverken är avställda. En tappningsplan efter dessa önskemål visas i figur 4.5 för V.Laxsjön. Motsvarande tappningsplaner har utformats för övriga sjöar i systemet varvid hänsyn tagits till skillnader i avrinningsområdenas storlek.



Figur 4.2 Laxåns avrinningsområde

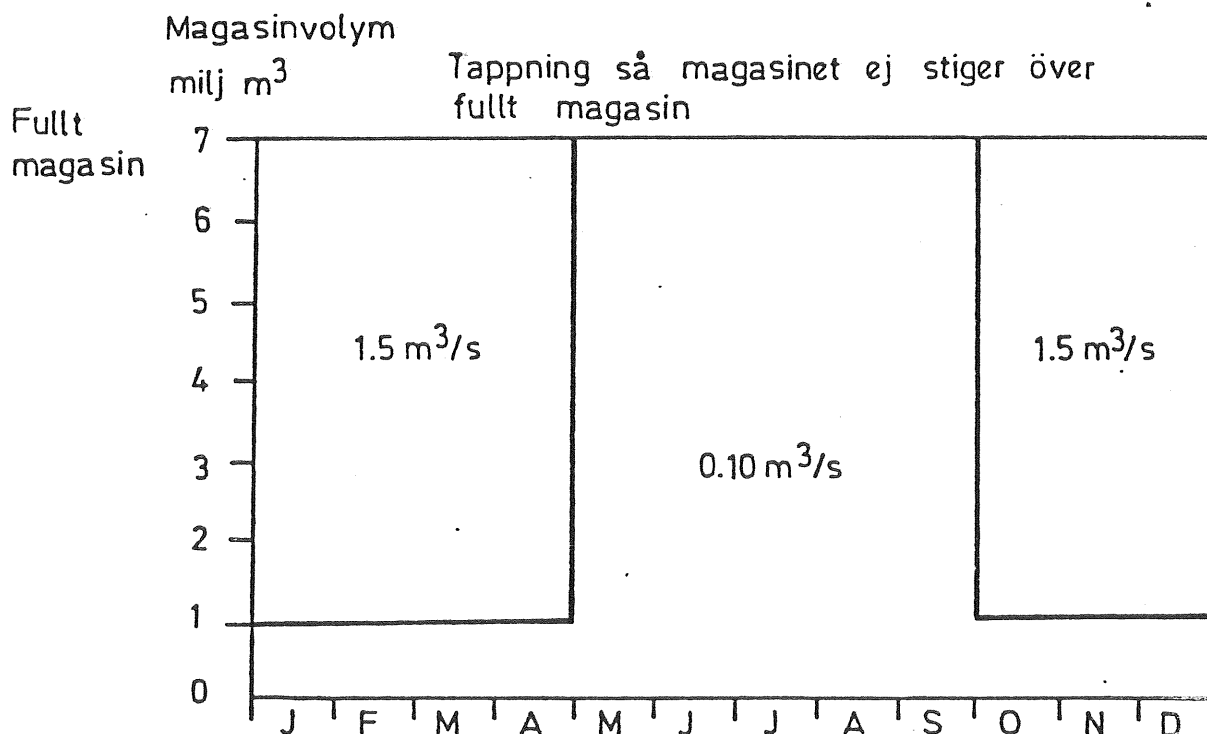


Figur 4.3 Tappningsplan för magasinerna i Laxån enligt vattendom. De angivna flödena skall gälla vid Laxåns utflöde i Toften (Stöllman 1980).



