

Nr 1:2001, BE 90

## Analys av översvämningarna under sommaren och hösten 2000 samt vintern 2001

**RAPPORT**



## Förord

Föreliggande analys av översvämningarna år 2000 och 2001 har utarbetats inom ramen för Svenska Kraftnäts uppgifter inom områdena Dammsäkerhet och höga flöden. Den har skrivits av en analysgrupp bestående av Sten Bergström (SMHI), Olle Mill (Svenska Kraftnät), Rolf Strömberg (Mannheimer Swartling Advokatbyrå) och Anders Lindh (Vattenreglerings-företagen).

Svenska Kraftnäts rådgivande organ, Dammsäkerhetsrådet, har behandlat och ställt sig bakom rapporten. Dammsäkerhetsrådet är sammansatt av representanter för länsstyrelserna, Kommunförbundet, Svenska Kraftnät, SMHI, Statens Räddningsverk, Svensk Energi och Gruvföreningen.

Rapportens syfte är att övergripande beskriva orsakssammanhang och analysera möjligheterna att minska skador vid kommande höga flöden. Det är vår förhoppning att rapporten blir till stöd för konkreta initiativ till förbättringar på lokal, regional och central nivå.

Vällingby den 28 september 2001

*Jan Magnusson*

*Olle Mill*

## Innehåll

Sammanfattning	3
1. Bakgrund	4
2. Perspektiv på översvämningarna	4
3. Orsakssammanhang	6
Ändrad markanvändning	6
Vattenkraftens roll	7
Den fysiska planeringen	7
Klimatfrågan	8
4. Skador	8
Indalsälven	8
Ljungan	9
Ljusnan och Voxnan	9
Lillälven (Svärdsjövattdraget och Faluån)	9
Delångersån	9
Kustnära vattendrag	9
5. Dammsäkerhet och incidenter	9
6. Flödesdämpning och förtida tappning	11
7. Hydrologiska prognoser	13
8. Struktur för regional samordning	13
9. Slutsatser och rekommendationer	14
Referenser	16

### *Bilagor*

#### Bilaga 1 (separat publikation)

Höga flöden i juli 2000. Sammanställning av hydrologiska förhållanden, skador, räddningsåtgärder och problem vid dammar. Rapport från Svenska Kraftnät och länsstyrelserna i Västernorrlands, Jämtlands, Gävleborgs och Dalarnas län sammanställd av SMHI. SMHI rapport 2001 Nr.15, Norrköping.

#### Bilaga 2

Lindström, G. (2001) Långsiktig vattentillgång i Sverige – Rapport till Dammsäkerhetsrådet. SMHI.

#### Bilaga 3

Bergström, S. (2001) Exempel på effekterna av alternativa tappningsstrategier under flödena år 2000 – Rapport till Dammsäkerhetsrådet. SMHI.

## Sammanfattning

Efter översvämningarna sommaren 2000 inledde Svenska Kraftnät i samarbete med länsstyrelserna i Västernorrlands, Jämtlands, Gävleborgs och Dalarnas län en inventering av skador och andra problem i samband med flödena. Material samlades in genom enkäter till berörda kommuner, större dammägare, Banverket och Vägverket. SMHI fick i uppdrag att sammanställa det insamlade materialet och redovisade detta i rapporten *Höga flöden juli 2000, sammanställning av hydrologiska förhållanden, skador, räddningsinsatser och problem vid dammar* (Bilaga 1).

Syftet med föreliggande rapport är att ge Svenska Kraftnäts och Dammsäkerhetsrådets syn på översvämningarna med utgångspunkt i ovan nämnda sammanställning av enkäterna. Dessutom har en del erfarenheter från översvämningarna i västra Sverige under hösten och vintern tillförts. Ytterligare ett underlagsmaterial utgör den sammanställning av flödesstatistik från projektet *Långsiktig vattentillgång i Sverige*, som redovisas i bilaga 2, liksom SMHI:s interna rap-

port *Erfarenheterna av sommarens översvämningar*. Frågan om möjligheterna att dämpa flöden med hjälp av befintliga regleringsmagasin, liksom effekterna av att ändra vattendomar belyses genom två beräkningsexempel i Bilaga 3, *Exempel på effekterna av alternativa tappningsstrategier under flödena år 2000*.

Rapporten diskuterar orsakssammanhang och skadebilder samt mynnar ut i sju slutsatser och rekommendationer som rör:

- Samordningsgrupper vid höga flöden
- Den fysiska planeringen
- Hydrologisk prognostjänst
- Dammsäkerhet
- Markanvändningens betydelse för översvämningarna
- Klimatförhållanden
- Flödesdämpning och förtida tappning

## 1. Bakgrund

I juli 2000 inträffade kraftiga översvämningar i södra Norrland och i norra Svealand och under november 2000 – januari 2001 drabbades Dalsland och Värmland. Speciellt uppmärksammade i media blev händelserna i Torpshammar i Gimån, där räddningstjänsten beslutade bränna ner ett hus som hotade att rasa ner i vattnet och därmed blockera en bro så att vattnet skulle kunna komma att hota en bensinstation. I Arvika genomfördes en av de största insatserna någonsin av en räddningstjänst i Sverige när Glafs fjorden steg nästan tre meter över sin normala nivå. Vänern kulminerade i mitten av januari på sin högsta nivå sedan år 1927. Omfattande förebyggande insatser fick genomföras runt stränderna, men skadorna blev ändå stora.

Även i ett internationellt perspektiv blev år 2000 översvämningsdrabbat. En stor översvämningskatastrof drabbade Mocambique i mars och under sommaren och hösten drabbades bl.a. Schweiz, Italien och England av svåra översvämningar med flera dödsoffer som följd. Samma vädersystem som orsakade översvämningarna i Dalsland och Värmland drabbade även södra Norge, varvid stora problem uppstod i Hurdalsjön i Akershus.

Ytterligare en uppmärksamman händelse under år 2000 var när en inre dammvall brast inom Bolidens gruvområde i Aitik natten till den 9 september. Denna händelse har dock lämnats utanför föreliggande analys.

Efter översvämningarna sommaren 2000 inledde Svenska Kraftnät i samarbete med länsstyrelserna i Västernorrlands, Jämtlands, Gävleborgs och Dalarnas län en inventering av skador och andra problem i samband med flödena. Material samlades in genom enkäter till berörda kommuner, större dammägare, Banverket och Vägverket. SMHI fick i uppdrag att sammanställa det insamlade materialet och redovisade detta i en rapport (Bilaga 1).

Syftet med denna rapport är att ge Svenska Kraftnäts och Dammsäkerhetsrådets syn på översvämningarna med utgångspunkt i ovan nämnda sammanställning av enkätundersökningarna. Dessutom har en del erfarenheter från översvämningarna i västra Sverige under hösten och vintern tillförts. Ytterligare ett underlagsmaterial utgör den sammanställning av flödesstatistik från projektet *Långsiktig vatten-*

*tillgång i Sverige*, som redovisas i bilaga 2, liksom SMHIs interna rapport om *Erfarenheterna av sommarens översvämningar* (SMHI, 2001). Frågan om möjligheterna att dämpa flöden med hjälp av befintliga regleringsmagasin, liksom effekterna av att ändra vattendomar belyses genom två beräkningsexempel i Bilaga 3, *Exempel på effekterna av alternativa tappningsstrategier under flödena år 2000*.

## 2. Perspektiv på översvämningarna

Översvämningarna i Sverige är kopplade till den rikliga nederbörden under året. Sverige är för närvarande inne i en mycket mild och blöt period, som varat i mer än 10 år. Analys av tillgänglig klimatstatistik visar att år 2000 var ett av de varmaste åren under 100 år och troligen det nederbördsrikaste under 140 år. År 1998 var det näst mest nederbördsrika året under denna period. Det finns en period under 1930-talet som var ungefär lika mild, men den var betydligt torrare.

Analysen av nederbördens långtidsvariationer försvåras dock av att tidiga observationer är osäkra på grund av ändrade rutiner och mätinstrument. Detta är ett av skälen till att Svenska Kraftnät och ELFORSK beslutade stödja en analys av långa vattenföringsserier inom projektet *Långsiktig vattentillgång i Sverige*, som för närvarande pågår vid SMHI. Tanken är att utnyttja vattenföringsserier som ett alternativt underlag för analys av nederbördsklimatet. I bilaga 2 redovisas en sammanställning av preliminära resultat från detta projekt.

En sammanställning av årsmedelvattenföringen för några av Sveriges stora älvar sedan 1900-talets början bekräftar bilden av stora nederbördsöverskott under senare år men visar också att 1920-talet var nederbördsrikt (Bilaga 2, figur 1). Ännu längre bakåt i tiden är observationsmaterialet tunt, men mätningar från Dalälven, Göta älv och Motala Ström visar att det förekom mycket kraftiga flöden under 1800-talet (Bilaga 2, figur 2). Vid en analys av de senaste 50 årens data kan man konstatera en ökande trend i nederbörden och avrinningen. Sett i ett längre perspektiv är det dock svårare att fastställa tydliga trender.

En studie av de mest extrema flödena under det senaste århundradet visar att frekvensen av höga flöden varierat kraftigt. Det finns perioder då höga flöden varit vanligare och perioder då de varit ovanliga. Speciellt intressant är att höga sommar- och höstflöden varit ovanliga i norra Sverige under en period från slutet av 1960-talet till början av 1980-talet (Bilaga 2, figur 4). Det var också i början av 1980-talet som dammsäkerhetsfrågorna aktualiserades och Flödeskommittén inledde sitt arbete.

Kraftiga sommar- och höstflöden medför att regleringsmagasinen fylls, vilket leder till att vatten måste tappas via dammarnas utskov. Detta brukar orsaka en debatt om vattenkraftens roll i samband med översvämningar nedströms magasinen.

I samband med debatten om de höga flödena har det blivit uppenbart att kopplingen mellan begreppen återkomsttid, risk och sannolikhet är oklar för många. Ett 100-års flöde inträffar eller överträffas i genomsnitt en gång på 100 år vilket innebär att sannolikheten är 1 på 100 för varje enskilt år. Eftersom man exponerar sig för risken under flera år blir den ackumulerade risken avsevärd. För ett hus som står i 100 år är sannolikheten hela 63 %. Detta är skälet till att man för större dammar ofta sätter gränsen vid,

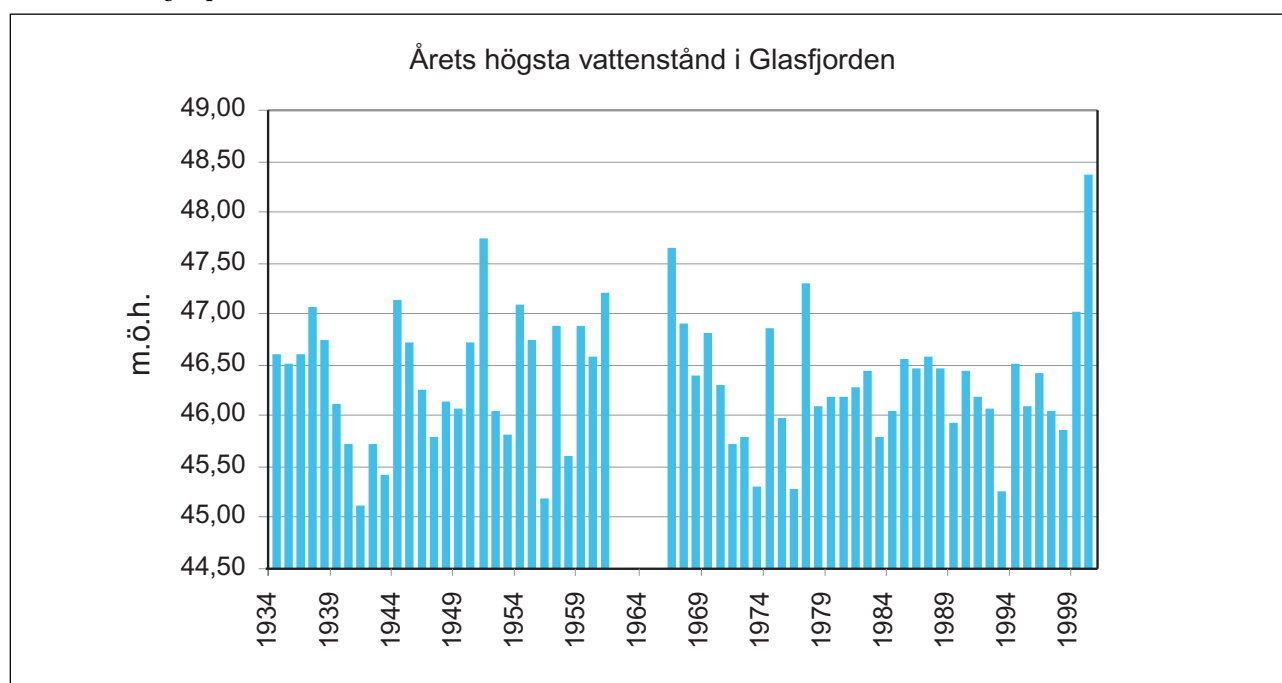
eller t.o.m. bortom, 10 000-årsflödet. Då blir ändå sannolikheten under 100 års exponering ca 1 %. Tabell 1 visar sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikheten för ett antal flöden.

Tabell 1. Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent.

