



# Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar

Nyutgåva 2007



SveMin

Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin (2007)  
Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för  
dammanläggningar - Nyutgåva 2007  
ISBN 978-91-7622-197-6

*Omslagsbild: Stadsforsens kraftverk i Indalsälven. Foto: Bengt Johansson, Vattenfall*

# **Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar**

**Nyutgåva 2007**

**Svensk Energi  
Svenska Kraftnät  
SveMin**



## Förord

Detta dokument är en nyutgåva av de riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar, som utgavs av Flödeskommittén år 1990. Tillägg och ändringar som tillkommit efter 1990 har inarbetats och språket har förenklats och förtydligats. Den nya utgåvan ersätter därmed riktlinjerna i Flödeskommitténs slutrapport och de därefter gjorda tilläggen 1-3.

Riktlinjerna vänder sig i första hand till dammägare och till konsulter som utför dimensioneringsberäkningar. Beteckningen riktlinjer innebär att anvisningarna inte utgör juridiskt bindande normer eller föreskrifter.

Innebörden av de ursprungliga riktlinjerna med tillägg är i huvudsak oförändrad i den nya utgåvan. Metoderna i riktlinjerna har inte reviderats med hänsyn till förväntade framtida klimatförändringar, men riktlinjernas tillämpning i ett föränderligt klimat behandlas i nyutgåvan.

Huvudmannskapet för den nya utgåvan delas av Svenska Kraftnät, Svensk Energi och SveMin. Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer (KFR) har ansvarat för omarbetningen och arbetet har genomförts av Marie Gardelin (SMHI) på uppdrag av KFR. KFR har bestått av följande ledamöter: Sten Bergström (SMHI), Claes-Olof Brandesten (Vattenfall), Tina Fridolf (Svenska Kraftnät till mars 2007), Maria Bartsch (Svenska Kraftnät från augusti 2007), Lars-Åke Lindahl (SveMin), Olle Mill (Svenska Kraftnät; ordförande KFR), Urban Norstedt (Vattenfall), Gunnar Sjödin (Vattenregleringsföretagen) och Gun Åhrling-Rundström (Svensk Energi).



## Innehållsförteckning

<b>SUMMARY</b> .....	<b>1</b>
<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>2</b>
<b>1 BAKGRUND</b> .....	<b>3</b>
<b>2 FÖRÄNDRINGAR JÄMFÖRT MED 1990 ÅRS RIKTLINJER</b> .....	<b>4</b>
<b>3 TILLÄMPNING</b> .....	<b>5</b>
<b>4 INDELNING I FLÖDESDIMENSIONERINGSKLASSER</b> .....	<b>6</b>
<b>5 DIMENSIONERING AV DAMMANLÄGGNINGAR I FLÖDESDIMENSIONERINGSKLASS I</b> .....	<b>8</b>
5.1 Metodik.....	8
5.2 Dataunderlag .....	10
5.3 Modellstruktur .....	11
5.4 Modellkalibrering.....	11
5.5 Snömagasin .....	11
5.6 Starttillstånd .....	11
5.7 Regleringsstrategi.....	12
5.8 Avbördningsförmåga.....	12
5.9 Flödesdämpning.....	13
5.10 Nederbördssekvens .....	13
5.11 Dimensionerande flöden och vattenstånd .....	14
5.12 Lokal dimensionering .....	17
5.13 Vindpåverkan.....	18
5.14 Analys.....	18
5.15 Stora sjöar med begränsad tappningsförmåga .....	18
<b>6 DIMENSIONERING AV DAMMANLÄGGNINGAR I FLÖDESDIMENSIONERINGSKLASS II</b> .....	<b>19</b>
6.1 Metodik.....	19
6.2 Dataunderlag .....	20
6.3 Avbördningsförmåga.....	20
6.4 Vindpåverkan.....	20

<b>7</b>	<b>UTFÖRANDE .....</b>	<b>21</b>
7.1	Dokumentation .....	21
7.2	Kompetens .....	21
7.3	Kvalitetskontroll .....	21
<b>8</b>	<b>BERÄKNINGSEXEMPEL.....</b>	<b>22</b>
8.1	Principiell beräkningsgång för ett vattendragssystem.....	22
8.2	Dimensionering av damm i flödesdimensioneringsklass I.....	26
8.2.1	Indata och modell .....	26
8.2.2	Dimensionerande snö och starttillstånd .....	26
8.2.3	Regleringsstrategi .....	26
8.2.4	Dimensionerande nederbördssekvens.....	27
8.2.5	Dimensioneringsberäkning.....	27
8.2.6	Resultat .....	27
8.2.7	Analys.....	28
8.3	Dimensionering av damm i flödesdimensioneringsklass II.....	31
8.3.1	Indata.....	31
8.3.2	Frekvensanalys .....	32
8.3.3	Resultat .....	32
8.3.4	Analys.....	33
	<b>REFERENSER.....</b>	<b>34</b>

## Summary

The Swedish design flood guidelines were originally published by The Swedish Committee for Design Flood Determination (Flödeskommittén) in 1990. The guidelines were an important upgrade to Swedish dam safety criteria regarding extreme floods. The following report constitutes a new edition of the guidelines, which henceforth replaces those from 1990 and the subsequently issued additional paragraphs. The guidelines are primarily directed to dam owners and consultants who carry out design flood calculations.

Design flood determination is based on a classification into two categories depending on the potential consequences of a dam failure during flood conditions. Flood Design Category I should be applied to dams for which failure could cause loss of life or personal injury, considerable damage to infrastructure, property or the environment, or other large economic damage. Flood Design Category II should be applied to dams for which failure could only cause damage to infrastructure, property or the environment.

Design flood determination in Flood Design Category I should be based on hydrological modelling techniques that describe the effects of extreme precipitation under particularly unfavourable hydrological conditions. In the calculations, extreme precipitation is assumed to coincide with heavy snowmelt and wet soils. Critical flows and water levels are simulated over a period of at least ten years, by systematic replacement of observed precipitation in different areas, using a moving 14-day design precipitation sequence.

The different flood generating factors, each within limits of what has been observed, are combined to give the most critical total effect on the river system. With all unfavourable conditions assumed to occur at the same time, the result is very extreme floods. Dams in Flood Design Category I should be able to withstand and pass a flood determined by this method without serious damage to the structure. The return period of floods cannot be estimated using this approach. However, comparisons with frequency analysis indicate that such floods, on average, have return periods exceeding 10,000 years. An additional stipulation is that dams in Flood Design Category I should also be able to pass a flood with a return period of at minimum 100 years at full supply level.

Dams in Flood Design Category II should be able to pass a flood with a return period of at minimum 100 years at full supply level. Frequency analysis is applied for this determination. Dams in Flood Design Category II should also be adapted to a flood determined by cost-benefit analysis. Under this criterion, selection of a flood higher than the 100-year flood is stipulated if the additional cost for this does not greatly exceed the benefit.

The intent of the original guidelines is basically unchanged here and the methods have not been revised to take into account expected future climate changes. The new edition does, however, address how to apply the guidelines to a changing climate. Included are also recommendations for documentation and examples of design flood calculations.

## Sammanfattning

Flödeskommitténs riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar publicerades ursprungligen 1990 i Flödeskommitténs slutrapport. Riktlinjerna innebar en angelägen uppgradering av svensk dammsäkerhet vad avser förmågan att klara extrema flöden. Föreliggande rapport utgör en nyutgåva av dessa riktlinjer och ersätter härigenom Flödeskommitténs slutrapport och de därefter gjorda tilläggen till riktlinjerna. Riktlinjerna vänder sig i första hand till dammägare och till konsulter som utför dimensioneringsberäkningar.

Vid bestämningen av de dimensionerande flödena tillämpas en indelning i två flödesdimensioneringsklasser, som bygger på vilka konsekvenser dammbrott skulle kunna medföra i samband med höga flöden. Flödesdimensioneringsklass I tillämpas för dammanläggningar som i händelse av dammbrott skulle kunna medföra förlust av människoliv eller annan personskada, allvarlig skada på infrastruktur, betydande miljövärde eller annan stor ekonomisk skadegörelse. Flödesdimensioneringsklass II tillämpas för dammanläggningar som, i händelse av dammbrott, skulle kunna medföra skador endast på infrastruktur, egendom eller miljövärde.

Bestämning av det dimensionerande flödet i flödesdimensioneringsklass I bygger på hydrologiska modellsimuleringar som beskriver följderna av att extremt stora nederbörds mängder faller under särskilt ogynnsamma förhållanden. I beräkningarna antas extrema nederbörds mängder samverka med kraftig snösmältning och vattenmättade markförhållanden. Kritiska flöden och vattenstånd simuleras under minst en tioårsperiod genom att den verkliga observerade nederbörden i olika områden, systematiskt vid olika perioder, byts ut mot en dimensionerande nederbördssekvens under 14 dygn.

De olika flödesskapande faktorerna, vilka var och en för sig ligger inom ramen för vad som har inträffat, kombineras på det sätt som ger den mest kritiska samlade effekten på älvsystemet. Den samlade effekten, när de ogynnsamma förhållandena inträffar samtidigt, blir mycket extrema flöden. Dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass I ska, utan allvarlig skada på dammanläggningen, kunna motstå och framsläppa ett dimensionerande flöde som beräknas på detta sätt. Flödenas återkomsttid kan inte anges med denna metod, men jämförelser med frekvensanalys indikerar att flöden som beräknas på detta sätt i genomsnitt har återkomsttider över 10 000 år. Dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass I ska vid dämningensgränsen även kunna framsläppa ett tillrinnande flöde med en återkomsttid av minst 100 år.

Dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass II ska vid dämningensgränsen kunna framsläppa ett tillrinnande flöde med en återkomsttid av minst 100 år. För bestämning av detta flöde tillämpas frekvensanalys. Dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass II ska dessutom anpassas till ett flöde som bestäms genom kostnads-/nyttoanalys. Härvid ska ett lämpligt högre flöde än 100-årsflödet väljas, om merkostnaden för detta inte väsentligt överskrider nyttan.

Innebörden av de ursprungliga riktlinjerna är i huvudsak oförändrad i nyutgåvan och metoderna har inte reviderats med hänsyn till förväntade framtida klimatförändringar. Riktlinjernas tillämpning i ett föränderligt klimat behandlas dock i nyutgåvan. Dessutom har rekommendationer för dokumentation av dimensioneringsberäkningar samt beräkningsexempel tillkommit.

# 1 Bakgrund

År 1985 beslutade vattenkraftindustrin och SMHI att tillsätta Flödeskommittén, med uppgift att utarbeta riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden vid kraftverks- och regleringsdammar. Kommittén, som bestod av representanter från vattenkraftindustrin och SMHI, inventerade de dimensioneringsmetoder som tidigare använts i Sverige och utomlands, och initierade bl.a. studier av avrinningsdata och observerad extrem arealnederbörd i Sverige. Man utvecklade också en ny metod för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar i den högsta konsekvensklassen. Arbetet redovisades i Flödeskommitténs slutrapport (Flödeskommittén, 1990). Svenska Kraftverksföreningen och Statens Vattenfallsverk (numera Svensk Energis medlemsföretag) åtog sig att följa riktlinjerna och att ta ett aktivt ansvar vid tillämpningen av dessa. Riktlinjerna utformades ursprungligen för vattenkraftens dammanläggningar, men har även tillämpats för skyddsvallar och gruvdammar samt för bestämning av flöden vid översvänningskartering.

