



# Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar

Utgåva 2022



*Svenska kraftnät, Energiföretagen Sverige och SveMin (2022)  
Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för  
dammanläggningar - Utgåva 2022*

*Omslagsbild: Dammanläggning i Luleälven. Foto: Vattenfall Vattenkraft AB. Spridningstillstånd enligt  
Lantmäteriets beslut i ärende LM2021/047812.*

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

**Utgåva 2022**

**Svenska kraftnät  
Energiföretagen Sverige  
SveMin**



## Förord

Bestämning av dimensionerande flöde – det flöde som en dammanläggning ska kunna motstå och släppa förbi utan att skadas allvarligt – är en del av det arbete som syftar till att nå tillfredsställande säkerhet för dammanläggningar.

Detta dokument är en omarbetad utgåva av de riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar, som utgavs år 1990 och som tidigare omarbetats år 2007 och 2015. I denna utgåva har riktlinjerna anpassats till miljöbalken, förordning om dammsäkerhet och föreskrifter om konsekvensutredning.

Kravställningen rörande dimensionerande flöde differentieras, efter allvarlighetsgraden för konsekvenser vid dammhaveri, på en femgradig skala. Den tidigare skalan och bedömningsgrunderna för differentierade krav (Flödesdimensioneringsklass I-III) utgår därmed. Förändringarna innebär att kraven avseende flödesdimensionering tätare följer av konsekvenserna av dammhaveri vid högflödessituationer.

Metoder för beräkning av höga till mycket extrema flöden beskrivs i riktlinjerna och är oförändrade jämfört med tidigare. För att stödja den samlade bedömningen av vilket flöde en anläggning ska dimensioneras för ges vägledning i hantering av osäkerheter i underlag och beräkningar samt effekter som följer av ett klimat i förändring.

Riktlinjerna vänder sig i första hand till dammägare och konsulter, men ger även stöd för berörda myndigheter. Huvudmän är Svenska kraftnät, Energiföretagen Sverige och Svemin. Dessa samverkar med SMHI genom Flödeskonferensen, som har till uppgift att följa upp riktlinjernas tillämpning samt vid behov föreslå förändringar.

På initiativ av Flödeskonferensen har riktlinjerna reviderats under år 2021. En arbetsgrupp med följande sammansättning har svarat för omarbetningen: Kristoffer Hallberg (WSP Sverige AB, adj. teknisk sekreterare), Maria Bartsch (Svenska kraftnät), Claes-Olof Brandesten (Vattenfall AB), Anders Frisk (adj. Energiföretagen), Jonas German (SMHI), Hans Häggström (Boliden AB), Peter Lindström (Skellefteälvens Vattenregleringsföretag), Agne Lärke (Fortum Generation AB) samt Björn Norell (Vattenregleringsföretagen).

Stockholm i december 2021



Lotta Medelius-Bredhe  
Generaldirektör  
Svenska kraftnät



Åsa Pettersson  
Verkställande direktör  
Energiföretagen Sverige



Maria Sunér  
Verkställande direktör  
SveMin



## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Metodik för bestämning av dimensionerande flöde</b> .....	<b>5</b>
2.1	Grunder .....	5
2.2	Dimensionerande flöde .....	6
<b>3</b>	<b>Förutsättningar och dataunderlag</b> .....	<b>9</b>
3.1	Allmänt.....	9
3.2	Osäkerhet.....	10
3.3	Klimat i förändring .....	11
3.4	Flödesdämpning .....	11
<b>4</b>	<b>Beräkningsmetod I</b> .....	<b>12</b>
4.1	Allmänt.....	12
4.2	Tillämpning .....	13
4.3	Modellstruktur och modellkalibrering.....	13
4.4	Avbördningsförmåga.....	13
4.5	Dimensionerande nederbördssekvens.....	14
4.6	Dimensionerande snömagasin .....	17
4.7	Regleringsstrategi .....	18
4.8	Starttillstånd.....	19
4.9	Beräkning av dimensionerande flöde .....	19
<b>5</b>	<b>Beräkningsmetod II</b> .....	<b>21</b>
5.1	Allmänt.....	21
5.2	Tillämpning, dataunderlag och osäkerheter.....	21
<b>6</b>	<b>Utförande och dokumentation</b> .....	<b>23</b>
6.1	Utförande, organisation och kompetens .....	23
6.2	Utförarens dokumentation .....	23
6.3	Dammätarens dokumentation .....	25
<b>7</b>	<b>Referenser</b> .....	<b>26</b>

Bilaga 1 Terminologi

Bilaga 2 Bakgrund och historik

Bilaga 3 Principiell beräkningsgång för ett vattendragssystem

Bilaga 4 Beräkningsmetod I - tillämpningsexempel

Bilaga 5 Beräkningsmetod II - tillämpningsexempel

## Summary

The Swedish design flood guidelines were originally published by The Swedish Committee for Design Flood Determination (Flödeskommittén) in 1990. The inflow design flood of a dam is the inflow a dam is to withstand and safely convey without experiencing serious damage. This, the fourth revised edition of the guidelines aligns to the Environmental Code, the ordinance (2014:214) on dam safety and regulations on consequence assessment introduced 2014. The design flood requirements are differentiated based on the potential consequences of a dam failure during flood conditions.

The guidelines describe methods to calculate extreme floods, which are consistent with the original guidelines. Method I is based on hydrological model simulations and can account for complex reservoir operation. In the simulations, extreme precipitation is assumed to coincide with a preceding wet autumn, intense snowmelt and wet soils, rendering very extreme floods. Method II implies frequency analysis based on historical data, hence the magnitude of derived extreme floods is associated with annual exceedance probability (AEP).

Consequences of dam failure are estimated according to categories given in The Swedish Environmental Code. An overall assessment of the severity is expressed for five categories and determine design flood requirement:

1. Very serious in terms of the impact across society; Design flood according to Method I.
2. Serious in terms of the impact across society: Design flood according to Method I, with some possibility for lower design criteria.
3. Moderate in terms of the impact across society; Design flood according to an event with an AEP of 1/200 by Method II.
4. Low in terms of impact across society but serious consequences to local private interest; Design flood according to an event with an AEP of 1/100 by Method II.
5. Low in terms of impact across society and low in terms of local private interest; The guidelines do not set design criteria for this category.

In addition, category 1-3, the dam should be able to convey at least the 1/100 AEP flood at full retention water level.

Calculation of the design flood rely on up-to-date and high-quality data. Uncertainties in the data and calculations should be taken into account as well as impact of climate change. The owner's decision and selection of design flood shall be documented and justified in the light of uncertainty and the precautionary principle. The need for revision of the design flood is evaluated every ten years or after major changes to the design or function.



## Sammanfattning

Flödeskommitténs riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar publicerades ursprungligen 1990 i Flödeskommitténs slutrapport. Dimensionerande flöde avser den vattenföring som en dammanläggning utan att skadas allvarligt ska kunna motstå och släppa förbi. I denna fjärde omarbetade utgåva har riktlinjerna anpassats till den samlade dammsäkerhetsreglering som infördes år 2014 genom ändringar i miljöbalken, förordning (2014:214) om dammsäkerhet och föreskrifter om konsekvensutredning. Konsekvenser av dammhaveri i samband med höga till mycket extrema flöden utgör grund för differentierade krav på dimensionerande flöde.

Riktlinjerna beskriver metoder att beräkna höga till mycket extrema flöden, vilka är oförändrade jämfört med de ursprungliga riktlinjerna. Beräkningsmetod I bygger på hydrologiska modellsimuleringar och kan ta hänsyn till komplexa vattenregleringsstrategier. I beräkningarna antas extrema nederbörds mängder samverka med effekterna av en snörik vinter med sen avsmältning, vilken även föregåtts av en nederbördsrik höst. Beräknade flöden är mycket extrema. Beräkningsmetod II avser statistisk frekvensanalys baserat på historiska data. Metoden ger storleken av extrema tillrinnande flöden och sannolikheten för deras förekomst.

Följder av ett dammhaveri bedöms för de skadekategorier som ligger till grund för dammsäkerhetsklassificering enligt miljöbalken. Krav på dimensionerande flöde utgår från en samlad bedömning av haverikonsekvensernas allvarlighetsgrad uttryckt på en femgradig skala:

1. Mycket stor betydelse från samhällelig synpunkt; Dimensionerande flöde enligt beräkningsmetod I.
2. Stor betydelse från samhällelig synpunkt; Dimensionerande flöde enligt beräkningsmetod I, med vissa möjligheter till lägre krav
3. Måttlig betydelse från samhällelig synpunkt; Dimensionerande flöde är ett flöde med årlig sannolikhet 1/200 enligt beräkningsmetod II.
4. Liten betydelse från samhällelig synpunkt men stor betydelse för enskilda intressen; Dimensionerande flöde är ett flöde med årlig sannolikhet 1/100 enligt beräkningsmetod II.
5. Liten betydelse från samhällelig synpunkt och liten betydelse för enskilda intressen; Riktlinjerna ställer inga krav på dimensionerande flöde.

För nivå 1–3 ställs även ett grundkrav om att vid dämningens gräns kunna avbörda ett tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/100.

Beräkning av dimensionerande flöde baseras på underlag vars aktualitet och kvalitet är av stor betydelse. Osäkerheter i underlag och beräkningar bör beaktas liksom effekter som följer av ett klimat i förändring. Ägarens beslut om dimensionerande flöde ska dokumenteras och motiveras mot bakgrund av förekommande osäkerheter och försiktighetsprincipen. Behovet av uppdatering av dimensionerande flöde prövas vart tionde år i en översyn anläggningsvis eller vattendragsvis samt vid större förändringar av dammens design eller funktion.

# 1 Inledning

Våren 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 dimensioneringsmetoder både i Sverige och utomlands. Ett system för klassificering av dammanläggningar med avseende på dammhaverikonsekvenser i samband med höga flöden utvecklades liksom en ny metod för bestämning av dimensionerande flöden. Arbetet redovisades i Flödeskommitténs slutrapport (Flödeskommittén, 1990). Svenska Kraftverksföreningen och Statens Vattenfallsverk (numera Energiföretagen Sveriges medlemsföretag) åtog<sup>1</sup> sig att följa Flödeskommitténs riktlinjer och att ta ett aktivt ansvar vid tillämpningen av dessa.

Ett särskilt samråd i form av den s.k. Flödeskonferensen etablerades 1991 mellan huvudmännen för riktlinjerna. Flödeskonferensens uppgift är att följa upp riktlinjernas ändamålsenlighet och hur deras tillämpning fortskrider samt vid behov föreslå ändringar och tillägg. Riktlinjerna har tillämpats för vattenkraftdammar sedan 1990, vilket lett till att dammsäkerhetshöjande åtgärder har genomförts på många anläggningar. Inom gruvindustrin finns motsvarande tillämpning sedan 2007. Riktlinjerna har även fått en bredare användning, exempelvis som grund för översvämningsskartering längs vattendrag.

Händelserna kring Vätern år 2000/2001 visade att riktlinjerna inte kan tillämpas kategoriskt på grund av de speciella förhållanden som råder för detta vattensystem. På initiativ av Flödeskonferensen och i samarbete med gruvindustrin bildades år 2002 Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer. Kommittén lämnade rekommendationer för tillämpning för stora sjöar med begränsad tappningsförmåga, tillämpning för små tillrinningsområden och en övergripande strategi för att hantera ett förändrat klimat (KFR, 2005) som därefter inarbetades i utgåva 2007 av riktlinjerna. Klimatförändringar och klimatanpassning har därefter blivit alltmer uppmärksammat och i utgåva 2015 (Svenska kraftnät m.fl, 2015) inkluderades slutsatser och rekommendationer från Klimatkommittén (Svenska kraftnät m.fl, 2011) samt relaterade utvecklingsprojekt om användningen av klimatscenarier vid flödesdimensionering.

Flödeskommitténs metodik har presenterats i olika internationella sammanhang och tillämpningen har följts upp och redovisats i flera publikationer. Flera extrema flöden har också inträffat i reglerade älvar, bland annat åren 1995, 2000 och 2018. Den samlade bedömningen är att riktlinjernas metodik för hydrologisk modellberäkning beskriver en extrem flödesutveckling på ett realistiskt sätt.

Riktlinjerna tillämpas för utvärdering av befintliga dammanläggningar och för planering av nya. Riktlinjerna är inte avsedda att användas för bestämning av dimensionerande flöden för fångdammar eller för efterbehandling av gruvdammar. Redovisade beräkningsmetoder och känslighetsanalyser bedöms tillämpliga men kravställningen omfattar inte tillfälliga konstruktioner eller de långa tidsperspektiv som förutsätts vid stängning och efterbehandling av gruvdammar.

---

<sup>1</sup> I brevväxling mellan kraftföretagen, SMHI och Regeringen oktober 1990

Reglerade vattendrag utgör system där dammanläggningar ingår. Vid flödesdimensionering finns därför ett behov av informationsutbyte, gemensam beskrivning av systemet, samordning och samverkan mellan dammägare<sup>2</sup> i vattendraget. Beräkningsunderlag och resultat bör förvaltas gemensamt och vattendragsvis. I Bilaga 3 illustreras vattendrags- och systemperspektivet i en principiell beräkningsgång för ett system med flera dammanläggningar.

En gruvdammanläggning är en integrerad del av gruvverksamhetens anrikningsprocess för deponering av utvinningsavfall och hantering av vatten. Gruvdammanläggningar har generellt ett litet avrinningsområde, ofta i paritet med ingående magasins yta. Gruvområdets vattenhantering för tex. produktion, rening och lagring av vatten sker inom anläggningen.

Inom arbetet med beräkning av dimensionerande flöden och vattenstånd för dammanläggningar med stora haverikonsekvenser, analyseras och simuleras processer och förlopp som är en följd av meteorologiska och hydrologiska förutsättningar och händelser. Val av regleringsstrategier, utformningen av dammar och avbördningsanordningar tillsammans med de förutsättningar som ges av tillrinningsområdets egenskaper och klimat inverkar på extrema flödens uppkomst och storlek. Det vill säga både parametrar som är möjliga, respektive inte möjliga, att styra har inverkan på resultatet av beräkningarna. Det är därför av stor vikt att förändringar gällande hantering av magasin eller fysiska åtgärder, exempelvis ombyggnader av dammar och avbördningsanordningar, inkluderas. Dialogen mellan dammägare och utförare av beräkningar av dimensionerande flöden är nödvändig för att erhålla ett dimensioneringsunderlag av hög kvalitet.

---

<sup>2</sup> I riktlinjerna används begreppet dammägare synonymt med begreppen verksamhetsutövare och underhållsansvarig för den aktör som är skyldig att underhålla en damm. Detta då dammägaren/verksamhetsutövaren i allmänhet, men inte alltid, är underhållsansvarig för dammen.

## 2 Metodik för bestämning av dimensionerande flöde

### 2.1 Grunder

Dimensionerande flöde avser den vattenföring som en dammanläggning utan att skadas allvarligt ska kunna motstå och släppa förbi. Begreppet innefattar en sekvens av tillrinningar som genom sin volym resulterar i en dimensionerande avbördning i samband med ett dimensionerande vattenstånd. I en dammanläggnings avbördningsförmåga medräknas dokumenterad kapacitet hos de avbördningsanordningar som håller sådan driftmässig status att de kan tas i anspråk när behov uppstår.

Krav på dimensionerande flöde för en dammanläggning ställs utifrån de konsekvenser som ett haveri skulle kunna medföra i samband med höga till mycket extrema flöden, utöver de konsekvenser som dessa flöden i sig medför (merskador). Om en dammanläggning består av flera dammar väljs och analyseras haveriscenarier för de dammar som kan leda till störst konsekvenser.

Konsekvenser bedöms i enlighet med 2014 års samlade dammsäkerhetsreglering<sup>3</sup>, med stöd av tillhörande vägledning (Svenska kraftnät, 2017). För analys av haverier och deras konsekvenser tillämpas scenarier, antaganden, beräknings- och bedömningsmetoder för konsekvensutredningar som ges av RIDAS och GruvRIDAS (Energiföretagen, 2019a; Svemin, 2021; Jewert m.fl, 2015; Midböe & Åstrand, 2017)

Två principiellt olika metoder används för att beräkna dimensionerande flöde:

- Beräkningsmetod I avser hydrologisk modellteknik (Bergström m.fl, 1992) och används för beräkning av mycket extrema flöden. Metoden kan ta hänsyn till komplexa vattenregleringsstrategier och används för anläggningar med stora haverikonsekvenser.
- Beräkningsmetod II avser statistisk frekvensanalys (Coles, 2001) av tillrinnande flöde och används för beräkning av extrema flöden baserat på historiska data.