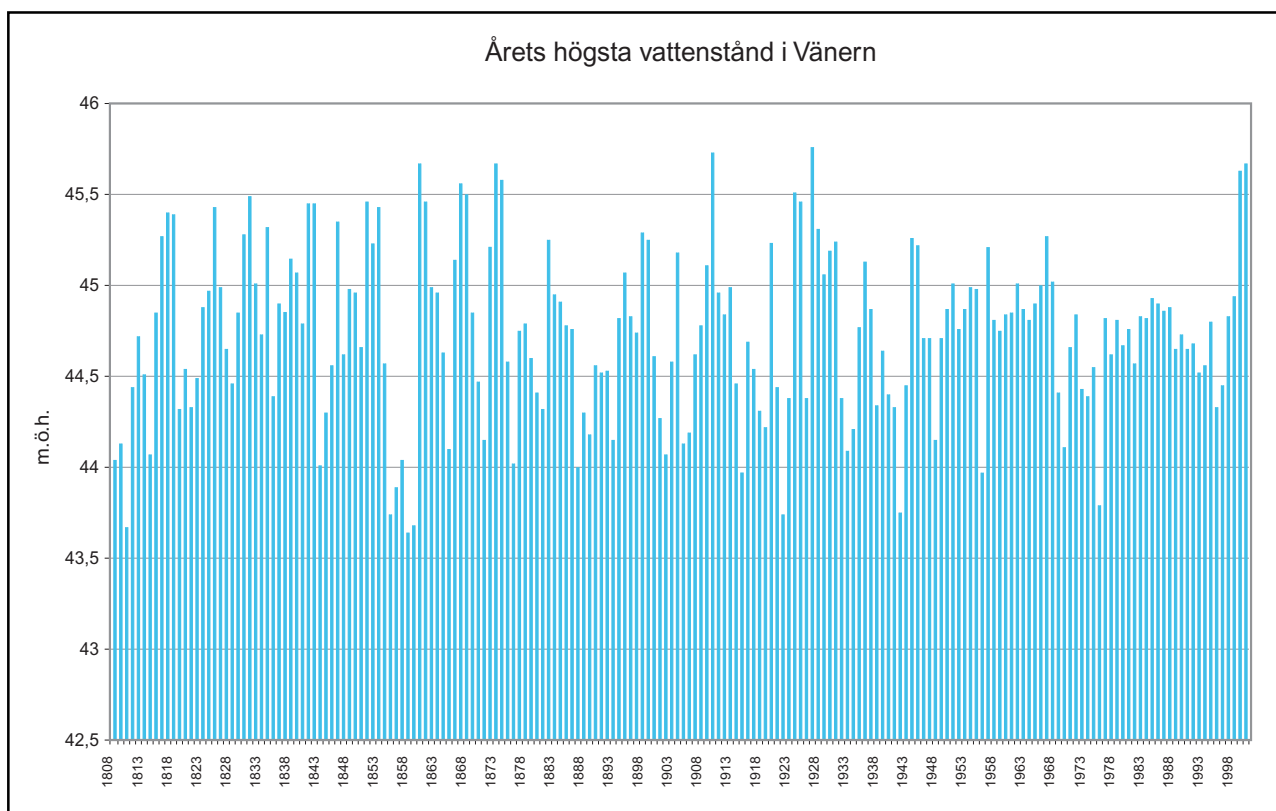
Återkomsttid i år	Sannolikhet under 50 år (%)	Sannolikhet under 100 år (%)
100	39	63
1000	5	9,5
10 000	0,5	1

Beräkningen av återkomsttider sker med en teknik som kallas frekvensanalys. Denna är dock behäftad med ganska stora osäkerheter, vilket gör att ett 100-årsflöde ofta ändras i takt med att nya data flyter in. Beräkningarna försvåras speciellt om dataserierna är korta eller om de är påverkade av regleringar i vattendraget. Flödena sommaren år 2000 var som högst av storleksordningen 100-årsflöden i Gimån, nedre Ljungan och i Delångersån. Analysen för Glafs fjorden försvåras av att mätserien är kort. De högsta värdena per år sedan år 1934 redovisas i figur 1.

Figur 1. Det högsta vattenståndet i Glafs fjorden per år under perioden 1934-2000 (data saknas för perioden 1962-65).







Figur 2. Det högsta vattenståndet i Vänern för varje år under perioden 1808-2001 under förutsättning att vattenståndet i januari blir det högsta under år 2001. Observera att sjön är reglerad sedan år 1937.

För Vänern, som varit reglerad sedan år 1937, gäller att flödet vid kulmen 2000-2001 var det högsta sedan år 1927. Om Vänern varit oreglerad, hade vattenståndet i januari 2001 troligen varit det högsta sedan mätningarna inleddes år 1808. Vänern har dock legat högt vid flera tillfällen under de senaste 200 åren, vilket framgår av Figur 2. Det är speciellt intressant att notera att regleringen minskat antalet år med höga vattenstånd i Vänern, men att den inte fungerar som en garanti mot översvämningar.

### 3. Orsakssammanhang

Det finns många olika åsikter om vad som orsakar höga flöden och problem i samband med översvämningar. Vanliga faktorer som brukar åberopas är ändrad markanvändning, vattenkraftutbyggnad, fysisk planering och klimatförändringar förorsakade av mänskliga utsläpp av växthusgaser i atmosfären.

### Ändrad markanvändning

Med begreppet ändrad markanvändning syftar man i Sverige oftast på skogsavverkningar och dikning. Även urbanisering nämns ibland som en tänkbar orsak till att flödena blir häftigare, inte minst i mera tätbefolkade delar av Europa. I såväl Sverige som Norge och även i vissa andra länder har det dock visat sig svårt att påvisa att ändrad markanvändning skall kunna ha någon större inverkan på flöden av den storleksordning som de som inträffat i Sverige under det senaste året. Visserligen kan effekten av ett kalhygge eller en asfalterad yta bli stor lokalt, men för ett helt avrinningsområde till ett större vattendrag blir det relativa bidraget av den ändrade markanvändningen vanligen litet.

På grund av det stora intresse som ofta knyts till frågan om markanvändning och flöden kan det dock vara på sin plats att göra en kunskaps-sammanställning inom problemområdet *Ändrad markanvändning och översvämningrisker* base-

rad på svensk och internationell forskning. Med hjälp av hydrologiska modeller och analyser av kartor och flygbilder kan man även göra simuleringar av tänkbara effekter.

### Vattenkraftens roll

I Sverige är vattenkraftssystemet det mänskliga ingrepp som påverkat flödena mest. Dess roll har också diskuterats nästan varje gång som reglerade älvar drabbas av översvämningar. Vattenkraftens regleringsmagasin tar hand om de flesta vårflödena, åtminstone om magasinerna är stora, men kraftigare sommar- och höstflöden måste ofta släppas vidare för att inte dammsäkerheten skall äventyras när magasinerna är fyllda. Detta skapar ett helt nytt och mer oregelbundet flödesmönster nedströms dammarna. På grund av regleringen blir höga flöden mer sällsynta, men ibland tvingas man släppa fram flöden som är minst lika stora som om älven vore outbyggd. Ibland kan de reglerade flödena till och med bli större än vad de skulle ha blivit under naturliga förhållanden.

Eftersom man bara kan räkna med att regleringen dämpar vårflöden och medelstora sommar- och höstflöden så uppstår den paradoxala situationen att översvämningar blir mer sällsynta, samtidigt som skaderisken kan öka för den bebyggelse som etableras för nära vattendragen. Detta beror på att överraskningsmomentet blir större när flöden inträffar mera sällan. Detta är en generell slutsats, som även gäller för vattenstånden i ett så långsamt reagerande system som Väneren.

Problematiken rörande översvämningar i reglerade vattendrag behandlas i betänkandet *Älvsäkerhet* (SOU 1995:40) av *Utredningen om dammsäkerhet och höga flöden* samt i en rapport från SMHI, *Höga vattenflöden i reglerade älvar* (Bergström, 1999). Den senare citeras vidare i avsnittet om flödesdämpning och förtida tappning, nedan.

### Den fysiska planeringen

Att översvämningssproblemen ökat i hela Europa och i många andra delar av världen har ofta en koppling till markexploatering i samband med städernas utveckling och utbyggnad av infrastrukturen. Även i Sverige kan en stor del av förra årets problem kopplas till konflikter med bebyggelse och annan infrastruktur längs strän-

derna. Så var fallet i Torpshammar, och även Vänerens avlopp genom Göta älv har begränsningar orsakade av infrastrukturen, som hindrar höga avtappningar.

Ett speciellt problem uppstår i de fall som vattenkraftssystemets dämpande effekt har över-skattats och förekomsten av en stor damm tas som garanti för att problemen med höga flöden nedströms skall vara lösta. Det är uppenbart att det krävs en bättre dialog mellan de olika aktörerna för att klargöra hur en reglerad älv fungerar under olika förhållanden.

För närvarande genomför SMHI, på Räddningsverkets uppdrag, en översiktlig översvämningsskartering för ett stort antal vattendrag. Detta leder fram till översikt kartor där speciellt utsatta områden kan identifieras. I dessa områden bör man vara restriktiv med etableringar av bebyggelse eller annan verksamhet som inte tål att svämmas över. Kartorna anger två risknivåer. Den lägsta är det flöde som i genomsnitt överträffas en gång under 100 år och den högsta är det flöde som är dimensionerande för våra största dammar (Riskklass 1 enligt Flödeskommittén). Detta flöde antas inträffa mera sällan än en gång under 10 000 år i ett givet vattendrag och måste betraktas som mycket extremt. Hittills producerade översvämningsskarteringar finns tillgängliga på Räddningsverkets och SMHIs hemsidor.

Projektet *Översiktlig översvämningsskartering* är tidsbegränsat. Det är viktigt att frågan om förvaltning, uppgradering och distribution av underlagsmaterialet får en långsiktig lösning.

I känsliga områden bör den översiktliga översvämningsskarteringen kompletteras med mera detaljerade studier, eftersom den är ganska grov och bara ger begränsad information om förhållandena för enskilda fastigheter. Kompletteringen förutsätts ske genom berörda kommuners försorg.

Det senaste årets översvämningar har visat att det finns en konflikt mellan fysisk planering och naturens variationer. Detta skapar spänningar mellan de som bebor eller annars nyttjar stränderna och de som reglerar vattendragen. I denna situation måste dammsäkerheten få högsta prioritet, eftersom konsekvenserna av ett dammras kan bli katastrofala. Detta innebär att vattendragen måste säkras, så att det går att släppa fram vatten under extrema situationer. Tyvärr



visar förra årets erfarenheter att så ofta inte är fallet. En generell slutsats av händelserna under år 2000 är att flera av de problem som uppstått skulle ha kunnat undvikits, om bebyggelse och annan infrastruktur i högre grad planerats med hänsyn till höga flöden och översvämningrisker.

### Klimatfrågan

Översvämningarna under år 2000 och vintern 2001 inträffade i ett skede då frågan om en global uppvärmning och dess konsekvenser var mycket aktuell på grund av nya forskningsrapporter, klimatförhandlingar och uppmärksammade väderrelaterade händelser på många håll. Detta medförde att dessa frågor ofta kopplades ihop också i Sverige och att översvämningarna ofta kom att framhållas som ett exempel på vad som skulle kunna ske om den globala uppvärmningen inte hejdas. I vissa fall betraktade media översvämningarna som en bekräftelse på farhågorna för den förstärkta växthus-effektens konsekvenser.

Frågan om den globala uppvärmningens framtida påverkan på Sverige studeras för närvarande inom det svenska forskningsprogrammet för regional klimatmodellering, SWECLIM. Inom programmet, som finansieras av MISTRA och SMHI samt med visst stöd från EU, Svenska Kraftnät, ELFORSK och Räddningsverket, görs detaljerade framtidsscenarioer av såväl klimatet som dess påverkan på vattentillgången och riskerna för översvämningar. Inom ramen för SWECLIM bedrivs också de studier av historiska data inom projektet *Långsiktig vattentillgång i Sverige*, som redovisas i Bilaga 2.

De scenarier som hittills utarbetats inom SWECLIM visar på en framtida nederbördsökning, speciellt i norra Sverige, och ett betydligt mildare klimat. Riskerna för kraftiga vårflöden beräknas minska efterhand som vintrarna blir mildare med mindre snö, samtidigt som risken för kraftiga sommar- och höstflöden beräknas öka om klimatscenerierna blir verklighet (SWECLIM, 2001). Det är dock viktigt att betona att dessa scenarier är exempel på tänkbara förhållanden som ligger ganska långt fram i tiden, och att liknande förhållanden inträffat tidigare. Detta även om mekanismerna bakom de höga historiska flödena inte är desamma som de som styr höga flöden i klimatscenerierna. Slutsatsen är att de senaste årets översvämningar inte

enkelt kan tolkas som en bekräftelse på teorierna om en global uppvärmning. De kan däremot ses som belysande exempel på tänkbara effekter om den befarade globala uppvärmningen fortsätter.

## 4. Skador

Som framgår av Bilaga 1 blev de materiella skadorna av översvämningarna 2000-vintern 2001 omfattande. Sommarens översvämningar i södra Norrland och norra Svealand liksom höstens och vinterns översvämningar i Västsverige drabbade såväl reglerade som oreglerade vattendrag.

En stor andel av de rapporterade skadorna avser problem med trummor och kulvertar för diken och bäckar i anslutning till vägar och järnvägar. Vid så höga flöden som det här var fråga om, visar sig svagheter som till exempel otillräckliga rördimensioner, igensättningar med drivgods och slam, brister i utförande och underhåll av erosionsskydd etc. Att bygga och underhålla så att denna typ av skador elimineras torde inte vara ekonomiskt rimligt. Däremot bör dimensioneringskriterier för byggande och underhåll med hänsyn till möjliga flöden ses över. Det är också angeläget att brukarna av väg- och järnvägsnät beaktar risken för minskad framkomlighet i sin beredningsplanering så att till exempel räddningstjänstinsatser och dammskötsel inte äventyras.

Några av de största skadorna under sommarens översvämningar inträffade på grund av kraftig erosion i oreglerade biflöden. Så var bl.a. fallet vid två mycket uppmärksammade större broskador i Granån, ett biflöde till Ljungan. Nedan sammanfattas skadorna för de viktigaste vattendragen, med utgångspunkt från materialet i Bilaga 1.

### Indalsälven

På ett flertal platser skadades vägar, järnvägar och brofästen. Ofta var det vägtrummor som raserades. Skador på fastigheter och vattenledningar rapporterades också. Speciellt uppmärksamman blev översvämningen av reningsverket i Hammarstrand.

Indalsälven är kraftigt reglerad. Så sent som år 1988 ändrades den vattendom som styr Storsjöns reglering, vilket i praktiken innebär att den föreskrivna tappningen ökats för att minska pro-

blemen runt Storsjöns stränder. De flesta skadorna uppstod nedströms Storsjön, även om järnvägen uppströms också påverkades i Åre kommun. I bilaga 3 redovisas hur förhållandena i Indalsälven hade utvecklats om den äldre domen kvarstått.