Arbetet med tillämpning av Flödeskommitténs riktlinjer har pågått sedan 1990 och innebär en angelägen uppgradering av svensk dammsäkerhet vad avser förmågan att klara extrema flöden. Ett särskilt samråd i form av den s.k. Flödeskonferensen etablerades 1991 mellan huvudmännen för riktlinjerna. Flödeskonferensens uppgift är att följa upp riktlinjernas relevans och hur deras tillämpning fortskrider. Riktlinjerna har under åren kompletterats med tre tillägg. En sammanställning av utförda dimensioneringsberäkningar enligt Flödeskommitténs riktlinjer fram till år 2003 omfattar närmare 700 punkter i landet (Brandesten m.fl., 2006).

Sedan riktlinjerna ursprungligen publicerades i Flödeskommitténs slutrapport har frågan om hur ett framtida förändrat klimat kan komma att påverka extrema flöden blivit alltmer uppmärksammat. Ett flertal studier av tänkbara förändringar av de extrema flödena i Sverige har genomförts (Andréasson m.fl., 2007; Andréasson m.fl., 2004; Bergström m.fl., 2001; Gardelin m.fl., 2002). Resultaten visar att en global uppvärmning troligen leder till lägre vårflöden, men samtidigt medför en ökande risk för regnflöden under sommar, höst och vinter. Förändringen beror på att vintrarna förväntas bli kortare och mindre stabila, samt på att nederbörden beräknas öka, främst i västra och norra Sverige.

På initiativ av Flödeskonferensen och i samarbete med gruvindustrin bildades år 2002 Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer, KFR. Kommittén gavs i uppgift att göra en översyn av riktlinjerna avseende stora sjöar med begränsad tappningsförmåga, samt avseende gruvdammar och andra dammanläggningar med små tillrinningsområden. Kommittén fick dessutom i uppdrag att diskutera en övergripande strategi för hur klimatfrågan bör hanteras. Kommitténs arbete redovisades i en rapport som utgavs 2005 (KFR, 2005).

Svenska Kraftnät, Svensk Energi och SveMin har i samverkan utsett KFR att ansvara för att ta fram en ny utgåva av Flödeskommitténs riktlinjer. Syftet med nyutgåvan är att ge riktlinjerna en ny utformning som är enklare att följa och att inkludera tillägg och ändringar som tillkommit sedan 1990. Nyutgåvan ersätter riktlinjerna i Flödeskommitténs slutrapport och de därefter gjorda tilläggen. Den nya kortare utformningen innebär att allt bakgrundsmaterial inte har kunnat inkluderas. För fördjupning och mer information om riktlinjernas bakgrund hänvisas till Flödeskommitténs slutrapport och till KFRs rapport från 2005.

## 2 Förändringar jämfört med 1990 års riktlinjer

En översyn av de beteckningar som används i riktlinjerna har medfört att begreppet *riskklass* som användes i Flödeskommitténs slutrapport har ersatts av begreppet *flödesdimensioneringsklass*. Nyutgåvan skiljer sig även från de tidigare gällande riktlinjerna genom att anvisningarna för nya och befintliga dammanläggningar nu inte behandlas separat. Dessutom har riktlinjernas tillämpning för gruvindustrins dammanläggningar tydliggjorts i nyutgåvan. Ett avsnitt som berör dokumentation, kompetens och kvalitetskontroll har även tillkommit.

Slutsatserna i KFRs rapport från 2005 har inarbetats i nyutgåvan och riktlinjernas tillämpning med hänsyn till förändringar av det framtida klimatet behandlas. Metoderna i riktlinjerna har dock inte reviderats och innebörden av de ursprungliga riktlinjerna med tillägg är i huvudsak oförändrad med följande undantag:

- Riktlinjernas giltighet för dimensionering enligt flödesdimensioneringsklass I utökas till att omfatta tillrinningsområden ner till storleken 1 km<sup>2</sup> (avsnitt 5).
- I nyutgåvan anges att dimensioneringsberäkning i flödesdimensioneringsklass I baseras på klimatdata som är representativa för förhållandena i området, medan det i Flödeskommitténs slutrapport angavs att de senast tillgängliga årens klimatdata används (avsnitt 5.2).
- De geografiska regionerna för riktlinjernas giltighet utökas till att omfatta hela Sveriges avrinningsområde, d.v.s. även delar av Norge och Finland (avsnitt 5.10).
- Reservation görs för riktlinjernas tillämpbarhet för Väneren och eventuella andra fall som liknar Väneren (avsnitt 5.15).
- Ingen skillnad görs mellan befintliga och nya dammanläggningar när det gäller anpassning av dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass II till ett genom kostnads-/nyttoanalys bestämt högre flöde än 100-årsflödet (avsnitt 6).
- De anvisningar som fanns i Flödeskommitténs slutrapport om tillfälliga dammar/fångdammar har inte tagits med i den nya utgåvan, då dessa anvisningar inte ansetts tillräckligt genomarbetade.

### 3 Tillämpning

Riktlinjerna är avsedda för bestämning av dimensionerande flöden för vattenkraftindustrins och gruvindustrins dammanläggningar. Flödesdimensionering av dammanläggningar i ett så långt tidsperspektiv som kan vara aktuellt för efterbehandling av vissa gruvavfallsdeponier behandlas inte. Riktlinjerna tillämpas såväl för planerade dammanläggningar som för kontrollberäkningar av befintliga dammanläggningar. I beräkningsmetodiken betraktas älven som ett system, vilket ställer krav på samordning och samverkan mellan dammägarna. Beräkningsmetodiken har även kommit tillämpas vid dimensionering av skyddsvallar för bebyggelse och infrastruktur, samt vid kartering av översvänningsrisker.

Bestämningen av de dimensionerande flödena bygger på statistiska metoder eller på simuleringar med hydrologiska modeller. I båda metoderna finns källor till osäkerhet som bör beaktas när resultaten utvärderas. Valet av tidsperiod som ligger till grund för beräkningarna har stor betydelse och bör ägnas särskild uppmärksamhet. Övriga osäkerhetsfaktorer diskuteras närmare i beskrivningen av beräkningsmetodiken (avsnitt 5.1 och 6.1).

Mot bakgrund av bland annat de osäkerheter som ett förändrat klimat tillför, bör beräkningsförutsättningarna ses över regelbundet. Jämförelser mellan inträffade flödessituationer och beräknade dimensionerande flöden bör utföras fortlöpande. Systemets känslighet för klimatförändringar bör analyseras genom utnyttjande av klimatscenarier. Nya förutsättningar kan leda till att dimensioneringsberäkningarna behöver revideras. Osäkerheter kring det framtida klimatet får dock inte hindra att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas. På grund av dessa osäkerheter bör dessutom flexibilitet och marginaler skapas där så är lämpligt.

## 4 Indelning i flödesdimensioneringsklasser

Vid bestämningen av dimensionerande flöden för dammanläggningar tillämpas en indelning i flödesdimensioneringsklasser. Denna indelning bygger på vilka konsekvenser dammbrott skulle kunna medföra i samband med höga flöden (Tabell 1). Dammanläggningar som i händelse av dammbrott inte skulle kunna orsaka skada för annan än dammägaren, berörs inte av riktlinjerna.

Tabell 1. Flödesdimensioneringsklasser för bestämning av dimensionerande flöden.

Flödesdimensioneringsklass <sup>*)</sup>	Konsekvens vid dammbrott (utöver de konsekvenser som följer av flödet i sig om dammen inte rasat)	Avbördningskrav
I	<ul style="list-style-type: none"> <li>Icke försumbar sannolikhet för förlust av människoliv eller annan personskada</li> <li>eller</li> <li>Beaktansvärd sannolikhet för allvarlig skada på viktig trafikled, dammanläggning eller därmed jämförlig anläggning eller på betydande miljövärde</li> <li>eller</li> <li>Hög sannolikhet för stor ekonomisk skadegörelse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dammanläggningen ska, utan allvarlig skada på dammanläggningen, kunna motstå och framsläppa ett dimensionerande flöde, som beräknas enligt anvisningarna i avsnitt 5<sup>**)</sup>.</li> <li>Dammanläggningen ska vid dämningensgränsen även kunna framsläppa ett tillrinnande flöde med en återkomsttid av minst 100 år.</li> </ul>
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>Icke försumbar sannolikhet för skada på trafikled, dammanläggning eller därmed jämförlig anläggning, miljövärde eller annan än dammägaren tillhörig egendom i andra fall än som angetts vid flödesdimensioneringsklass I.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dammanläggningen ska vid dämningensgränsen kunna framsläppa ett tillrinnande flöde med en återkomsttid av minst 100 år.</li> <li>Dammanläggningen ska dessutom anpassas till ett flöde som bestäms genom kostnads-/nyttoanalys.</li> </ul>

<sup>\*)</sup> Beteckningen "flödesdimensioneringsklass" ersätter beteckningen "riskklass" som användes i Flödeskommitténs slutrapport från 1990.

<sup>\*\*)</sup> Flödenas återkomsttid kan inte anges med denna metod. Jämförelser med frekvensanalys indikerar att flöden som beräknas på detta sätt i genomsnitt har återkomsttider över 10 000 år.

Klassificeringen bygger på marginalkonsekvensen, d.v.s. merskadan av ett dammbrott. Den skada som avses i detta sammanhang är den ökning av skadan på omgivningen som en damms raserande innebär, utöver den skada som flödet skulle ha förorsakat, om dammen inte rasat.

Bedömningen av till vilken flödesdimensioneringsklass en viss dammanläggning ska hänföras, måste göras från fall till fall. I första hand beaktas risken för människoliv och annan personskada. Därefter beaktas ett dammbrotts konsekvenser för nedanförliggande dammanläggningar, allmänna anläggningar och enskild egendom. Till allmänna anläggningar hör viktiga trafikleder, exempelvis landsvägs- och järnvägsbroar, samt andra samhällsanläggningar av stor betydelse från allmän synpunkt, exempelvis anläggningar för vattenförsörjning, avloppsrening eller energiförsörjning. Miljön är ett annat allmänt intresse, som kan skadas i samband med en dammolycka. Både skador på naturmiljön och boendemiljön, inklusive de sanitära förhållandena, samt historiska och kulturella värden beaktas i detta sammanhang. Konsekvenser i form av stor ekonomisk skadegörelse, kan exempelvis gälla risk för översvämning av större industri- anläggningar.

Med *hög sannolikhet* avses att det för en sakkunnig bedömare föreligger en hög grad av sannolikhet för att skadan ska inträffa. Med *icke försumbar sannolikhet* avses att det är långt ifrån säkert att förlusten eller skadan inträffar, men att man inte kan utesluta att så blir fallet utan bör räkna med den möjligheten. *Beaktansvärd sannolikhet* avses täcka området mellan hög och icke försumbar sannolikhet, och motsvarar närmast vad som i dagligt tal brukar kallas ganska stor ner till ganska liten sannolikhet.

När det exempelvis gäller fara för människoliv eller annan allvarlig personskada bedöms sannolikheten vara *hög* om det i riskområdet finns hus med åretruntboende. Sannolikheten bedöms vara *beaktansvärd* om några fritidshus finns i området och *icke försumbar* om där ligger en allmän campingplats. Består riskområdet enbart av skogsmark, där normalt ingen brukar vistas, får sannolikheten för att exempelvis en svamplockare eller en orienterare ska bli skadad anses så ringa att den är *försumbar*.

Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Det innebär att sannolikheten för exempelvis ett 100-årsflöde är 1 på 100 för varje enskilt år. Eftersom man exponerar sig för risken under flera år blir den ackumulerade sannolikheten större. Sannolikheten för att ett 100-årsflöde inträffar under en 100-årsperiod är 63 %. Tabell 2 visar sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikheten.

Tabell 2. Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent.