Miljöbalken 2 kap. allmänna hänsynsregler anger att kunskapskrav och bevisbörda åligger en verksamhetsutövare. I de allmänna hänsynsreglerna uttrycks också försiktighetsprincipen och rimlighetsavvägning. Dessa tillämpas allmänt i frågor om dammsäkerhet och även vid bestämning av dimensionerande flöde.

---

<sup>3</sup> Miljöbalken, förordning (2014:214) om dammsäkerhet samt Affärsverket svenska kraftnäts föreskrifter och allmänna råd om konsekvensutredning enligt 2 § förordning (2014:214) om dammsäkerhet

## 2.2 Dimensionerande flöde

Konsekvenser vid dammhaveri i samband med höga till mycket extrema flöden utgör grund för differentierade krav på dimensionerande flöde. Haveriets följder bedöms för de skadekategorier som ligger till grund för dammsäkerhetsklassificering enligt 11 kap. 24 § miljöbalken; förlust av människoliv, störning i elförsörjningen, förstörelse av infrastruktur, förstörelse av eller störning i samhällsviktig verksamhet, miljöskada, förstörelse av områden som är av riksintresse för kulturmiljövården samt ekonomisk skada.

En samlad bedömning av konsekvensernas allvarlighetsgrad uttrycks på en femgradig skala:

- Nivå 1–3 avser mycket stor, stor respektive måttlig betydelse från samhällelig synpunkt och följer Svenska kraftnäts föreskrifter<sup>4</sup> och vägledning (Svenska kraftnät, 2017).
- Nivå 4–5 avser liten betydelse från samhällelig synpunkt samt stor respektive liten betydelse för enskilda intressen, i enlighet med RIDAS Tillämpningsvägledning (Energiföretagen, 2019b).

Dimensionerande flöde för dammanläggningar med haverikonsekvenser enligt nivå 1–5 redovisas i Tabell 1.

Som komplement till krav på dimensionerande flöde ställs för nivå 1–3 följande grundkrav:

- Dammanläggningen ska vid dämmningsgränsen kunna avbörda ett tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/100.

---

<sup>4</sup> Affärsverket svenska kraftnäts föreskrifter och allmänna råd om konsekvensutredning enligt 2 § förordning (2014:214) om dammsäkerhet

Tabell 1. Flödesdimensionering av dammanläggningar

Konsekvensernas allvarlighetsgrad, 1–5	Krav	Konsekvenser av dammhaveri vid höga till mycket extrema flöden
1. Mycket stor betydelse från samhälls- synpunkt.	Dimensionerande flöde enligt beräkningsmetod I.  Avbördningsförmåga vid dämningssgräns är tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/100.	Kan leda till en nationell kris som drabbar många människor och stora delar av samhället, medför förlust av människoliv samt hotar grundläggande värden och funktioner.
2. Stor betydelse från samhälls- synpunkt.	Dimensionerande flöde enligt beräkningsmetod I.  Ett lägre dimensionerande flöde kan väljas om det visas* att haverikonsekvenserna inte är av allvarlighetsgrad 2 vid flöde enligt beräkningsmetod I. Dimensionerande flöde får dock inte understiga ett flöde med årlig sannolikhet 1/500 enligt beräkningsmetod II.  Avbördningsförmåga vid dämningssgräns är tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/100.	Kan leda till stora regionala och lokala konsekvenser eller störningar men haveriet kan inte leda till en nationell kris. I detta fall handlar det främst om förlust av människoliv och/eller konsekvenser och störningar som är omfattande, har en regional utsträckning samt tar lång tid och blir dyrbara att åtgärda.
3. Måttlig betydelse från samhälls- synpunkt.	Dimensionerande flöde är ett flöde med årlig sannolikhet 1/200 enligt beräkningsmetod II.  Avbördningsförmåga vid dämningssgräns är tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/100.	Kan leda till betydande lokala konsekvenser eller störningar. Det handlar främst om skador på lokal infrastruktur, skador på egendom eller miljöskador, eller tillfälliga störningar. Risken för förlust av människoliv är försumbar.
4. Liten betydelse från samhälls- synpunkt, men stor betydelse för enskilda intressen.	Dimensionerande flöde är ett flöde med årlig sannolikhet 1/100 enligt beräkningsmetod II.	Kan inte leda till betydande lokala konsekvenser eller störningar men kan leda till stor skada för dammägaren eller enskilda intressen vad gäller egendom och andra värden.
5. Liten betydelse från samhälls- synpunkt och liten betydelse för enskilda intressen.	Krav rörande dimensionerande flöde ställs ej i dessa riktlinjer.	Kan inte leda till betydande lokala konsekvenser eller störningar och inte heller leda till stor skada för dammägaren eller enskilda intressen vad gäller egendom och andra värden.

\* Det ska visas att haverikonsekvenser för samtliga flöden i intervallet från det valda dimensionerande flödet upp till flöde enligt beräkningsmetod I, inte når upp till allvarlighetsgrad 2.

Utöver vad som beskrivs i Tabell 1 kan en anläggningsspecifik rimlighetsavvägning mellan graden av säkerhet och kostnaden för att uppnå denna, föranleda beslut om att dimensionera anläggningen för ett högre eller lägre flöde än det beräknade. Avvägningen bör leda till att större hänsyn tas till den grad av säkerhet som ska uppnås, och mindre hänsyn till kostnaderna för detta, ju allvarigare konsekvenser ett dammhaveri skulle medföra.

För anläggningar där konsekvenserna är av allvarlighetsgrad 1 är utrymmet för att mildra kraven av kostnadsskäl minimalt. För anläggningar där konsekvenserna är av allvarlighetsgrad 2 kan visst utrymme för att minska kraven finnas om en befintlig anläggning inte fullt ut uppfyller kraven. För en sådan anläggning kan en åtgärd som endast skulle höja säkerheten marginellt inte anses rimlig om kostnaden för den är mycket stor. För anläggningar där konsekvenserna är av allvarlighetsgrad 3 väljs ett högre flöde för anläggningens dimensionering om kostnaden för detta är rimlig med hänsyn till den ökade säkerhet detta innebär. För en befintlig anläggning där konsekvenserna är av allvarlighetsgrad 3 och som inte fullt ut uppfyller kraven, kan en åtgärd som endast skulle höja säkerheten marginellt inte anses rimlig om kostnaden för den är stor.

Grundkravet om minsta avbördningskapacitet vid dämningsskärans kan efterges om denna kombination av tillrinning och vattenstånd i magasinet rimligen inte kan sammanfalla. Vidare får grundkravet efterges i den mån det, med hänsyn till dammanläggningens säkerhet och beaktande av risken för dämningsskador, bedöms vara tillräckligt att nämnda tillrinning kan avbördas vid ett vattenstånd som överstiger dämningsskärans.

## **3 Förutsättningar och dataunderlag**

### **3.1 Allmänt**

Beräkning och bestämning av dimensionerande flöde baseras på tekniska underlag vars aktualitet och kvalitet är av stor betydelse. Därför behöver osäkerheter och noggrannhet hanteras och redovisas transparent. Underlagen ska vara representativa för vattensystemets aktuella förhållanden både vad gäller konsekvenser vid dammhaveri och data för flödesberäkningar.

Enligt Tabell 1 utgår kraven för dimensionerande flöden från allvarlighetsgraden av konsekvenser av dammhaveri vid höga till mycket extrema flöden. Sådana haveriscenarier kan ingå i de konsekvensutredningar för dammsäkerhetsklassificering som genomförts eller finnas som arbetsmaterial som inte redovisats inom ramen för dessa. I vissa fall kan kompletterande beräkningar behövas för scenarier som är nödvändiga med hänsyn till kraven i Tabell 1.

Behovet av uppdatering av dimensionerande flöde prövas vart tionde år i en översyn anläggningsvis eller vattendragsvis samt vid större förändringar av dammens design eller funktion. Syftet är att kontrollera att den samlade bedömningen av konsekvenser av dammhaveri och beräkningarna av dimensionerande flöde är fortsatt aktuella. En sådan kontroll görs lämpligen inför helhetsbedömning enligt 7 § förordning (2014:214) om dammsäkerhet, och har en tydlig koppling även till konsekvensutredning enligt 2 § i samma förordning då scenarier i denna även är aktuella för flödesdimensionering. Arbetet kan samordnas för anläggningar i samma vattendrag om de utförts samlat eller med en gemensam hydrologisk modell.

Betydande förändringar i hydrologiska eller meteorologiska underlag, driftförhållanden samt anläggningsspecifika aspekter utgör skäl att se över beräkningar av dimensionerande flöde. Eftersom klimatet är i förändring bör beräkningsförutsättningar ses över regelbundet och känslighetsanalyser utföras. Inträffar extremhändelser som har betydelse för tillrinning genomförs jämförelser mellan observationer och beräknat dimensionerande flöde.

Det beslut som fattas av ägaren om dimensionerande flöde behöver i varje enskilt fall motiveras mot bakgrund av osäkerhet och försiktighetsprincipen, vilket kan innebära viss marginal i förhållande till beräkningarna (se avsnitt 2.2).

I det fortlöpande dammsäkerhetsarbetet ska hänsyn tas till alla faktorer som påverkar dammsäkerheten. I materialet från beräkningar av dimensionerande flöde finns, utöver uppgifter om dimensionerande flöden och vattenstånd, många andra uppgifter som kan nyttjas för att öka den hydrologiska förståelsen med avseende på drift och dammsäkerhet. Uppgifter som berör flödesdynamik kan till exempel användas vid beredskapsplanering, åtgärdsplanering och planläggning av bemanning vid anläggningar. Underlag kan även nyttjas vid planering av den dagliga driften samt för bedömning av flödesutveckling och risker vid höga till mycket extrema flöden.



### 3.2 Osäkerhet

Det finns flera källor till osäkerhet i såväl dataunderlag som metod som bör beaktas när beräkningar av dimensionerande flöde planeras och genomförs samt när resultaten utvärderas och används. Som stöd för detta är känslighetsanalyser lämpliga vilket ger möjlighet att bedöma beräkningsnoggrannhet. Osäkerheter får inte hindra att åtgärder genomförs vare sig det gäller behov av ändrad magasinshantering på kort sikt eller ombyggnad av dammanläggningar på längre sikt.

Beräkningsförutsättningar och beräkningsresultat bör analyseras och lämpliga känslighetsanalyser utföras. Vilka analyser som bör göras beror av den aktuella anläggningens egenskaper och kvaliteten på indata som används vid beräkningen. Valet av tidsperiod som ligger till grund för beräkningarna har stor betydelse och bör ägnas särskild uppmärksamhet. Oavsett om beräkningen av dimensionerande flöde baseras på simuleringar med hydrologisk modell och/eller statistisk frekvensanalys finns källor till osäkerhet (Andréasson, m.fl., 2011a; Hallberg m.fl., 2016a) som bör beaktas när resultaten utvärderas. Typiska faktorer att beakta är;

#### Beräkningsmetod I

- Hydrologisk modell och modellstruktur
- Datakvalitet
- Tidsperiod för kalibrering
- Tidsperiod för dimensionerande snömagasin
- Tidsperiod för beräkning av dimensionerande flöde
- Kalibreringsmetod
- Kvalitetsmått för kalibrering mot toppvärden
- Kvalitetsmått för kalibrering mot volym
- Beskrivning av regleringar
- Avbördning från naturliga sjöar

#### Beräkningsmetod II

- Val av dataunderlag
- Tidsperiod för data
- Datakvalitet
- Frekvensfördelning
- Anpassningsmått
- Konfidensintervall
- Grad av extrapolation

För användandet av hydrologiska modeller kan datakvalitet delas in i kvalitet på drivdata och kvalitet på kalibreringsdata. Drivdata är framförallt uppgifter om nederbörd och temperatur som till både storlek och geografisk fördelning bör spegla verkliga förhållanden väl. Kalibreringsdata är framförallt tillrinning och vattenstånd som modellberäkningar jämförs med. Eftersom tillrinning allmänt beräknas från vattenstånd, tappning och magasinstabeller är det av stor vikt dessa data håller hög precision, i synnerhet för högflödessituationer och stora spilltappningar.

Osäkerheter i både beräkningsförutsättningar och beräkningsresultat bör vägas in vid den samlade bedömningen av anläggningens förmåga att magasinera och avbörda det flöde som anläggningen ska dimensioneras för.

### 3.3 Klimat i förändring

Klimatet är i förändring (IPCC, 2019; IPCC, 2021) vilket också medför förändringar i hydrologiska förhållanden. Förändringar i förekomst, storlek och karaktär av höga flöden orsakade av snösmältning och nederbörd (Arheimer & Lindström, 2015) kan förväntas inom den tekniska livslängden för dammar, vilket medför att klimat i förändring bör beaktas vid beslut av dimensionerande flöde. De nuvarande klimatologiska förutsättningarna för beräkningsmetoderna för dimensionerande flöden har undersökts (Bergström m.fl, 2008; German m.fl, 2014; Losjö m.fl, 2019) utan att föranleda revision av metodiken.

Ett vattensystems känslighet för klimatförändringar bör analyseras genom utnyttjande av klimatscenarier som beskriver både omfattande och mindre omfattande klimatförändringar (Hallberg m.fl., 2014). Metodiken för detta behöver vara väl dokumenterad och vila på vetenskapligt grund (Svenska kraftnät m.fl., 2011).

Nya förutsättningar kan leda till att beräkningar av dimensionerande flöden behöver revideras. Osäkerheter om hur klimatet förändras får inte hindra att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas. Dessa bör vidare utformas så att flexibilitet och marginaler skapas där så är rimligt.

### 3.4 Flödesdämpning

I beräkningar för en dammanläggning, får hänsyn tas till realistiska möjligheter att dämpa flödet vid den aktuella dammanläggningen eller vid annan uppströms belägen dammanläggning, vars ägare åtagit sig att samverka om flödesdämpning. I det fall som överdämning över dämningens gräns är aktuell, avtappas magasinet därefter så snart som möjligt med tanke på nedströms liggande dammanläggningars säkerhet och andra nedströms förhållanden.

Med passiv flödesdämpning menas att magasin och sjöar i ett vattensystem genom sin respektive avbördningsförmåga automatiskt begränsar och dämpar flödesförloppet. Det gäller för naturliga sjöar och för många regleringsmagasin. Det vidtas inga aktiva åtgärder för att dämpa flödet utan avbördning med full kapacitet förutsätts från dammanläggningar. Aktiv flödesdämpning innebär att regleringsmagasin aktivt utnyttjas för att minska flödena nedströms, genom att tappningen begränsas till mindre än maximal kapacitet vid ett visst vattenstånd. Liksom för passiv flödesdämpning krävs att det finns magasinutrymme som kan tas i anspråk när extrema flöden inträffar. Det förutsätter att anläggningarna har en säker överdämningens förmåga. Tillämpning av aktiv flödesdämpning är en hantering 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 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 då relativt stora magasinsvolymer 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.