### Ljungan

I Torpshammar, i Ljungans biflöde Gimån, blev uppmärksamheten stor när räddningstjänsten beslutade bränna ner ett hus som riskerade att rasa i vattnet och sätta igen en bro och då kunde hota en bensinstation. Stora skador drabbade också två broar över den helt oreglerade Granån, som rinner till Ljungan vid Ljungaverk.

På ett flertal platser skadades vägar, järnvägar, brofästen, fastigheter samt vatten- och avloppsanläggningar. Ofta var det vägtrummor som raserades. En stor ansamling av skador rapporteras från de nedre delarna av avrinningsområdet.

### Ljusnan och Voxnan

Flera rapporter föreligger om skadade vägar, järnvägar och bebyggelse, såväl fritidshus som hus för permanent boende. Liksom Ljungan drabbades de nedre delarna av Ljusnan och Voxnan mer än de övre.

### Lillälven (Svärdsjövattendraget och Faluån)

Händelserna i Svärdsjövattendraget blev speciellt uppmärksammade på grund av de räddningsinsatser som fick göras i anslutning till Carl Larssongården. För övrigt rapporterades skador på vägar, broar och hus. Många skador rörde vägtrummor.

### Delångersån

I Delångersån blev flödet det högsta sedan mätningarna inleddes 1902. Främst skadades vägar och fritidshus. Skada på ett reningsverk, en järnvägsskada samt ett broras rapporterades.

### Kustnära vattendrag

I området närmast kusten finns ett flertal mindre och medelstora vattendrag som rinner direkt ut i Bottenhavet. Från dessa rapporterades ett mindre antal skador, de flesta från Selångersån. Skadade objekt var vägar, en järnväg, några hus samt vattenledningar.

## 5. Dammsäkerhet och incidenter

Vid mitten av 1980-talet identifierades svagheter i de dimensioneringsberäkningar som ligger till grund för vattenkraftsystemets förmåga att hantera höga flöden. Vattenkraftindustrin och SMHI tillsatte då den s.k. Flödeskommittén, som fick till uppgift att utarbeta nya riktlinjer för dimensionerande flöden för de svenska dammanläggningarna. Flödeskommitténs förslag lades fram och antogs av båda parter år 1990. Sedan detta år tillämpas de nya riktlinjerna och sedan 1997 tillsammans med vattenkraftindustrins egna *Riktlinjer för dammsäkerhet*, RIDAS, i en landsomfattande översyn av det svenska vattenkraftsystemet. Ett flertal dammar där problem kan uppstå har identifierats och en del har redan åtgärdats.

Flödeskommittén gjorde en indelning av dammarna i två riskklasser. Dammar tillhörande riskklass I är sådana där konsekvenserna av ett dammras innebär:

*Icke försumbar risk för människoliv eller annan personskada; beaktansvärd risk för allvarlig skada på viktig trafikled, dammbyggnad eller därmed jämförlig anläggning eller på betydande miljövärde; uppenbar risk för stor ekonomisk skadegörelse.*

Riskklass II innefattar dammar där enligt Flödeskommittén konsekvenserna av ett dammras innebär:

*Icke försumbar risk för skada på trafikled, dammbyggnad eller därmed jämförlig anläggning, miljövärde eller annan än dammägaren tillhörig egendom i andra fall än de som angivits vid riskklass I.*

RIDAS' klassificeringssystem bygger på de konsekvenser som kan bli följden av ett dammbrott, oavsett yttre omständigheter. Vid klassificering enligt Flödeskommittén beaktas endast dammbrott i samband med höga flöden. Förenklat kan man säga att dammar av riskklass I enligt Flödeskommittén skall klara av ett flöde som uppstår genom den mest kritiska kombinationen av kraftig snösmältning, hög markfuktighet och kraftigt regn som man rimligen kan tänka sig. Återkomsttiden på detta flöde är inte fastställd med den torde ligga i storleksordningen 10 000 år. För riskklass II gäller enligt Flödeskommittén att det dimensionerande flödet skall ha en återkomsttid på minst 100 år. Detta innebär i praktiken att dammbrott kan accepteras, eftersom skadorna blir relativt måttliga. Därför

kommer sådana med stor sannolikhet att drabba någon eller några klass II-dammar i framtiden.

Erfarenheterna av flödet i västra Sverige har visat att det kan finnas anledning att se över om Flödeskommitténs riktlinjer ger tillräcklig säkerhet för system som innehåller mycket stora sjöar, exempelvis Vänern. Anledningen är att Flödeskommittén i sitt arbete koncentrerade sig på anläggningar som är mera typiska för det svenska vattenkraftssystemet än Vänern och inte analyserade händelser med så lång varaktighet som situationen under hösten och vintern 2000-2001.

Av Svenska Kraftnäts och länsstyrelsernas inventering (Bilaga 1) framgår att det uppstod ett flertal dammproblem under sommaren 2000 (Tabell 2). Någon större dammolycka inträffade inte, vare sig under sommaren eller senare under hösten. Däremot raserades några mindre dammar, bl.a. en i Järån i ett biflöde till Indalsälven och en i Viksjöfors i ett biflöde till Ljusnan.

Tabell 2. Antalet inrapporterade problem, skador eller incidenter vid dammar, enligt Svenska Kraftnäts och länsstyrelsernas skadeinventering.

Indalsälven	17
Ljungan	11
Ljusnan och Voxnan	11
Lillälven (Svärdsjövattdraget och Faluån)	10
Delångersån	6
Kustnära vattendrag	-

Exempel på problem, incidenter eller skador hos dammbyggnader som angetts i enkätsvaren har sammanställts nedan. Hur allvarliga dessa anmärkningar är, ur säkerhetssynpunkt, kan inte avgöras med bara enkäterna som grund. Man bör också ha i åtanke att de tillfrågade kan ha tolkat vad som skulle rapporteras på olika sätt. Att noga kartlägga och analysera erfarenheterna är viktiga uppgifter för dammägarna, liksom att vidta de förbättringsåtgärder som krävs med hänsyn till dammsäkerheten.

- Problem har rapporterats vid sju anläggningar i högsta konsekvensklass, 1A eller 1B. De aktuella anläggningarna är, Bergeforsen, Järkvissle, Näverede och Midskog i Indalsälven, Torpshammar och Leringsfors i Gimån och Laforsen i Ljusnan.

- Bergeforsen och Midskog i Indalsälven och Leringsfors i Gimån är exempel på anläggningar i Riskklass I som har lägre utskovskapacitet än maxflödet vid dimensionerande flödessekvens enligt Flödeskommitténs riktlinjer. Enligt uppgift från ägaren pågår, som ett led i anpassningsarbetet till Flödeskommitténs riktlinjer, projektering av åtgärder vid dessa anläggningar.
- För Laforsen i Ljusnan, med konsekvensklass 1B, har uppgiften om riskklass ej lämnats. Enligt uppgift från ägaren pågår utredning om riskklassificering. Anläggningen har lägre avbördningskapacitet än dimensionerande klass I-flöde enligt Flödeskommitténs riktlinjer.
- För påfallande stort antal av anläggningarna saknas uppgifter om riskklass och konsekvensklass och många riskklass II-dammar saknar uppgift om 100-årsflöde.
- Vid ett flertal anläggningar har svagheter i tekniska system för avbördningsfunktionen rapporterats. Problemen har dock denna gång bemästrats, ofta genom ökad bemanning.
- Vid flera anläggningar har avbördningskapaciteten överskridits vilket har lett till överdämningar och i en del fall hade situationen blivit ännu allvarligare om turbinernas tappningskapacitet fallit bort. I samtliga fall rörde det sig dock om dammar som klassificerats i riskklass II eller som saknar klassificering. Eftersom det dimensionerande flödet för klass II-dammar, enligt Flödeskommitténs riktlinjer, har en återkomsttid på 100 år, var det inte oväntat att detta skulle inträffa. Men det är ändå anmärkningsvärt när det inträffat i så många vattendrag och vid så många anläggningar samtidigt.

Det stora antalet vägtrummor som raseras och andra problem leder till att vägnätets framkomlighet snabbt blir nedsatt i en översvämningssituation. Detta medför risker för dammanläggningar, eftersom man inte med säkerhet kan räkna med att personal och nödvändig arbetsmaskiner, t.ex. mobilkranar, kan transporteras fram vid behov.

Förordningen om verksamhetsutövers egenkontroll (1998:901) ålägger verksamhetsutöva-

ren att omgående underrätta tillsynsmyndigheten om driftstörningar och andra händelser som kan leda till olägenheter för människors hälsa och miljön. I samband med inventeringen har det framkommit att det råder stor osäkerhet om vad som skall rapporteras till tillsynsmyndigheten. Det finns behov av förtydligande av vad som skall rapporteras och syftet med rapporteringen.

De dammägare som tillhör Svensk Energi är anslutna till ett centralt incidentrapporteringssystem, vars främsta syfte är att skapa underlag för erfarenhetsåterföring. För att erhålla en enhetlig uppdelning med avseende på allvarlighetsgraden använder man i systemet följande fyra begrepp, varav de tre första är sådana som skall rapporteras.

En **olycka** har inträffat då skadan faktiskt är skedd – dammen har brustit till viss del.

En **incident** är då säkerheten varit allvarligt hotad men ingenting skedde.

En **avvikelse** innebär att någonting varit onormalt på ett sätt som under olyckliga omständigheter skulle kunnat leda till dammbrott.

En **mindre avvikelse** kan röra sig om förhållanden som endast i kombination med mycket osannolika förutsättningar kan bidra till dammbrott.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att flödena under sommaren och hösten 2000 samt vintern 2001 bekräftat behovet av den översyn av dimensionerande flöden som nu pågår enligt Flödeskommitténs riktlinjer.

## 6. Flödesdämpning och förtida tappning

Frågan om möjligheterna att dämpa flödena med hjälp av befintliga regleringsmagasin diskuterades efter sommarens översvämningar, liksom möjligheterna att lösa en del av flödesproblemen genom ändrade vattendomar. Detta hände även efter flödena i Ångermanälven och Umeälven i augusti 1998, vilket föranledde SMHI att ge ut en rapport för att försöka klarlägga en del grundläggande samband mellan höga vattenflöden och reglering av vattendrag. Rapportens slutsatser sammanfattas på följande sätt (Bergström, 1999):

1. *Det finns en generell tendens att vi underskattar risken för flöden. De inträffar tillräckligt ofta för att ställa till med oro och skador, men alltför sällan för att vi skall ta hänsyn till dem fullt ut vid den fysiska planeringen.*
2. *Vattenkraftutbyggnad i en älv medför i regel att flöden dämpas, men den utgör ingen garanti mot höga flöden och översvämningar. Vårflöden dämpas i allmänhet mest, medan det är svårt att hantera kraftiga sommar- och höstflöden. Flödena blir oftast lägre efter utbyggnaden, men i vissa fall kan sommar- och höstflöden bli högre.*
3. *Vid höga flöden är överraskningsmomentet större i utbyggda än outbyggda älvar, eftersom flödena inträffar mindre regelbundet när älven är reglerad.*
4. *Senare års ökning av sommar- och höstflöden i reglerade älvar är fiktiv. Det vi upplever är snarare en återgång till normala förhållanden från en period förskonad från höga flöden, som varat från början av 1960-talet till början av 1980-talet.*
5. *Vattenkraftsystemet är primärt avsett för att producera elkraft. Ändrade mål, mot ökad flödesdämpning, kräver omfattande analys för att inte göra större skada än nytta.*
6. *Dammarnas utskov är avsedda för att släppa fram vatten under höga flöden. Deras kapacitet är därför ett bra mått på hur mycket vatten som en älvsträcka kan väntas föra under de mest extrema förhållandena.*

Händelserna under sommaren bekräftade i stort sett dessa slutsatser. Punkt 4, som rör klimats utveckling, har dock utvecklats betydligt mer i Bilaga 2.

För att åstadkomma en flödesdämpning krävs att en buffert skapas i regleringsmagasinen, som kan utnyttjas under flödet. Ibland föreslås att en sådan skulle kunna skapas genom avsänkning i god tid innan flödet, så kallad *förtida tappning*. Med tanke på de stora vattenmängder som det ofta är frågan om måste dock denna buffert var ganska stor för att översvämningens riskerna nedströms skall minska märkbart. Problemställningen belyses i ett beräkningsexempel för Gimån som redovisas mer i detalj i Bilaga 3. Ett hypotetiskt buffertmagasin, motsvarande halva magasinskapaciteten i Torpshammar, skulle kunna ha minskat flödet i Gimån från cirka



230 m<sup>3</sup>/s till cirka 170 m<sup>3</sup>/s, men det är mycket tveksamt om det hade haft någon effekt vid ännu kraftigare flöden.

Exemplet ovan visar att det krävs förhållandevis stora buffertmagasin för att minska översvämningsskadorna genom dämpning. Metoden ställer också krav på prognoser över tillrinningen som är svåra att uppfylla, främst på grund av svårigheterna att förutse stora nederbördsmängder mer än några dagar i förväg.

Flödesdämpning är en komplicerad åtgärd, som kräver stora säkerhetsmarginaler och stor kunskap för att bli effektiv och säker. Beslutsprocessen kan bli svår eftersom det kan komma att finnas motstående intressen som vill påverka regleringen under själva flödet. Om dämpningen inte kan garanteras under hela flödesförloppet, och det även vid betydligt kraftigare flöden än vad vi hittills har erfarenhet av, kan strategin dessutom leda till större skada än nytta. Då finns det risk för ytterligare konflikter med bebyggelse och annan infrastruktur, som utvecklas i tron att flödesproblemen är lösta i och med införandet av flödesdämpning.

Det finns också en risk att flödesdämpning leder till ytterligare problem med dammsäkerheten, genom att man kan frestas att utnyttja magasinens sista dämpningskapacitet innan tillflödet kulminerat. Därmed kan man riskera dammras med katastrofala följder. Slutligen finns det risk för att denna strategi medför ett betydande bortfall i kraftproduktionen, eftersom magasinerna inte kan utnyttjas fullt ut för detta ändamål.