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

## 5 Dimensionering av dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass I

Dammanläggningar som dimensioneras enligt flödesdimensioneringsklass I ska utan allvarlig skada på dammanläggningen, kunna motstå och framsläppa ett dimensionerande flöde, som beräknas enligt anvisningarna i detta avsnitt. Om inte annat föreskrivits, ska också ett tillrinnande flöde med en återkomsttid av minst 100 år kunna framsläppas vid dämningens gränser. Detta krav har främst tillkommit för att minska risken för höga vattenstånd, som kan orsaka översvämningsskador längs magasinets stränder. För befintliga dammanläggningar får detta krav efterges i den mån det, med hänsyn till dammanläggningens säkerhet och med beaktande av risken för dämningsskador, bedöms tillräckligt att nämnda flöde kan framsläppas vid ett vattenstånd som överstiger dämningens gränser. För bestämningen av det tillrinnande 100-årsflödet tillämpas frekvensanalys enligt anvisningarna i avsnitt 6.

Den angivna metoden kan tillämpas för tillrinningsområden ner till storleken 1 km<sup>2</sup>. För de minsta tillrinningsområdena finns det dock anledning att studera effekterna av att använda högre tidsupplösning än ett dygn i beräkningarna.

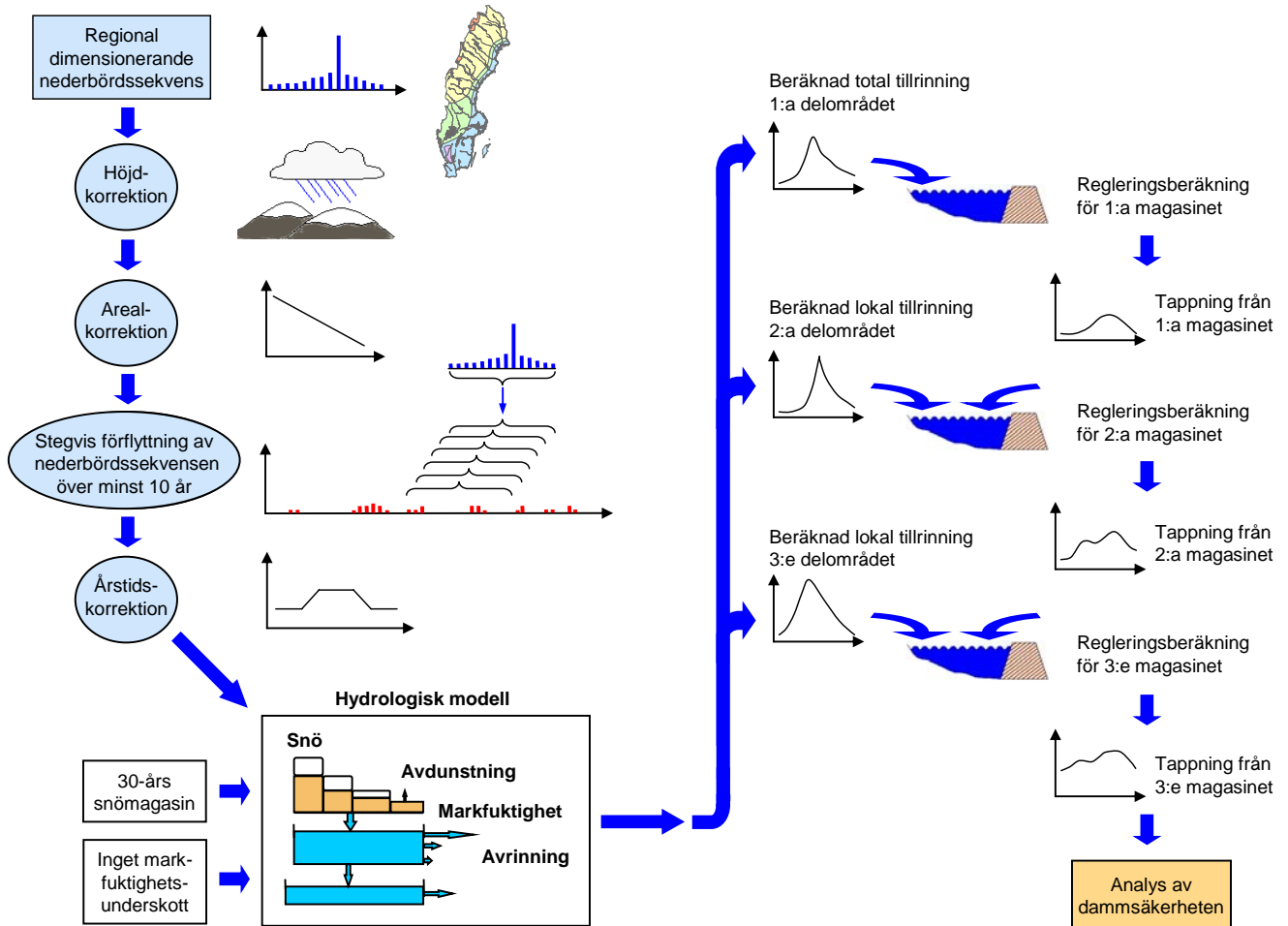
### 5.1 Metodik

Metoden för bestämning av det dimensionerande flödet för dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass I bygger på hydrologiska modellsimuleringar som beskriver följderna av att extremt stora nederbördsmängder faller under särskilt ogynnsamma förhållanden. Förloppet av det dimensionerande flödet simuleras med tillämpning av vedertagen hydrologisk modellteknik. I beräkningarna antas extrema nederbördsmängder samverka med effekterna av en snörik vinter med sen avsmältning, vilken även föregåtts av en nederbördsrik höst. Modellberäkningarna simulerar de kritiska flöden och vattenstånd som uppstår då den verkliga observerade nederbörden under olika perioder byts ut mot en dimensionerande nederbördssekvens. Figur 1 beskriver översiktligt hur dimensioneringsberäkningarna utförs.

Dimensioneringsmetoden innebär att ett antal flödesskapande faktorer, vilka var och en för sig ligger inom ramen för vad som har inträffat, kombineras på det sätt som ger den mest kritiska samlade effekten på älvsystemet. Storleken av den dimensionerande nederbördssekvensen har fastställts genom analys av observerad extrem arealnederbörd i olika delar av Sverige. I Flödeskommitténs slutrapport från 1990 baserades dygnsnederbörden främst på observationer under åren 1881-1988 (Vedin och Eriksson, 1988). Observationer efter 1990 har i stort sett bekräftat rimligheten i dessa värden, även om en viss ökad frekvens av extrema regn har observerats (Alexandersson, 2005).

Nederbördsmängden utgör endast en faktor av flera, som avgör det dimensionerande flödets storlek. Önskad säkerhet åstadkoms genom att de observerade nederbördsmängderna kombineras med andra faktorer som påverkar flödets storlek. Den samlade effekten, när de ogynnsamma förhållandena inträffar samtidigt, blir

mycket extrema flöden. Flödenas återkomsttid kan emellertid inte anges med denna metod. Jämförelser med frekvensanalys indikerar dock att flöden som beräknats på detta sätt i genomsnitt har återkomsttider över 10 000 år (Flödeskommittén, 1990).



Figur 1. Principskiss över beräkning av dimensionerande flöde för en dammanläggning i flödesdimensioneringsklass I.

I många länder, där hydrologiska modellsimuleringar på liknande sätt utnyttjas för dimensioneringsberäkningar, används begreppen PMP (Possible Maximum Precipitation) och PMF (Probable Maximum Flood). PMP avser den teoretiskt sett största nederbörds mängd som är fysikaliskt möjlig över en viss areal, under en given tidsperiod och vid en viss tid på året. Definitionen av PMF varierar i olika länder, men avser ofta den mest kritiska kombinationen av meteorologiska och hydrologiska förhållanden som är rimlig i en given region. PMF bestäms genom olika typer av hydrologiska modellberäkningar där PMP används som indata. En principiell skillnad mellan dessa metoder och dimensionering av dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass I enligt Flödeskommitténs riktlinjer, är att PMP-värdet bestäms teoretiskt och överskrider de nivåer som förekommit vid nederbördsobservationer, medan storleken av den dimensionerande nederbördssekvensen i flödesdimensioneringsklass I har bestämts genom analys av observerad extrem arealnederbörd.

Efter publiceringen av Flödeskommitténs riktlinjer 1990 har metodiken för flödesberäkning presenterats i internationella tidskrifter (Norstedt m.fl., 1992; Bergström m.fl., 1992; Lindström och Harlin, 1992). Metoden har även diskuterats vid ett flertal vetenskapliga konferenser. Ett antal extrema flöden har också inträffat i reglerade älvar, bland annat åren 1995 och 2000. Den samlade bedömningen är att riktlinjerna beskriver en extrem flödesutveckling på ett realistiskt sätt. Händelserna kring Vänern under hösten och vintern 2000/2001 visade dock att riktlinjerna inte kan tillämpas kategoriskt för Vänern på grund av de speciella förhållanden som råder för detta system (KFR, 2005).

Det finns flera källor till osäkerhet som bör beaktas när resultat från dimensioneringsberäkningar utvärderas och används. Resultaten påverkas av vilka meteorologiska och hydrologiska indata som används för modellberäkningarna, liksom av valet av hydrologisk modell. Modellens förmåga att beskriva höga flödesförlopp utgör grunden för dimensioneringsberäkningen och beror av flera faktorer såsom modellstruktur, kalibreringsmetod och val av tidsperiod för kalibreringen. Vidareutveckling av de hydrologiska modellerna, liksom utveckling av nya metoder för bestämning av indata, påverkar därför dimensioneringsresultaten. Beskrivningen av regleringar och avbördning från naturliga sjöar har också inverkan. Valet av beräkningsperiod för simulering av de extrema flödesförloppen, liksom för bestämning av det dimensionerande snötäcket, har även visat sig ha stor inverkan på beräkningsresultaten.

## **5.2 Dataunderlag**

För de hydrologiska modellberäkningar, som utgör grunden för beräkning av flöden i flödesdimensioneringsklass I, behövs såväl meteorologiska som hydrologiska observationsserier. Kvalitén i beräkningsresultaten beror av hur tillförlitligt detta dataunderlag är. Kalibrering av den hydrologiska modellen kräver normalt cirka 10 års data. Dataserien bör omfatta såväl höga vårflöden som höga regnflöden. För modellberäkning av snömagasinet är det lämpligt att utnyttja en längre tidsperiod, eftersom ett maximalt snömagasin med återkomsttiden 30 år utnyttjas i dimensioneringsberäkningen.

Dimensioneringsberäkningen, vid vilken det mest kritiska flödesförloppet identifieras, baseras på klimatdata som är representativa för klimatförhållandena i området och som omfattar en period av minst 10 år.

### **5.3 Modellstruktur**

Ett tillrinningsområde uppdelas i delområden om det innehåller mer än ett regleringsmagasin, eller om delar av tillrinningsområdet innehåller stora sjöar eller i övrigt är så heterogent att det inte bör behandlas som en enhet. Uppdelningen innebär att magasinutvecklingen och tappningen beräknas individuellt för varje delområde. Delområdena kan exempelvis utgöra större oreglerade sjöar eller älvsträckor som kan tänkas fungera som magasin i en flödessituation. Delområden kan även skapas vid platser där vattenföringsdata finns tillgängliga, för att möjliggöra kalibrering av modellen i dessa punkter.

### **5.4 Modellkalibrering**

Den hydrologiska modellen kalibreras mot befintliga tillrinningsserier. Särskild vikt bör därvid läggas vid att modellen återger höga flöden på ett så korrekt sätt som möjligt. Vid modellering av ett helt älvsystem bör dessutom stor vikt läggas vid att hela älvens funktion under extrema förhållanden beskrivs på ett realistiskt sätt.