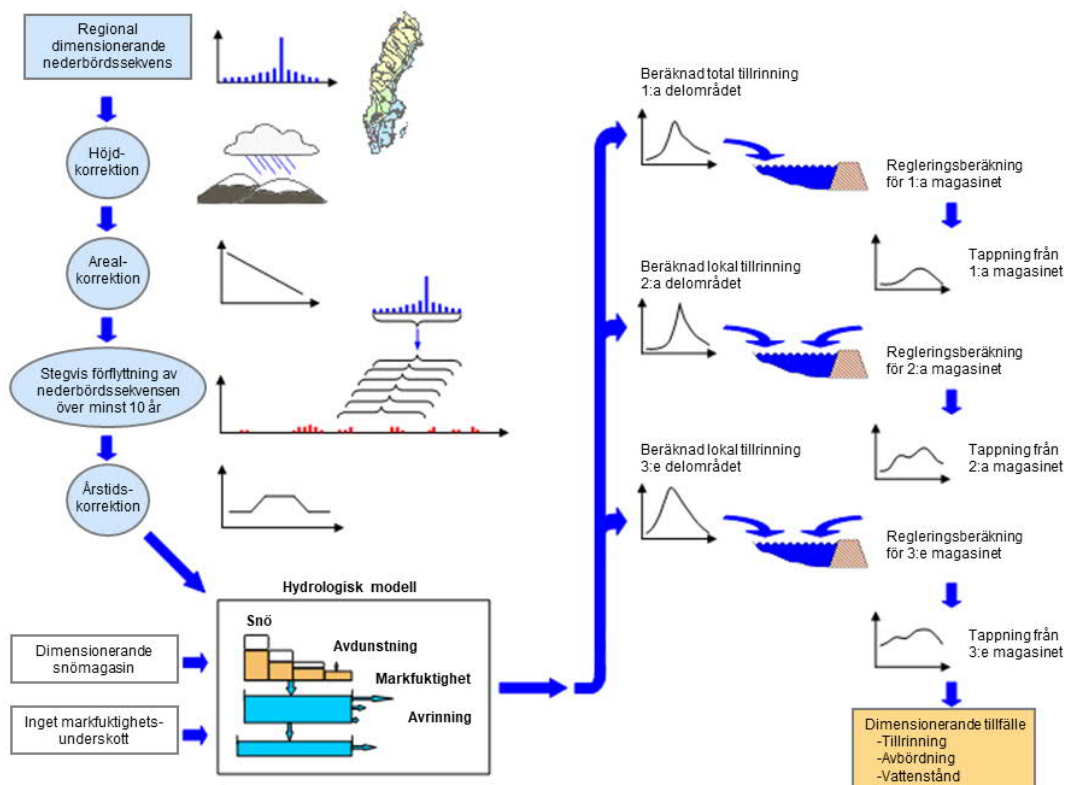
## 4 Beräkningsmetod I

### 4.1 Allmänt

Med beräkningsmetod I beräknas mycket extrema flöden genom att via hydrologisk modellteknik kombinera flödesskapande faktorer enligt anvisningarna i detta avsnitt. Den samlade effekten, när ogynnsamma förhållanden inträffar samtidigt, blir mycket extrema flöden.

Beräkningsmetod I innebär att ett antal flödesskapande faktorer, vilka var och en för sig ligger inom ramen för vad som observerats, kombineras på det sätt som ger den mest kritiska samlade effekten i sökt beräkningspunkt. Metoden bygger på hydrologiska modellsimuleringar som beskriver följderna av att extremt stora nederbördsmängder faller under särskilt ogynnsamma förhållanden. 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 flöden och vattenstånd som uppstår då verklig observerad nederbörd systematiskt byts ut mot en dimensionerande nederbördssekvens. Figur 1 beskriver översiktligt hur beräkning av dimensionerande flöde utförs.

Storleken av den dimensionerande nederbördssekvensen har fastställts genom analys av observerad extrem arealnederbörd i olika delar av Sverige. Metoden sammankopplar inte storleken på beräknat flöde med sannolikheten att det inträffar. Jämförelser med frekvensanalys indikerar att flöden som beräknats på detta sätt i genomsnitt motsvarar en händelse med årlig sannolikhet lägre än 1/10 000 (Lindström m.fl., 1993; Bergström m.fl., 2008).



Figur 1. Principskiss över beräkning med beräkningsmetod I.

## 4.2 Tillämpning

Beräkningsmetod I kan tillämpas för i princip valfri punkt i ett vattendragssystem för såväl oreglerade som reglerade förhållanden. Den angivna metoden kan användas för tillrinningsområden ner till storleken 1 km<sup>2</sup>.

Metoden kan i de flesta fall tillämpas även för stora sjöar med begränsad tappningsförmåga och för anläggningar med tappningsbegränsningar enligt vattendom. En fördjupad analys krävs dock exempelvis för magasin som liksom Vänern har speciella avbördningsförhållanden med bland annat en övre gräns för tillåten tappning.

## 4.3 Modellstruktur och modellkalibrering

Den hydrologiska modellen anpassas för beräkningar av höga till mycket extrema flöden genom strukturen och detaljeringsgraden för hur tillrinningsområdet representeras. Vattendraget delas in i delområden för dammanläggningar och sjöar. Delområden används för alla ingående regleringsmagasin, stora sjöar och älvsträckor som kan tänkas fungera som magasin i en högflödessituation, eller i övrigt är så heterogena att de bör utgöra separata enheter. Uppdelningen innebär att den lokala tillrinningen, magasin nivåer och tappningen beräknas individuellt för varje delområde. Delområden kan även skapas för platser där vattenföringsdata finns tillgängliga för att möjliggöra kalibrering av modellen i dessa punkter. Det är lämpligt att inkludera resultat från hydrauliska utredningar eller hydrodynamisk modellering av vattendrag för att beskriva fallförluster och ge realistisk – inte för snabb – respons vid flödesändringar.

Den hydrologiska modellen kalibreras mot historiska tillrinningsserier. Stor vikt bör därvid läggas vid att modellen återger höga flöden på ett så korrekt sätt som möjligt. God kalibrering av en hydrologisk modell kräver minst 10 års data och perioden bör inkludera höga flöden med ursprung i såväl snösmältning som regn. Vid modellering av ett helt älvsystem bör dessutom särskild vikt läggas vid att hela älvens funktion under extrema förhållanden beskrivs på ett realistiskt sätt.

## 4.4 Avbördningsförmåga

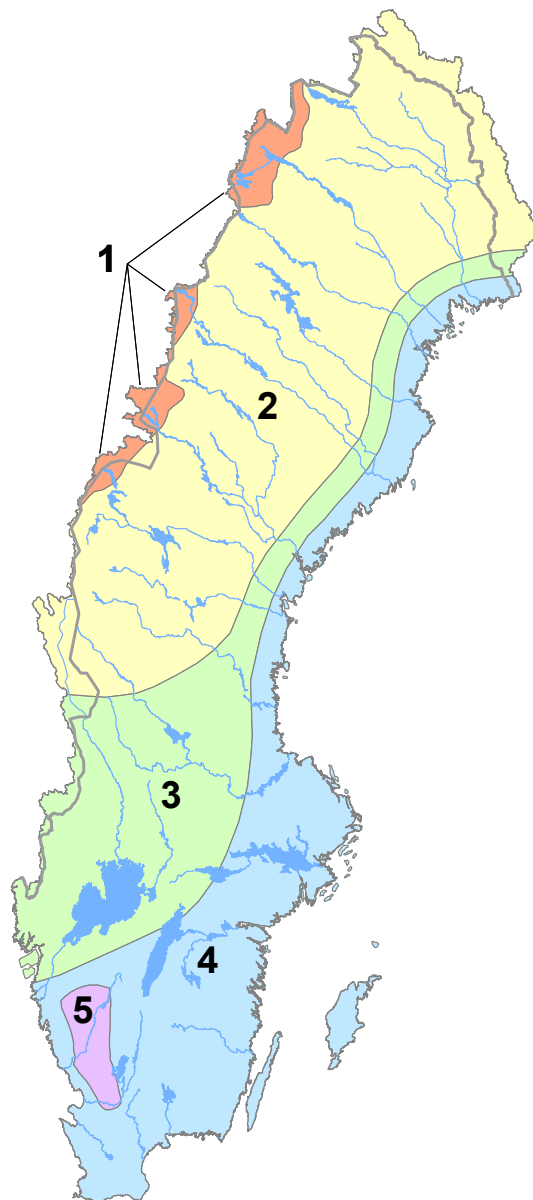
I en dammanläggnings avbördningsförmåga medräknas dokumenterad kapacitet hos de avbördningsanordningar som håller sådan driftmässig status att de kan tas i anspråk när behov uppstår. Eventuella tappningsmöjligheter genom kraftverksturbiner eller vatten som återförs till gruvindustrins förädlingsprocesser, medräknas därför normalt inte som en del av avbördningsförmågan. Hänsyn tas till eventuella fallförluster i tillopps- och utloppskanaler och andra hinder för vattnets avrinning som kan påverka anläggningens totala förmåga att släppa förbi vatten.

#### 4.5 Dimensionerande nederbördssekvens

Förloppet av det dimensionerande flödet simuleras med hydrologisk modellteknik, där den verkliga nederbörden under 14 dygn ersätts av en dimensionerande nederbördssekvens.

Generellt utgår beräkningarna från dygnsmedelvärden, men för mindre tillrinningsområden finns det anledning att studera om högre tidsupplösning av dygn 9 i dimensionerande nederbördssekvens kan ställa krav på högre avbördningsförmåga (KFR, 2005; German, m.fl., 2020; Johnell och German, 2021).

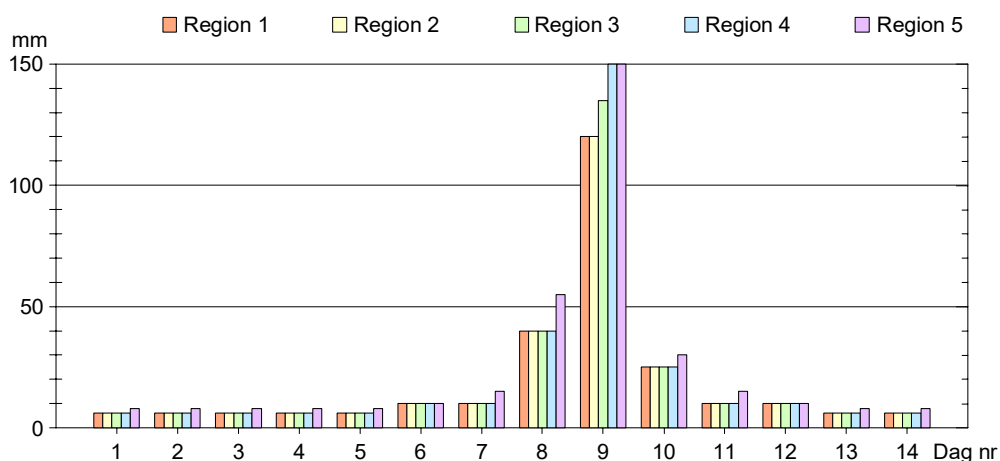
Nederbördssekvensen är specifik för olika regioner i landet och bestäms enligt regionindelningen i Figur 2. Dimensionerande nederbördssekvens för respektive region ges i Tabell 2 och Figur 3.



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

Tabell 2. 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



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

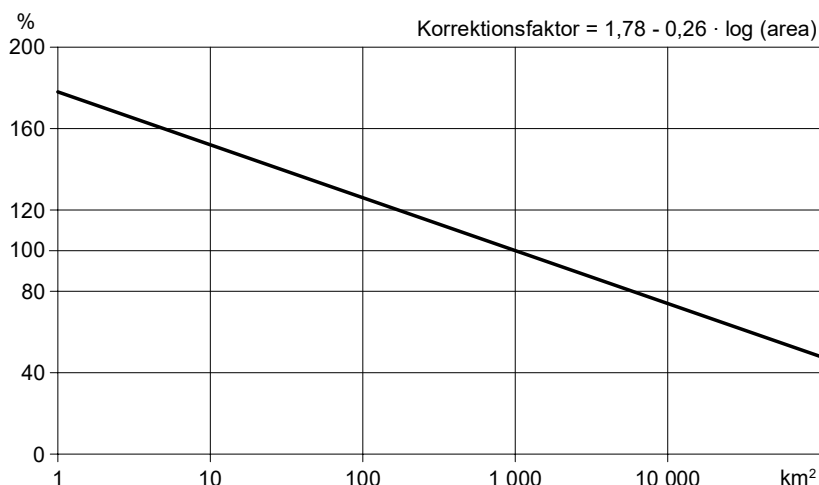
Om tillrinningsområdet ligger högt tas hänsyn till att nederbörden normalt ökar med höjden över havet. Ökningen beror av det geografiska läget och därför tillämpas olika korrektioner för olika avrinningsområden i landet (enligt Tabell 3).

Tabell 3. Höjdkorrigering av nederbördssekvenserna samt referensnivå från vilken korrektionen tillämpas.

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

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

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



Figur 4. Korrektion av den dimensionerande nederbördssekvensen mot tillrinningsområdets storlek.

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 4.9. Korrektionen skiljer sig åt i olika regioner i landet. I de flesta regionerna korrigeras alla nederbördsvärden 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 2, 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.

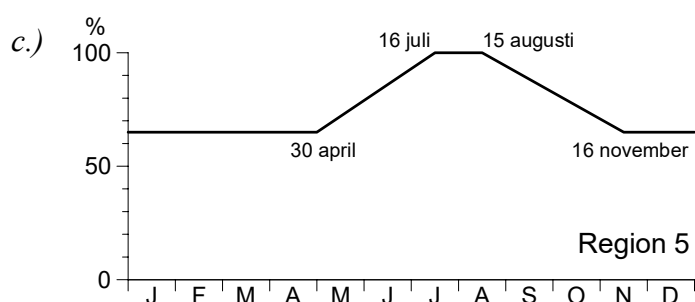
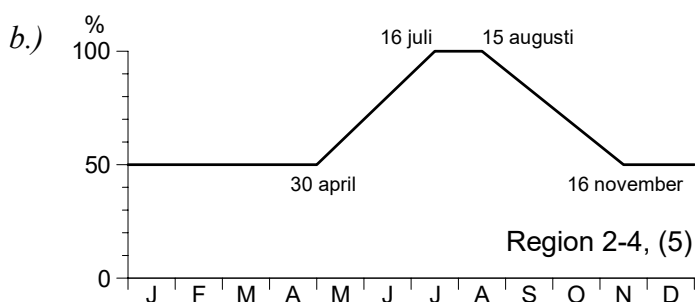
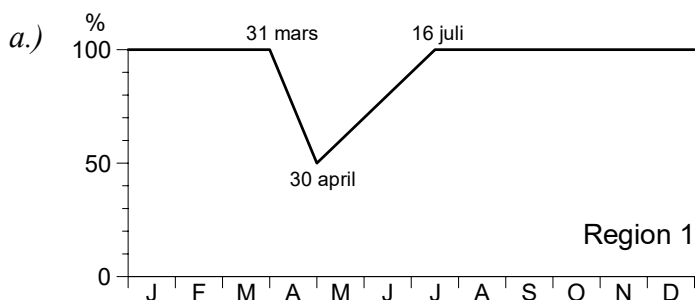
#### Region 2 - 4:

Nederbördssekvensernas värden enligt Tabell 2, 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 2 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.



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.

## 4.6 Dimensionerande snömagasin

Dimensionerande snömagasin är det snömagasin vars vatteninnehåll motsvarar en årlig sannolikhet 1/30 att inträffa eller överskridas.

En simulering av tidsperioden för dimensionerande snömagasin görs med den hydrologiska modellen för att beräkna årliga maxvärden av snömagasinets vatteninnehåll. Dessa används för att med frekvensanalys beräkna dimensionerande snömagasin. Det senaste datum vid vilket snömagasinet kulminerat under något av de analyserade åren bestäms. Dimensionerande snömagasin ges samma relativa fördelning mellan höjdzoner och delområden som modellberäkningen uppvisat vid det maximala snömagasinet under simuleringens tidsperiod.



För modellberäkning av snömagasinets årliga maximum är det lämpligt att utnyttja en så lång period som möjligt.

#### **4.7 Regleringsstrategi**

Allmänt gäller att i vattensystem med möjlighet till reglering beskriva vattenhushållningen på ett realistiskt sätt som varken överskattar eller underskattar den dämpningsförmåga som finns i vattendraget.

Dammanläggningar avsedda för produktion av vattenkraftsel<sup>5</sup> tillämpar följande regleringsstrategi:

- När magasinet börjar fyllas förutsätts att minimitappning utförs i föreskriven omfattning samt att den produktionstappning pågår, som bedöms rimlig vid en prognos som förutser kraftig vårflood. Om förtappning är, eller 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 tappning bara kan göras genom dammanläggningens avbördningsanordningar.
- Efter det att de i systemet ingående magasinerna nått sina respektive dämpningsgränser, vilket förutsätts ha inträffat senast den 1 augusti om inte detta är orimligt med hänsyn till kvarvarande snömagasin, antas magasinerna inte bli avsänkta under dämpningsgränsen förrän den för regionen kritiska flödesperioden är över.