En på lång sikt betydligt mera hållbar strategi är att i största möjliga omfattning se till att bebyggelse eller annan infrastruktur inte lokaliseras till områden längs älven, som riskerar att drabbas av översvämningar, ras eller skred vid höga vattenföringar. Man måste räkna med att utskoven förr eller senare kommer att utnyttjas till den kapacitet som de är dimensionerade för.

Liknande metodik som tillämpas inom kraftindustrin för att säkerställa dammsäkerheten med hänsyn till höga flöden bör även tillämpas av andra berörda aktörer för att säkerställa infrastruktur, bebyggelse och andra väsentliga värden. Med utgångspunkt från dammens riskklass bestämmer man dimensionerande flöde enligt Flödeskommitténs riktlinjer. Om konsekvenserna

av det dimensionerande flödet inte är acceptabla, utreds lämpliga förändringar av de fysiska förutsättningarna eller vattenhushållningsbestämmelserna. Alternativa lösningar vägs mot varandra och kostnad vägs mot nytta. Efter val av lösning görs, om så krävs, ansökan till miljödomstolen om tillstånd för genomförande.

Tillämpat för t.ex. Vänerproblematiken skulle detta kunna innebära:

1. Beräkning av möjliga flödesscenarier. Hur högt kan Vänern stiga? Detta kräver först en utveckling av Flödeskommitténs riktlinjer för system som innehåller mycket stora sjöar, vilket föreslås under rubrik 5, Dammsäkerhet och incidenter.
2. Vad blir konsekvenserna av beräknade flödesscenarier med nuvarande vattenhushållningsbestämmelser och förutsättningar i övrigt?
3. Vilka möjligheter till förändringar finns för att mildra de negativa effekterna. Ändring av vattenhushållningsbestämmelserna? Höjning av dammar och invallningar? Utökad avbördningskapacitet via tunnel, kanal eller dylikt? Etc. Vilka konsekvenser i övrigt skulle sådana förändringar leda till?
4. Optimering. Vägning av kostnader mot nytta.
5. Tillstånd och genomförande.

Det krävs samverkan mellan en mängd intressenter för att nå en god lösning. Förutom regleringsrättsinnehavare, som i första hand har intresse ur dammsäkerhetssynpunkt, är länsstyrelser, kommuner, vägverk, sjöfartsverk, jordbruksnäring m.fl. intressenter inom sina respektive områden. Problemet uppmärksammades av Älvsäkerhetsutredningen (SOU 1995:40) som konstaterade:

*"...frågor om behovet av åtgärder för översvämningsskydd, tänkbara åtgärder och deras kostnader samt avvägningar mot andra intressen behöver analyseras och bedömas i ett regionalt perspektiv.*

*För varje större vattendrag behövs därför en sammanhållen genomgång och löpande planering av de samhällsliga insatserna. Behovet finns både beträffande reglerade och oreglerade vattendrag. Som angetts i föregående avsnitt har*

*kommunerna och länsstyrelserna ansvaret för sådan planering.”*

Älvsäkerhetsutredningen föreslog därför att länsstyrelserna, där det inte redan är gjort, skulle bilda och leda regionala samordningsorgan för flödesfrågor för varje större älvsystem, Älvgrupper. Deras verksamhet kommenteras ytterligare längre fram i denna rapport.

Svenska Kraftnät och kraftindustrin driver tillsammans via ELFORSK för närvarande utveckling av ett älvsimuleringsystem, RISIM, som är tänkt som ett redskap för träning, utbildning och för analyser av flödesdynamiken i reglerade älvar under höga flöden. RISIM kommer att kunna utnyttjas för mera detaljerade studier av möjligheterna att dämpa flöden genom aktiv flödesdämpning och förtida tappning.

## 7. Hydrologiska prognoser

SMHIs hydrologiska prognostjänst följer utvecklingen i landets vattendrag och varnar när det börjar se kritiskt ut. Arbetet baseras på väderprognoser och prognosberäkningar med hjälp av hydrologiska modeller. En hydrologisk modell är en datorbaserad beskrivning av vattnets kretslopp med beräkningsrutiner för snö, markgrundvatten och dynamiken i sjöar och vattendrag.

Inför vårfloden kan man varna ganska tidigt, eftersom det oftast är känt ifall det ligger mycket snö i avrinningsområdet. Det är också lättare att räkna ut hur mycket snö som kommer att smälta än hur mycket regn som kommer att falla. Sommar- och höstflöden är svårare att förutse. Visserligen vet man i god tid att marken är blöt, vilket är en grundförutsättning, men det är svårt att göra exakta prognoser över kraftiga regn. Därför är det inte realistiskt att räkna med detaljerade varningar för översvämningar under sommaren och hösten tidigare än några dagar i förväg, även om förutsättningar i form av hög markfuktighet är kända.

Den hydrologiska prognosmodellen fanns tillgänglig för Torpshammar och Vänern, men fick i all hast sättas upp för Glafs fjorden som stöd för räddningstjänsten i Arvika. Det är intressant att notera att Glafs fjorden låg något *lägre* än vad som är normalt för årstiden så sent som en bit

in i oktober och sedan kulminerade nivån i slutet av november. Vänern låg bara något högre än normalt i början av oktober. Den första prognosen för Vänern gjordes den 14 november och pekade på att flödet skulle kulminera på nivån +45,06 m.ö.h. (höjdsystem RH00), vilket är drygt 60 cm lägre än vad som kom att bli fallet. Avvikelsen berodde främst på att det inte gick att förutse att det skulle komma så kraftig nederbörd under resten av hösten. För Glafs fjordens del kom den nya prognosmodellen i bruk strax efter kulminationen och den beskrev avklängningen relativt väl.

Den 18 november tog Länsstyrelsen över ansvaret för tappningen från Vänern, med stöd av Räddningstjänstlagen, och ålade Vattenfall att öka tappningen till mer än vad vattendomen medgav. Detta innebar att tappningen ökades från drygt 900 till ca 1100 m<sup>3</sup>/s. Om, som exempel, detta beslut hade fattats den 1 november i stället, så hade Vänerns högsta nivå blivit endast ca 7 cm lägre. Detta visar att det hade varit mycket svårt att förebygga Vänerns översvämningar utgående enbart från informationen i de hydrologiska prognoserna. Det beror framför allt på svårigheterna att förutse nederbörd på lång sikt.

En utvärdering av insatserna av SMHIs meteorologiska och hydrologiska prognostjänst under sommaren 2000 har redovisats i en särskild utredning till Regeringen (SMHI, 2001). För att öka beredskapen inför kommande översvämningar behövs flera hydrologiska prognosmodeller som är anpassade till kritiska platser i landet. Dessutom bör prognostekniken utvecklas och automatiseras i högre grad så att ett mer rikstäckande prognosunderlag kan produceras tätare i tiden. För detta behövs bland annat fler automatiskt rapporterade mätstationer.

## 8. Struktur för regional samordning

Älvvisa samordningsgrupper har genom respektive länsstyrelses försorg, på uppdrag av Räddningsverket, bildats för de större vattendragen i Sverige. De har nu verkat en tid och utgör ett viktigt led i den regionala nätverks- och kunskapsuppbyggnaden vad gäller höga flöden och



även dammsäkerhet. Det är viktigt att vidareutveckla och stödja denna verksamhet.

Älvgrupperna utgör ett nätverk mellan länsstyrelser, kommuner, vattenregleringsintressenter, larmcentraler, Vägverket, Banverket m.fl. SMHI deltar med information och prognoser vid behov. Arbetsformerna för de olika grupperna varierar med hänsyn till de lokala förutsättningarna. Älvsäkerhetsutredningen, SOU 1995:40, föreslog följande uppgifter:

- att bedöma behovet av planeringsunderlag i fråga om översvämningar, t ex riskzonkartor, och samordna anskaffandet av detta underlag
- att överlägga med dammägarna om dammsäkerhetsfrågor utöver den regelmässiga tillsynen och om att vid behov utföra eller komplettera studier av flodvågor efter tänkta dammbrott och deras konsekvenser, andra riskanalyser mm
- att biträda vid samordningen av planeringen av räddningstjänsten, däribland anskaffandet av uppgifter om flöden med tanke på såväl dammbrott som naturliga höga flöden
- att analysera behovet och värdet av och möjligheterna till flödesdämpning och förtida tappning, att sammanjämka de kommunala intressena samt att överlägga med dammägarna om principerna för sådana åtgärder, inklusive ersättningsfrågor,
- att bedöma var det bör gälla restriktioner för bebyggelse med hänsyn till att höga flöden kan förekomma, samt
- att se till att informationen planeras och ansvaret för denna fördelas mellan SMHI, dammägarna, länsstyrelser, räddningstjänsterna, kommunerna i övrigt och andra berörda organ, dels vad gäller uppgifter dem emellan, dels uppgifter till allmänhet och massmedia.

I Umeälven, Ångermanälven, Indalsälven, Ljungan och Ljusnan har Regleringsföretagen i Östersund påtagit sig att vara sammankallande för en operativ grupp kallad *Samordningsgrupp för information vid höga flöden*. Under sommarens flöden i södra Norrland var denna grupp mycket aktiv, vilket underlättade beslutsprocessen och

ledde till en betydligt bättre dialog mellan inblandade parter än vid tidigare tillfällen av detta slag. Samordningsgruppen hanterade denna gång Indalsälven, Ljungan och Ljusnan. Representanter för berörda kommuners räddningstjänster, länsstyrelserna, polisen, Försvarsmakten, Vägverket, SMHI, kraftföretagen och regleringsföretagen deltog i dagliga telefonkonferenser under det mest kritiska skedet.

Höstens och vinterns översvämningar i Väst-sverige har aktualiserat behov av älvgrupper i fler områden. Länsstyrelsen i Värmland har därför tagit initiativ till bildande av en älvgrupp för Byälven. Diskussioner pågår om liknande initiativ för bland annat Vänern, Göta älv och Uppervudsälven.

## 9. Slutsatser och rekommendationer

Svenska Kraftnäts analys av de höga flödena och översvämningarna under sommaren och hösten år 2000 samt vintern 2001 kan sammanfattas i följande slutsatser och rekommendationer.

### 1. Samordningsgrupper vid höga flöden

Systemet med Samordningsgrupper vid höga flöden fungerade mycket väl under översvämningarna i södra Norrland. Detta bör utvecklas vidare och även införas för de vattendrag som inte har denna samverkansform.

### 2. Den fysiska planeringen

En generell slutsats av händelserna under år 2000 är att flera av de problem som uppstått skulle kunna ha undvikits, om bebyggelse och annan infrastruktur i högre grad planerats med hänsyn till höga flöden och översvänningsrisker.

Skador inträffade i såväl reglerade som oreglerade vattendrag. Översvämningarna visade åter att det finns ett stort behov av beslutsunderlag för den fysiska planeringen av det slag som nu, på Räddningsverkets uppdrag, tas fram inom projektet *Översiktlig översvänningskartering*. Det är viktigt att frågan om förvaltning, uppgradering och distribution av underlagsmaterial inom den översiktliga översvänningskarteringen får en långsiktig lösning.

En bättre dialog behövs mellan berörda parter när det gäller vattenkraftsystemets påverkan på höga flöden och behovet av att kunna nyttja spillvattenvägarna för att garantera dammsäkerheten. Liksom vid tidigare händelser av detta slag blir överraskningsmomentet extra stort i reglerade vattendrag, eftersom översvämningar, relativt sett, är ovanligare i dessa.

Liknande metodik som tillämpas för att säkerställa dammsäkerheten med hänsyn till höga flöden bör även tillämpas av andra berörda aktörer för att säkerställa infrastruktur, bebyggelse och andra väsentliga värden. Med utgångspunkt från beräknade tänkbara flödescenarier och konsekvensanalyser övervägs, planeras och genomförs de förebyggande åtgärder som är rimliga att vidta. För detta krävs samverkan mellan berörda intressenter. Förutom regleringsrätts-havare är bl.a. länsstyrelser, kommuner, Vägverket, Banverket och jordbruksnäring intressenter inom sina respektive områden. Behov finns både beträffande reglerade och oreglerade vattendrag. Kommuner och länsstyrelser har ett speciellt ansvar för samordning och planering. Älvgrupperna utgör regionala nätverk för utbyte och uppbyggnad av kunskaper om höga flöden och dammsäkerhet.

### 3. Hydrologisk prognostjänst

Den hydrologiska prognostjänsten spelar en viktig roll för beredskapen inför höga flöden och för regleringsföretagens och räddningstjänsternas arbete under själva flödet. Inför vårflo den kan man varna ganska tidigt, medan det är svårt att förutse kraftiga sommar- och höstflöden mer än några dagar i förväg. Hydrologiska prognosmodeller behövs dock för fler platser och vattendrag för att öka beredskapen inför framtida översvämningar. Prognostekniken bör utvecklas för att öka tillgången på prognoser. Dessutom behövs det bättre tillgång till automatiskt rapporterade mätstationer.

Erfarenheterna från hösten 2000 visar att det hade varit svårt att förutse Vänerens vattenståndsutveckling i så god tid att en ökad tappning hade kunna motverka problemen i någon högre grad. Däremot ger prognoserna en god bild av den framtida utvecklingen och risken för nya översvämningar i flödets avklingningsfas.

## 4. Dammsäkerhet

Översvämningarna medförde inga stora dammas, men ett flertal problem, skador eller incidenter rapporterades som svar på den enkätundersökning som gjordes. Vad gäller rapporteringsskyldigheter av driftstörningar och händelser, enligt förordningen om verksamhetsutövarens egenkontroll (1998:901), finns behov av förtydligande av vad som skall rapporteras och syftet med rapporteringen.

Vikten av den pågående översynen av vattenkraftsystemets förmåga att hantera extrema förhållanden, enligt Flödeskommitténs och RIDAS riktlinjer, bekräftades av de höga flödena och det faktum att avbördningskapaciteten överskreds vid flera dammanläggningar. Denna översyn och anpassning av vattenkraftsystemet bör slutföras skyndsamt. En översyn av Flödeskommitténs riktlinjer vad avser vattensystem med stora sjöar bör också genomföras.