### **5.5 Snömagasin**

En simulering med den hydrologiska modellen görs för att bestämma årliga maximivärden av det modellberäknade snömagasinet under tillgänglig tidsperiod. Frekvensanalys görs för att bestämma snöns maximala vatteninnehåll med 30 års återkomsttid. Det senaste datum vid vilket snötäcket kulminerat under något av de analyserade åren bestäms. I dimensioneringsberäkningen antas snömagasinet ha samma relativa fördelning mellan höjdzoner och delområden som modellberäkningen uppvisat när det maximala snötäcket förekommit.

### **5.6 Starttillstånd**

Beräkningen av det dimensionerande flödet startar vid vårens inträde efter en snörik vinter, som antas ha föregåtts av en nederbördsrik höst. Vid beräkningens början förutsätts därför följande förhållanden:

- Hela tillrinningsområdet saknar markfuktighetsunderskott.
- Befintliga magasin är avsänkta till nivåer som bedöms rimliga när vårfloden förväntas bli kraftig.
- Flödena i vattensystemet ligger vid normalvärden inför vårfloden.

Starttidpunkten inför varje års beräkning sätts till dagen efter det senaste datum vid vilket snötäcket kulminerat under något av de analyserade åren. Snöns maximala vatteninnehåll med 30 års återkomsttid läggs i beräkningen in vid starttidpunkten.

## 5.7 Regleringsstrategi

Följande regleringsstrategi tillämpas vid varje i systemet ingående regleringsmagasin av betydelse:

- När magasinet börjar fyllas, förutsätts att minimitappning sker i föreskriven omfattning, samt att den produktionstappning pågår, som bedöms rimlig vid en prognos som förutser kraftig vårflod. Om förtappning kan antas bli föreskriven, får hänsyn tas till denna.
- När den mest intensiva nederbörden antas falla (från dygn 9 i nederbördssekvensen och därefter), förutsätts att produktionstappningen faller bort och att avbördning bara kan ske genom dammanläggningens utskov (maximal avbördningsförmåga enligt avbördningskurva).
- Efter det att de i systemet ingående magasinen nått sina respektive dämningssgränser, vilket förutsätts ha skett senast den 1 augusti, antas magasinen inte bli avsinkta under dämningssgränsen förrän den för regionen kritiska flödesperioden är över.

Vid tillämpning på gruvdammar kan regleringsstrategin behöva anpassas efter de särskilda förutsättningar som gäller för dessa.

## 5.8 Avbördningsförmåga

Vid beräkning av en dammanläggningens avbördningsförmåga får endast medräknas dokumenterad kapacitet hos de utskovsanordningar som håller sådan driftmässig status att de kan tas i anspråk när behov uppstår. Eventuella tappningsmöjligheter genom kraftverksturbiner får inte medräknas från och med dagen för nederbördssekvensens kulmen. Dessutom ska hänsyn tas till eventuella fallförluster i tillopps- och utloppskanaler och andra hinder för vattnets avrinning som kan påverka anläggningens totala avbördningsförmåga.

Uppgifter om dammanläggningars tappningsförmåga samt magasinstabeller tas fram och läggs in i modellen. Om magasinerings- och tappningskapaciteten hos en dammanläggning vid något ovanförliggande magasin understiger vad som erfordras för att framsläppa det dimensionerande flödet vid denna dammanläggning, kan dammanläggningen inledningsvis antas vara ombyggd så att flödet kan framsläppas utan att dammanläggningen skadas. Därefter bör även säkerheten vid den ovanförliggande dammanläggningen analyseras. Konsekvenserna av denna analys kan leda till en omprövning av dimensioneringsberäkningen vid den nedströms liggande dammanläggningen.

## 5.9 Flödesdämpning

I dimensioneringsberäkningen för en befintlig dammbyggnad, får hänsyn tas till realistiska möjligheter att dämpa flödet vid den aktuella dammanläggningen eller vid annan uppströms belägen dammanläggning, vars innehavare åtagit sig att vid risk för dammbrott samverka om flödesdämpning.

Med *passiv flödesdämpning* menas att systemet har en tappningsförmåga som automatiskt begränsar och dämpar flödesförloppet. Det gäller för de allra flesta naturliga sjöar och för många regleringsmagasin. För att en dimensioneringsberäkning ska kunna tillgodoräkna sig effekten av passiv flödesdämpning krävs magasinsutrymme som tas i anspråk när det dimensionerande flödet inträffar, samtidigt som tappning sker med full kapacitet. Detta innebär att inga aktiva åtgärder vidtas för att dämpa flödet. Flödet dämpas i detta fall automatiskt av systemets tappningsbegränsningar.

*Aktiv flödesdämpning* innebär att regleringsmagasinet aktivt utnyttjas för att minska flödena nedströms, genom att flödet via utskovet begränsas till mindre än dess fulla kapacitet vid ett visst vattenstånd. Liksom för passiv flödesdämpning krävs att det finns magasinsvolym som kan tas i anspråk när det dimensionerande flödet inträffar. Tillämpning av aktiv flödesdämpning är en komplicerad procedur som kräver noggrann analys av hela vattendragssystemets funktion i ett kritiskt flödesläge. Det krävs också en tappningsstrategi som är så robust att den kan tillämpas och får avsedd effekt även i de fall då kommunikationen upphör att fungera och information om tillstånden i nedströms magasin och anläggningar inte kan överblickas. Aktiv flödesdämpning bör tillämpas med försiktighet och bara i de fall då relativt stora magasinsvolym med säkerhet kan göras tillgängliga för att uppnå den dämpande effekten i ett kritiskt läge. Metoden kräver också en väl inövad beslutsprocess som fungerar i kritiska lägen.

## 5.10 Nederbördssekvens

Förloppet av det dimensionerande flödet simuleras med hydrologisk modellteknik, där den verkliga nederbörden under 14 dygn ersätts av en dimensionerande nederbördssekvens. Nederbördssekvensen (Tabell 3 och Figur 3) är specifik för olika regioner i landet och bestäms enligt regionindelningen i Figur 2.

Om tillrinningsområdet ligger högt, måste hänsyn tas till att nederbörden normalt ökar med höjden över havet. Ökningen beror av det geografiska läget och därför tillämpas olika korrekationer för olika avrinningsområden i landet (enligt Tabell 4).

Nederbördssekvensen korrigeras även för tillrinningsområdets storlek enligt Ekvation 1 (illustreras i Figur 4).

$$\text{Arealkorrektionsfaktorn} = 1,78 - 0,26 \cdot \log(\text{tillrinningsområdets area i km}^2) \quad \text{Ekv. 1}$$

Vidare korrigeras nederbördssekvensen beroende av vilken tid på året som nederbörden antas falla. Årstidskorrigeringen görs kontinuerligt vid den stegvisa förskjutning av nederbördssekvensen som beskrivs i avsnitt 5.11. Korrektionen skiljer sig åt i olika regioner i landet. I de flesta regionerna korrigeras alla nederbördsvärdena i sekvensen enligt ett gemensamt samband. I region 5 korrigeras dock sekvensens toppvärde och de övriga värdena enligt olika samband. Årstidskorrektionen illustreras i Figur 5 och görs enligt följande:

#### *Region 1:*

Nederbördssekvensens värden enligt Tabell 3, inklusive dess toppvärde, antas gälla till 100 % fr.o.m. 16 juli t.o.m. 31 mars. Därefter minskas värdena linjärt ner till 50 % den 30 april, varefter en linjär ökning till 100 % antas till den 16 juli.

#### *Region 2 - 4:*

Nederbördssekvensernas värden enligt Tabell 3, inklusive deras toppvärden, antas gälla till 100 % fr.o.m. 16 juli t.o.m. 15 augusti. Därefter minskas värdena linjärt ner till 50 % den 16 november. Fr.o.m. 16 november t.o.m. 30 april antas värdena ligga kvar på 50 %, varefter en linjär ökning till 100 % antas till den 16 juli.

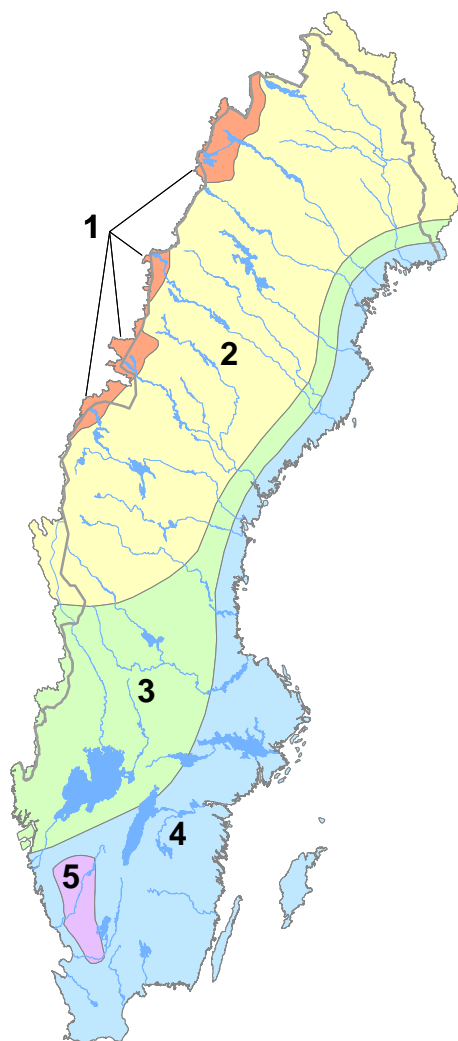
#### *Region 5:*

Nederbördssekvensens toppvärde (dag 9) korrigeras enligt årstidsvariationen i regionerna 2 - 4, d.v.s. toppvärdet enligt Tabell 3 antas gälla till 100 % fr.o.m. 16 juli t.o.m. 15 augusti. Därefter minskas värdet linjärt ner till 50 % den 16 november. Fr.o.m. 16 november t.o.m. 30 april antas värdet ligga kvar på 50 %, varefter en linjär ökning till 100 % antas till den 16 juli. Övriga värden i nederbördssekvensen antas gälla till 100 % fr.o.m. 16 juli t.o.m. 15 augusti. Därefter minskas värdena linjärt ner till 65 % den 16 november. Fr.o.m. 16 november t.o.m. 30 april antas värdena ligga kvar på 65 %, varefter en linjär ökning till 100 % antas till 16 juli.

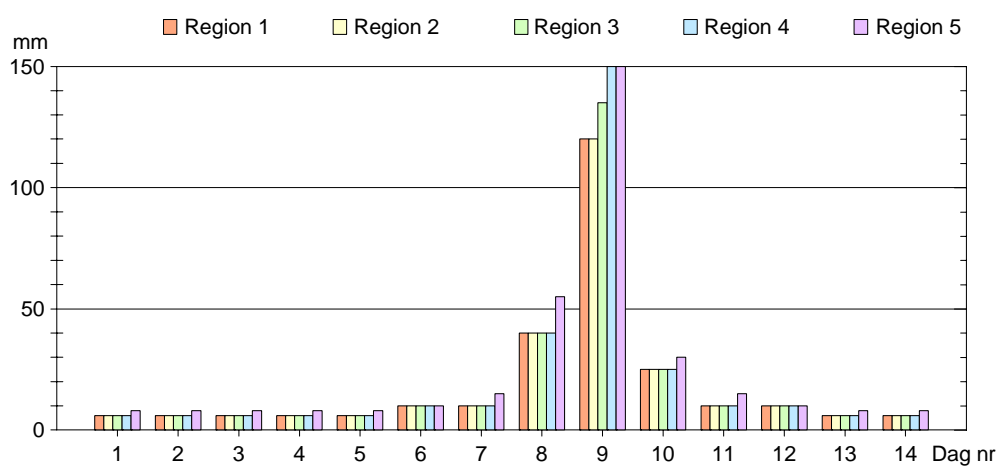
## **5.11 Dimensionerande flöden och vattenstånd**

Extrema flödesförlopp simuleras under den valda tidsperioden med den hydrologiska modellen och den antagna regleringsstrategin. Därvid byts den verkliga, uppmätta nederbörden under en 14-dagarsperiod ut mot den dimensionerande nederbördssekvensen (Tabell 3). Denna förskjuts därefter i tiden med motsvarande ändring av årstidskorrektionen, varefter en ny beräkning genomförs. Förskjutningen av nederbördssekvensen och motsvarande flödesberäkning görs i steg om ett dygn i taget för samtliga år som ingår i dimensioneringsberäkningen. Den mest kritiska magasinsutveckling, som simuleras på detta sätt, blir dimensionerande.