Vid tillämpning på gruvdammanläggningar och dammanläggningar avsedda för andra ändamål än ovan anpassas regleringsstrategin efter de särskilda förutsättningar som gäller för dessa, bl.a:

- När den mest intensiva nederbörden antas falla (från dygn 9 i nederbördssekvensen och därefter), förutsätts att tappning (spill) bara kan göras genom anläggningens avbördningsanordningar.
- Om en vattenhanteringsplan anger en högsta driftnivå får hänsyn tas till detta. Vid beräkningens start anges vattennivån i magasinet som högsta driftnivå, dock lägst den vattennivå som korresponderar mot avbördnings av ett tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/100. Under beräkningen antas vattennivån i magasinet inte bli avsänkt under denna nivå.
- Om magasinet innehåller annat än vatten eller omfattas av utsläppsvillkor ska detta beaktas vid utformning av regleringsstrategi, eftersom detta kan minska möjligheten till tappning.

---

<sup>5</sup> Enligt avgränsning 11 kap. 6 § miljöbalken

## 4.8 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:

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

Starttidpunkten för varje års simulering av flöden är dagen efter det senaste datum vid vilket snömagasinet kulminerat, vilket erhållits vid beräkning av dimensionerande snömagasin.

## 4.9 Beräkning av dimensionerande flöde

Med den hydrologiska modellen simuleras flöden under en tidsperiod av representativa klimatförhållanden, dock minst 10 år. Den verkliga, uppmätta nederbörden under en 14-dagarsperiod byts i modellsimuleringen ut mot den dimensionerande nederbördssekvensen (Tabell 2) som även korrigeras med avseende på årstid, höjd över havet och tillrinningsområdets storlek. 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 beräkningsperioden. Det högsta simulerade vattenståndet i alla dessa flödesberäkningar ger det dimensionerande tillfället.

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 nederbördssekvensen 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 nederbördssekvensen.

Beräkningarna utgår från att den dimensionerande nederbördssekvensen tillförs beräkningens hela tillrinningsområde och benämns med prefixet *total*. Beräkning av dimensionerande flöde utförs vid behov även för ett lokalt tillrinningsområde till beräkningens punkt, och benämns då med prefixet *lokal*. För en lokal beräkning tillämpas den höjd- och arealkorrektion av dimensionerande nederbördssekvens, samt det dimensionerande snömagasin som gäller för det aktuella lokala området.

Flödestillskottet från övriga delområden simuleras i detta fall med hjälp av observerade klimatdata.

Om både *total* och *lokal* beräkning görs för en anläggning utgörs dimensionerande tillfälle av den av dessa som ger högst vattenstånd. Om vattendragssystemet innehåller stora naturliga sjöar eller regleringsmagasin som dämpar flödet, utförs lokal beräkning av dimensionerande flöde för området nedströms dessa.

För anläggningar där avbördningskapaciteten är otillräcklig för de flöden som simuleras görs ett beräkningsantagande om överströmning av dammen om magasinsnivån stiger över dammkrönet. Genom detta kommer ett tillrinnande flöde att passera anläggningen utan att överskatta flödesdämpningen i beräkningen.

Om det efter genomförd beräkning konstateras att behov av anpassningsåtgärder föreligger för en anläggning, så behöver åtgärdsalternativ tas fram och modellen uppdateras med förutsättningar som beskriver dessa. Åtgärderna kan avse t.ex. ökad magasineringsförmåga genom höjning av dammar, ökad avbördningsförmåga genom nya eller ombyggda utskov och/eller förändrad tappningsstrategi. Därefter upprepas beräkningen för anläggningen. Även beräkningar av dimensionerande flöde för nedströms liggande anläggningar kan behöva uppdateras, om förändringarna inte kan anses vara försumbara.

Exempel på tillämpning av beräkningsmetod I visas i Bilaga 4.

## 5 Beräkningsmetod II

### 5.1 Allmänt

Med beräkningsmetod II beräknas extrema flöden genom statistisk frekvensanalys. Förenklat innebär tekniken att en teoretisk fördelningsfunktion anpassas till ett datamaterial och sedan extrapoleras funktionen till flöde med sökt sannolikhet. Metoden ger storleken av extrema tillrinnande flöden tillsammans med deras sannolikhet att inträffa. Beräkningen baseras på tillrinnande flöde till det berörda magasinet, inte avrinning. Därigenom undviks att i beräkningar tillgodoräkna sig effekten av en dämpning som inte alltid föreligger. Mot bakgrund av de osäkerheter som följer frekvensanalys vid extrapolation till extrema flöden samt inverkan av vattenreglering, bidrar användandet av alternativa dataunderlag och analyser till en helhetsbild som beskriver potentialen för höga till extrema tillrinningar.

Sannolikheten för att ett extremt flöde ska inträffa eller överskridas under ett enskilt år beskrivs med händelsens årliga sannolikhet, vilken beräknas med frekvensanalys. Sett över längre tidsperioder är sannolikheten högre för att ett extremt flöde inträffar. I Tabell 4 redovisas sannolikheten att under olika tidsperioder någon gång överskrida ett flöde med årlig sannolikhet 1/100, 1/200 samt 1/500. Exempelvis har ett tillrinnande flöde vars storlek motsvarar årlig sannolikhet 1/200 under en period av 50 år ca 22 % sannolikhet att inträffa eller överskridas.

Tabell 4. Sannolikhet i procent för att tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/100, 1/200, respektive 1/500 inträffar eller överskrids under en period av 10 år, 50 år samt 100 år.

Periodlängd	Årlig sannolikhet		
	1/100	1/200	1/500
10 år	10 %	5 %	2 %
50 år	39 %	22 %	10 %
100 år	63 %	39 %	18 %

### 5.2 Tillämpning, dataunderlag och osäkerheter

Analysen baseras i första hand på årliga högsta värden av tillrinnande flöde beräknat från observationer till vilka en frekvensfördelning anpassas. Frekvensfördelning och metoden för parameterskattning ska vara vedertagna för hydrologisk analys och representera data väl för höga flöden. Genom att använda alternativa dataunderlag såsom exempelvis vår- och höstflöden beskrivs implicit olika dominerande hydrologiska processer. Med frekvensanalys beräknas tillrinnande flöde som motsvarar årlig sannolikhet 1/100, 1/200 respektive 1/500 i den mån dessa fordras av kravställning (se kapitel 2). Vid beräkning av extrema flöden med mycket låg årlig sannolikhet att överskridas jämförs dessa lämpligen med resultat från beräkningsmetod I.

Valet av tidsperiod påverkar resultaten liksom valet av frekvensfördelning och metod för skattning av dess parametrar. Det är lämpligt att utvärdera mer än en fördelningsfunktion och parameterskattningsmetod samt att genomföra beräkningen för

olika tidsperioder. Frekvensanalysen kan kompletteras med beräkning av konfidensgränser och anpassningsmått för att skatta osäkerheten i beräkningen.

Det kan vara svårt att tillämpa frekvensanalys i vattendrag som är starkt påverkade av regleringar. Därför kan simulering med en hydrologisk modell och standardiserad reglering (Hallberg m.fl., 2016a) för den aktuella utbyggnaden vara ett lämpligt sätt att ta fram ett lämpligt dataunderlag. Detta medger ofta att längre tidsserier kan användas i frekvensanalysen och det reglerade vattendragets flödesrespons kan bedömas och analyseras i tillägg till observationsdata.

Dataserien för tillrinning bör vara så lång som möjligt, helst längre än 50 år. Om sådana data inte finns tillgängliga, är det nödvändigt att utföra analysen för en kortare serie. En kortare serie ökar osäkerheten och ställer större krav på att den valda perioden kan anses vara representativ för klimatet i regionen.

Om tillrinningsdata saknas för den aktuella platsen, får beräkningar utföras med ledning av observationer i annat avsnitt av det aktuella vattendraget, observationer i närliggande vattendrag eller modellberäknad tillrinning.

Om beräknade extremvärden används för att beskriva dynamiska förlopp via s.k. tillrinningshydrografer, bör konservativa ansatser tillämpas för att inte underskatta vattenvolymer och varaktigheter. Tillämpningen bör i dessa fall utformas robust även sett till möjliga tidsförlopp och inte begränsas till en enskild hydrograf eller ett händelseförlopp.

Exempel på tillämpning av beräkningsmetod II visas i Bilaga 5.

## **6 Utförande och dokumentation**

### **6.1 Utförande, organisation och kompetens**

Beräkning av dimensionerande flöde är en omfattande procedur som består av många arbetsmoment, vilket kräver särskild kompetens och rutiner för kvalitetssäkring.

Arbetet fordrar hydrologisk fackkunskap samt kunskaper inom vattenreglering och dammsäkerhet. Beräkningarna bör utföras av personal med erfarenhet av hydrologisk analys och modellering samt god kännedom om vattenhantering för dammar inom vattenkraft och/eller gruvsdrift.

Arbetet kräver vidare att rutiner upprättas för att säkerställa kvaliteten i resultaten. Kvalitetssäkringen bör bland annat innebära att beräkningarna rutinmässigt kontrolleras av annan än den som utfört beräkningarna, dokumenterad internkontroll hos utföraren och granskning hos dammägaren.

Höga krav ställs även på dokumentation av beräkningsförutsättningar och beräkningsresultat. Dokumentation görs i den omfattning som behövs för att visa och stödja:

- Kravuppfyllnad - Redovisande dokument ska visa att beräkningen följer gällande riktlinjer. En sakkunnig person ska med stöd av dokumentationen kritiskt kunna granska beräkningen och motiveringar till gjorda antaganden.
- Repeterbarhet och spårbarhet - Beräkningen ska kunna återskapas vid behov och eventuella orsaker till skillnader i resultat mellan olika beräkningsversioner klagöras.
- Beräkningsförutsättningar - Beräkningsverktyg och underlag ska dokumenteras så att osäkerheter kan bedömas. Då en hydrologisk modell använts ska osäkerheter och förutsättningar för kalibrering redovisas, så att det kan bedömas om det finns anledning att förnya beräkningarna vid förändringar i beräkningsförutsättningarna.

Arkiveringsmetoden bör ge möjlighet till åtkomst till faktaunderlag som kan ge mervärden för dammsäkerhetsarbetet, t.ex. underlag såsom beräkningsvarianter med olika förutsättningar eller antaganden.

### **6.2 Utförarens dokumentation**

Beräkningsmetod I dokumenteras så att det enkelt går att överblicka beräkningsförutsättningarna samt att återskapa tidigare versioner av modelluppsättningen. Jämförelser av resultat mellan olika versioner bör möjliggöras, t.ex. genom passande namnsättning av indatafiler och resultatfiler. Om både totala och lokala beräkningar av dimensionerande flöde har gjorts bör även de beräkningsfall som inte ger det dimensionerande tillfället dokumenteras. För att tydliggöra utförda beräkningar, samt möjliggöra en bedömning av arbetets kvalitet bör dokumentationen struktureras på ett överskådligt sätt och innehålla följande punkter;

1. Anläggningsdata
2. Regleringsuppgifter
3. Modelluppgifter

- 3.1. Delområden
- 4. Modellkalibrering
  - 4.1. Kalibreringsperiod för aktuella delområden
  - 4.2. Modellanpassning
  - 4.3. Ansättning av parameterar för ej kalibrerade områden
  - 4.4. Anpassningar för älvsystemet – tidsförskjutningar mellan delområdena
  - 4.5. Förmåga att återge historiska flöden i vattendraget
- 5. Beräkningar av dimensionerande flöde (total och lokal beräkning)
  - 5.1. Områdeskaraktäristik
  - 5.2. Snöberäkning
  - 5.3. Nederbördssekvens
  - 5.4. Dimensioneringsuppgifter
  - 5.5. Resultat dimensionerande flöde (vår- och hösttillfälle)
- 6. Känslighetsanalys
  - 6.1. Känslighetsanalys för ett klimat i förändring
  - 6.2. Analys av känslighet i indata och beräkningsförutsättningar
- 7. Utförare
- 8. Förvaltning/arkivering

Exempel på dokumentation visas i Bilaga 4.

Beräkningsmetod II dokumenteras så att det enkelt går att överblicka beräkningsförutsättningarna samt att beräkningarna går att återskapa. Utöver hydrologiska data som utgör underlag för beräkningarna dokumenteras urvalskriterium och tidsperiod för data samt tekniska aspekter rörande frekvensanalys såsom val av fördelningsfunktioner och tillhörande metod för parameterskattning. Frekvensanalysen bör presenteras grafiskt. För att tydliggöra utförda beräkningar, samt möjliggöra en bedömning av arbetets kvalitet bör dokumentationen struktureras på ett överskådligt sätt och innehålla följande punkter:

- 1. Allmänna uppgifter
- 2. Frekvensanalys
- 3. Känslighetsanalys och anpassningsmått
- 4. Utförare
- 5. Förvaltning/arkivering

Om beräkningarna grundas helt eller delvis på observationer från annan punkt eller om modellberäknad tillrinning använts, ska detta tydligt framgå. Dokumentationen ska då omfatta vilken eller vilka mätstationer som använts och hur de är analyserade, samt motivering av varför dessa valts. I fallet med modellberäknad tillrinning dokumenteras antaganden och förutsättningar för modellen som även arkiveras med beräkningarna.

Exempel på dokumentation visas i Bilaga 5.

### 6.3 Dammägarens dokumentation

Dammägaren kontrollerar och dokumenterar beräkning och bestämning av dimensionerande flöde. Beslut rörande dimensionerande flöde, dimensionerande avbördningsförmåga och dimensionerande vattenstånd åtföljs av en motivering.

Förordning (2014:214) om dammsäkerhet ställer krav på den som är skyldig att underhålla en damm som är klassificerad i dammsäkerhetsklass A, B eller C enligt miljöbalken. Kravet om att upprätta och arbeta enligt ett säkerhetsledningssystem<sup>6</sup>, fordrar en systematik för informationshantering (Svenska kraftnät, 2020b). I riktlinjer för dammsäkerhet, RIDAS (Energiföretagen, 2019a) finns uttolkning av god praxis för hantering av anläggningsinformation.

---

<sup>6</sup> Bestämmelsen omfattar inte gruvdammar som utgör en riskanläggning enligt 10 § förordningen (2013:319) om utvinningsavfall. För dessa ställs istället motsvarande krav i nämnda förordning, och kompletterande vägledning ges i GruvRIDAS (2021).



## 7 Referenser

- Andréasson, J., Bergström, S., Carlsson, B., & Graham, L.-P. (2004). Hydrological Change - Climate Change Impact Simulations for Sweden. *AMBIO* nr 4-5, 228-234.
- Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Johansson, B., Lindström, G., & Rosberg, J. (2011a). Analys av osäkerheter vid beräkning av dimensionerande flöden för dammar i flödesdimensioneringsklass I. *Elforsk rapport 11:31*.
- Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Gustavsson, H., Hallberg, K., & Rosberg, J. (2011b). Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring - metodutveckling och scenarier. *Elforsk rapport 11:25*.
- Andréasson, J., Bergström, S., German, J. och Hallberg, K. (2013). Hydrological flood design in Sweden – Climate change and inherent uncertainties In: *Climate and Land Surface Changes in Hydrology. Proceedings of HO1, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg, Sweden. IAHS Publ. 359. pp 17-22.*
- Arheimer, B., & Lindström, G. (2015). Climate impact on floods: changes in high flows in Sweden in the past and the future (1911-2100). In *Hydrology and Earth System Sciences (Vol. 19), 771–784.*
- Bergström, S., Harlin, J., & Lindström, G. (1992). Spillway design floods in Sweden. I: *New guidelines. Hydrological Sciences Journal 37, 505-519.*
- Bergström, S., Carlsson, B., Gardelin, M., Lindström, G., Petterson, A., & 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., Hellström, S.-S., Lindström, G., & Wern, L. (2008). Follow-up of the Swedish Guidelines for Design Flood Determination for Dams. *Svenska kraftnät report No. 1:2008, BE 90.*
- Bergström, S., Andréasson, J., & Graham, L. P. (2012). Climate adaptation of the Swedish Guidelines for Design Floods for Dams. *24th ICOLD Congress in Kyoto, Japan.*
- Bergström, S., & Andréasson, J. (2013). Accounting for climate change and uncertainty: experience from strategic adaptation projects in Sweden. In: *Climate and Land Surface Changes in Hydrology. IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg, Sweden. IAHS Publ. 359., pp 11–16.*
- Brandesten, C.-O., Larsson, P., & Uljanova, M. (2006). Dammsäkerhet - Uppföljning dimensioneringsberäkningar. *Elforsk rapport 06:10.*
- Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values.* Springer-Verlag.
- Energiföretagen (2019a). *RIDAS 2019 – Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet.* ISBN: 978-91-985291-0-4.