De många skadorna på vägnätet visar vikten av att dammägarna, vid planering för svåra flödes-situationer, beaktar denna osäkerhet vad gäller framkomlighet.

Under extrema flödessituationer måste dammsäkerheten prioriteras. Det innebär att vattenvägar som är kopplade till utskov skall vara tillgängliga och konflikter med infrastruktur måste undvikas så långt som det är möjligt.

## 5. Markanvändningens betydelse för översvämningarna

Ändrad markanvändning har troligen bara haft marginell betydelse för flödesutvecklingen under översvämningarna. På grund av det stora intresset kring denna fråga bör dock en kunskapssammanställning genomföras, baserad på svensk och internationell forskning. Med hjälp av hydrologisk modellteknik kan också simuleringar av tänkbara effekter göras.

## 6. Klimatförhållanden

De stora översvämningensproblemen berodde främst på nederbörden, som under år 2000 var den rikligaste som hittills uppmätts i Sverige. Analyser av långa mätserier visar dock att översvämningar av liknande storleksordning inträff-

fat förut på flera platser i Sverige, även om det för Glafsfordens och Vänerns del torde röra sig om de kraftigaste flödena på ca 200 år.

De scenarier över det framtida klimatet som hittills redovisats av klimatforskare inom SWECLIM uppvisar många likheter med förhållandena under år 2000, speciellt vad avser den rikliga nederbörden. Det är dock för tidigt att betrakta händelserna som en bekräftelse på att den globala uppvärmningen nu börjat ge sig till känna i Sverige. Det är viktigt med fortsatt forskning och analys av klimatfrågans betydelse för framtida risker i samband med höga flöden.

## 7. Flödesdämpning och förtida tappning

Aktiv flödesdämpning under en flödessituation är en komplicerad åtgärd, som kräver stora säkerhetsmarginaler och stor kunskap för att bli effektiv och säker. Ändrade dämpningsgränser och förtida tappning är en strategi som kan göra mer skada än nytta. Orsaken är svårigheterna att göra prognoser över nederbörd och tillrinning med tillräcklig framförhållning och precision samt det bortfall i kraftproduktion som blir följden. Till detta kommer risken för att de reglerade flödena kommer än mer oregelbundet om denna strategi tillämpas, vilket ytterligare ökar överraskningsmomentet när utskoven en gång väl behöver utnyttjas.

På lång sikt är det en betydligt mer hållbar strategi att i största möjliga omfattning se till att bebyggelse eller annan infrastruktur inte lokaliseras till områden längs älven som riskerar att drabbas av översvämning, ras eller skred vid höga vattenföringar. Man måste räkna med att utskoven förr eller senare kommer att utnyttjas till den kapacitet som de är dimensionerade för.

## Referenser:

Bergström, S. (1999) Höga vattenflöden i reglerade älvar. SMHI fakta nr 1. Norrköping.

Flödeskommittén (1990) Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Slutrapport från Flödeskommittén. Statens Vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreningen, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.

RIDAS (1997) Kraftindustrins riktlinjer för dammsäkerhet, Svenska Kraftverksföreningen och VASO.

SMHI (2001) Erfarenheter av sommarens översvämningar. Rapport till Regeringen.

SOU 1995:40. Älvsäkerhet. Betänkande av Utredningen om dammsäkerhet och höga flöden.

SWECLIM (2001) Ökad säkerhet i klimatfrågan. Årsrapport 2000. Norrköping.

## Bilagor:

Bilaga 1: Höga flöden i juli 2000. Sammanställning av hydrologiska förhållanden, skador, räddningsåtgärder och problem vid dammar. Rapport från Svenska Kraftnät och länsstyrelserna i Väster-norrlands, Jämtlands, Gävleborgs och Dalarnas län sammanställd av SMHI. SMHI rapport 2001 Nr. 15, Norrköping.

Bilaga 2: Lindström, G. (2001) Långsiktig vattentillgång i Sverige – Rapport till Dammsäkerhetsrådet. SMHI.

Bilaga 3: Bergström, S. (2001) Exempel på effekterna av alternativa tappningsstrategier under flödena år 2000 – Rapport till Dammsäkerhetsrådet. SMHI.



Göran Lindström

2001-07-23

## Långsiktig vattentillgång i Sverige

– Rapport till Dammsäkerhetsrådet

### Bakgrund

De senaste 15 åren har varit anmärkningsvärda i Sverige och Norge, med ovanligt hög vattenkraftproduktion och flera översvämningar. I Norge har man t.o.m. nyligen höjt de normalvärden för vattenkraftproduktion som används. Man har justerat upp sin tidigare normalproduktion baserad på perioden 1931-1990 med 4 % genom att övergå till perioden 1970-1999. År 2000 blev det nederbördsrikaste året som mätts upp i Sverige med två spektakulära flödestillfällen. Översvämningen i Glafs fjorden i Arvika ledde till en av de mest omfattande räddningsinsatserna någonsin i Sverige i samband med en översvämning. Dessutom var 1998 det näst nederbördsrikaste året. Det är dock inte helt enkelt att studera långa tidsserier av nederbörd eftersom medvetenheten om betydelsen av mätplatsens exponering, vindskydd runt mätarna etc., gradvis har ökat. Tabell 1 visar en sammanställning av höga flöden som har inträffat i Sverige under den period då vattenföring mätts kontinuerligt:

Tabell 1. Lista över höga flöden i Sverige sedan 1860.

1860	Dalälven
1916	Dalälven
1922	Luleälven
1924	Mälaren, Emån m.fl.
1938	Umeälven, ”Spölandskatastrofen”
1951	Södra Sverige
1959	Västerdalälven
1966	Södra och mellersta Sverige
1968	Torneälven
1977	Bergslagen
1980	Helge å
1985	Voxnan, Österdalälven
1989	Luleälven
1993	Luleälven, Umeälven, Ångermanälven m.fl.
1995	Vindelälven m.fl.
1997	Fuluälven, extremt regn
1998	Ångermanälven m.fl.
2000	Ljusnan/Ljungan, Dalsland/Vänern

Sammanställningen kan ge intrycket av att frekvensen av höga flöden har ökat. Detta är naturligtvis delvis en effekt av att vi fortfarande har de senaste årens händelser i färskt minne. En mer objektiv analys krävs. Den senaste studien av trender i vattentillgången i Sverige gjordes av Jutman (1991), och den senaste studien av trender i höga flöden sträckte sig över rekordåret 1995 (Lindström, 1999). En uppdatering av dessa båda studier pågår f.n. inom projektet ”Långsiktig vattentillgång i Sverige”, som finansieras gemensamt av ELFORSK och Svenska Kraftnät.

## Bilaga 2

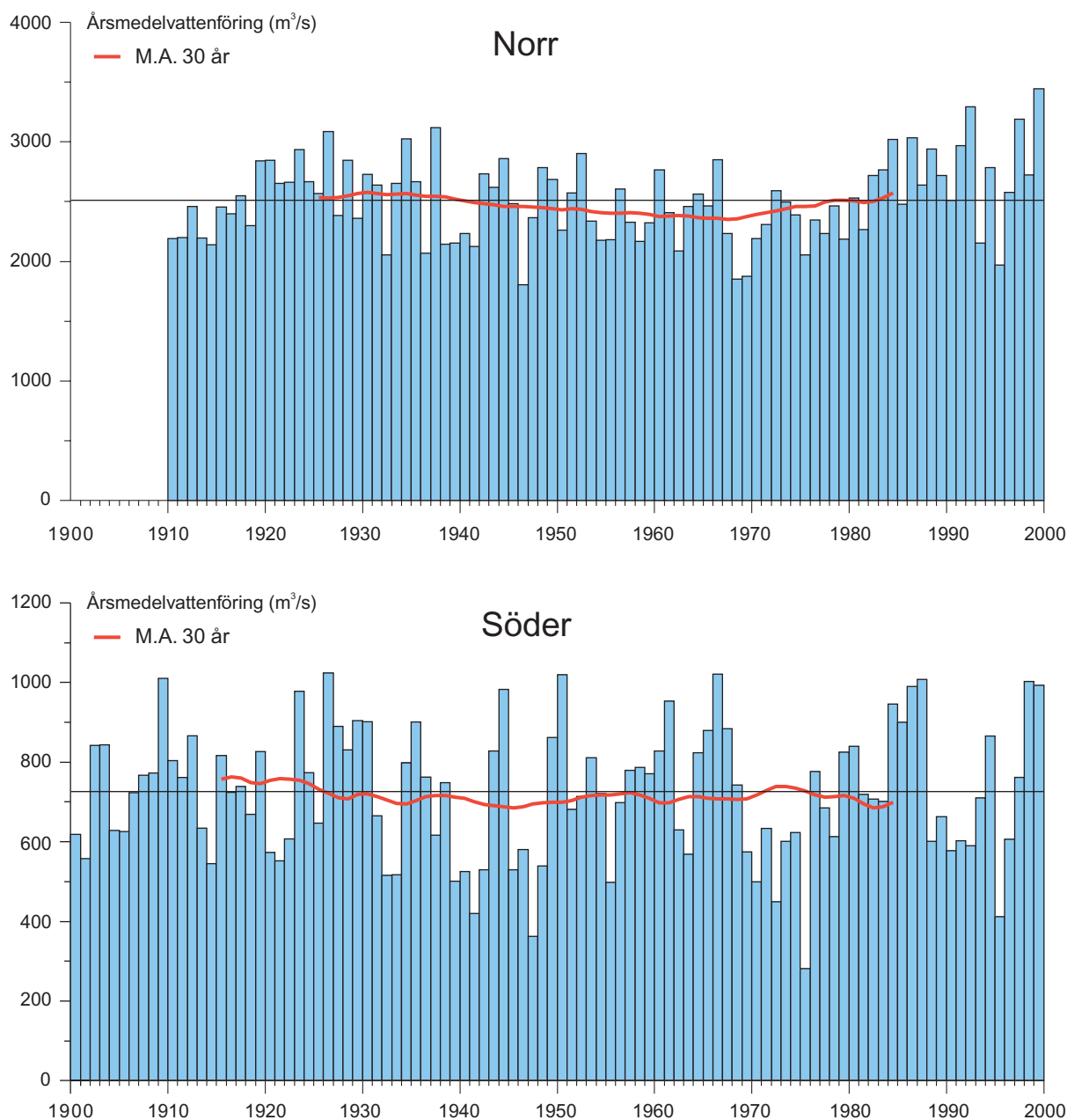
### Data

De flesta vattenföringsdata för år 2000 finns i skrivande stund i SMHIs databas som rådata, men kvalitetskontrollen och iskorrektion kommer att dra ut något på tiden. Under de höga flödena förra året gjorde SMHI ett stort antal högflödesmätningar i de områden som drabbades av höga flöden. Dessa mätningar har i vissa fall lett till att man reviderat avbördningskurvor etc. och räknat fram nya vattenföringsdata för en längre eller kortare period bakåt i tiden. Vissa av de utvalda stationerna är utländska och dessa data kommer in till SMHI med fördröjning.

I väntan på de slutliga data har data som finns tillgängliga sammanställts. Rimligheten hos alla data har kontrollerats grafiskt. Vissa luckor har interpolerats provisoriskt, och vissa uppenbara isdämningar har korrigerats. Det förefaller osannolikt att en bedömning baserat på de slutliga data kommer att skilja sig på något avgörande sätt från en bedömning utifrån de preliminära data.

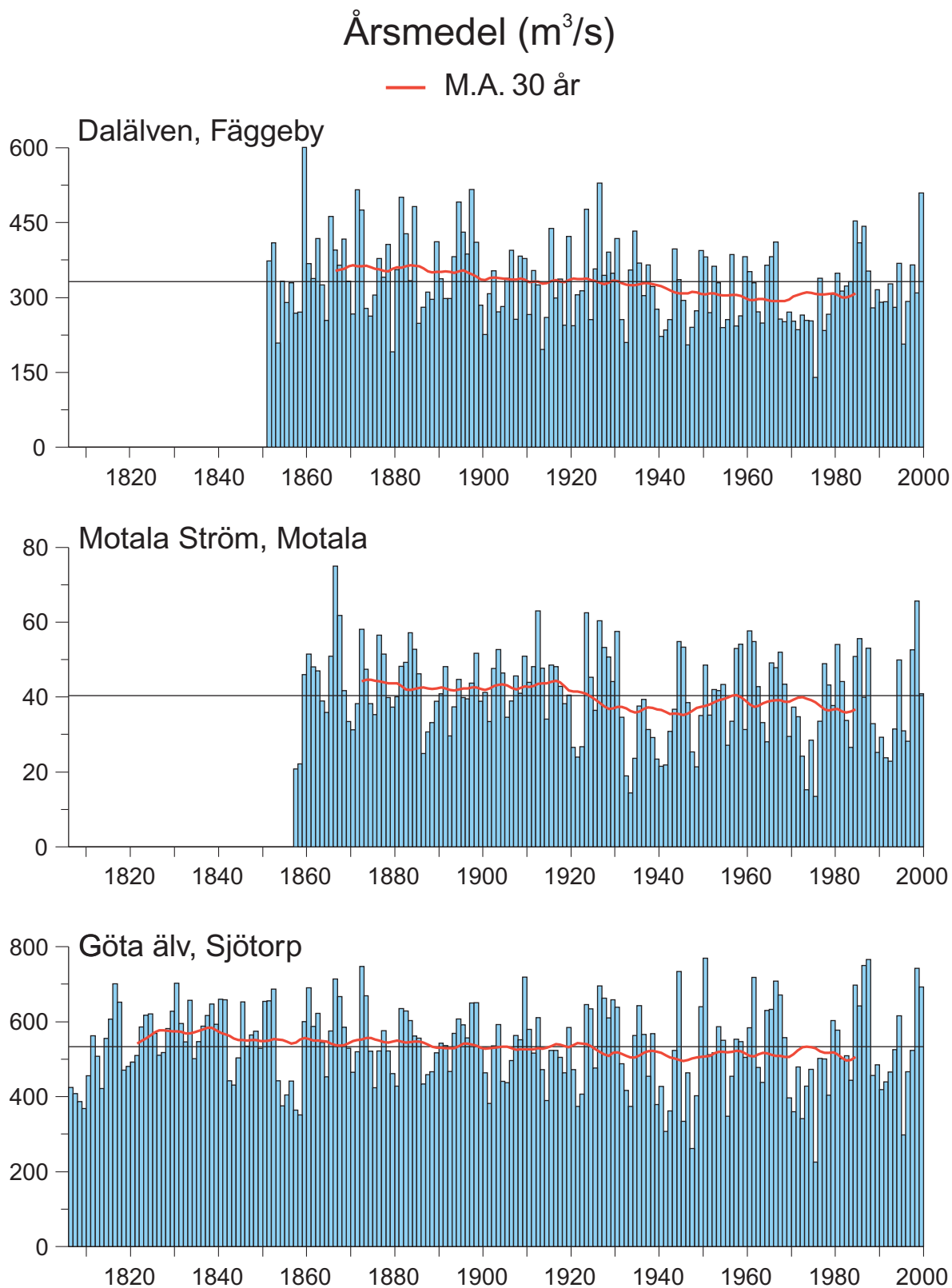
### Årsmedelavrinning

Figur 1 visar summan av årsmedelavrinningen i 8 av de stora Norrlandsälvarna (Torneälven, Luleälven, Skellefteälven, Vindelälven, Ångermanälven, Indalsälven, Ljungan och Dalälven) och utloppen från de 3 stora sjöarna i södra Sverige (Vänern, Vättern och Mälaren). Figuren bekräftar att de senaste åren har varit ovanligt vattenrika, i synnerhet i norra Sverige. Tendensen är dock mindre dramatisk i ett 100-årsperspektiv. Även 1920-talet var en period av hög avrinning. Den förhöjda avrinningen som upplevts under senare år har fördelat sig ganska jämnt över året. Figur 2 visar de längsta serierna i SMHIs arkiv; Dalälven, Motala Ström och Göta Älv, som alla sträcker sig in på 1800-talet. Inte heller här syns någon långsiktigt ökande tendens, utan det finns snarare en sjunkande tendens i både Dalälven och Motala Ström.