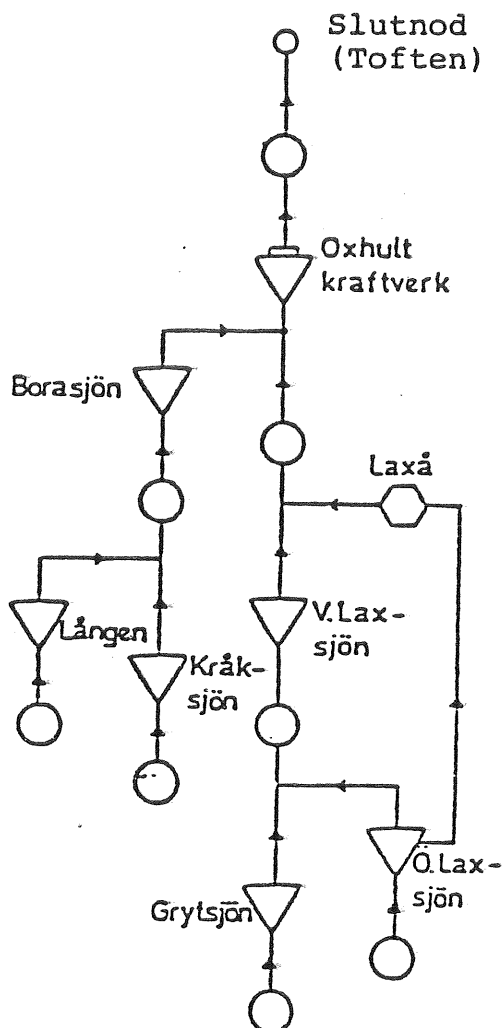
Figur 4.4 Laxå i MITSIM-symboler i enlighet med grundalternativet för reglering.

Energialternativet innebär enligt Laxå kommuns förslag att man från V.Laxsjön tappar $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ under tiden 1/9 - 30/4 och under resten av tiden minimitappningen $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$, figur 4.5. De övriga magasinerna tappas på motsvarande sätt men med hänsyn tagen till att deras avrinningsområden är mindre. Från Ö.Laxsjön leds dessutom $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ (nuvarande uttag) direkt till Laxå där det återförs till ån (efter att ha använts). Simulering med MITSIM blir då i enlighet med figur 4.6.



Figur 4.5 Tappningsplan för V.Laxsjön enligt "energialternativet".

I detta fall måste varje särskilt magasin simuleras och vi får därför ett utseende på Laxån i MITSIM-symboler enligt figur 4.6.



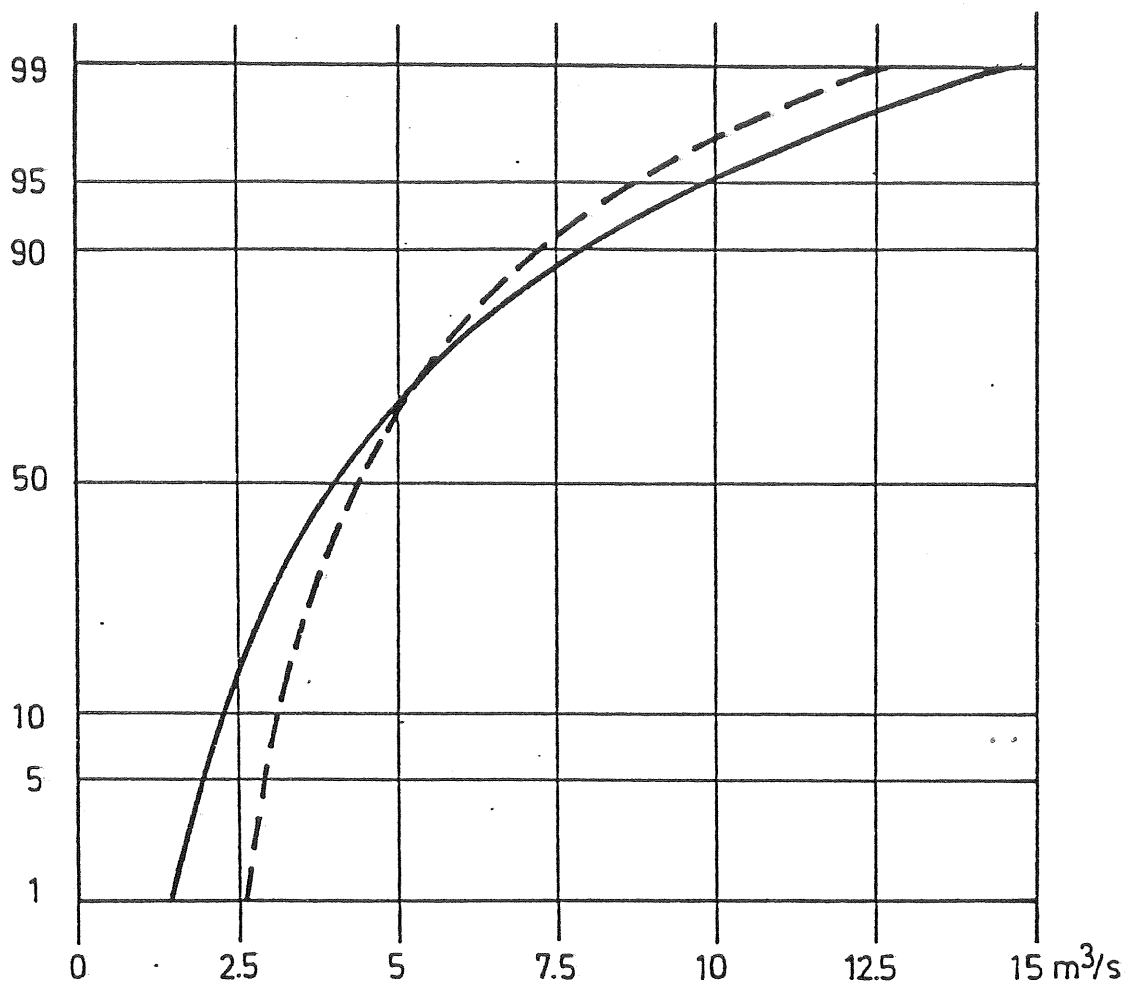
Figur 4.6 Laxån i MITSIM-symboler i enlighet med energialternativet för reglering. Jämför denna återgivning med kartan i figur 3.11