För att undvika orealistiska kombinationer av hög nederbörd och hög temperatur under vårfloden, sänks den uppmätta temperaturen med 3°C under dagarna 9-14 av nederbördssekvensen under perioden 1 januari - 31 juli. För att undvika orealistiskt höga 14-dagars nederbördsmängder, orsakade av att den dimensionerande sekvensen hamnar i anslutning till observerade höga nederbördsmängder, är det tillåtet att reducera observerade nederbördsvärden i anslutning till sekvensen så att ett löpande 14-dagarsvärde inte överstiger totalsumman av den dimensionerande sekvensen.



Figur 2. Regionindelning vid val av dimensionerande nederbördssekvens och årstidskorrektur.



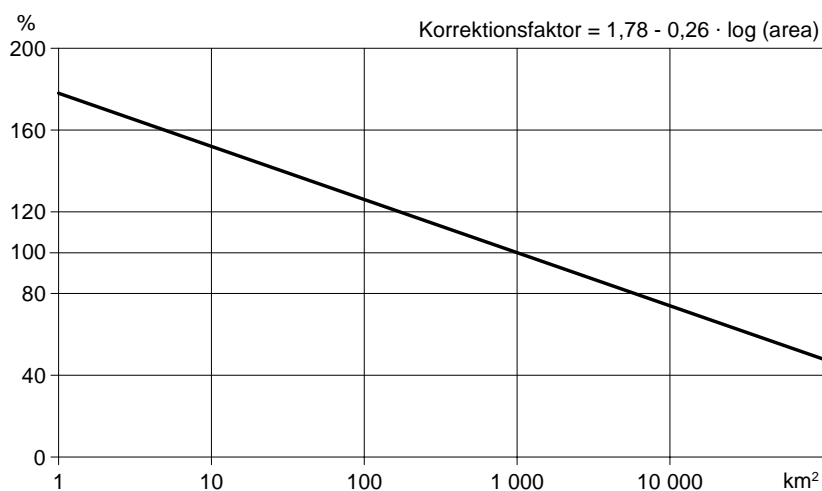
Figur 3. Dimensionerande nederbördssekvenser för olika regioner i landet. Diagrammet avser arealnederbörd över 1000 km<sup>2</sup> angiven i mm/dygn.

Tabell 3. Dimensionerande nederbördssekvenser för olika regioner i landet  
Värdena avser arealnederbörd över 1000 km<sup>2</sup> angiven i mm/dygn.  
(Regionindelningen visas i Figur 2. Se även diagram i Figur 3.)

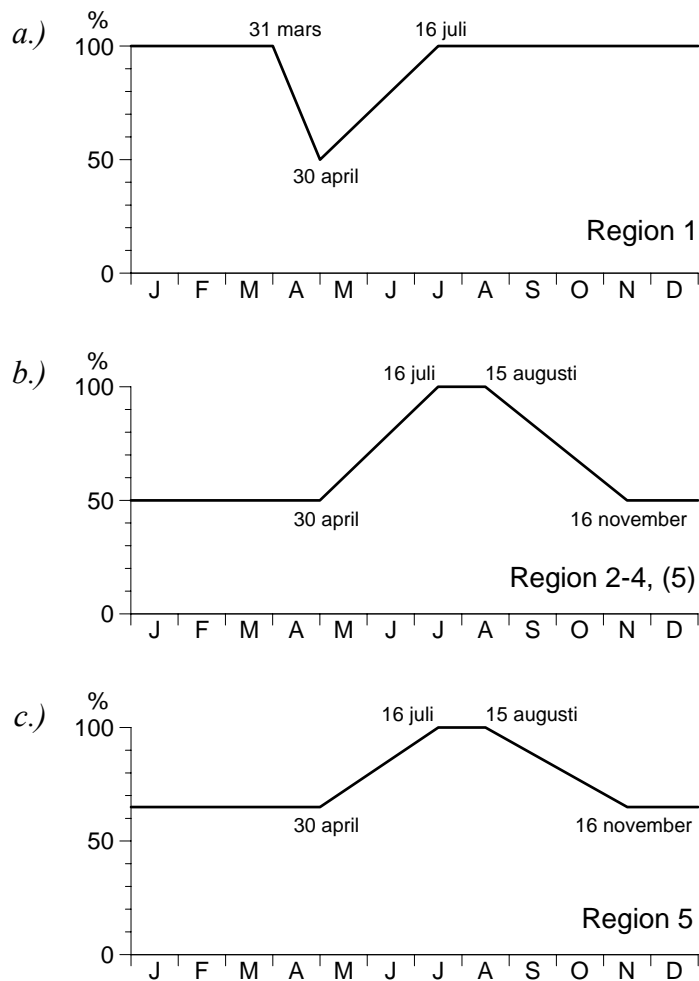
Dag nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Summa
Region 1	6	6	6	6	6	10	10	40	120	25	10	10	6	6	267
Region 2	6	6	6	6	6	10	10	40	120	25	10	10	6	6	267
Region 3	6	6	6	6	6	10	10	40	135	25	10	10	6	6	282
Region 4	6	6	6	6	6	10	10	40	150	25	10	10	6	6	297
Region 5	8	8	8	8	8	10	15	55	150	30	15	10	8	8	341

Tabell 4. Höjdkorrigerings av nederbördssekvenserna samt referensnivå från vilken korrektionen görs.

Avrinningsområde	Höjdkorrektion (ökning av nederbördssekvensen per 100 m över referensnivån)	Referensnivå (m.ö.h.)
Torneälven t.o.m. Indalsälven	10 %	500
Ljungan och Ljusnan	10 %	600
Dalälven	5 %	600
Klarälven	5 %	700



Figur 4. Arealkorrektion av de dimensionerande nederbördssekvenserna.



Figur 5. Årstidskorrektion av den dimensionerande nederbördssekvensen.  
 a.) Korrektion i region 1 av sekvensens samtliga värden.  
 b.) Korrektion i regionerna 2 - 4 av sekvensens samtliga värden, samt i region 5 av sekvensens toppvärde (dag 9).  
 c.) Korrektion i region 5 av sekvensens samtliga värden förutom toppvärdet.

## 5.12 Lokal dimensionering

Förutom dimensionering för hela tillrinningsområdet, beräknas även det dimensionerande flödet för lokala tillrinningsområden till varje regleringsmagasin. Vid den lokala dimensioneringen tillämpas den höjd- och arealkorrektion av nederbördssekvensen, samt det dimensionerande snömagasin, som gäller för det aktuella lokala området, medan flödestillskottet från de övriga delområdena beräknas med hjälp av observerade klimatdata för den utvalda dimensioneringsperioden.

Om älvsystemet innehåller stora naturliga sjöar som dämpar flödet från en del av ett tillrinningsområde, utförs lokal dimensioneringsberäkning även för området nedströms om sjöarna.

### **5.13 Vindpåverkan**

Vågor och snedställning av vattenytan på grund av vindpåverkan beaktas under antagande av vind i ogynnsammaste riktning med hastigheten 25 m/s för dammanläggningar ovanför trädgränsen och med 20 m/s för övriga dammanläggningar.

### **5.14 Analys**

Efter det att dimensioneringsberäkningarna har genomförts enligt ovan, analyseras dammanläggningarnas förmåga att magasinera och avbörda de dimensionerande flödena. Detta innebär en samlad analys, innefattande hänsyn till vågor och snedställning av vattenytan samt vattenståndsutvecklingen i relation till höjder på tät kärnor och dammkrön. I de fall då åtgärder krävs för att klara det dimensionerande flödet, upprepas beräkningsproceduren. Modellen uppdateras med nya förutsättningar, som t.ex. förändrad tappningsstrategi eller ökad avbördningsförmåga, och därefter genomförs en ny dimensioneringsberäkning.

### **5.15 Stora sjöar med begränsad tappningsförmåga**

Ovanstående anvisningar kan i de flesta fall tillämpas även för stora sjöar med begränsad tappningsförmåga. En fördjupad analys krävs dock för Väneren, och eventuellt för andra sjöar som liksom Väneren, har speciella avbördningsförhållanden med bl.a. en övre gräns för tillåten tappning.

## **6 Dimensionering av dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass II**

Dammanläggningar som dimensioneras enligt flödesdimensioneringsklass II ska vid dämningssgränsen kunna framsläppa ett tillrinnande flöde med en återkomsttid av minst 100 år. För befintliga dammanläggningar får detta krav efterges i den mån det, med hänsyn till anläggningens säkerhet och med beaktande av risken för dämningsskador, bedöms tillräckligt att nämnda flöde kan framsläppas vid ett vattenstånd som överstiger dämningssgränsen.

Beräkningen av 100-årsflödet grundas på tidsserier av tillrinningsdata till det aktuella magasinet. Extrapolering till önskad återkomsttid för flödet sker genom frekvensanalys.

Dammanläggningar som dimensioneras enligt flödesdimensioneringsklass II ska dessutom anpassas till ett flöde som bestäms genom kostnads-/nyttoanalys. Härvid ska ett lämpligt högre flöde än 100-årsflödet väljas, om merkostnaden för detta inte väsentligt överskrider nyttan, d.v.s. det uppskattade värdet av att undvika risken för ett dammbrott på grund av att flödet överskrids.

För befintliga anläggningar, där eventuellt brott vid någon ingående damm endast skulle innebära måttliga skadeverkningar, får de undantag göras från strikt tillämpning av dimensioneringsanvisningarna som befinner sig skäliga och lämpliga vid en jämförelse mellan kostnader för och olägenheter av en ombyggnad å ena sidan och skaderisker å andra sidan.

### **6.1 Metodik**

Tillflödet med 100 års återkomsttid beräknas med frekvensanalys. Det innebär att en tidsserie bestående av varje års högsta tillrinningsvärde anpassas till en frekvensfördelningsfunktion, varvid flödet med en återkomsttid på 100 år beräknas. Det finns ett antal fördelningsfunktioner att välja mellan. För svenska förhållanden brukar man använda någon av fördelningarna Gumbel, Gamma eller Lognormal, alla med två parametrar. Beräkningarna grundas på tillrinningen till magasinet och inte avrinningen. Därigenom undviker man att i beräkningarna tillgodoräkna sig effekten av en dämning som inte alltid föreligger.

Frekvensanalysen har flera källor till osäkerhet. Valet av tidsperiod påverkar resultaten liksom valet av frekvensfördelning. Det kan vara svårt att tillämpa frekvensanalys i vattendrag som är starkt påverkade av regleringar, speciellt om regleringens omfattning ändrats gradvis under den tid som data samlats in. Det är lämpligt att prova fler än en typ av fördelningsfunktion och att genomföra beräkningen för olika tidsperioder. Frekvensanalysen kan kompletteras med beräkning av konfidensgränser för att få en bild av osäkerheten i beräkningen.