Figur 1. Summerad årsmedelvattenföring för 8 Norrlandsälvar (Torneälven, Luleälven, Skellefteälven, Vindelälven, Ångermanälven, Indalsälven, Ljungan och Dalälven) (överst) och 3 större vattendrag i södra Sverige (utloppen från Vänern, Vättern och Mälaren) (nederst). Den utjämnade kurvan är baserad på trettioårsmedelvärden, centrerade kring respektive år.





Figur 2. Årsmedelvärden för våra längsta vattenföringsserier. Den utjämnade kurvan är baserad på trettiårsmedelvärden, centrerade kring respektive år.

### Extremvärden

De flesta av de långa serierna ovan är påverkade av reglering, varför de är olämpliga för en extremvärdesanalys. Totalt har 51 i det närmaste oreglerade stationer om minst 60 år valts ut (tabell 2 och figur 3) för detta ändamål. Den längsta av dessa serier, Öster-Noren nära Duved, har varit igång i 100 år. I medeltal omfattar de 51 serierna 80 år, vilket i den aktuella sammanställningen ger totalt 4072 stationsår. I analyserna har Sverige delats in i en nordlig del med 32 stationer, och en sydlig del med 19 stationer.

Ett flödesindex definierades för varje serie som det högsta flödet för varje år delat med långtidsmedelvärdet av alla motsvarande årshögsta. Medelvärdet av dessa stationsvisa flödesindex beräknades därefter för norra respektive södra Sverige. Långtidsmedelvärdena beräknades därvid för de längsta gemensamma observationsperioderna (1951-1980 i norr och 1971-1990 i söder). Figurerna 4 och 5 visar dessa medelindex för högsta flödena under hela året, samt uppdelat på säsonger.

Nivån på de högsta flödena under året i norra Sverige, vanligen vårfloeden i oreglerade vattendrag, har varit förhållandevis stabil. 1995 års flöde var anmärkningsvärt högt och kan utnämnas till århundradets flöde. Höstflödena varierar mer år från år. Ofta är det just höstflödena som ställer till problem i reglerade älvar, eftersom magasinen då kan vara fyllda och den naturliga magasineringen i det som tidigare var en sjö är borta. Runt 1970 kan man se ett minimum i höstflödesnivå. Från och med denna tidpunkt har vattenkraftsystemet inte byggts ut i särskilt stor omfattning. Det är alltså först under senare år som det fullt utbyggda vattenkraftsystemet utsatts för höga höstflöden, efter en lugnare period än normalt under 1970-talet. De senaste åren har varit flödesrikare än långtidsmedlet, men även 1920-talet bjöd på en period liknande den nu upplevda.

I södra Sverige syns ingen tendens till ökande flöden. 1951 är här i allmänhet det högsta året.

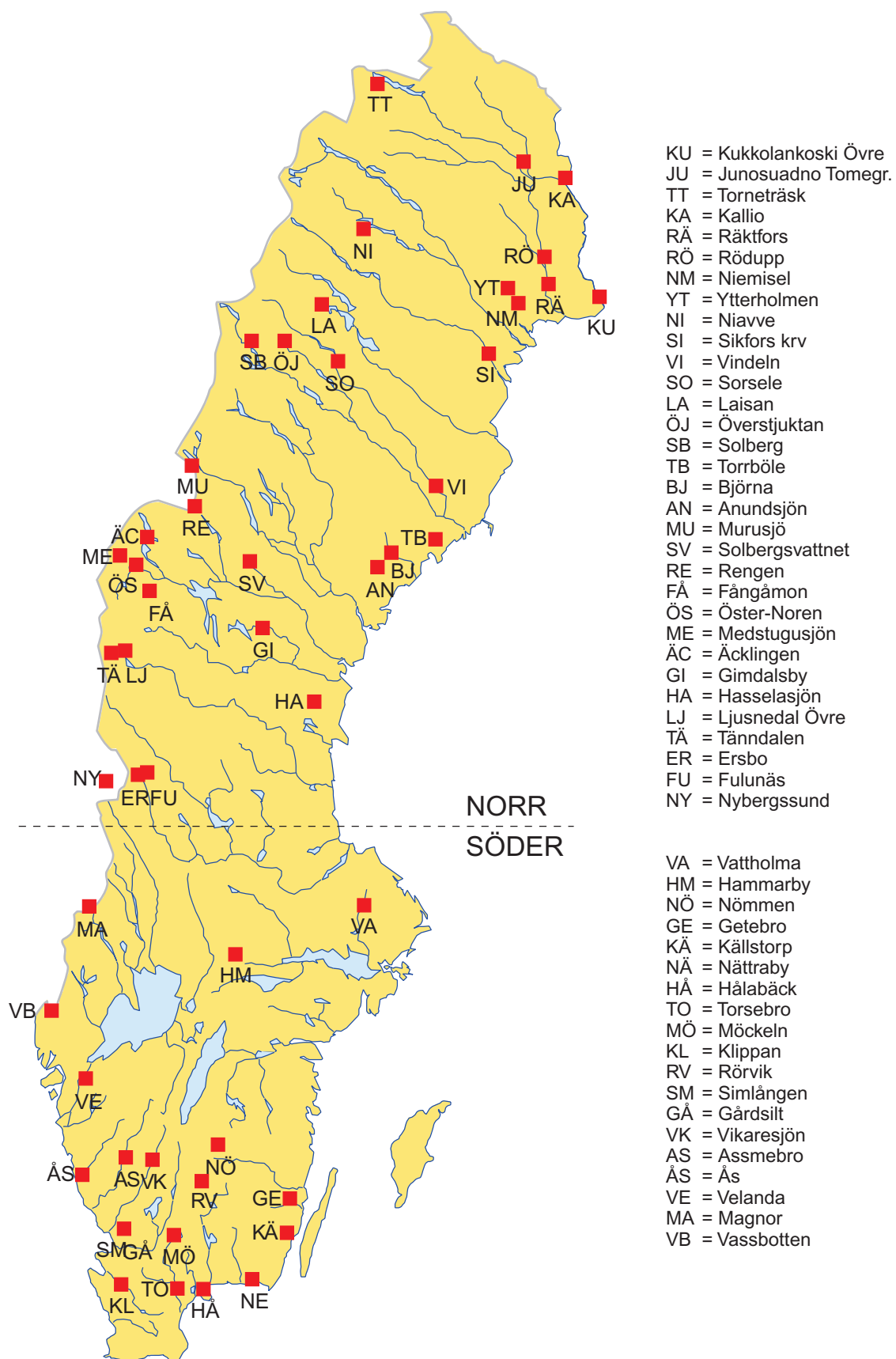
### Fortsatt arbete

Analysen av vattenföringsserier erbjuder ett oberoende komplement till analys av nederbörd. Man undviker problemen med inhomogeniteten beroende på placering av nederbördsräknarna, vindskydd kring dessa etc., men även i vattenföringsdata finns inhomogeniteter i sättet att mäta m.m. Effekten av dessa felkällor kommer att analyseras. En direkt jämförelse mellan den långsiktiga nederbörden och avrinningen kommer också att genomföras. Även statistiska trendanalyser av materialet pågår.

### Slutord

Projektet "Långsiktig vattentillgång i Sveriges" bedrivs inom ramen för SWECLIM och finansieras gemensamt av Svenska Kraftnät och ELFORSK.

## Bilaga 2

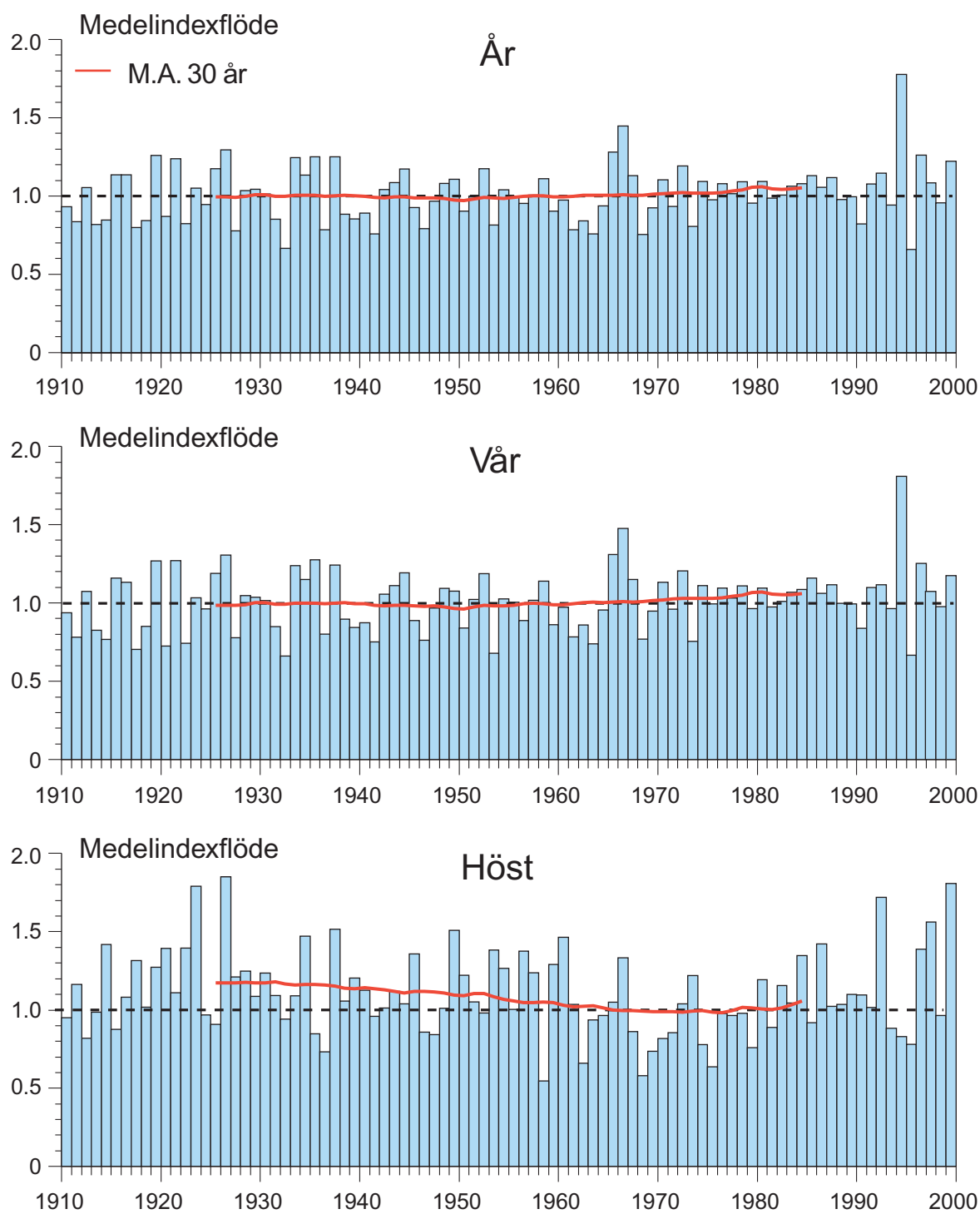


Figur 3. Urval av vattenföringsstationer för extremvärdesanalysen.