Resultaten av simuleringarna redovisas för låg- resp. högvattenföringarna samt för nivåvariationerna i Borasjön. En statistisk analys har gjorts på vattenflödet vid utloppet i Toften med avseende på årliga låg- och högvattenflöden (28 år).

För högvattenflödena ges det statistiska sambandet som sannolikheten för underskridande i figur 4.7. En jämförelse av de två alternativen visar att de ger ungefär samma medelvärde på högvattenföringen medan energialternativet ger lägre sannolikhet för mycket höga flöden. För t.ex. 100-årsflödet (det som i medeltal överskrides 1 gång på 100 år) ger grundalternativ vattenföringen $14.7 \text{ m}^3/\text{s}$ mot $12.7 \text{ m}^3/\text{s}$

för energialternativet. Då risk för översvämningar nedströms Svartån endast föreligger vid extremt höga vattenföringar är alltså energialternativet att föredraga.

Sannolikhet för
underskridande %

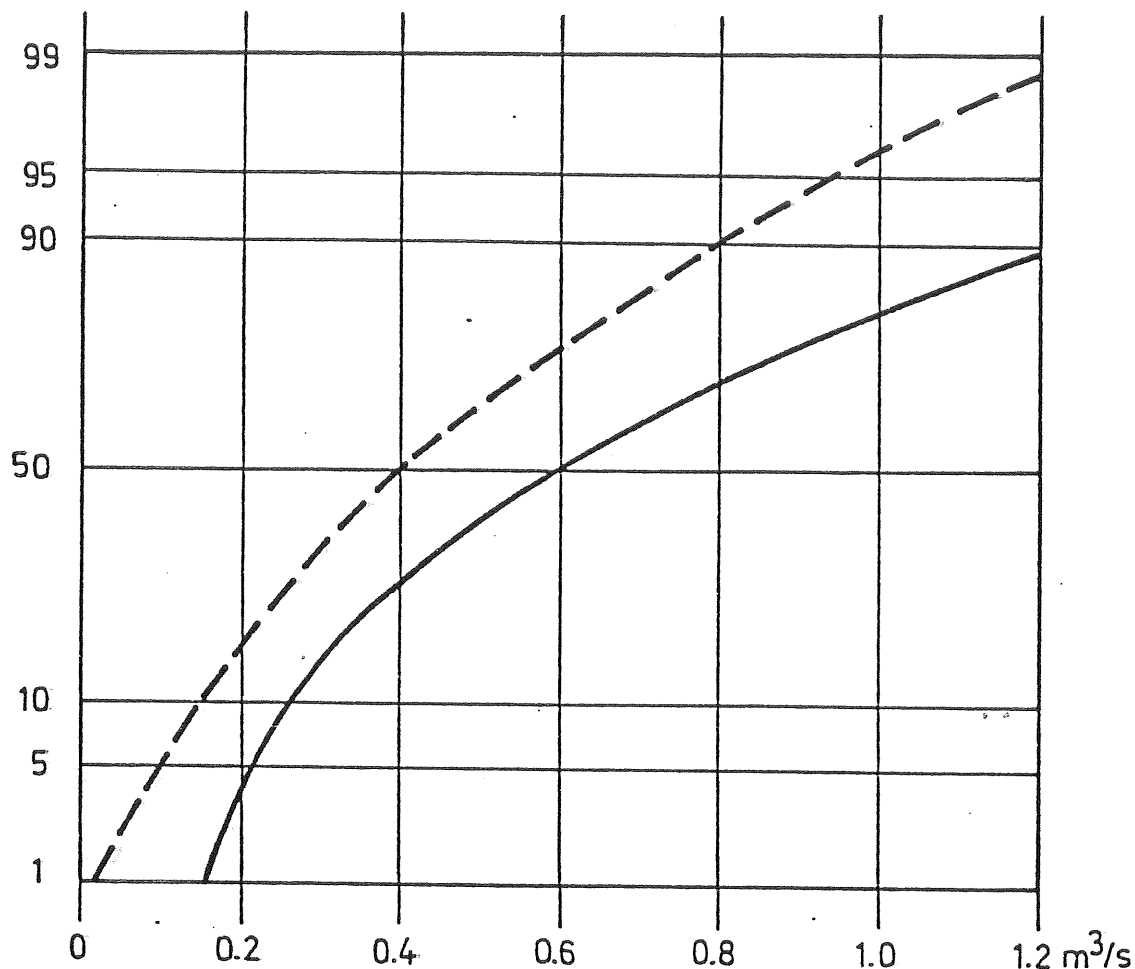


Figur 4.7 Laxåns utflöde i Toften. Sannolikhet för årliga högvattenflöden (månadsmedelvärde) vid tappning enligt grundalternativet (—) och energialternativet (---).

För motsvarande lågvattenflöden ges sambanden i figur 4.8. Energialternativet medför en kraftig minskning av "medelvärde" från ca $0.70 \text{ m}^3/\text{s}$ till $0.44 \text{ m}^3/\text{s}$ (obs. medelvärdet är ej identiskt med 50%-värdet). Samtidigt ökar risken för att extremt låga flöden skall uppstå. Sålunda minskar 100-årsflödet (det som underskrids i medeltal 1 gång på 100 år) från $0.16 \text{ m}^3/\text{s}$ till $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$. Detta innebär också att minimitappningar ej kan upprätthållas ($0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ från V.Laxsjön och $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ från Borasjön), vilket beror på att sjöarna sänks ned till sänkningsgränsen. Grundalternativet är därför klart att föredraga utifrån denna aspekt. Påpekas