## **6.2 Dataunderlag**

För frekvensanalysen vid dimensioneringsberäkning i flödesdimensioneringsklass II krävs tidsserier av tillrinning till det berörda magasinet. Mätserien bör helst vara längre än 50 år, men när sådana data inte finns tillgängliga, kan man bli tvungen att utföra analysen på en kortare tidsperiod. En kortare serie ökar osäkerheten och ställer större krav på att den valda perioden kan anses vara representativ för klimatet i regionen. Om vattenföringsobservationer saknas för den aktuella platsen, får beräkningarna utföras med ledning av uppgifter om vattenföringen i annat avsnitt av det aktuella vattendraget eller i något närbeläget vattendrag.

## **6.3 Avbördningsförmåga**

Vid beräkning av en dammanläggnings avbördningsförmåga får endast medräknas dokumenterad kapacitet hos de utskovsanordningar som håller sådan driftmässig status att de kan tas i anspråk när behov uppstår. Eventuella tappningsmöjligheter genom kraftverksturbiner får inte medräknas. Dessutom ska hänsyn tas till eventuella fallförluster i tillopps- och utloppskanaler och andra hinder för vattnets avrinning som kan påverka anläggningens totala avbördningsförmåga.

## **6.4 Vindpåverkan**

Vågor och snedställning av vattenytan på grund av vindpåverkan beaktas under antagande av vind i ogynnsammaste riktning med hastigheten 25 m/s för dammanläggningar ovanför trädgränsen och med 20 m/s för övriga dammanläggningar.

## **7 Utförande**

### **7.1 Dokumentation**

Varje dimensioneringsberäkning dokumenteras på ett sådant sätt att beräkningen senare kan återskapas vid behov. Dokumentationen bör innehålla uppgifter om:

- beräkningsmetod
- hydrologisk databas, d.v.s. tidsperiod och stationsuppgifter för hydrologiska indata
- resultat i form av beräknade dimensionerande flöden och vattenstånd

För modellberäkningar vid dimensionering i flödesdimensioneringsklass I bör dessutom dokumenteras:

- klimatdatabas - tidsperiod och geografisk fördelning (stationsdata eller areella data)
- tidsperiod för modellkalibrering, snöberäkning och dimensioneringsberäkning
- modellversion
- modellstruktur - delområdesindelning
- lokala dimensioneringar - utredning om behovet och utförda beräkningar
- regleringsstrategier, inklusive uppgifter om aktiv eller passiv flödesdämpning
- parametervärden och kalibreringskriterier
- starttillstånd
- dimensionerande snö - maximalt vatteninnehåll med en återkomsttid av 30 år
- tidpunkt för start av dimensionerande nederbördssekvens
- tidpunkt för dimensionerande flöden och vattenstånd

I avsnitt 8 redovisas exempel på lämplig dokumentation av dimensioneringsberäkningar.

### **7.2 Kompetens**

Beräkning av dimensionerande flöden är en komplicerad uppgift som kräver hydrologisk kompetens och relevanta kunskaper inom områdena vattenreglering och dammsäkerhet. Beräkningarna bör utföras av personal med erfarenhet av hydrologisk modellering och god kännedom om reglering av dammar för vattenkraft och gruvdrift.

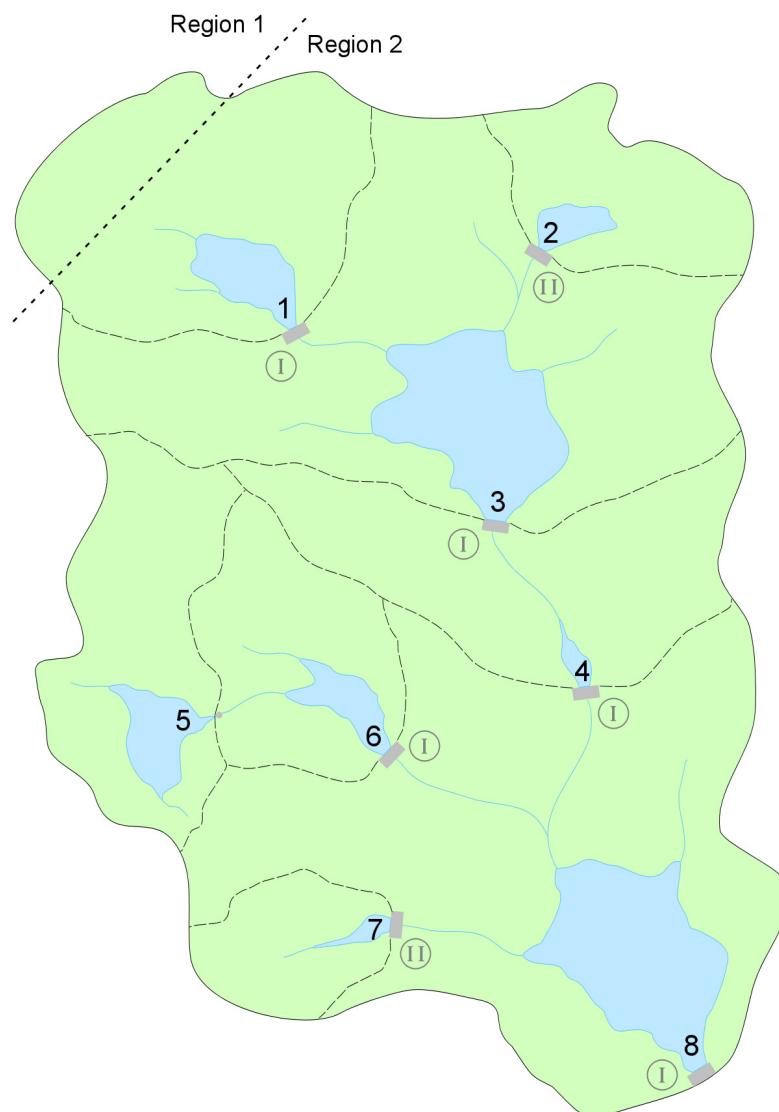
### **7.3 Kvalitetskontroll**

Eftersom beräkning av dimensionerande flöden är en omfattande procedur som består av många arbetsmoment, bör rutiner upprättas för att säkerställa kvalitén i resultaten. Kvalitetssäkringen bör bland annat innebära att beräkningarna rutinmässigt kontrolleras av annan än den som utfört beräkningarna.

## 8 Beräkningsexempel

### 8.1 Principiell beräkningsgång för ett vattendragssystem

I detta avsnitt beskrivs principerna för hur dimensioneringsberäkningar kan genomföras för olika delar av ett vattendragssystem där det ingår ett antal dammanläggningar och regleringsmagasin, samt naturliga sjöar och vattendragssträckor. Vattendragssystemets uppbyggnad illustreras schematiskt i Figur 6.



Figur 6. Schematisk bild av ett fiktivt system av dammanläggningar och regleringsmagasin. (I och II anger flödesdimensioneringsklass.)

Flödesdimensioneringsklass för de i systemet ingående dammanläggningarna bestäms utgående från konsekvenserna av ett eventuellt dammbrott enligt anvisningarna i avsnitt 4 (se Tabell 1). För dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass II görs även särskild kostnads-/nyttoanalys, som inte redovisas i detta exempel. För varje

regleringsmagasin och för områden nedströms stora sjöar, görs en bedömning av behovet av lokal dimensioneringsberäkning. Här redovisas exempel på några av de fall där det kan vara nödvändigt att utföra lokala dimensioneringsberäkningar.

Dimensioneringsberäkningar utförs för olika punkter i vattendraget enligt följande:

***Punkt 1 - flödesdimensioneringsklass I:***

Total dimensionering görs för delområde 1. Vid beräkningen viktas den dimensionerande nederbördssekvensen och årstidskorrektur införs efter hur stor del av området som ligger i region 1 respektive region 2. Nederbörden arealkorrigeras och höjdkorrigeras efter medelhöjden i delområde 1. Vid dammanläggning 1 tillämpas regleringsstrategi för dimensionering enligt beskrivningen i avsnitt 5.7.

Tillrinnande 100-årsflöde beräknas med frekvensanalys enligt anvisningarna i avsnitt 6.

***Punkt 2 - flödesdimensioneringsklass II:***

Som utgångspunkt för dimensioneringen beräknas flöden med återkomsttiden 100 år med frekvensanalys enligt anvisningarna i avsnitt 6. Om data finns tillgängliga, utnyttjas i första hand tidsserier bestående av varje års högsta tillrinning till punkt 2.

***Punkt 3 - flödesdimensioneringsklass I:***

Total dimensionering görs för delområdena 1-3. Nederbörden arealkorrigeras för summan av arealerna i områdena 1-3 och höjdkorrigeras individuellt för vart och ett av delområdena 1, 2 och 3. Tappningen från områdena 1 och 2 beräknas genom modellsimulering med denna areal- och höjdkorrektur. Vid alla tre dammanläggningarna 1, 2 och 3 tillämpas regleringsstrategi för dimensionering enligt avsnitt 5.7.

Tillrinnande 100-årsflöde beräknas med frekvensanalys enligt anvisningarna i avsnitt 6.

***Punkt 4 - flödesdimensioneringsklass I:***

Total dimensionering görs för delområdena 1-4. Nederbörden arealkorrigeras för summan av arealerna i områdena 1-4, och höjdkorrigeras individuellt för områdena 1, 2, 3 och 4. Vid alla dammanläggningarna 1-4 tillämpas regleringsstrategi för dimensionering enligt avsnitt 5.7.

Eftersom dämpningen i magasinet i punkt 3 är stor och den lokala tillrinningen nedströms magasinet kan bli betydande, görs även en lokal dimensionering för delområde 4. Nederbörden arealkorrigeras och höjdkorrigeras då efter medelhöjden i delområde 4, d.v.s. den dimensionerande nederbörden antas falla endast över delområde 4, medan tillrinningen från övriga delområden beräknas med hjälp av observerade klimatdata för dimensioneringsperioden. Vid dammanläggning 4 tillämpas regleringsstrategi för dimensionering enligt avsnitt 5.7. Vid de uppströms liggande dammanläggningarna 1, 2 och 3 tillämpas den regleringsstrategi som bedöms vara rimlig vid den aktuella flödessituationen i dessa delområden.

Tillrinnande 100-årsflöde beräknas med frekvensanalys enligt anvisningarna i avsnitt 6.

### **Punkt 5:**

Detta är en naturlig sjö som betraktas som ett delområde, eftersom man vill ta hänsyn till dess dämpande effekt på flödet till dammanläggningen i punkt 6. Sjöns avbördningskurva och magasinering vid olika vattenstånd bestäms eller beräknas. Osäkerheter i bestämningen av avbördningsförmågan har stor inverkan på dimensioneringsresultaten nedströms.

### **Punkt 6 - flödesdimensioneringsklass I:**

Total dimensionering görs för områdena 5 och 6. Nederbörden arealkorrigeras för summan av arealerna i område 5-6 och höjdkorrigeras individuellt för respektive delområde.

Om sjöns dämpning är betydande, görs en lokal dimensionering för delområde 6. Den dimensionerande nederbörden antas då falla endast över delområde 6, medan tillrinningen från den naturliga sjön beräknas med hjälp av observerade klimatdata för dimensioneringsperioden.

Tillrinnande 100-årsflöde beräknas med frekvensanalys enligt anvisningarna i avsnitt 6.