- Energiföretagen (2019b). RIDAS – Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet - Tillämpningsvägledning Kapitel 3 Klassificering.
- Flödeskommittén (1990). Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Slutrapport från Flödeskommittén. Statens Vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreningen och Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.
- German, J., Södling, J., & Hamberg, C. (2014). Uppföljning av dimensioneringsberäkningar – Kompletterande uppföljning t.o.m. 2013. Elforsk rapport 14:52.
- German, J., Södling, J., Olsson, A., & Lovell, J. (2020). Fördelning av extrem dygnsnederbörd. Energiforsk rapport 2020:703.
- Hallberg, K., Andréasson, J., Axén-Mårtensson, J., Bergström, S., Dahné, J., Nylén, L., & Sjökvist, E. (2014). Metodbeskrivning och jämförande studie av dimensionerande flöden för dammanläggningar med två generationer klimatscenarier. Elforsk rapport 14:27.
- Hallberg, K., German, J., Losjö, K., & Södling, J. (2016a). Hög tillrinning i reglerade vattendrag. Energiforsk rapport 2016:320.
- Hallberg, K., Andréasson, J. & Sjökvist, E. (2016b) Design flood assessment in a changing climate – adaptation based on new emission scenarios. ICOLD 25th Congress in Stavanger, Norge.
- IPCC (2019). IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press
- IPCC (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- Jewert, M., Söderström, A., Midbøe, F., & Åstrand, S. (2015). Beräkning av dammhaveri och översvämningsskartering - Metodik och erfarenheter. Energiforsk rapport 2015:119.
- Johnell, A. & German, J. (2021). Timupplösning av nederbördssekvens för små avrinningsområden – En känslighetsanalys. Energiforsk.
- 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., & Harlin, J. (1992). Spillway design floods in Sweden. II: Applications and sensitivity analysis. Hydrological Sciences Journal 37, 521-539.

- Lindström, G., Harlin, J., Olofsson, J. (1993). Uppföljning av Flödeskommitténs riktlinjer. SMHI Hydrologi Nr 46.
- Losjö, K., Södling, J., Wern, L., & German, J. (2019). Uppföljning av de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. SMHI Klimatologi Nr 51.
- Midböe, F., & Åstrand, S. (2017). Vägledning för konsekvensutredning av mindre dammar. HydroTerra och WSP.
- Norstedt, U., Brandesten, C.-O., Bergström, S., Harlin, J., & Lindström, G. (1992). Reevaluation of hydrological dam safety in Sweden. International Water Power & Dam Construction.
- SveMin (2021). GruvRIDAS – Gruvbranschens riktlinjer för dammsäkerhet.
- Svenska kraftnät, Svensk Energi, SveMin (2007). Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar - Utgåva 2007.
- Svenska kraftnät, Svensk Energi, SveMin (2015). Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar - Utgåva 2015.
- Svenska kraftnät, Svensk Energi, SveMin och SMHI. (2011). Dammsäkerhet och klimatförändringar. Slutrapport från Kommittén för dimensionerande flöden för dammanläggningar i ett klimatförändringsperspektiv.
- Svenska kraftnät (2017). Konsekvensutredningar och dammsäkerhetsklassificering - Vägledning avseende Affärsverkets svenska kraftnät föreskrifter och allmänna råd om konsekvensutredning enligt 2 § förordningen (2014:214) om dammsäkerhet. Dnr 2017/773.
- Svenska kraftnät (2020a). Dammsäkerhet -Tillämpliga regelverk, vägledningar och stöd. Dnr 2020/493.
- Svenska kraftnät (2020b). Säkerhetsledningssystem, helhetsbedömning och årlig dammsäkerhetsrapportering. Dnr 2020/4155.
- Vedin, H., & Eriksson, B. (1988). Extrem arealnederbörd i Sverige 1881–1988. SMHI Meteorologi Nr 76.
- Wern, L. (2012). Extrem nederbörd i Sverige under 1 till 30 dygn, 1900–2011. SMHI Meteorologi Nr 143.

## Bilaga 1 Terminologi

Term	Förklaring
Avbördning	Bortledning av vatten, is och drivgods från ett magasin till dess nedströmsområde eller utflöde från en naturlig sjö.
Avbördningsanordning	Konstruktion och utrustning för att släppa ut och leda vatten från ett magasin till dammanläggningens nedströmsområde <sup>7</sup> , exempelvis utskov eller pumpsystem.
Avbördningsförmåga	För dammanläggningar avses dokumenterad kapacitet hos de avbördningsanordningar som håller sådan driftmässig status att de kan tas i anspråk när behov uppstår. Normalt medräknas ej produktionstappning.  För naturliga sjöar avses den kapacitet som följer av sjöutloppets funktion.
Damm	En vattenanläggning vars syfte är att dämna upp eller utestänga vatten eller blandningar av vatten och annat material <sup>8</sup> .
Dammanläggning	Samlingsbegrepp för en eller flera dammar som tillsammans dämmer upp ett magasin och/eller skyddar lägre liggande områden från översvämning. Begreppet innefattar även dammar som reglerar vattenytor i anslutning till magasinet <sup>9</sup> .
Dammhaveri	Ett okontrollerat utströmmande av det vatten eller den blandning av vatten och annat material som dammen är avsedd att dämna upp eller utestänga <sup>8</sup> .
Dimensionerande flöde	Dimensionerande flöde avser den vattenföring som en dammanläggning utan att skadas allvarligt ska kunna motstå och släppa förbi.
Dimensionerande snömagasin	Snömagasin, med årlig sannolikhet 1/30 att inträffa eller överskridas, som används vid tillämpning av beräkningsmetod I
Dimensionerande tillfälle	Den tidsperiod som med beräkningsmetod I resulterar i högsta simulerade vattenstånd. Ofta särskiljs tillfällena före/efter 1:a augusti vilka då benämns vår-/hösttillfälle
Dimensionerande avbördning	Högsta avbördning i samband med det dimensionerande tillfället vid tillämpning av beräkningsmetod I
Dimensionerande tillrinning	Högsta tillrinnande flöde i samband med det dimensionerande tillfället vid tillämpning av beräkningsmetod I

<sup>7</sup> Energiföretagen (2019). RIDAS 2019 - Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet. Tillämpningsvägledning Kapitel 1.

<sup>8</sup> 11 kap. miljöbalken

<sup>9</sup> Affärsverket svenska kraftnäts föreskrifter och allmänna råd om konsekvensutredning enligt 2 § förordning (2014:214) om dammsäkerhet (SvKFS 2014:1)

Dimensionerande vattenstånd	Högsta vattenstånd i samband med det dimensionerande tillfället vid tillämpning av beräkningsmetod I.
Högt flöde	Flöde inom storleksintervall som motsvarar årlig sannolikhet 1/5 – 1/25 att inträffa.
Mycket högt flöde	Flöde inom storleksintervall som motsvarar årlig sannolikhet 1/25 – 1/100 att inträffa.
Extremt flöde	Flöde som överstiger den storlek som motsvarar årlig sannolikhet 1/100 att inträffa, men understiger ett flöde som följer av beräkningsmetod I.
Mycket extremt flöde	Flöde av storleksordning som följer av beräkningsmetod I eller därutöver.
Magasin	Den mängd vatten, eller blandningar av vatten och annat material, som däms upp av en eller flera dammar <sup>9</sup> .
Spill	Bortledning av vatten från ett magasin utan att detta nyttiggörs för andra syften som exempelvis elproduktion.
Tappning	Bortledning av vatten från ett magasin, vilket kan omfatta både tappning genom kraftverk (produktionstappning) och tappning genom avbördningsanordningar (spiltappning)
Vattenanläggning	En anläggning, som har kommit till genom en vattenverksamhet, tillsammans med manöveranordningar som hör till en sådan anläggning <sup>8</sup> .
Årlig sannolikhet	Matematiskt beräknad sannolikhet eller frekvens över en viss tidsperiod, som sammankopplar flödesstorlek och förekomst. Begreppet anger årlig sannolikhet för en flödesstorlek att inträffa eller överträffas ( <i>eng Annual Exceedance Probability</i> ).

## Bilaga 2 Bakgrund och historik

### Dimensionering tidigare - utvecklingen av 1990 års riktlinjer

Dammar har konstruerats i Sverige under flera sekel vilket utvecklat kunskap och erfarenheter inom dammbyggnadsteknik för nordiska förhållanden. Regler och gemensamma riktlinjer för konstruktion och dimensionering har införts under de senaste decennierna medan det tidigare varit i huvudsak verksamhetsutövaren som avgjort hur dammar konstruerats. Statens vattenfallsverk, Vattenfall, utarbetade tidigt olika anvisningar för utformning och byggande av dammar vilka även nyttiggjordes av andra företag. Vattenkraftutbyggnaden kulminerade under 1950- och 1960-talen, och sedan slutet av 1970-talet har inte nybyggnad av vattenkraft skett i någon större omfattning (Svenska kraftnät, 2020a). Under utbyggnadsepoken fanns teknisk expertis och hydrauliskt laboratorium vid Kungliga Tekniska Högskolan, men det saknades fastlagda regler för beräkning av dimensionerande flöden. Ofta användes enkla tumregler såsom en säkerhetsmarginal om 10–20 % till högsta uppmätta flöde på platsen (Flödeskommittén, 1990).

Höga flöden och översvämningar i början av 1980-talet föranledde bildandet av Flödeskommittén med uppgift att utarbeta riktlinjer för beräkning av dimensionerande flöde för kraftverks- och regleringsdammar. Kommittén studerade nationellt och internationellt förekommande dimensioneringsmetoder och SMHI genomförde studier av observerade höga flöden och extrem arealnederbörd i Sverige. Det konstaterades att de viktigaste flödesskapande faktorerna att beakta är nederbörd, snösmältning, markfuktighetsunderskott samt magasinsfyllnad och det föreslogs att konsekvenser vid dammhaveri skulle utgöra grund för differentierade krav på dimensionerande flöde. För detta ändamål skapades ett konsekvensbaserat klassificeringssystem för dammar med indelning i riskklass I respektive II (senare flödesdimensioneringsklass I och II).

Kommittén utvecklade en ny metod för bestämning av dimensionerande flöden som baseras på hydrologisk modellteknik och beskriver följderna av att extremt stora nederbörds mängder, en dimensionerande nederbördssekvens, faller under särskilt ogynnsamma förhållanden. Storleken av den dimensionerande nederbördssekvensen bestämdes genom analys av observerad extrem arealnederbörd i olika delar av Sverige, främst på observationer under åren 1881–1988 (Vedin och Eriksson, 1988). För dammar av lägre riskklass (med mindre allvarliga konsekvenser vid haveri) föreslogs dimensionerande flöde beräknat enligt frekvensanalys. Det viktigaste skälet att begränsa tillämpningen av frekvensanalys var enligt kommittén den stora osäkerhet som följer vid extrapolation till flöden med långa återkomsttider (flödesstorlek med låg årlig sannolikhet att överskridas).

Metoden att överlagra ovanliga flödesskapande faktorer stod i stark kontrast till vid tiden förekommande internationella dimensioneringsmetoder och efter publiceringen av Flödeskommitténs riktlinjer presenterades metodiken i internationella tidskrifter (Norstedt m.fl., 1992; Bergström m.fl., 1992; Lindström och Harlin, 1992) och vid vetenskapliga konferenser.

## 2007 - års riktlinjer - förändringar sedan 1990

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 år 2005 (KFR, 2005).

Tänkbara förändringar av extrema flöden i Sverige hade studerats (Bergström m.fl., 2001; Andréasson m.fl., 2004). Resultaten visade att en global uppvärmning troligen leder till lägre vårflöden i Sverige, 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.

Svenska kraftnät, Svensk Energi och SveMin utsåg i samverkan KFR att ansvara för att ta fram en ny utgåva av riktlinjerna som publicerades 2007 (Svenska kraftnät m.fl., 2007) och ersatte riktlinjerna i Flödeskommitténs slutrapport och de därefter gjorda tilläggen. Den nya kortare utformningen innebar att allt bakgrundsmaterial inte kunde inkluderas. Arbetet med nyutgåvan tog också stöd i uppföljning av riktlinjerna (Lindström, m.fl., 1993; Brandesten m.fl., 2006) och extrema flöden som inträffat i reglerade älvar, bland annat åren 1995 och 2000. Den samlade bedömningen är att riktlinjerna beskriver en extrem flödesutveckling på ett realistiskt sätt.

I 2007 års nyutgåva inarbetades bland annat slutsatserna i KFR:s rapport från 2005. Det innebar att riktlinjernas tillämpning med hänsyn till förändringar av det framtida klimatet behandlades. Metoderna i riktlinjerna reviderades dock inte och innebörden av de ursprungliga riktlinjerna med tillägg var i huvudsak oförändrad med följande undantag:

- Riktlinjernas giltighet för dimensionering enligt flödesdimensioneringsklass I utökades till att omfatta tillrinningsområden ner till storleken 1 km<sup>2</sup>. Det innebar att riktlinjernas tillämpning för gruvindustrins dammanläggningar, som ofta har mycket små tillrinningsområden, tydliggjordes. Vidare klargjordes att riktlinjerna inte gäller för ett så långt tidsperspektiv som kan vara aktuellt för långtidsfasen för vissa gruvdammsdeponier.
- 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.
- De geografiska regionerna för riktlinjernas giltighet utökades till att omfatta hela Sveriges avrinningsområde, d.v.s. även delar av Norge och Finland.
- Reservation görs för riktlinjernas tillämpbarhet för Väneren och eventuella andra fall som liknar Väneren.
- 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-årstillrinningen (tillrinnande flöde av storlek som motsvarar årlig sannolikhet 1/100 att inträffa eller överskridas).

- De anvisningar som fanns i Flödeskommitténs slutrapport om tillfälliga dammar/fångdammar togs inte med i den nya utgåvan, då dessa anvisningar inte ansetts tillräckligt genomarbetade.

Vidare ersattes begreppet *riskklass*, som användes i de ursprungliga riktlinjerna, med begreppet *flödesdimensioneringsklass*. Dessutom tillkom avsnitt som berör dokumentation, kompetens, kvalitetskontroll samt tillämpningsexempel.

## 2015 - års riktlinjer - förändringar sedan 2007

År 2008 bildades Kommittén för dimensionerande flöden för dammar i ett klimatförändringsperspektiv genom en överenskommelse mellan Svenska kraftnät, Svensk Energi, SveMin och SMHI. Kommittén analyserade och värderade under 2008–2011 klimatfrågans betydelse för dammsäkerheten, och utarbetade en vägledning till dammägarna för utförande av framtida dimensioneringsberäkningar för dammar i ett klimat i förändring (Svenska kraftnät m.fl., 2011). Arbetet utfördes i nära samverkan med ett projekt för utveckling av metodik för att utnyttja klimatscenarier vid beräkning av dimensionerande flöde (Andréasson m.fl., 2011b). Metoden för klimatanpassning av beräkningsmetoderna presenterades därefter vid internationella konferenser (Bergström m.fl., 2012; Bergström och Andréasson, 2013; Andréasson m.fl., 2013; Hallberg m.fl., 2016b). Resultaten visar att den metodik som gemensamt utvecklats av kraftindustrin, Svenska kraftnät och SMHI ger goda resultat.

År 2010–2011 genomfördes även en studie av olika ingående osäkerheter vid beräkningar av dimensionerande flöde (Andréasson m.fl., 2011a). Bl.a. drogs slutsatserna att det finns skäl att se över beräkningar gjorda med äldre modellversioner och att det är viktigt att beakta klimatosäkerheten vid framtida beräkningar.