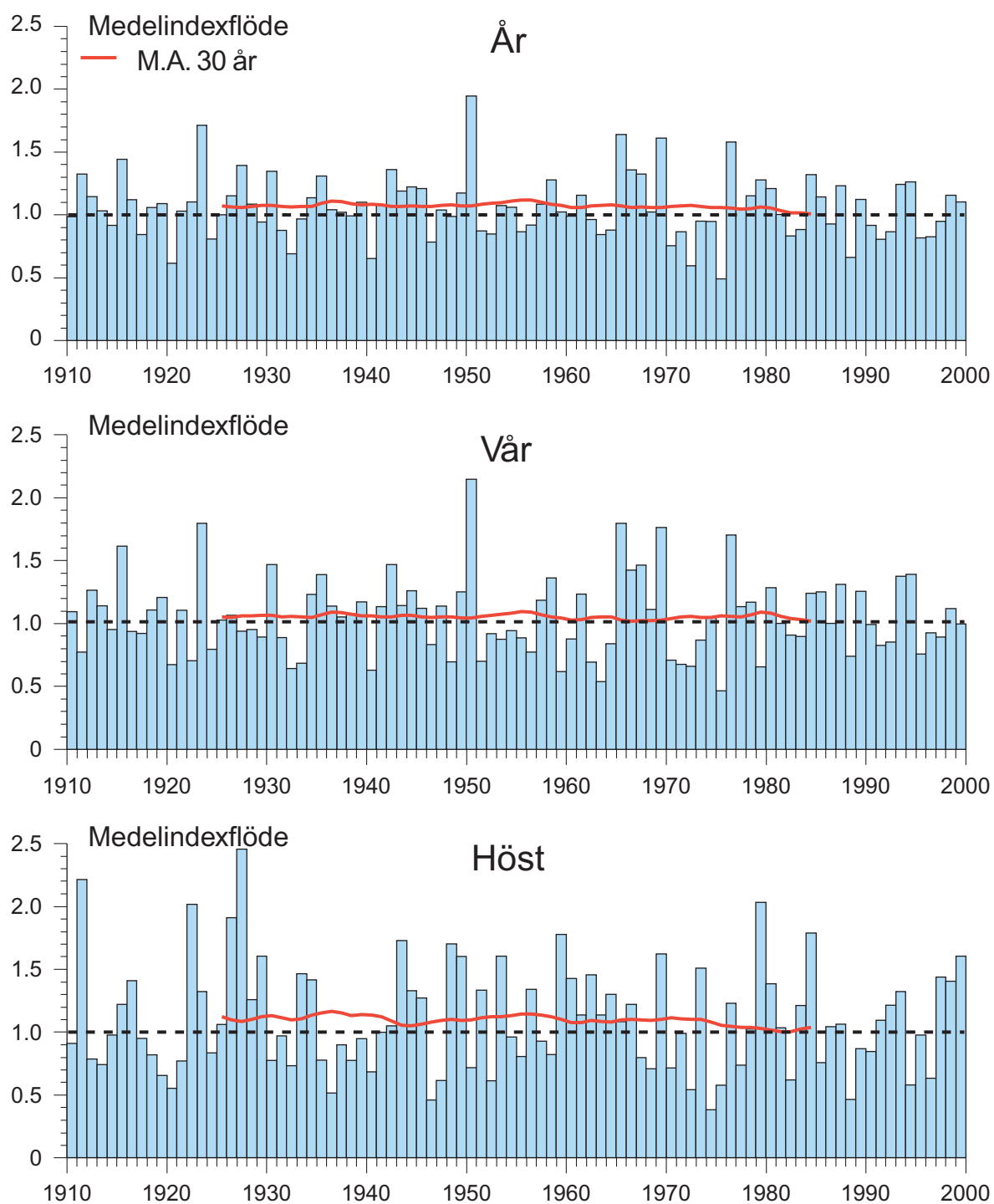
Tabell 2. Urval av vattenföringsstationer för extremvärdesanalysen.

Station	Flod- omr.	Stations nummer	Area (km <sup>2</sup> )	Sjö (%)	Period	Antal år
Kukkolankoski Övre	1	16722	33930	5	1911-2000	90
Junosuando Tornegr.	1	50002	4351	7	1915-2000	72
Torneträsk	1	50145	3346	15	1918-2000	83
Kallio	1	50148	14477	3	1911-2000	90
Räktfors	4	17	23103	4	1937-2000	64
Rödupp	4	50005	15733	5	1915-1994	61
Niemisel	7	20	3781	3	1902-2000	80
Ytterholmen	7	1123	1012	3	1924-2000	77
Niavve	9	591	1718	6	1936-2000	65
Sikfors krv	13	1788	10816	9	1928-2000	73
Vindeln	28	50023	11851	7	1911-2000	90
Sorsele	28	50131	6056	6	1910-2000	91
Laisan	28	50149	1774	6	1911-2000	90
Överstjuktan	28	50130	418	11	1911-2000	90
Solberg	28	436	1081	7	1911-2000	90
Torrböle	30	50107	2860	3	1915-2000	86
Björna	34	50026	3043	5	1923-1982	60
Anundsjön	36	50027	1465	5	1923-2000	78
Murusjö	38	10012	346	9	1926-1998	73
Solbergsvattnet	40	50068	2428	6	1924-2000	77
Rengen	40	1341	1110	6	1937-2000	64
Fångåmon	40	50062	164	7	1941-2000	60
Öster-Noren	40	50058	2384	8	1901-2000	100
Medstugusjön	40	50059	224	12	1921-2000	80
Äcklingen	40	1309	156	6	1939-2000	62
Gimdalsby	42	97	2164	13	1910-2000	86
Hasselasjön	44	50109	651	4	1919-2000	82
Ljusnedal Övre	48	1169	340	1	1925-2000	76
Tännaldalen	48	1223	227	7	1929-2000	72
Ersbo	53	654	1104	1	1912-2000	89
Fulunäs	53	655	883	2	1913-2000	88
Vattholma	61	50110	294	5	1917-2000	84
Hammarby	61	50115	891	11	1910-2000	91
Nömmen	74	50090	157	15	1910-2000	91
Getebro	75	855	1333	6	1920-2000	80
Källstorp	77	50091	342	2	1922-2000	79
Nättraby	81	50121	438	7	1911-2000	88
Hålabäck	86/87	736	4.7	1	1928-2000	73
Torsebro	88	2191	3665	5	1908-2000	93
Möckeln	88	1069	1026	11	1922-2000	79
Klippan	96	50093	241	1	1890-2000	76
Rörvik	98	200	159	18	1907-2000	94
Simlången	100	50097	260	5	1928-2000	73
Gårdsilt	100	1207	55	2	1928-2000	73
Vikaresjön	101	50098	826	4	1933-2000	68
Assmebro	103	1166	653	4	1926-2000	72
Ås	105	50102	2160	6	1909-2000	92
Nybergssund	108	10014	4430	9	1909-1997	89
Velanda	108	50106	278	5	1933-2000	65
Magnor	108	10016	360	4	1912-1997	86
Vassbotten	112	751	624	11	1914-2000	87

## Bilaga 2



Figur 4. Medelvärden av indexflödena för varje år i norra Sverige. Den utjämnade kurvan är baserad på trettiårsmedelvärden, centrerade kring respektive år.



Figur 5. Medelvärden av indexflödena för varje år i södra Sverige. Den utjämnade kurvan är baserad på trettiårsmedelvärden, centrerade kring respektive år.



## Bilaga 2

### Referenser

*Jutman, T. (1991) Analys av avrinningens trender i Sverige. SMHI Hydrologi Nr. 30, Norrköping, Sweden.*

*Lindström, G. (1999) Trends and Variability in Swedish Floods. Contribution to the IAHS Symposium on Hydrological Extremes: Understanding, Predicting and Mitigating. IAHS at IUGG, Birmingham, July 1999. IAHS Publ. No 255, IAHS Press, Wallingford, U.K., pp. 91-98.*

## Exempel på effekterna av alternativa tappningsstrategier under flödena år 2000

– Rapport till Dammsäkerhetsrådet

### Bakgrund

Efter översvämningarna i södra Norrland och norra Svealand i juli 2000 diskuterades frågan om möjligheterna att dämpa flöden med hjälp av befintliga regleringsmagasin, liksom möjligheterna att lösa en del av flödes- och översvämningssproblemen genom ändrade vattendomar. För att belysa detta har Vattenregleringsföretagen genomfört två beräkningsexempel. För Indalsälven gjordes en rekonstruktion av hur utvecklingen skulle ha blivit om vattendomen för Storsjöns reglering inte hade ändrats år 1988. För Gimån beräknades vilka effekter som skulle ha uppnåtts om ett större buffertmagasin hade upprätthållits till ett senare skeda av flödet. Föreliggande rapport är en sammanställning av dessa beräkningar och utgör en bilaga till Svenska Kraftnäts rapport: *Analys av översvämningarna under sommaren och hösten 2000 samt vintern 2001*.

### Indalsälven

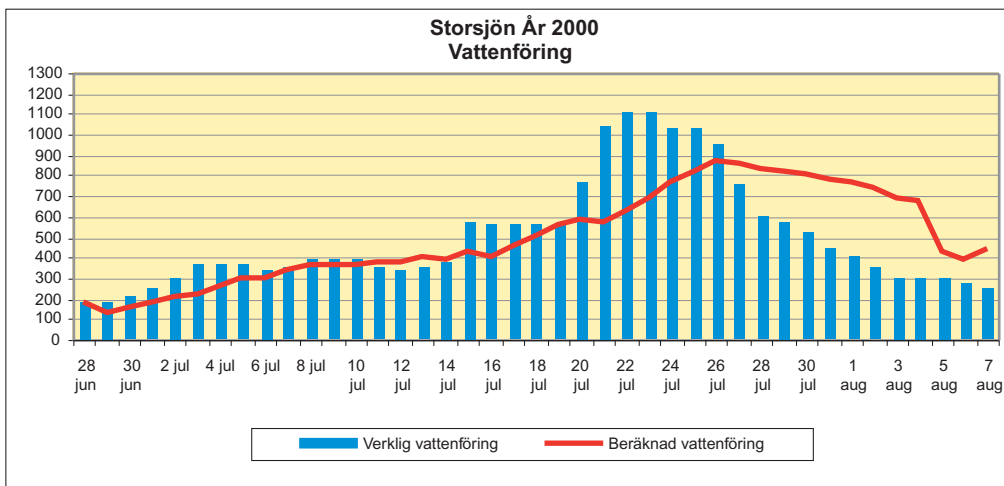
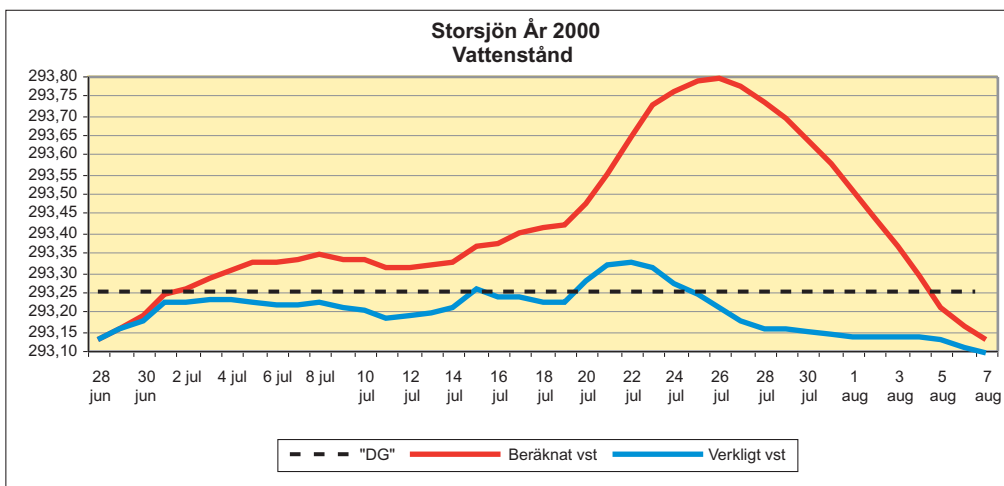
1988 ändrades den vattendom som styr Storsjöns reglering med avsikt att minska skadorna längs sjöns stränder vid höga flöden. I praktiken innebar den nya domen en kompromiss där effekterna på skadorna runt Storsjön vägdes mot flödesproblemen nedströms. Genom att tappningen ur Storsjön, enligt den nya domen, skall ökas i snabbare takt efterhand som sjöns nivå stiger, kommer sjön att kunnas hållas på en lägre nivå samtidigt som detta oundvikligen leder till något större problem med flöden nedströms. I Figur 1 visas konsekvenserna av en reglering enligt den nu gällande domen och den gamla domen för flödet år 2000. Redovisningen omfattar vattenståndet i Storsjön, tappningen vid utloppet i Hissmofors samt flödet i Midskog nedströms tillflöden från Långan och Hårkan.

Figur 1 visar tydligt att den nya vattendomen hade stor betydelse för att motverka vattenståndsutvecklingen i Storsjön. Därmed ledde den till minskade skador runt sjön under sommaren 2000. Det maximala flödet vid Hissmofors ökade på grund av den ändrade domen från ca 870 till ca 1100 m<sup>3</sup>/s. Längre ner i systemet, vid Midskog, får flödesutvecklingen en delvis ny dynamik. Toppflödena blir ungefär desamma enligt de två alternativen men flödet skulle ha kulminerat fem dagar senare om regleringen skötts enligt den gamla domen.