### **Punkt 7 - flödesdimensioneringsklass II:**

Som utgångspunkt för dimensioneringen beräknas flöden med återkomsttiden 100 år med frekvensanalys enligt anvisningarna i avsnitt 6. Om data finns tillgängliga, utnyttjas i första hand tidsserier bestående av varje års högsta tillrinning till punkt 7.

### **Punkt 8 - flödesdimensioneringsklass I:**

Total dimensionering görs för områdena 1-8. Nederbörden arealkorrigeras för summan av arealerna i område 1-8 och höjdkorrigeras individuellt för respektive delområde. Vid dammanläggningarna 1-4 och 6-8 tillämpas regleringsstrategi för dimensionering enligt avsnitt 5.7.

Eftersom den lokala tillrinningen nedströms dammanläggningarna i punkt 3 och 6 kan bli betydande, görs en lokal dimensionering för delområdena 4, 7 och 8. Höjdkorrekturen beräknas individuellt för vart och ett av dessa områden. Den dimensionerande nederbörden antas falla endast över delområdena 4, 7 och 8, medan tillrinningen från övriga delområden beräknas med hjälp av observerade klimatdata för dimensioneringsperioden. Vid dammanläggningarna 4, 7 och 8 tillämpas regleringsstrategi för dimensionering enligt avsnitt 5.7. Vid de uppströms liggande dammanläggningarna 1-3 och 6 tillämpas den regleringsstrategi som bedöms vara rimlig vid den aktuella flödessituationen i dessa delområden.

Därefter bör ytterligare en kontroll göras, där den lokala tillrinningen från delområdena 4, 5, 6, 7 och 8 beräknas på motsvarande sätt. Vid denna lokala dimensionering antas den dimensionerande nederbörden endast falla över delområdena 4-8, medan tillrinningen från övriga delområden beräknas med hjälp av observerade klimatdata för

dimensioneringsperioden. Höjdkorrekturen beräknas individuellt för vart och ett av delområdena. Vid dammanläggningarna 6-8 tillämpas regleringsstrategi för dimensionering enligt avsnitt 5.7. Vid de uppströms liggande dammanläggningarna 1-4 tillämpas den regleringsstrategi som bedöms vara rimlig vid den aktuella flödessituationen i dessa delområden.

Tillrinnande 100-årsflöde beräknas med frekvensanalys enligt anvisningarna i avsnitt 6.

## **8.2 Dimensionering av damm i flödesdimensioneringsklass I**

I detta exempel utförs en dimensioneringsberäkning för Håckrendammen som ligger i Storån, ett biflöde till Indalsälven. Magasinet utgör en uppdämning av sjöarna Aumen, Hottöjen, Gesten, Korsjön och Håckren längs en sträcka av 25 km. Dammens tillrinningsområde är 1167 km<sup>2</sup>, varav 8 % utgör sjö. Den totala magasinvolymen är 700 Mm<sup>3</sup>. Vattenmagasinet i Håckren utnyttjas både som årsregleringsmagasin och som korttidsreglering för Sällsjö kraftverk som ligger i anslutning till Håckrenmagasinet. Uppströms Håckren ligger Ottsjön, som är en naturlig sjö.

Eftersom ingen minimitappning är föreskriven, går vanligtvis allt vatten genom kraftverket och en tunnel med utlopp i Ockesjön. Vid mycket höga flöden kan vatten spillas via ett tornutskov genom den ursprungliga åfåran till Sällsjön.

### **8.2.1 Indata och modell**

HBV-modellen har kalibrerats på tillrinningen till Håckrenmagasinet. Särskild vikt har lagts vid att beskriva höga flödestoppar på ett så korrekt sätt som möjligt. Tillrinningsområdet består av två delområden (Ottsjön och Håckren) i modellstrukturen. Total dimensioneringsberäkning görs för hela tillrinningsområdet.

För modellberäkningen utnyttjas meteorologiska indata från 3 nederbördsstationer och 2 temperaturstationer, samt vattenståndsdata för Håckren och vattenföringsuppgifter vid utloppet och inloppet. Klimatdata för perioden 1973-1991 har använts vid beräkningen. Perioden 1982-1991 har använts för kalibrering och 1973-1981 har använts som verifieringsperiod.

### **8.2.2 Dimensionerande snö och starttillstånd**

En simulering för snöberäkning med HBV-modellen görs för perioden 1973-1991. Det största beräknade snömagasinet under dessa 19 år infaller 1976-05-02, då vatteninnehållet är 419 mm. Frekvensanalys av snömagasinets årliga maximivärden ger med Gumbel-fördelning ett snömagasin med 30 års återkomsttid som är 414 mm. Det senaste datumet då snömaximum inträffar är 6 maj (1981). Starttillstånd för dimensioneringsberäkningen skapas för följande dag, d.v.s. den 7 maj.

### **8.2.3 Regleringsstrategi**

Regleringsstrategi för dimensionering tillämpas enligt anvisningarna i avsnitt 5.7.

Uppgifter sammanställs om gällande sänkings- och dämningssgränser, utbyggnads- vattenföring, minimitappning samt tappningsförmåga vid olika vattenstånd.

För modellberäkningarna sammanställs en regleringstabell som innebär att följande strategi tillämpas för Håckren:

- Före vårfloedens start (t.o.m. 30 april) sker jämn avsänkning av vattenståndet ner till sänkningsgränsen (+ 466,00).
- När vårfloeden börjat, tillämpas 0-tappning eftersom det inte finns någon föreskriven minimitappning.
- Vid vattenstånd mellan + 491,50 (1,40 m under dämmningsgränsen) och + 492,40 tappas tillrinningen upp till utbyggnadsvattenföringen  $110 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Vid vattenstånd över + 492,40 tappas maximal avbördning genom tornutskovet.
- Den 1 oktober börjar tappningsperioden, varvid rätlinjig avsänkning tillämpas t.o.m. 30 april året därefter.

#### **8.2.4 Dimensionerande nederbördssekvens**

Hela tillrinningsområdet ligger i region 2. Nederbördssekvens tillämpas enligt Tabell 3. Det dimensionerande värdet för dag 9 är 120 mm. Tillrinningsområdets medelhöjd är 820 m.ö.h., vilket (enligt Tabell 4) medför att sekvensen höjdkorrigeras med + 32,0 %. Tillrinningsområdet är  $1167 \text{ km}^2$ , vilket (enligt Figur 4) medför arealkorrektion till 98,3 %. Den högsta dygnsnederbörden blir efter korrektionerna 156 mm.

#### **8.2.5 Dimensioneringsberäkning**

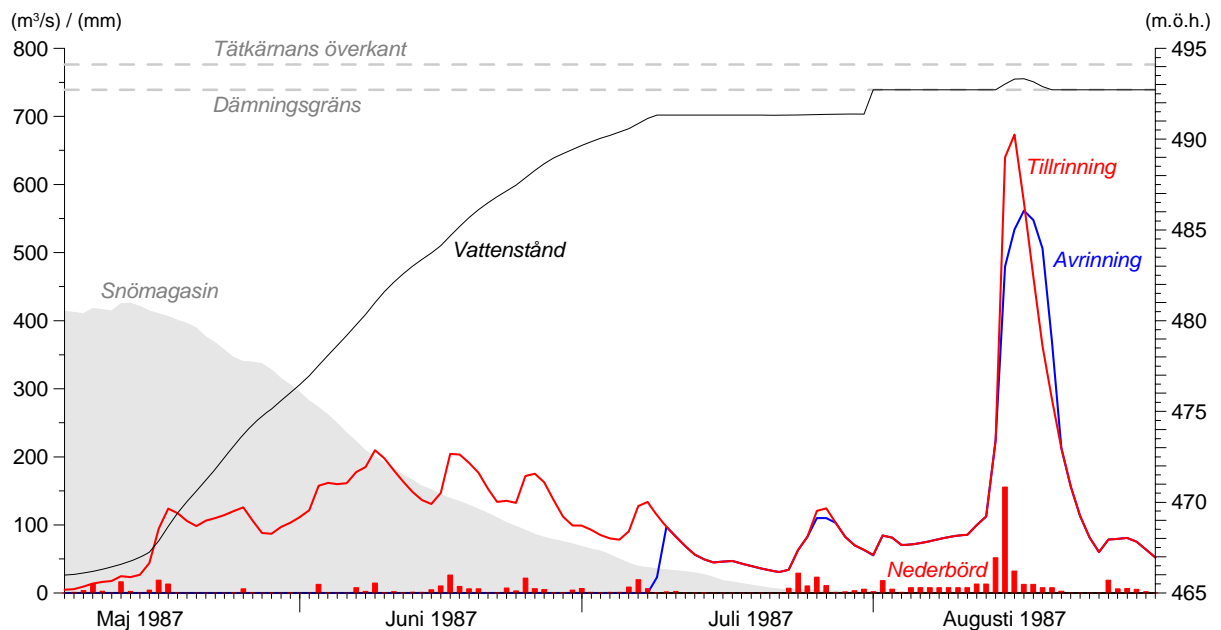
Dimensioneringsberäkningen baseras på klimatdata för perioden 1982-1991. För förskjutning av nederbördssekvensen används steglängden 1 dygn. Som startvattenstånd antas + 466,14, vilket betyder att magasinet i stort sett är tomt (0,14 m över sänkningsgränsen). Den kontinuerliga ändringen av årstidskorrektionen enligt Figur 5, liksom justering av temperatur och nederbörd enligt avsnitt 5.11, hanteras automatiskt av modellprogrammet.

#### **8.2.6 Resultat**

Det dimensionerande flödestillfallet är ett hösttillfälle som inträffar i augusti 1987 (Figur 7). Både den största tillrinningen och det högsta vattenståndet erhålls när den dimensionerande nederbördssekvensen läggs över dagarna 7-20 augusti. Detta innebär att den största nederbörden (156 mm) faller den 15 augusti.

Den största tillrinningen till magasinet blir  $675 \text{ m}^3/\text{s}$  och inträffar 16 augusti, medan det största utflödet inträffar 17 augusti och blir  $560 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vattenståndet i magasinet blir som högst + 493,51 den 17 augusti, vilket innebär att dämmningsgränsen överskrids med 0,61 m.

Dimensioneringsberäkningen dokumenteras enligt sammanställningen i Tabell 5.



Figur 7. Dimensionerande flödestillfälle för Håckrendammen.

### 8.2.7 Analys

Beräkningarna visar att dämningsgränsen överskrids med 0,61 m vid det dimensionerande flödet, men att det finns marginal kvar till tätkärnans överkant. Det dimensionerande vattenståndet ligger 0,79 m lägre än denna och 4,29 m under dammens krön. Resultaten analyseras efter det att hänsyn även tagits till våguppspolning och snedställning av vattenytan på grund av vindpåverkan. Beräkningar av vindpåverkan ger i detta fall en höjning av vattennivån med ytterligare 5 cm.

Slutsatsen blir att dammen kan motstå och framsläppa ett dimensionerande flöde i flödesdimensioneringsklass I.

Kontroll görs även av anläggningens förmåga att vid dämningsgränsen avbördas ett flöde med 100 års återkomsttid. Med hjälp av frekvensanalys av tillrinningsdata bestäms 100-årsflödet till  $333 \text{ m}^3/\text{s}$ . Eftersom tappningsförmågan vid dämningsgränsen anges vara  $450 \text{ m}^3/\text{s}$ , så uppfyller dammen kriteriet att ett tillrinnande flöde med en återkomsttid av minst 100 år ska kunna framsläppas vid dämningsgränsen.

På grund av osäkerheter vad avser tillgängligheten för det befintliga utskovet för Håckrendammen, har det beslutats att förse dammen med ett nytt utskov för att ytterligare höja säkerheten (se Figur 8).