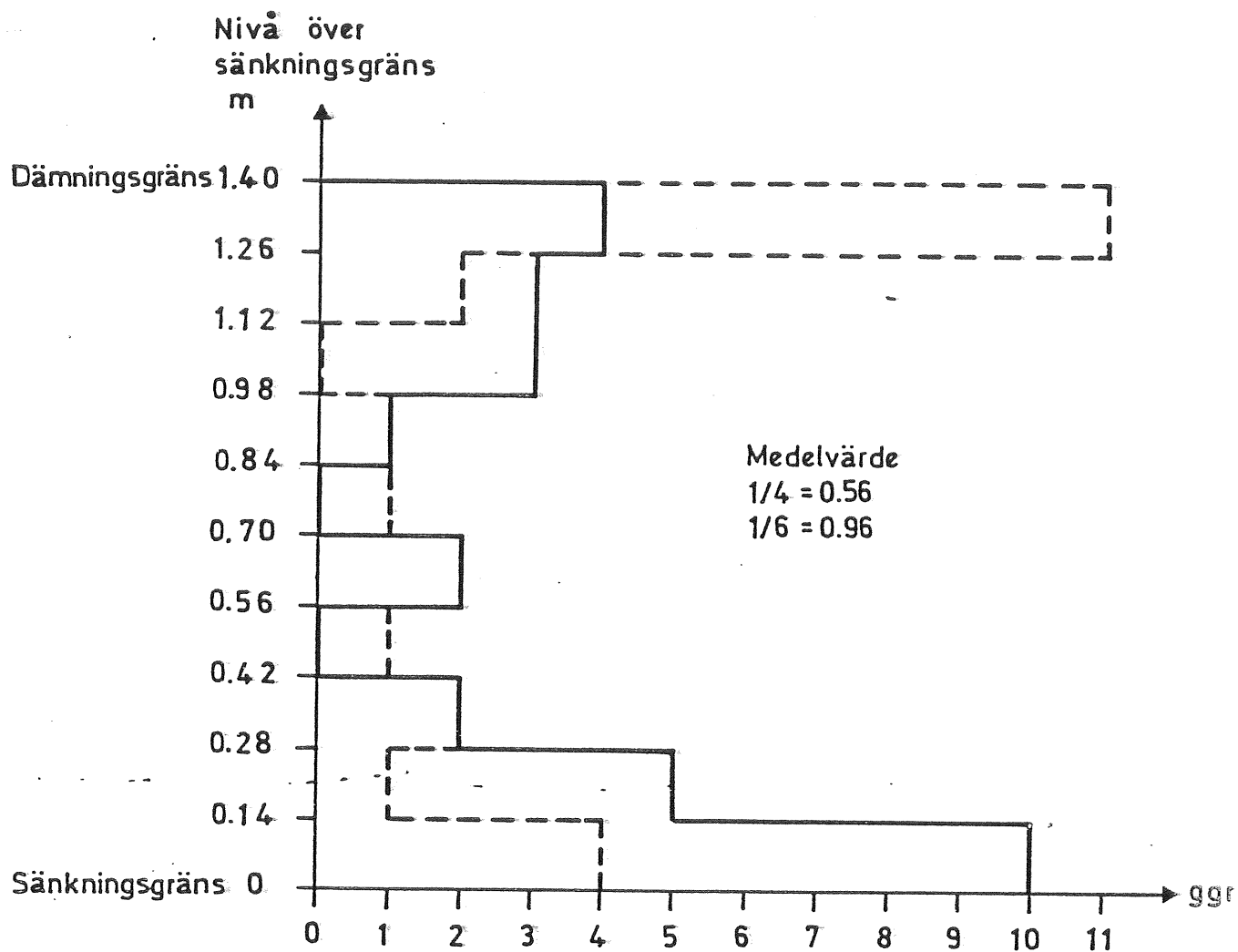
kan att man genom att ändra tappningsplanerna troligen kan hitta sådana som på ett bättre sätt kan tillgodose kravet på lågvattenföringen och ändå ge en bra energiproduktion.

Sannolikhet för
underskridande %



Figur 4.8 Laxåns utflöde i Toften. Sannolikhet för årliga högvattenflöden (månadsmedelvärden) vid tappning enligt grundalternativet (—) och energialternativet (---).

Vad gäller kravet att Borasjöns nivå inte får sjunka för mycket mellan islossningen och 15:e juni kan detta inte studeras i detalj. För grundalternativet är alla sjöar sammantagna till ett magasin vilket gör analysen mycket osäker. För energialternativet kan dock påvisas en i medeltal ökad vattennivå från 1/4 till 1/6 (någon indelning i halva månader är ej möjlig) enligt figur 4.9. Detta beror på att den tänkta tappningen under maj skulle vara lika med minimitappningen 0.1 m^3/s medan tillrinningen normalt är avsevärt större. I stort sett bibehålls de relativt höga magasinshöjderna även under juni.



Figur 4.9 Vattennivån i Borasjön enligt simulering med energialternativet för 1/4 (—) och 1/6 (---).