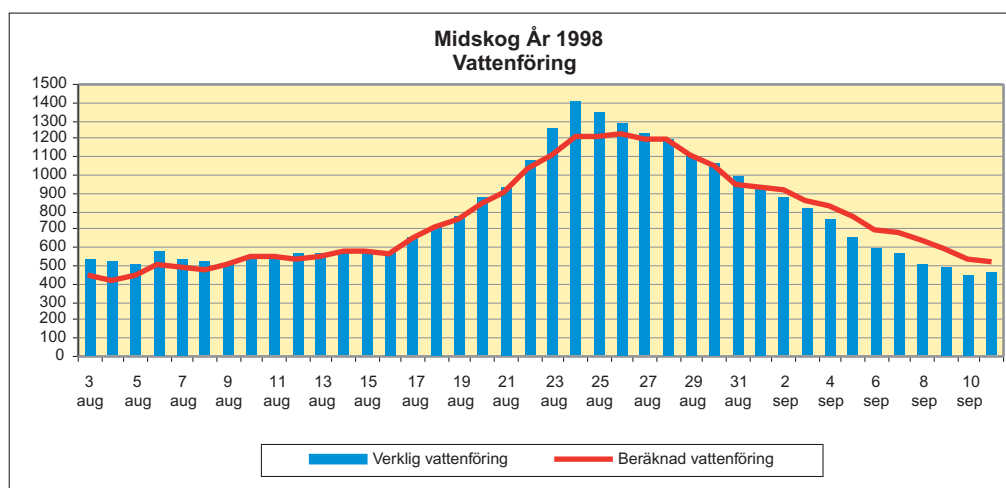
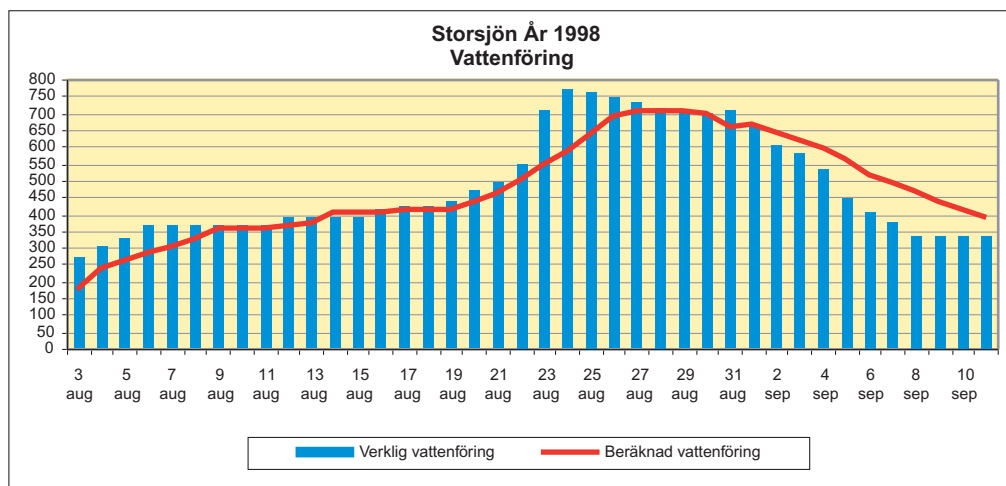
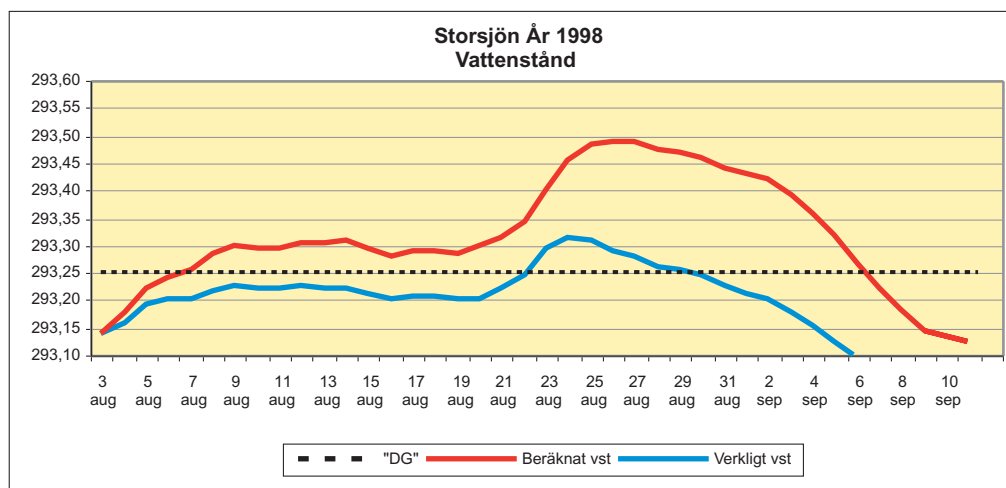
Som jämförelse har flödena åren 1990, 1992, 1993 och 1998 analyserats på motsvarande sätt (Tabell 1). Det kraftigaste av dessa flöden inträffade år 1998 och redovisas i detalj i Figur 2. Som framgår av Tabell 1 ledde den nya domen till en dämpning av vattenståndsutvecklingen i Storsjön som en ökning av toppflödet i Hissmofors vid samtliga flöden inklusive det år 2000. Även för Midskog leder den nya domen till högre flöden med undantag av år 2000. Det är överraskande att toppflödet under sommaren 2000 skulle ha blivit ungefär detsamma oavsett om domens ändrats eller ej. Anledningen är att flödesutvecklingen i huvudälven skulle samverkat på ett annat sätt med tillflödena från Långan och Hårkan om den gamla domen varit gällande.

### Bilaga 3

En slutsats av detta är att det kan vara svårt att förutse den totala effekten av en ändrad vattendom utan att genomföra en omfattande analys baserad på ett flertal kraftiga flöden av olika karaktär.



Figur 1. Vattenståndet i Storsjön, tappningen vid utloppet i Hissmofors och flödet i Midskog i juli 2000 samt den beräknade utvecklingen om vattendomen inte ändrats 1988. "DG" är Storsjöns dämmningsgräns.



Figur 2. Vattenståndet i Storsjön, tappningen vid utloppet i Hissmofors och flödet i Midskog i augusti 1998 samt den beräknade utvecklingen om vattendomen inte hade ändrats 1988. "DG" är Storsjöns dämningens grän.

## Bilaga 3

Tabell 1. Sammanställning av flödesutvecklingen i Indalsälven under sommaren 2000 samt beräknad utveckling under förutsättning av att vattendomen inte ändrats 1988.

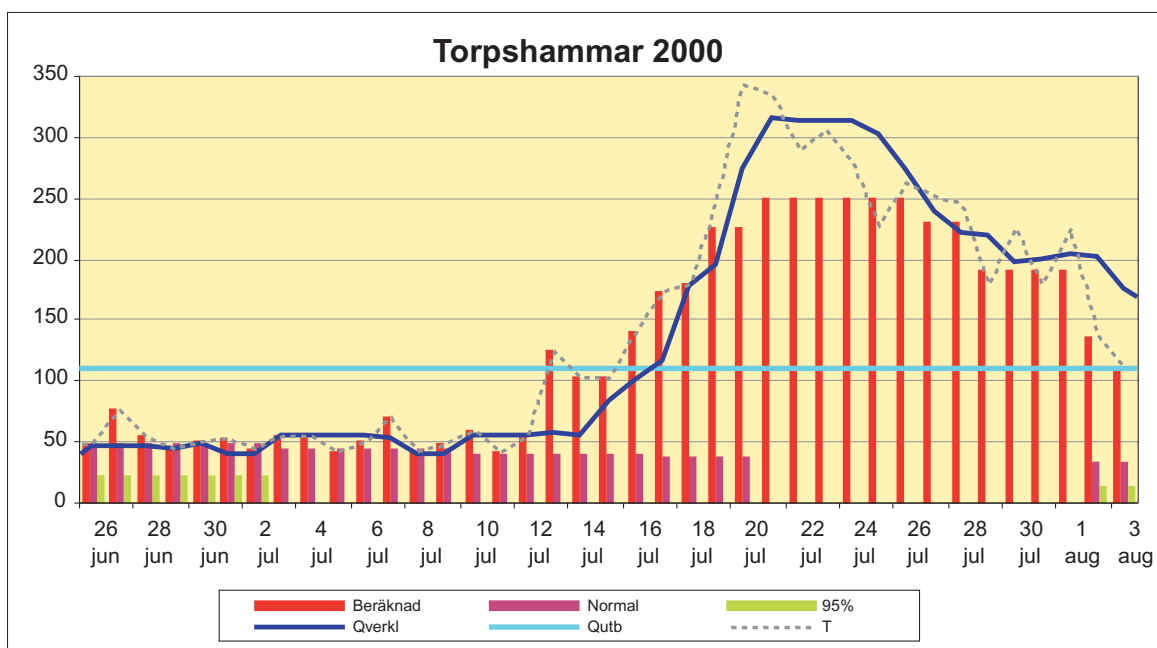
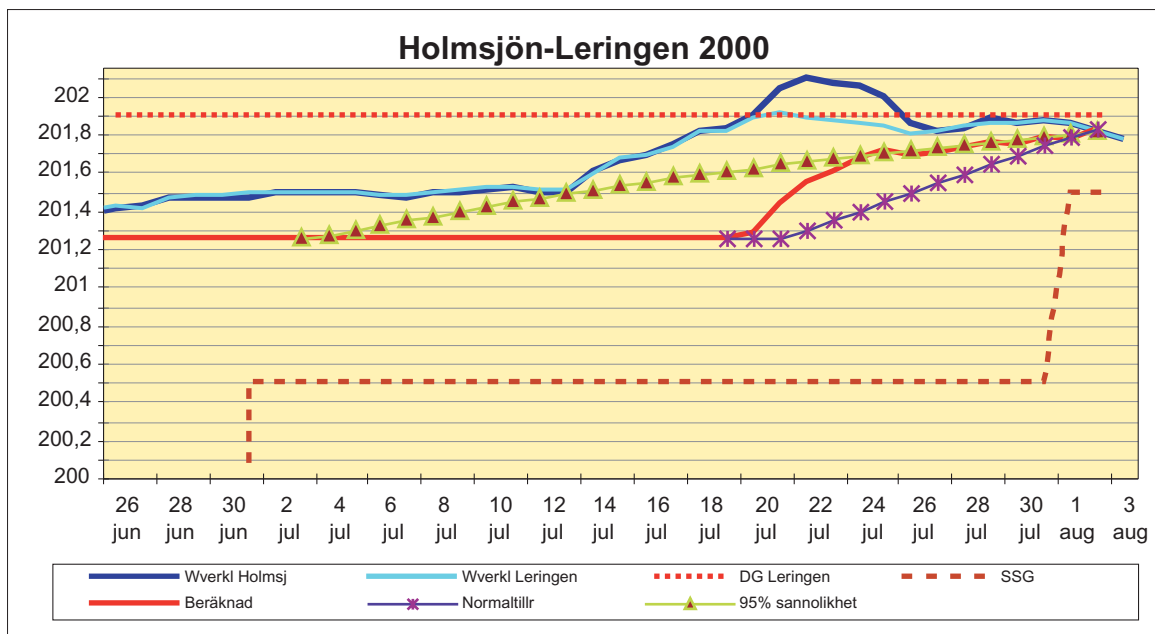
År	Högsta vattenstånd i i Storsjön (m)		Högsta flöde ur Storsjön (m <sup>3</sup> /s)		Högsta flöde i Midskog (m <sup>3</sup> /s)	
	Verkligt	Beräknat enligt gamla domen	Verkligt	Beräknat enligt gamla domen	Verkligt	Beräknat enligt gamla domen
1990	293,28	293,34	379	260	752	630
1992	293,20	293,25	509	466	804	723
1993	293,32	293,60	743	624	1213	1094
1998	293,32	293,49	765	706	1390	1225
<b>2000</b>	<b>293,33</b>	<b>293,79</b>	<b>1107</b>	<b>866</b>	<b>1618</b>	<b>1628</b>

### Gimån

Flödet i Gimån vid Torpshammar fick mycket stor uppmärksamhet i och med Räddningstjänstens beslut att bränna ner ett hus som hotade att rasa ner i vattnet på grund av stranderosion i samband med att kraftverkets utskov öppnades för att säkra dammen. Händelsen ledde till diskussioner om regleringsstrategins betydelse för flödesutvecklingen. Därför har Vattenregleringsföretagen genomfört en rekonstruktion av hur förloppet skulle blivit om halva magasin-kapaciteten sparats som buffert för att utnyttjas för flödesdämpning under själva flödet. Resultatet av detta redovisas i Figur 3.

Som framgår av Figur 3 skulle en ny strategi ha haft ganska stor påverkan på flödesutvecklingen i Torpshammar, men det hade inte gått att förhindra att vatten tappades via kraftverkets utskov. Den maximala spillvattentappningen hade minskat från ca 230 m<sup>3</sup>/s till ca 170 m<sup>3</sup>/s. I dessa siffror är hänsyn tagen till att ca 80 m<sup>3</sup>/s kunde tappas via kraftverkets turbiner under det aktuella tillfället. Det är dock oklart i vad mån minskningen av tappningen hade varit tillräcklig för att undanröja problemen med erosion i spillvattenfåran.

Exemplet från Gimån visar att det hade gått att påverka flödesutvecklingen om ett större magasin reserverats för flödesdämpning. Troligen hade magasinet kunnat återfyllas även om sommaren blivit torr i fortsättningen. I och med att den flödesdämpande kapaciteten i stort sett helt togs i anspråk i den aktuella beräkningen hade dock flödesdämpningen minskat betydligt och kanske uteblivit helt om flödet varit kraftigare än det som nu inträffade.



Figur 3. Utvecklingen av vattenstånd och flöden vid Torpshammar i Gimån i juli 2000 samt det beräknade förloppet om halva magasinet hade sparats för att utnyttjas för flödesdämpning. "T" avser tillrinning, "Normal" visar produktionstappning vid normal tillrinning och "95" visar produktionstappning vid torrår.



## Bilaga 3

### Diskussion

De ovan redovisade beräkningarna är bara exempel för att illustrera hur alternativa strategier skulle kunna ha påverkat utvecklingen i Indalsälven och Gimån under sommaren 2000. Det bör dock betonas att beräkningarna inskränker sig till några enskilda fall och att det krävs betydligt mer kompletta analyser för att beskriva den långsiktiga effekten av ändrade strategier för hantering av flöden. Beräkningarna inskränker sig dessutom till konsekvenserna för flöden medan påverkan på kraftproduktion och ekonomi lämnats utanför. För detta krävs beräkningar av den totala påverkan över en flerårsperiod.

Exemplet från Indalsälven visar att vattenkraftsystemets funktion under extrema flöden är en komplicerad fråga. Den nya vattendomen för Storsjöns reglering har uppenbarligen haft stor betydelse för att minska översvämningsskadorna längs sjöns stränder medan flödet nedströms Hissmofors ökar i en flödessituation. Det något överraskande resultatet att den ändrade domen för Storsjöns reglering endast marginellt påverkat det maximala flödet i Midskog under sommaren 2000 bekräftar dock behovet av avancerad simuleringsteknik för att långsiktigt analysera olika regleringsstrategiers effekt på flöden, översvämningar och skador.

Ett hypotetiskt buffertmagasin i Torpshammar hade minskat flödet i Gimån från ca 230 m<sup>3</sup>/s till ca 170 m<sup>3</sup>/s men det är mycket tveksamt om det hade haft någon effekt vid ännu kraftigare flöden. Även här finns behov av fördjupade studier.



**Svenska  
Kraftnät**

Box 526, 162 15 Vällingby, Tel 08-739 78 00, Fax 08-37 84 05. Internet: [www.svk.se](http://www.svk.se). Besök: Jämtlandsgatan 99