Tabell 5. Dokumentation av dimensioneringsberäkning för Håckrendammen.

<b>Anläggningsdata</b>	
Koordinater (RAK)	701054 - 139011
Tillrinningsområde	1167 km <sup>2</sup>
Tillrinningsområdets medelhöjd	820 m.ö.h.
Regleringsuppgifter, tappningsförmåga	se separat dokument
<b>Modelluppgifter</b>	
Modell	HBV-modellen, version; se separat dokument Tidssteg: 1 dygn
Struktur	Delområdesindelning, parameteruppsättning, stationsdata; se separat dokument
<b>Modellkalibrering</b>	
Kalibreringsperiod	1982 - 1991 (r <sup>2</sup> = x; acc diff = x)
Verifieringsperiod	1973 - 1981 (r <sup>2</sup> = x; acc diff = x)
Kalibrering utförd åååå-mm-dd	Namn Efternamn, Företaget
<b>Snöberäkning</b>	
Beräkningsperiod	1973 - 1991
Maximalt vatteninnehåll	419 mm (2 maj 1976)
30-års snömagasin (Gumbelfördelning)	414 mm
Senaste datum för snömaximum	6 maj (1981)
<b>Nederbördssekvens</b>	
Region	100 % i region 2
Höjdkorrektion	132,0 %
Arealkorrektion	98,3 %
<b>Dimensioneringsuppgifter</b>	
Modellstruktur	Total dimensionering för hela tillrinningsområdet d.v.s. delområdena Ottsjön och Håckren, regleringstabell; se separat dokument
Starttillstånd	nr x 7 maj (414 mm snö, vattenstånd + 466,14 m.ö.h.)
Beräkningsperiod	1982 - 1991
Steglängd för förflyttning av sekvens	1 dygn
<b>Resultat dimensioneringsberäkning</b>	
<i>Vårtillfälle (ej dimensionerande):</i>	Sekvensstart: 8 juli
Maximal tillrinning	695 m <sup>3</sup> /s (17 juli 1987)
Maximalt utflöde	520 m <sup>3</sup> /s (19 juli 1987)
Högsta vattenstånd	+ 493,32 m.ö.h. (18 juli 1987)
<i>Hösttillfälle (dimensionerande):</i>	Sekvensstart: 7 augusti
Maximal tillrinning	<b>675 m<sup>3</sup>/s</b> (16 augusti 1987) hydrograf; se separat dokument
Maximalt utflöde	<b>560 m<sup>3</sup>/s</b> (17 augusti 1987) hydrograf; se separat dokument
Högsta vattenstånd	+ <b>493,51 m.ö.h.</b> (17 augusti 1987) tidsserie; se separat dokument
Maximal nederbörd i sekvensen	156 mm (15 augusti 1987)
<b>Beräkning åååå-mm-dd</b>	
Granskning åååå-mm-dd	Namn Efternamn, Företaget



*Figur 8. Pågående ombyggnadsarbeten för att förse Häckrendammen med ett nytt utskov och därigenom ytterligare höja säkerheten.  
(Foto: Vattenregleringsföretagen, 2006)*

### 8.3 Dimensionering av damm i flödesdimensioneringsklass II

I detta exempel utförs en dimensioneringsberäkning för kraftverksdammen vid Bålforsen i Umeälven. Anläggningen ligger cirka 90 km nedströms sjön Storuman och består av en betongdamm och kraftstation som driftsattes 1958. Magasinet används för korttidsreglering på dygnsbasis. All avbördning, upp till maximalt 315 m<sup>3</sup>/s, går vanligtvis genom kraftverket. Vid behov av högre tappning spills vatten genom utskoven, som har en kapacitet att avbörda totalt 2220 m<sup>3</sup>/s vid dämmningsgränsen.

#### 8.3.1 Indata

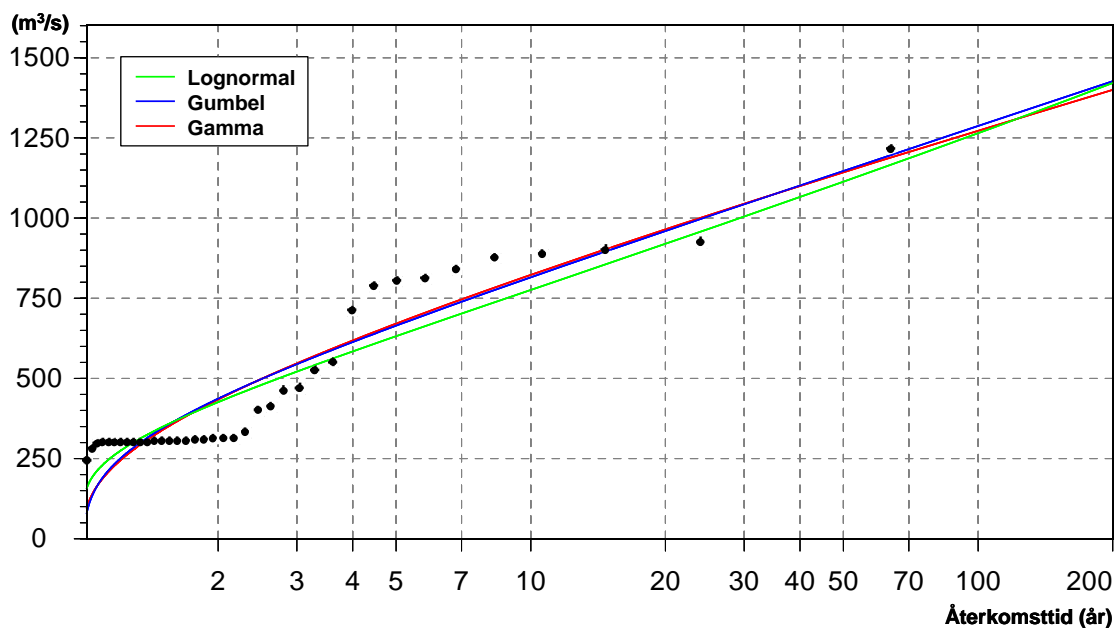
Analysen kan i detta fall baseras på uppmätta vattenföringsdata, eftersom magasinets volym är liten och avrinningen vid höga flöden i stort sett motsvarar tillrinningen. En period utan större förändringar av regleringsgraden väljs ut för analysen. Vattenföringsdata under perioden 1969-2006 ger 38 års högsta uppmätta vattenföringsvärden (Tabell 6).

Tabell 6. Årshögsta vattenföring ( $Q_{max}$ ) vid Bålforsen under 38 år mellan 1969-2006.

År	$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /s)	År	$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /s)
1969	245	1988	311
1970	296	1989	469
1971	305	1990	712
1972	805	1991	334
1973	461	1992	412
1974	302	1993	1215
1975	299	1994	302
1976	301	1995	525
1977	303	1996	305
1978	299	1997	549
1979	301	1998	877
1980	300	1999	306
1981	901	2000	888
1982	299	2001	786
1983	401	2002	312
1984	303	2003	279
1985	811	2004	841
1986	308	2005	312
1987	924	2006	309

### 8.3.2 Frekvensanalys

Frekvensanalys utförs för 38 års uppmätta högsta vattenföringsvärden. Fördelningsfunktionerna Lognormal, Gumbel och Gamma (alla med 2 parametrar) anpassas till dataserien (Figur 9).



Figur 9. Frekvensanalys av årshögsta vattenföring vid Bålforsen.

### 8.3.3 Resultat

De olika fördelningsfunktionerna ger i detta fall liknande dimensionerande flöde med 100 års återkomsttid (Tabell 7).

Tabell 7. Dimensionerande flöde för Bålforsen beräknat med olika frekvensfördelningsfunktioner.

	Flöde med 100 års återkomsttid (m <sup>3</sup> /s)
Lognormal	1265
Gumbel	1287
Gamma	1273

### 8.3.4 Analys

Resultaten visar att dammens avbördningskapacitet på 2220 m<sup>3</sup>/s med god marginal överstiger flöden med 100 års återkomsttid oavsett vilken av de tre fördelningsfunktionerna som används. En jämförelse med dimensioneringsberäkning enligt flödesdimensioneringsklass I, visar att dammen även klarar av att avbörda detta flöde (2080 m<sup>3</sup>/s). Med nuvarande avbördningskapacitet och regleringsrutiner, skulle vattenståndet enligt dessa beräkningar då ligga vid dämmningsgränsen. Slutsatsen blir att dammen vid Bålforsen uppfyller kravet enligt flödesdimensioneringsklass II, att vid dämmningsgränsen kunna framsläppa ett tillrinnande flöde med en återkomsttid av minst 100 år. I detta fall behöver inte kostnads-/nyttoanalys göras för att bestämma ett lämpligt högre flöde, eftersom marginalerna är så stora att dammen även klarar att avbörda ett flöde enligt flödesdimensioneringsklass I.

Det bör tilläggas att ovanstående exempel på dimensioneringsberäkning enligt flödesdimensioneringsklass II är förhållandevis renodlat. Ofta medför regleringar att det kan vara svårt att få fram en lämplig och homogen mätserie för analysen. Det är viktigt att den serie som analyseras är vald så att den är representativ för de reglerade förhållandena. Spridningen mellan de olika fördelningsfunktionerna i Figur 9 är liten, vilket underlättar slutsatserna. Det är vanligt att spridningen blir betydligt större, och då krävs överväganden om vilken fördelningsfunktion som bäst beskriver det observerade datamaterialet.

## Referenser

Alexandersson (2005) Extrem nederbörd 1900-2004. SMHI Faktablad nr 4

Andréasson, J., Gardelin, M., Hellström, S.-S. och Bergström, S. (2007) Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer i ett framtida förändrat klimat, andra upplagan, kompletterad med analyser för Umeälven. Elforsk rapport 07:15 (Första upplagan publicerad i Elforsk 06:80)

Andréasson, J., Bergström, S., Carlsson, B., Graham, L.P. och Lindström, G. (2004) Hydrological Change - Climate Change Impact Simulations for Sweden. AMBIO nr 4-5, 2004, 228-234

Bergström, S., Carlsson, B., Gardelin, M., Lindström, G., Petterson, A. och Rummukainen, M. (2001) Climate change impacts on runoff in Sweden - assessments by global climate models, dynamical downscaling and hydrological modelling. Climate Research 16, 101-112

Bergström, S., Harlin, J. och Lindström, G. (1992) Spillway design floods in Sweden. I: New guidelines. Hydrological Sciences Journal, 37, 5, 505-519

Brandesten, C.-O., Larsson, P. och Uljanova, M. (2006) Dammsäkerhet - Uppföljning dimensioneringsberäkningar. Elforsk rapport 06:10

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

Gardelin, M., Andréasson, J., Carlsson, B., Lindström, G. och Bergström, S. (2002) Modellering av effekter av klimatförändringar på tillrinningen till vattenkraftsystemet. Elforsk rapport 02:27

KFR (2005) Dimensionerande flöden för stora sjöar och små tillrinningsområden samt diskussion om klimatfrågan. Slutrapport från kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer. Elforsk rapport 05:17

Lindström, G. och Harlin, J. (1992) Spillway design floods in Sweden. II: Applications and sensitivity analysis. Hydrological Sciences Journal, 37, 5, 521-539

Norstedt, U., Brandesten, C.-O., Bergström, S., Harlin, J. och Lindström, G. (1992) Re-evaluation of hydrological dam safety in Sweden. International Water Power & Dam Construction, June 1992

Vedin, H. och Eriksson, B. (1988) Extrem arealnederbörd i Sverige 1881-1988. SMHI Rapport Meteorologi nr 76