5. REKOMMENDATIONER FÖR ANVÄNDNINGEN AV MITSIM

Hantering

För närvarande, hösten 1983, finns en engelskspråkig manual till MITSIM, Strzepek et al. (1979). Manualen är ännu inte anpassad för allmänt bruk. I manualen ges en relativt detaljerad programbeskrivning och anvisningar för hur indata skall ges. Programmet innehåller visserligen en felsökningsrutin för indata, men det torde ändå vara svårt att använda programmet enbart med hjälp av manualen. En ny, förbättrad manual är utlovad.

Storlek och/eller detaljeringsgrad på de områden som kan simuleras med MITSIM är begränsad (max 100 noder). Genom att köra området i delar och använda utflödet från ett område som inflöde i nästa kan man dock köra obegränsat stora områden. Simuleringsperiodens längd är inte begränsad i programmet. På en dator IBM 3033N kräver en MITSIM-körning ca 300K kärnminnearea. Som ett exempel på kostnaden kan nämnas att en simulering av laxåsystemet (21 noder) med en 30-årsserie kostar ca 400 kr på Göteborgs Datacentral vid normaltaxa.

Användningsområde

Inom avrinningsområden med mer akut bristsituation än vad fallet är i Svartån kan MITSIM utgöra ett utmärkt hjälpmedel. Situationen i sydvästra Skåne har analyserats vid en samordning av resurserna (grundvatten, Vombsjön och Ringsjön), (Strzepek et al. 1982). Simuleringarna visar att en sådan samordning ger möjligheter att på ett tillfredsställande sätt klara vattenförsörjningen fram till år 2000.

Förutom i direkta konfliktanalyser kan MITSIM utmärkt väl användas för att studera effekten av olika regleringsåtgärder. I många vattendrag sköts regleringar utan någon egentlig samordning. Genom samordning finns stora möjligheter att såväl öka eventuell energiproduktion som att påverka låg- och högvattenflöden.

I dagens läge utgör bristen på avrinningsdata från små områden ett problem. Tänkbart är att man genom att utnyttja hydrologiska modeller som HBV-modellen skulle kunna få fram relevanta data.

Avrinningsegenskaper för oreglerade sjöar av typ Tysslingen i Svartån är mycket svåra att bestämma tillräckligt noggrant. Det är ej heller säkert att avrinningen kan relateras direkt till sjöytans nivå utan att även förhållanden nedströms i vattendraget påverkar avrinningen. Dessa svårigheter är emellertid generella om man strävar efter att få fram information av den typ MITSIM ger.

REFERENSER

- Bohman C.-H. och Genne A. 1981: Närkes Svartå. Tillrinning till Svartån under perioden 1945-77. Inst. f. vattenbyggnad, CTH. Examensarbete 1980:5. Göteborg.
- Franzon M., Karlsson S., Robertsson B. och Rogsäter B. 1982: A case Study of Water Resources Planning in Cyprus. A Test of the MIT Simulation Model. Inst. f. vattenbyggnad, CTH. Examensarbete 1981:4. Göteborg.
- Persson L.O. 1980: Utvecklingen i Svartåområdet. Regional analys som bakgrund till vattenresursplanering. Inst. f. ekonomi och statistik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Rapport 163. 97 s. Uppsala.
- Persson L.O. och Söderström L. 1981: Strategier för vattenhushållning. Modellstudier med exempel från Närkes Svartå. Inst.f. ekonomi och statistik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Rapport 185. 71 s. Uppsala.
- Johansson J. och Skott E. 1981. Närkes Svartå. Inventering av möjliga minikraftverkslägen. Inst.f. vattenbyggnad, CTH. Examensarbete 1980:4. 48 s. Gbg.
- Lenton R.L. och Strzepek, K.M. 1977: Theoretical and Practical Characteristics of the MIT River Basin Simulation Model. R.M. Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics, MIT, TR225. Cambridge. Massachusetts.
- Stirna I. 1980: Närkes Svartå. Jordbruksbevattning. Inst.f. vattenbyggnad, CTH, Examensarbete 1980:4, Göteborg.
- Strzepek K.M. och Lenton, R.L. 1978: Analysis of Multi-purpose River Basin Systems: Guidelines for Simulation Modeling. R.M. Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics. MIT TR236. Cambridge Massachusetts.
- Strzepek K.M., Rosenberg M.S., Goodman D.G., Lenton R.L. and Marks D.H. 1979: User's Manual for the MIT River Basin Simulation Model. R.M. Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics MIT TR242, Cambridge, Massachusetts.
- Strzepek K.M. 1981: MITSIM-2: A Simulation Model for Planning and Operational Analysis of River Basin Systems. International Institute for Applied Systems Analysis IIASA. WP 81-124. Laxenburg, Österrike.
- Stöllman L-E 1979: Närkes Svartå. Hydrologisk inventering. Inst.f. vattenbyggnad, CTH. Report Series B:17. 24 s. Göteborg.