Flödeskonferensen tillsatte 2011 en arbetsgrupp med uppgift att bereda frågan om beskrivning av dammars flödesdimensionering och marginaler sett i ett vattendragsperspektiv. 2013 utökades arbetet till att genomföra en översyn av riktlinjerna som helhet, med huvudsaklig inriktning på tydliggörande av arbetssätt och dokumentation av beräkningar av dimensionerande flöde. Syftet var även att inkludera andra resultat och erfarenheter som vunnits genom bl.a. Klimatkommitténs arbete. Som grund för översynen tog Flödeskonferensen även initiativ till att genomföra en uppföljning av riktlinjernas tillämpning fram t.o.m. år 2013 (German m.fl., 2014), med utgångspunkt från resultat från den tidigare uppföljningen (Brandsten m.fl., 2006) och därefter lyfta frågeställningar. Nederbördsobservationer efter 1990 bekräftade i stort sett den ursprungliga analysen även om variationer i förekomst av extrema regn observerades (Bergström m.fl., 2008; Wern 2012).

Förändringarna i 2015 års utgåva sammanfattas enligt följande:

- Klimatkommitténs slutsatser och rekommendationer samt relaterade utvecklingsprojekt om användningen av klimatscenarier för beräkningar av dimensionerande flöde i ett klimat i förändring inarbetades.



- Vikten av samordning och fortlöpande informationsutbyte mellan dammägarna i ett vattensystem framhålls, samt att beräkningar för dammanläggningar i ett vattendrag bör hanteras samlat i en gemensam modell.
- Flödesdimensioneringsklass III infördes (explicit) för de anläggningar som faller utanför klass I och II, men krav på avbördningskapacitet anges inte i riktlinjerna.
- Grundregeln att 100-årstillrinningen ska kunna avbördas vid dämningensgränsen för såväl dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass I som II omformulerades med hänsyn till att denna kombination av tillrinning och nivå i magasinet i praktiken kan anses vara utesluten vid vissa anläggningar.
- Behovet av lämpliga beräkningsantaganden för uppströms liggande dammanläggningars magasinerings- och tappningskapacitet tydliggjordes med hänsyn till att flödesdämpning inte bör överskattas, då detta kan påverka dimensionerande flöde och vattenstånd för nedströms liggande dammanläggningar.
- Värdet av god dokumentation och kvalitetssäkring av beräkningar av dimensionerande flöde betonas. Beskrivningar om dokumentation av beräkningar utvecklades liksom tillämpningsexempel och förklaringar av ingående poster i dokumentationen, och inarbetades i bilagor med beräkningsexempel.

## 2022 - års riktlinjer - förändringar sedan 2015

I 2022 års utgåva har riktlinjerna genomgått en omfattande omarbetning i förhållande till 2015 års utgåva. Riktlinjerna har anpassats för att ansluta till den samlade dammsäkerhetsreglering som trädde i kraft år 2014 och terminologin har moderniserats. Kapitelindelningen är ny, bilagor har omstrukturerats och bilagor för terminologi och historik har tillkommit.

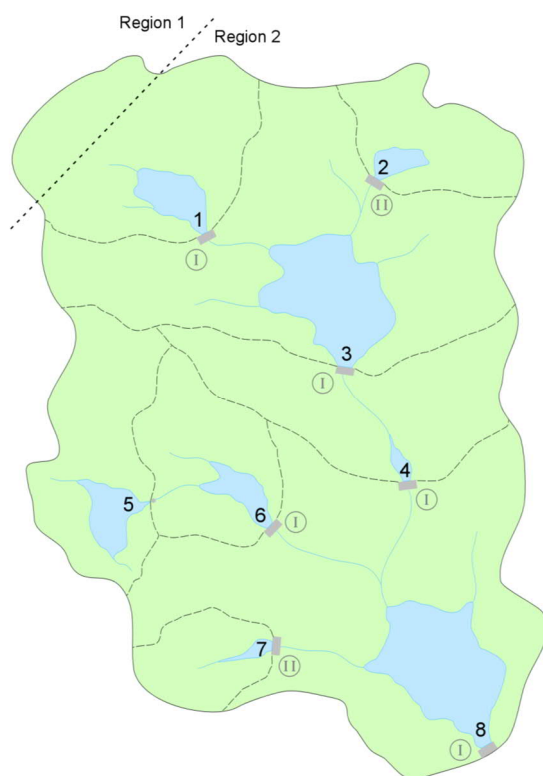
De huvudsakliga förändringarna sammanfattas enligt följande:

- Begreppet dimensionerande flöde används allmänt för att beskriva den vattenföring som en dammanläggning utan att skadas allvarligt ska kunna motstå och släppa förbi.
- Kravställningen avseende dimensionerande flöde utgår ifrån konsekvenser av dammhaveri i samband med höga till mycket extrema flöden, vilka bedöms för de skadekategorier som ligger till grund för dammsäkerhetsklassificering enligt 11 kap. 24 § miljöbalken.
- Kravställningen differentieras på en femgradig skala, vilket innebär att kraven tätare följer konsekvenserna av dammhaveri vid högflödessituationer. De förändrade kraven innebär i några fall lättnader men i andra fall skärpningar. Den tidigare skalan och bedömningsgrunderna för differentierade krav (Flödesdimensioneringsklass I-III) utgår därmed.
- Allvarlighetsgraden för konsekvenser vid dammhaveri vid höga till mycket extrema flöden bedöms enligt Svenska kraftnäts föreskrifter och vägledning för konsekvensutredning, som i delar kompletteras av Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet.
- Terminologin för höga till mycket extrema vattenföringar har moderniserats. Frekvensen eller förekomsten av höga till extrema flöden beskrivs statistiskt som årlig sannolikhet istället för återkomsttid.

- Riktlinjerna beskriver två olika metoder för beräkning av dimensionerande flöde; beräkningsmetod I och II. Metoderna är innehållsmässigt i allt väsentligt oförändrade jämfört med tidigare utgåvor av riktlinjerna.
- Beräkningsmetod I (hydrologisk modellteknik) har förtydligats avseende utformning av regleringsstrategi för gruvdammanläggningar och dammanläggningar avsedda för andra ändamål än produktion av vattenkraftsel.
- Beräkningsmetod II (frekvensanalys) tillåter användande av data från hydrologiska modeller.
- Dammägarens dokumentation av dimensionerande flöde bör ingå som en del i den systematiska informationshanteringen, i linje med förekommande säkerhetsledningssystem.
- Behovet av översyn av dimensionerande flöde prövas vart tionde år anläggningsvis eller vattendragsvis samt vid större förändringar av dammens design eller funktion.
- Vindhastigheter för bestämning av vindeffekter har utgått ur riktlinjerna.

### Bilaga 3 Principiell beräkningsgång för ett vattendragssystem

I det följande exemplifieras hur beräkningar av dimensionerande flöde 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 tillämpningen av beräkningsmetod I respektive beräkningsmetod II)*

Dimensionerande flöde och beräkningsmetod för de i systemet ingående dammanläggningarna har bestämts utifrån konsekvenserna av ett dammhaveri enligt anvisningarna i kapitel 2. För varje regleringsmagasin, samt för områden nedströms stora sjöar och regleringsmagasin, görs en bedömning om det föreligger behov av lokal beräkning av dimensionerande flöde. Här redovisas exempel på några av de fall där det kan vara nödvändigt att utföra lokala beräkningar. Beräkningsmetodikerna kan i praktiken tillämpas på valfri punkt i vattendrag.

Beräkningar av dimensionerande flöde utförs för punkter 1–8 i vattendraget enligt följande:

#### ***Punkt 1 - Beräkningsmetod I:***

Totalt dimensionerande flöde beräknas 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 enligt beskrivningen i avsnitt 4.7

Tillrinning som motsvarar årlig sannolikhet 1/100 beräknas med beräkningsmetod II (frekvensanalys) enligt anvisningarna i kapitel 5 vilket svarar mot grundkravet om minsta avbördningsförmåga vid dämningensgräns.

#### ***Punkt 2 - Beräkningsmetod II:***

Tillrinning beräknas med beräkningsmetod II (frekvensanalys) enligt anvisningarna i kapitel 5.

Om observationsdata finns tillgängligt, utnyttjas i första hand tidsserier bestående av varje årshögsta tillrinning till punkt 2.

#### ***Punkt 3 - Beräkningsmetod I:***

Totalt dimensionerande flöde beräknas 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 sedan genom modellsimulering med denna areal- och höjdkorrektion. Vid alla tre dammanläggningarna 1, 2 och 3 tillämpas regleringsstrategi enligt avsnitt 4.7

Tillrinnande flöde som motsvarar årlig sannolikhet 1/100 beräknas med beräkningsmetod II (frekvensanalys) enligt anvisningarna i kapitel 5 vilket svarar mot grundkravet om minsta avbördningsförmåga vid dämningensgräns.

#### ***Punkt 4 – Beräkningsmetod I:***

Totalt dimensionerande flöde beräknas 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 4.7.

Eftersom dämningen i magasinet i punkt 3 är stor och den lokala tillrinningen nedströms magasinet kan bli betydande, görs även en lokal beräkning av dimensionerande flöde 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. Vid dammanläggning 4 tillämpas regleringsstrategi enligt avsnitt 4.7. Vid de uppströms liggande dammanläggningarna 1, 2 och 3 tillämpas den regleringsstrategi som bedöms vara rimlig vid den aktuella flödessituationen i dessa delområden.

Tillrinnande flöde som motsvarar årlig sannolikhet 1/100 beräknas med beräkningsmetod II (frekvensanalys) enligt anvisningarna i kapitel 5 vilket svarar mot grundkravet om minsta avbördningsförmåga vid dämningensgräns.

#### ***Punkt 5:***

Detta är en naturlig sjö som betraktas som ett delområde, för att 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 beräkningsresultaten nedströms.

### ***Punkt 6 - Beräkningsmetod I:***

Dimensionerande flöde beräknas för områden 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 beräkning av dimensionerande flöde 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.

Tillrinnande flöde som motsvarar årlig sannolikhet 1/100 beräknas med beräkningsmetod II (frekvensanalys) enligt anvisningarna i kapitel 5 vilket svarar mot grundkravet om minsta avbördningsförmåga vid dämningensgräns.

### ***Punkt 7 – Beräkningsmetod II:***

Tillrinning beräknas med beräkningsmetod II (frekvensanalys) enligt anvisningarna i kapitel 5.

Om observationsdata finns tillgängligt, utnyttjas i första hand tidsserier bestående av varje årshögsta tillrinning till punkt 7.

### ***Punkt 8 - Beräkningsmetod I:***

Totalt dimensionerande flöde beräknas 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 även en lokal beräkning av dimensionerande flöde 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. Vid dammanläggningarna 4, 7 och 8 tillämpas regleringsstrategi enligt avsnitt 4.7. 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 beräkning antas den dimensionerande nederbörden endast falla över delområdena 4–8, medan tillrinningen från övriga delområden beräknas med hjälp av observerade klimatdata.

Höjdkorrekturen beräknas individuellt för vart och ett av delområdena. Vid dammanläggningarna 6–8 tillämpas regleringsstrategi enligt avsnitt 4.7. Vid de uppströms liggande dammanläggningarna 1–4 tillämpas den regleringsstrategi som bedöms vara rimlig vid den aktuella flödessituationen i dessa delområden.

Tillrinnande flöde som motsvarar årlig sannolikhet 1/100 beräknas med beräkningsmetod II (frekvensanalys) enligt anvisningarna i kapitel 5 vilket svarar mot grundkravet om minsta avbördningsförmåga vid dämningensgräns. Om vattendraget är

kraftigt påverkat av reglering kan modellberäknat tillrinnande flöde med standardiserad reglering (Hallberg m.fl., 2016a) utgöra underlagsdata för frekvensanalys i tillägg till, eller istället för, observationsdata.

## Bilaga 4 Beräkningsmetod I - tillämpningsexempel

### Beräkningsexempel Håckren

I detta exempel utförs en beräkning för Håckrendammen (Figur 7) som ligger i Storån, ett biflöde till Indalsälven.



*Figur 7. Ombyggnadsarbeten för att förse Håckrendammen med ett nytt ytutskov.  
(Foto: Vattenregleringsföretagen, 2006)*

### Anläggningsdata

Håckrenmagasinet utgörs av 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. Avbördning via ytutskov.

## **Indata och modell**

HBV-modellen kalibreras mot lokal tillrinning (nedströms Ottsjön) till Håckrenmagasinet. Särskild vikt ägnas åt att beskriva höga flödestoppar på ett så korrekt sätt som möjligt. Tillrinningsområdet består av två delområden (Ottsjön och Håckren) i modellstrukturen. Beräkning av dimensionerande flöde avser hela tillrinningsområdet.

För modellberäkningen utnyttjas meteorologiska areella indata, samt vattenståndsdata för Håckren och vattenföringsuppgifter vid utloppet och inloppet. Perioden 1999–2010 används för kalibrering och 1986–1999 samt 2010–2016 används som valideringsperioder. För beräkning av dimensionerande flöde används klimatdata för perioden 1998–2017.

## **Starttillstånd och dimensionerande snömagasin**

En simulering för snöberäkning med HBV-modellen görs för perioden 1962–2017. Det största beräknade snömagasinet under dessa 56 år infaller 1976-05-02, då vatteninnehållet är 424 mm. Frekvensanalys av snömagasinets årliga maxvärden ger med Gumbel-fördelning 407 mm som storleken för dimensionerande snömagasin. Det senaste datumet då snömaximum inträffar är 6 maj (1981-05-06). Starttillstånd för dimensioneringsberäkningen skapas för följande dag, d.v.s. den 7 maj.

## **Regleringsstrategi**

Regleringsstrategi för beräkningen tillämpas enligt anvisningarna i avsnitt 4.7.

Uppgifter sammanställs om gällande sänknings- och dämningströskor, utbyggnadsvattenföring, minimitappning samt tappningsförmåga vid olika vattenstånd.

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

- Från början av vårfloden, tillämpas 0-tappning eftersom det inte finns någon föreskriven minimitappning.
- När magasinsnivån överstiger 90 % fyllnadsgrad, tappas tillrinningen genom kraftverket, upp till 50 m<sup>3</sup>/s.
- När magasinsnivån överstiger 95 % fyllnadsgrad tappas tillrinningen genom kraftverket, upp till maximal kapacitet (110 m<sup>3</sup>/s).
- När magasinsnivån överstiger 98 % fyllnadsgrad nyttjas ytutskovet för spill som ökar rätlinjigt till dämningströskan.
- Vid vattenstånd över dämningströskan nyttjas ytutskovet för full avbördning.

## **Dimensionerande nederbördssekvens**

Hela tillrinningsområdet ligger i region 2. Nederbördssekvens tillämpas enligt Tabell 2. Det dimensionerande värdet för dag 9 är 120 mm. Tillrinningsområdets medelhöjd är



820 m.ö.h., vilket (enligt Tabell 3) medför att sekvensen höjdkorrigeras med + 32,0 %. Tillrinningsområdet är 1167 km<sup>2</sup>, vilket (enligt Figur 4) medför arealkorrektion till 98,3 %. Den högsta dygnsnederbörden blir efter korrektionerna 155 mm.

## Beräkning av dimensionerande flöde

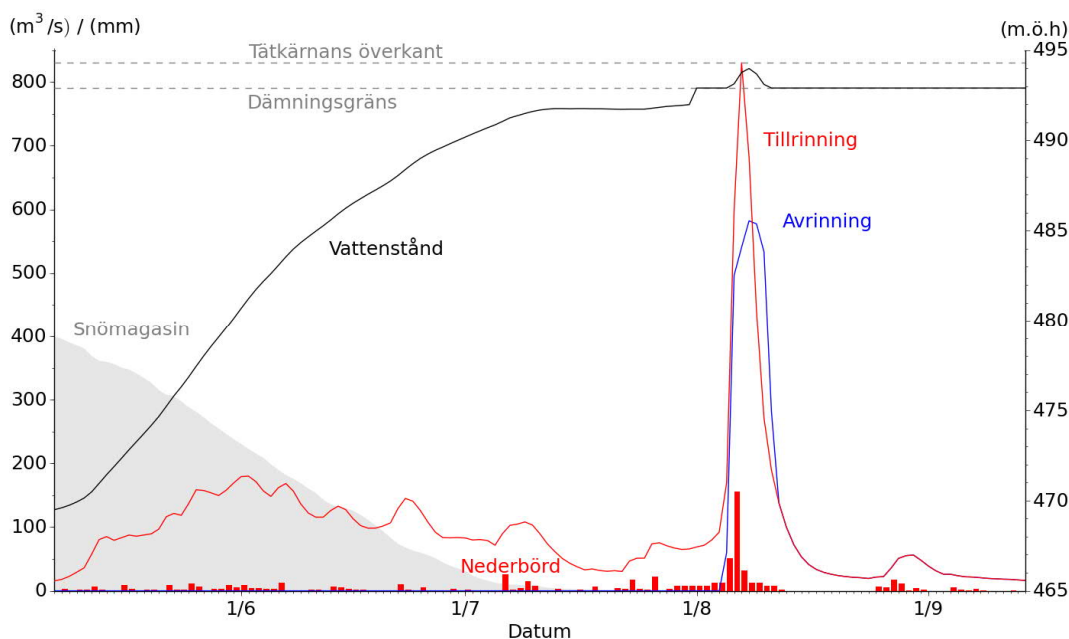
Beräkningen baseras på klimatdata för perioden 1998–2017. För förskjutning av nederbördssekvensen används steglängden 1 dygn. Som startvattenstånd antas + 469,40 vilket betyder att magasinet avsaknt (3,40 m över sänkingsgränsen). Den kontinuerliga ändringen av årstidskorrektionen enligt Figur 5, liksom justering av temperatur och nederbörd enligt avsnitt 4.9, hanteras automatiskt i den hydrologiska modellen.