Stöllman L-E. 1980: Närkes Svartå. Inventering av vattentillgång och vattenanvändning. Inst. f. vattenbyggnad, CTH. Report Series B:21. 38 s. Göteborg.

Wallén C.C. 1966: Global Solar Radiation and Potential Transpiration in Sweden. SMHI. Meddelande Serie B 24, Uppsala. (Reprint from Tellus Vol. 18 1966:4).

Vattenföring i Sverige. SMHI, Liber 1979.

Vattenplanering. SOU 1980:39 o 40.

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

Report Series A

- A:1 Bergdahl, L.: Physics of ice and snow as affects thermal pressure. 1977.
- A:2 Bergdahl, L.: Thermal ice pressure in lake ice covers. 1978.
- A:3 Häggström, S.: Surface Discharge of Cooling Water. Effects of Distortion in Model Investigations. 1978
- A:4 Sellgren, A.: Slurry Transportation of Ores and Industrial Minerals in a Vertical Pipe by Centrifugal Pumps. 1978.
- A:5 Arnell, V.: Description and Validation of the CTH-Urban Runoff Model. 1980.
- A:6 Sjöberg, A.: Calculation of Unsteady Flows in Regulated Rivers and Storm Sewer Systems. (in Swedish). 1976.
- A:7 Svensson, T.: Water Exchange and Mixing in Fjords. Mathematical Models and Field Studies in the By-fjord. 1980.
- A:8 Arnell, V.: Rainfall Data for the Design of Sewer Pipe Systems. 1982.
- A:9 Lindahl, J. och Sjöberg, A.: Dynamic Analysis of Mooring Cables. 1983.
- A:10 Nilsdal, J-A.: Optimeringsmodellen ILSD. Beräkning av topografins inverkan på ett dagvattensystems kapacitet och anläggningskostnad. 1983.

Report Series B

- B:1 Bergdahl, L.: Beräkning av vågkrafter. 1977.
(Ersatts med 1979:07).
- B:2 Arnell, V.: Studier av amerikansk dagvattenteknik. 1977.
- B:3 Sellgren, A.: Hydraulic Hoisting of Crushed Ores.
A feasibility study and pilot-plant investigation
on coarse iron ore transportation by centrifugal pumps. 1977.
- B:4 Ringesten, B.: Energi ur havsströmmar. 1977.
- B:5 Sjöberg, A. och Asp, T.: Brukar-anvisning för ROUTE-S.
En matematisk modell för beräkning av icke-stationära
flöden i floder och kanaler vid strömmande tillstånd. 1977.
- B:6 Annual Report 1976/77.
- B:7 Bergdahl, L. and Wernersson, L.: Calculated and Expected
Thermal Ice Pressures in Five Swedish Lakes. 1977.
- B:8 Göransson, C-G and Svensson, T.: Drogue Tracking -
Measuring Principles and Data Handling.
- B:9 Göransson, C-G.: Mathematical Model of Sewage Dis-
charge into confined, stratified Basins - Especially
Fjords.
- B:10 Arnell, V. och Lyngfelt, S.: Beräkning av dagvatten-
avrinning från urbana områden. 1978.
- B:11 Arnell, V.: Analysis of Rainfall Data for Use in Design
of Storm Sewer Systems. 1978.
- B:12 Sjöberg, A.: On Models to be used in Sweden for Detailed
Design and Analysis of Storm Drainage Systems. 1978.
- B:13 Lyngfelt, S.: An Analysis of Parameters in a Kinematic
Wave Model of Overland Flow in Urban Areas. 1978.
- B:14 Sjöberg, A. and Lundgren, J.: Manual for ILLUDAS
(Version S2). Ett datorprogram för dimensionering
och analys av dagvattensystem.
- B:15 Annual Report 1978/79.
- B:16 Nilssdal, J-A. och Sjöberg, A.: Dimensionerande regn
vid höga vattenstånd i Göta älv.
- B:17 Stöllman, L-E.: Närkes Svartå. Hydrologisk inventering. 1979.
- B:18 Svensson, T.: Tracer Measurements of Mixing in the
Deep Water of a Small, Stratified Sill Fjord.
- B:19 Svensson, T., Degerman, E., Jansson, B. och Westerlund, S.:
Energiutvinning ur sjö- och havssediment. En förstudie.
R76:1980.

Report Series B

- B:20 Annual Report 1979
- B:21 Stöllman, L-E.: Närkes Svartå. Inventering av vattentillgång och vattenanvändning. 1980.
- B:22 Häggström, S. och Sjöberg, A.: Effects of Distortion in Physical Models of Cooling Water Discharge. 1979.
- B:23 Sellgren, A.: A Model for Calculating the Pumping Cost of Industrial Slurries. 1981.
- B:24 Lindahl, J.: Rörelseekvationen för en kabel. 1981.
- B:25 Bergdahl, L. och Olsson, G.: Konstruktioner i havet. Vågkrafter-rörelser. En inventering av datorprogram.
- B:26 Annual Report 1980.
- B:27 Nilsdal, J-A.: Teknisk-ekonomisk dimensionering av avloppsledningar. En litteraturstudie om datormodeller. 1981.
- B:28 Sjöberg, A.: The Sewer Network Models DAGVL-A and DAGVL-DIFF. 1981.
- B:29 Möberg, G.: Anläggningar för oljeutvinning till havs. Konstruktionstyper, dimensioneringskriterier och positioneringssystem. 1981.
- B:30 Sjöberg, A. och Bergdahl, L.: Förankringar och förankringskrafter. 1981.
- B:31 Häggström, S. och Melin, H.: Användning av simuleringsmodellen MITSIM vid vattenresursplanering för Svartån.
- B:32 Bydén, S. och Nielsen, B.: Närkes Svartå. Vattenöversikt för Laxå kommun. 1982.
- B:33 Sjöberg, A.: On the stability of gradually varied flow in sewers. 1982.
- B:34 Bydén, S. och Nyberg, E.: Närkes Svartå. Undersökning av grundvattenkvalitet i Laxå kommun.
- B:35 Sjöberg, A. och Mårtensson, N.: Regnenveloppmetoden. En analys av metodens tillämplighet för dimensionering av ett 2-års perkolationsmagasin.
- B:36 Svensson, T. och Sörman, L-O.: Värmeupptagning med bottenförlagda kylslangar i stillastående vatten. Laboratorieförsök
- B:37 Koltransporter och kolhantering. Lagring i terminaler och hos storförbrukare. Anders Mattsson. (Delrapport).
- B:38 Strandner, H.: ILL-DIFF. Ett datorprogram för sammankoppling av ILLUDAS och DAGVL-DIFF, 1983.

Report Series B

- B:39 Svensson, S. och Sörman, L-O: Värmeupptagning med bottenförlagda slangar i rinnande vatten. Laboratorieförsök.
- B:40 Mattsson, A.: Koltransporter och kolhantering. Lagring i terminaler och hos storförbrukare. Kostnader. Delrapport 2.
- B:41 Häggström, S. och Melin, H.: Närkes Svartå. Simuleringsmodellen MITSIM för kvantitativ analys i vattenresursplanering. Inst.f.Vattenbyggnad, CTH. Series B:41. Göteborg 1983.
- B:42 Seminarium om miljöeffekter vid naturvärmesystem. Dokumentation sammanställd av Stig Hård, VIAK AB.
- B:43 Ett datorprogram för simulering av dynamiska förlopp i förankringskablar av Jan Lindahl. Göteborg 1983.
- B:44 Activity Report. Göteborg 1984