## Resultat

Det dimensionerande tillfället är ett höstillfälle som inträffar i augusti 2015 (Figur 8). Det högsta vattenståndet erhålls när den dimensionerande nederbördssekvensen läggs över dagarna 29 juli-11 augusti. Detta innebär att den största nederbörden (155 mm) faller den 6 augusti.

Den största tillrinningen till magasinet blir 830 m<sup>3</sup>/s och inträffar 7 augusti, medan det största utflödet inträffar 8 augusti och blir 580 m<sup>3</sup>/s. Vattenståndet i magasinet blir som högst + 493,98 den 8 augusti, vilket innebär att dämningensgränsen överskrids med 1,08 m.

Beräkningarna kontrollerades hos utföraren av annan än den som har utfört beräkningarna samt dokumenterades.



Figur 8. Dimensionerande tillfälle för Håckren.

## Känslighetsanalys

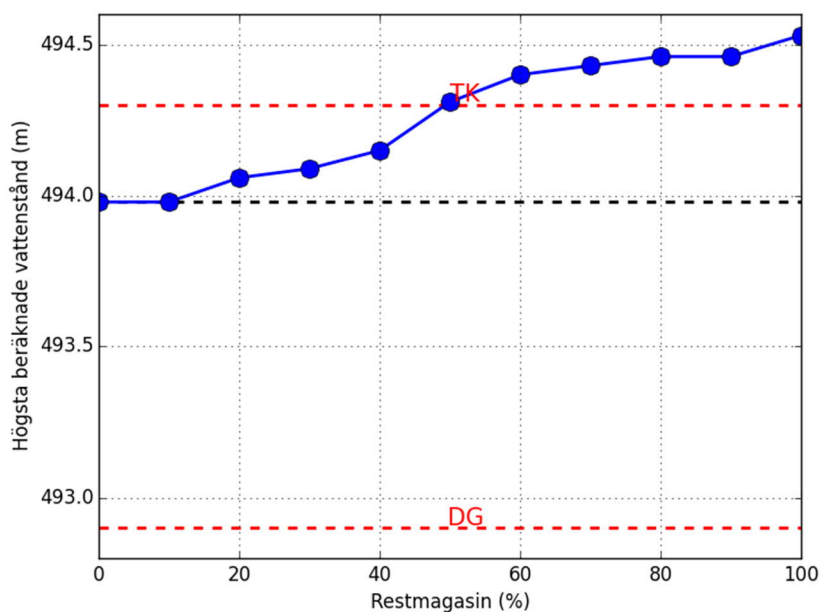
Med hänsyn till beräkningarnas inbyggda osäkerhet bör det finnas en marginal i anläggningen till vad beräkningsresultatet visar. Eventuellt kan det finnas behov av att göra analyser av hur stor marginalen bör vara. Vilka analyser som är lämpliga är beroende av det aktuella magasinets egenskaper och/eller de indata som använts vid beräkningen.

Kvaliteten på indata påverkar kalibreringen av modellen, vilket kan innebära en felkälla i resultatet. Tillrinningsdata under högflödesperioder kan innehålla felkällor beroende av att en stor del av flödet går genom utskov med sämre flödesbestämningar.

Omfattningen av underlag, såsom längden av tidsserier för tillrinning, är också av betydelse. Modellen kalibreras och valideras primärt för höga flöden vilka är ovanliga och i högre grad förekommer om tidsserierna är långa. Dokumentationen av indataserierna och kalibreringen är således viktig för att kunna dra slutsatser om resultatets tillförlitlighet (avsnitt 4.3).

Klimatet under tidsperioden som använts till beräkningarna påverkar också resultatet. Råder det osäkerhet i om valet av beräkningsperioder (för beräkning av dimensionerande snömagasin respektive dimensionerande flöde) är representativ kan en annan beräkningsperiod utvärderas.

Startvattenståndet (restmagasinet) kan ha stor betydelse för beräkningen vilket bör utvärderas om det råder osäkerhet om vilken avsänkning som kan förutsättas. En analys är att visa beräkningens känslighet för kvarvarande restmagasin, både vid den specifika anläggningen och vid uppströms liggande anläggningar, i ett vattendrags- och systemperspektiv. Ett enkelt sätt att åskådliggöra restmagasinets påverkan på resultatet är att i beräkningarna i alla uppströms liggande magasin successivt ansätta fyllnadsgrader på t.ex. 0 %, 10 %, 20 % osv. och redovisa resultaten av de resulterande dimensionerande vattenstånden. I Figur 9 visas en analys av Håckrens känslighet för kvarvarande restmagasin.



Figur 9. Känslighetsanalys för Håckren genom stegvis ökning av restmagasinet.

Ett sätt att analysera marginalen till anläggningens kritiska nivå är att utvärdera om och i så fall hur mycket tillrinningens storlek och intensitet kan öka utan att det dimensionerande vattenståndet överskrider till exempel tätkärnans överkant eller dammkrön. Ett enkelt sätt är att i beräkningen öka den dimensionerande nederbördssekvensen.

I Tabell 5 visas en beräkning för Håckren där nederbördssekvensen justerats upp genom att förändra areafaktorn. Resultatet visar att för att högsta vattenstånd ska nå tätkärnans överkant så krävs en ökning av areafaktorn från 0,98 till 1,06, vilket i det här fallet innebär en ökning av såväl nederbördsvolym, tillrinningsvolym och tillrinningsmaximum med i storleksordningen 10 %.

Tabell 5. Känslighetsanalys för Håckren genom ökning av dimensionerande nederbördssekvens.

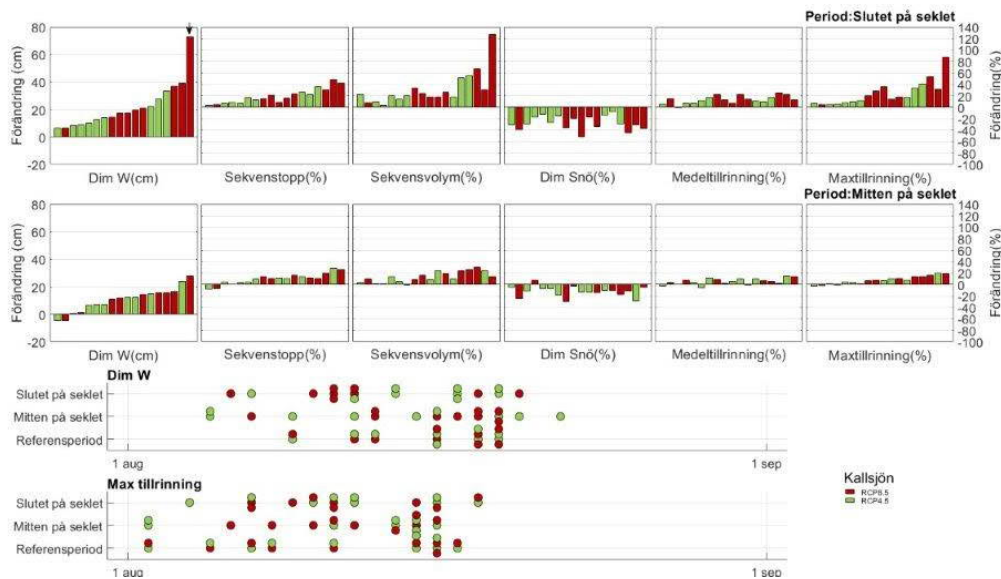
DG	TK	DK	Areafaktor	Nederbördssekvensens startdatum	Dim. tillfälle (datum)	Nederbördssekvensens volym (mm)	Tillrinningsvolym (DE)	Tillrinningsmaximum (m <sup>3</sup> /s)	Högsta vattenstånd (m.ö.h)	Ökning av nederbördsvolym (%)	Ökning av tillrinningsmaximum (%)	Ökning av tillrinningsvolym (%)
492,9	494,3	497,8	0,98	2015-07-29	2015-08-08	346	3691	830	493,98	-	-	-
			1,06	2015-07-29	2015-08-08	373	4014	914	494,30	8	10	9

Känslighetsanalyser kan göras längs hela vattendrag, vilket ger ledning om vilken anläggning som har den minsta marginalen. Denna marginal kan i sin tur bli marginalen för alla nedströms liggande anläggningar i vattendraget.

### Känslighetsanalys med klimatscenarier

Någon beräkning med klimatscenarier föreligger inte för Håckren, istället visas ett exempel på en redovisning av resultat för Kallsjön i Indalsälven i Figur 10.

Eftersom området är närbeläget och dimensionerande tillfälle även för Kallsjön inträffar under augusti är exemplet relevant ur flera aspekter även för Håckren. Dock inte dimensionerande vattenstånd, som är anläggningspecifikt. Klimatscenerierna visar en ökning i både volym och maximal intensitet för dimensionerande nederbördssekvens. Längst till höger i Figur 10 framgår förändring i dimensionerade vattenstånd, längst ner i figuren redovisas tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning för de olika beräkningsperioderna.



Figur 10. Procentuell förändring för Kallsjön i Indalsälven av sekvensvolym, sekvenstopp, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning, maximal tillrinning vid dimensionerande tillfälle, samt förändring av dimensionerande vattenstånd i cm enligt 36st simuleringar som beskriver slutet av seklet (över) och mitten av seklet (under) enligt klimatscenarier. Referensperioden som beräkningarna jämförs mot är 1971–1990. Längst ner visas tidpunkt för dimensionerande vattenstånd för de tre beräkningsperioderna.

## Analys av beräkningen och dess påverkan på dammsäkerhetsarbetet

I det aktuella exemplet visar beräkningarna att dämmningsgränsen överskrids med 1,08 m vid det dimensionerande tillfället, men att det finns marginal kvar till tätkärnans överkant. Det dimensionerande vattenståndet ligger 0,32 m lägre än denna och 3,82 m under dammens krön.

Slutsatsen blir att dammanläggningen kan motstå och släppa förbi ett dimensionerande flöde enligt beräkningsmetod I.

## Dokumentation

Beräkningsmetod I dokumenteras både som redovisande dokument och som data i linje med RIDAS tillämpningsvägledning (Energiföretagen, 2021).

Dokumentationen omfattar;

### 1. Anläggningsdata

- *Koordinater*  
Beräkningspunktens koordinat
- *Karakteristiska tillrinningsdata*  
Karakteristiska tillrinningsdata vid beräkningspunkten är viktig för förståelsen av områdets hydrologi och för jämförelse med modellresultaten.  
LLT = Lägsta uppmätta dygnsmedeltillrinning  
MLT = Medel av uppmätta årslägsta dygnsmedeltillrinningar

MT = Medel av uppmätta dygnsmedeltillrinningar  
MHT = Medel av uppmätta årshögsta dygnsmedeltillrinningar  
HHT = Högsta uppmätta dygnsmedeltillrinning

- *Statistiska tillrinningsdata*  
Extrema tillrinnande flöden beräknas enligt beräkningsmetod II, vilket också kan jämföras med historiska händelser under kalibrerings-, och beräkningsperioden.  
HT100 = tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/100  
HT200 = tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/200  
HT500 = tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/500
- *Juridiska nivåer*  
Regleringsrutinen kan innefatta juridiska nivåer och flöden.  
DG = dämningegräns  
SDG = sommardämningegräns  
SG = sänkningsgräns  
SSG = sommarsänkningsgräns  
Qmin = mintappning
- *Dammtekniska nivåer*  
Dammtekniska nivåer som är viktiga i dimensioneringsarbetet:  
TK = tät kärna (jorddammar)  
DK = dammkrön
- *Avbördningsförmåga*  
Avbördningsanordningarnas förmåga redovisas.
- *Höjdsystem*  
Det höjdsystem vilket beräkningarna avser.
- *Motiveringar till val av indata*  
Olika uppgifter kan finnas på dammkrön, tät kärna beroende på dammkropp. Olika uppgifter kan också finnas på avbördningsförmågor där resultat framräknat med modellförsök kan vara att föredra.

## 2. Regleringsuppgifter

- *Min-, medel- och maxvattenstånd för varje dag på året*  
Diagram som visar hur vattenståndet regleras under året.
- *Min-, medel- och maxtappning för varje dag på året*  
Diagram som visar hur tappningen regleras under året.
- *Vårens lägsta vattenstånd alla reglerade år i serien*  
Data över årslägst vattenstånd visar typisk avsänkning av magasinet inför vårflod, vilket är en parameter i modellens starttillstånd.
- *Beskrivning av regleringsstrategin*  
En beskrivning i text över modellens regleringsrutin som gör det möjligt för användare av data att kunna sätta sig in i hur tappningen från magasinet handhas i modellen.

Vid framtagandet av regleringsstrategin kan en del beräkningar underlätta. Dessa beräkningar bör också dokumenteras:

- För magasin där tappningen planeras utifrån vårflodsprognos kan en sådan göras utifrån starttillståndet med det dimensionerande snömagasinet. Resultatet från denna beräkning kan underlätta att ta fram rimliga regleringsstrategier inom ramen för riktlinjernas avsnitt 4.7
- Analys av hur förtappning och eventuell aktiv dämpning påverkar resultatet för den aktuella anläggningen och anläggningarna nedströms.
- *Regleringsstrategi indatafil*  
Indatafil över regleringsstrategin bör finnas tillgänglig.

### **3. Modelluppgifter**

- *Modell, modellversion.*  
Angivelse av modell och modellversion för att kunna återskapa modellberäkningar.
- *Tidssteg*  
Tidsupplösning på indata till modellen.
- *Leverantör*

### **4. Modellkalibrering**

- *Högsta uppmätta tillrinning under kalibreringsperioden*  
Desto högre och mer väl bestämda tillrinningstoppar som har använts vid kalibreringen och validering av modellen, desto bättre förutsättningar finns för att modellen ska återge extrema flöden på ett bra sätt.
- *Kalibrerings PM*  
Ett dokument beskrivande kalibreringen i beräkningspunkten där kalibreringens kvalitet bör ingå. Det bör innehålla:
  - ingående kalibreringsområden
  - uppgifter om indataseriernas längd
  - uppgifter om kalibreringsperiod
  - verifiering av kalibreringen
  - eventuella kommentarer angående tillrinningsseriens kvalitet och onormala parametervärden.

### **5. Beräkning av dimensionerande flöde (total och lokal beräkning)**

Både totala och lokala beräkningar som har gjorts bör dokumenteras. Om något beräkningsalternativ utelämnas bör orsaken till det dokumenteras. Detta gäller följande uppgifter:

#### **5.1 Områdeskaraktistik**

- *Tillrinningsområde*  
Det totala (eller lokala) tillrinningsområdets area ingår i beräkningen av nederbördssekvensens storlek.
- *Tillrinningsområdets medelhöjd*  
Tillrinningsområdets medelhöjd ska redovisas i de fall värdet ingår i beräkningen av nederbördssekvensens storlek.

- *Modellstruktur*  
Beräkningsområdets delområden och hydrologiska inbördes ordning ska presenteras.

## 5.2 Snöberäkning

- *Beräkningsperiod*  
Val av period för beräkning av snömagasinets årlig maximala vatteninnehåll kan ha betydelse för resultatet.
- *Maximalt vatteninnehåll samt dess datum*  
Det maximala modellberäknade vatteninnehållet i snön under beräkningsperioden samt det datum då det inträffat.
- *Dimensionerande snömagasin (ingår i starttillståndet i modellberäkningarna)*  
vatteninnehåll i snömagasin med årlig sannolikhet 1/30 att inträffa.
- *Senaste datum för snömaximum (ingår i starttillståndet i modellberäkningarna)*  
Det senaste datumet under vilket det maximala vatteninnehållet inträffat under alla år i beräkningsperioden.

## 5.3 Nederbördssekvens

- *Region (ingår i beräkningen av nederbördssekvensens storlek)*  
De regioner som beräkningsområdet ligger inom och deras inbördes förhållanden i procent.
- *Höjdkorrektion*  
Den höjdberoende faktor som multipliceras med nederbördssekvensen.
- *Arealkorrektion*  
Den faktor som beror av beräkningsområdets area.

## 5.4 Dimensioneringsuppgifter

- *Beräkningsperiod*  
Tidsperioden som används i modellen för att överlagra flödesskapande faktorer, och identifiera högsta beräknade vattenstånd.

## 5.5 Resultat dimensionerande tillfälle

Från både vår- respektive hösttillfället bör följande uppgifter redovisas:

- *Sekvensstart*  
Nederbördssekvensens första dag
- *Maximal nederbörd i sekvensen*  
Det högsta värdet i nederbördssekvensen (dag 9)
- *Maximal tillrinning*  
Den högsta tillrinningen under flödestoppen
- *Maximalt utflöde*  
Det högsta utflödet under flödestoppen
- *Högsta vattenstånd*  
Det högsta vattenståndet under tillrinningstoppen

- *Hydrograf (bör sparas digitalt i t ex Excel)*  
Visualisering av flödestoppen, gärna med alla följande parametrar i samma figur: tillrinning, utflöde, vattenstånd, snömagasinets vatteninnehåll, nederbörd och temperatur (se Figur 8 i Bilaga 4).

## **6. Känslighetsanalys**

Analyser av osäkerheter i beräkningsförutsättningar och beräkningsresultat, samt analys med stöd av klimatscenarier. Vilka analyser som bör göras kan exempelvis bero av det aktuella magasinets egenskaper och kvaliteten på indata som använts vid beräkningen.

### **6.1 Känslighetsanalys för förändrat klimat**

I en rapport om beräkningarnas känslighet för förändrat klimat dokumenteras vilka utsläppscenarier, globala klimatmodeller, regionala klimatmodeller (eller motsvarande om annat än dynamisk nedskalning använts) och skaleringsmetodik som använts för att ta fram drivdata till den hydrologiska modellen. Normalt sett föregås analysen av anläggningens känslighet för ett förändrat klimat av beräkningar av dimensionerande flöde enligt föreliggande riktlinjer och modellen är då redan dokumenterad. Om så inte skulle vara fallet bör dokumentation upprättas för den använda hydrologiska modellen. Metodik för beräkning av nederbördssekvensens förändring ska också dokumenteras och framgå.

Utfallet av beräkningarna bör dokumenteras så att spridning mellan scenarier kan ses, exempelvis så som gjorts i Elforsk rapport 14:27 (Hallberg, m.fl., 2014).

### **6.2 Analys för känslighet i indata och beräkningsförutsättningar**

Känslighetsanalyser som genomförts och utfallet av dessa dokumenteras. Metodiken för känslighetsanalyserna ska också framgå.

Beroende på magasinets egenskaper kan det finnas behov av att analysera anläggningens känslighet för variationer i beräkningsförutsättningar som regleringsstrategi och magasinets vattenstånd vid beräkningsstart genom att variera dessa. Om osäkerheter råder om den använda tidsperioden för beräkningen är representativ kan en annan, eller en längre, period användas.

Ibland kan det också finnas nytta av en analys av anläggningens marginal för att klara av större tillrinning än vad resultatet på dimensioneringsberäkningen visar, varvid detta kan utvärderas (se Bilaga 4).

## **7. Utförare**

I kvalitetssäkringen ingår att ange vem/vilka som har utfört beräkningar av dimensionerande flöde och sammanställt dokumentationen, och vem/vilka som utfört granskningen av beräkningarna.

## **8. Förvaltning/arkivering**

För att kunna återskapa och kontrollera beräkningsresultat bör det framgå hur och var originaldokumenten och beräkningarna förvaltas och arkiveras.



## Bilaga 5 Beräkningsmetod II - tillämpningsexempel

### Beräkningsexempel Bålforsen

I detta exempel utförs en frekvensanalys för att beräkna storleken av tillrinnande flöde som motsvarar årlig sannolikhet 1/100 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. Tappning 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 dämningensgränsen.

### Indata

För anläggningen finns olika typer av dataunderlag att tillgå. Observerad tillrinning år 1976–2015 samt data från hydrologiska modellsimuleringar med standardiserad reglering år 1976–2015. Underlagsdata (högflödestappning) har kvalitetskontrollerats och bedömts användbara för analysen.

Anläggningens magasinvolym är liten varför tappningen vid höga flöden i stort sett motsvarar tillrinningen, den sammantagna effekten av regleringen av magasin uppströms är dock betydande. De flesta magasinerna i Umeälven byggdes under 1950- och 1960-talen. Tillkommande regleringar efter 1970-talet bedöms endast medfört mindre påverkan nedströms, varför år 1976–2015 används för frekvensanalys. Underlaget visas i *Tabell 6*.

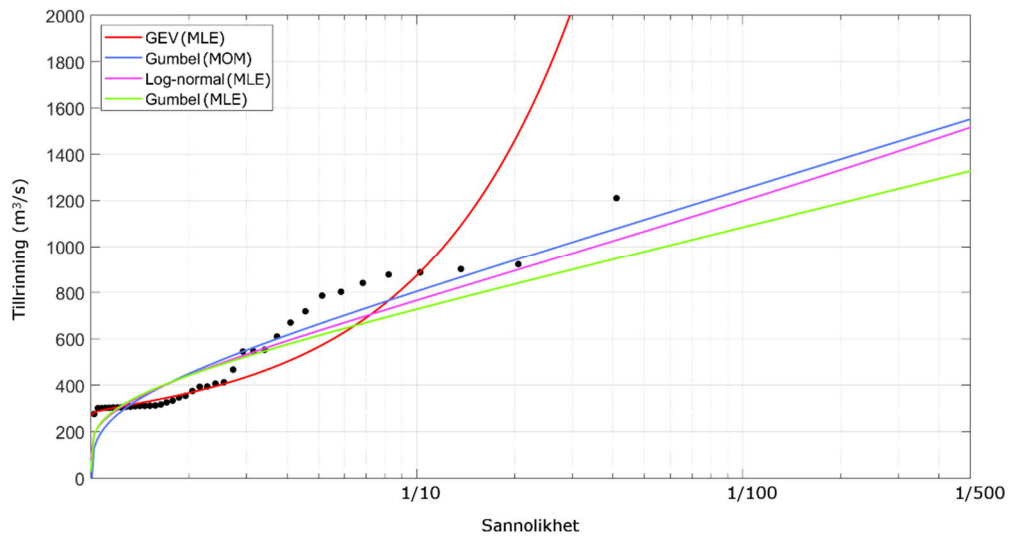
Tabell 6. Underlag för frekvensanalys vid Bålforsen.

År	Max. observerat tillrinnande flöde (m <sup>3</sup> /s)	Max. simulerat tillrinnande flöde (m <sup>3</sup> /s)	År	Max. observerat tillrinnande flöde (m <sup>3</sup> /s)	Max. simulerat tillrinnande flöde (m <sup>3</sup> /s)
1976	313	343	1996	311	352
1977	301	430	1997	545	802
1978	305	381	1998	877	858
1979	304	436	1999	317	409
1980	301	323	2000	887	835
1981	901	695	2001	786	802
1982	303	301	2002	375	369
1983	394	648	2003	277	302
1984	395	415	2004	841	1183
1985	803	714	2005	326	459
1986	407	441	2006	312	302
1987	922	848	2007	312	458
1988	310	551	2008	355	428
1989	467	416	2009	304	545
1990	719	524	2010	347	457
1991	334	462	2011	670	602
1992	413	440	2012	546	622
1993	1210	1096	2013	308	301
1994	303	412	2014	308	253
1995	553	554	2015	610	642

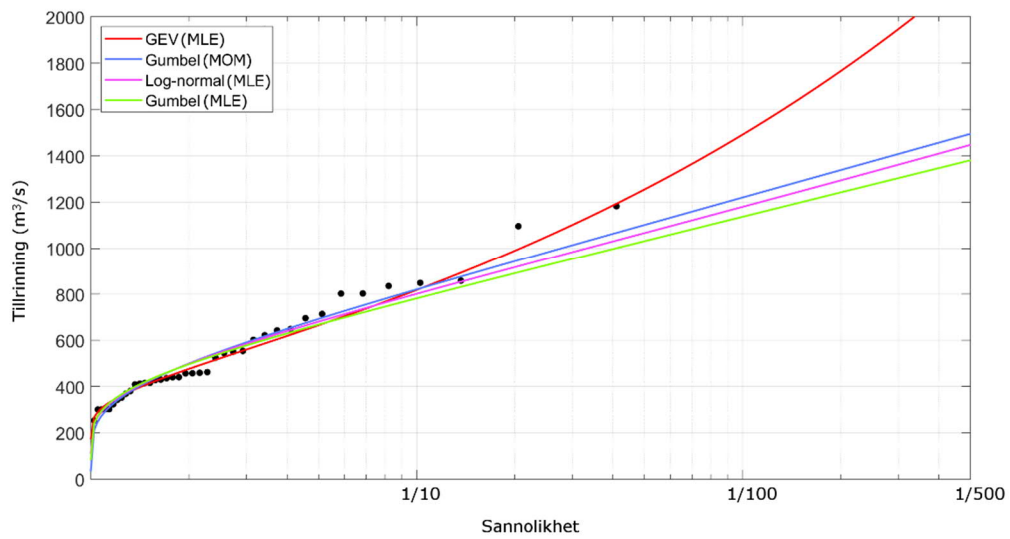
## Frekvensanalys

Beräkningarna baseras på årliga maximum av tillrinnande flöde, totalt 40 års data. Fördelningsfunktionerna Log-normal, Gumbel och GEV anpassas till respektive dataserie. Parametrarna i fördelningsfunktionerna beräknas med maximum-likelihood-metoden (MLE) och för Gumbelfördelningen även med momentmetoden (MOM). Statistiska anpassningsmått Kolmogorov–Smirnov, Cramér von Mises, Kuiper samt Anderson–Darling beräknas och ger numeriska värden för hur väl fördelningen passar till dataunderlaget. Dessa mått kan användas både som ett test om fördelningen passar till data och som jämförelsemått mellan fördelningar.

I Figur 11 visas frekvensfördelningarna anpassade till observationsdata (tillrinnande flöde) och i Figur 12 anpassade till tillrinnande flöde som simulerats med hydrologisk modell och standardiserad reglering. Statistiska anpassningsmått redovisas i Tabell 7 och Tabell 8. Tillrinnande flöden som korresponderar mot årlig sannolikhet 1/100, 1/200 samt 1/500 redovisas i Tabell 9 och Tabell 10.



Figur 11. Frekvensanalys av observationsdata (tillrinnande flöde) för Bålforsen år 1976–2015.



Figur 12. Frekvensanalys av tillrinnande flöde till Bålforsen simulerat med hydrologisk modell och standardiserad reglering år 1976–2015.

Tabell 7. Anpassningsmått för frekvensanalys av observationsdata (tillrinnande flöde) för Bålforsen år 1976–2015.

Anpassningsmått	Frekvensfördelning			
	Gumbel (MLE)	Gumbel (MOM)	GEV (MLE)	Log-normal (MLE)
Kolmogorov–Smirnov	0,98	0,96	0,84	0,96
Kuiper	0,39	0,39	0,29	0,37
Cramér–von Mises	0,54	0,45	0,20	0,48
Anderson–Darling	0,05	0,02	0,02	0,03

Tabell 8. Anpassningsmått för frekvensanalys av tillrinnande flöde till Bålforsen simulerat med hydrologisk modell och standardiserad reglering år 1976–2015.

Anpassningsmått	Frekvensfördelning			
	Gumbel (MLE)	Gumbel (MOM)	GEV (MLE)	Log-normal (MLE)
Kolmogorov–Smirnov	0,85	0,84	0,53	0,85
Kuiper	0,29	0,28	0,19	0,28
Cramér–von Mises	0,10	0,09	0,05	0,09
Anderson–Darling	0,01	0,01	0,00	0,01

Tabell 9. Extrema tillrinnande flöden ( $m^3/s$ ) beräknat från observationsdata (tillrinnande flöde) för Bålforsen år 1976–2015 med olika frekvensfördelningar. Värdet inom parentes anger 95 % konfidensintervall.

Årlig sannolikhet för tillrinnande flöde*	Frekvensfördelning			
	Gumbel (MLE)	Gumbel (MOM)	GEV (MLE)	Log-normal (MLE)
1/100	1085 (710–1460)	1245 (785–1720)	5750 (820–56930)	1195 (750–1700)
1/200	1190 (725–1660)	1380 (801–1965)	10770 (865–192095)	1330 (760–1985)
1/500	1325 (735–1930)	1550 (812–2300)	25015 (895–1010025)	1515 (770–2405)

\*Sannolikheten för flödet att inträffa eller överträffas under ett enskilt år

Tabell 10. Extrema tillrinnande flöden ( $m^3/s$ ) beräknat från tillrinnande flöde simulerat med hydrologisk modell och standardiserad reglering år 1976–2015 med olika frekvensfördelningar. Värdet inom parentes anger 95 % konfidensintervall.

Årlig sannolikhet för tillrinnande flöde*	Frekvensfördelning			
	Gumbel (MLE)	Gumbel (MOM)	GEV (MLE)	Log-normal (MLE)
1/100	1135 (765–1515)	1220 (800–1645)	1490 (795–2700)	1180 (785–1600)
1/200	1240 (780–1715)	1340 (815–1870)	1765 (815–3645)	1295 (800–1830)
1/500	1380 (790–1980)	1495 (825–2170)	2195 (825–5440)	1445 (805–2160)

\*Sannolikheten för flödet att inträffa eller överträffas under ett enskilt år

## Resultat

Statistiska anpassningsmått visar att samtliga fördelningsfunktioner har låg anpassning till observationsdata medan anpassningen för modellsimulerat tillrinnande flöde är bättre, vilket visar att data simulerade med standardiserad reglering är att föredra. Valet av simulerade data kan också motiveras med en tydligare koppling till bakomliggande hydrologiska processer, till skillnad från observationsdata där årsmaxima stor del består av full produktionstappning. Av de undersökta frekvensfördelningarna har GEV det bästa anpassningsmåttet, medan övriga har något sämre anpassning men är likvärdiga. De stora konfidensintervallen indikerar att beräkningsresultaten har stor osäkerhet.

Extrapolation av frekvenskurvorna mot resultatet från beräkningsmetod I (2154 m<sup>3</sup>/s) visas grafiskt i Figur 11 och Figur 12. I detta fall visas att GEV inte ger rimliga resultat. Övriga frekvensfördelningar bedöms som rimliga, men Gumbelfördelning anpassad med momentmetoden ansluter bättre till de högsta årsmaxima.

I detta exempel har simuleringar med en hydrologisk modell bedömts vara det lämpligaste underlaget för anläggningen i fråga. Exemplet är från en analys av hela älven där det visade sig att Gumbelfördelning anpassad med momentmetoden ger en väl sammanhållen bild även för angränsande anläggningar, och därmed väljs som gällande metod. Resultatet för beräkningsmetod II för Bålforsen blir att flödet med sannolikheten 1/100 att inträffa eller överskridas beräknas till 1220 m<sup>3</sup>/s, flödet med sannolikheten 1/200 beräknas till 1340 m<sup>3</sup>/s och flödet med sannolikheten 1/500 beräknas till 1495 m<sup>3</sup>/s.

Anläggningen klarar att vid dämmningsgräns avbörda tillrinnande flöde med en årlig sannolikhet 1/100 att inträffa eller överskridas, även inom beräkningens kända osäkerhet (konfidensintervall).

## Dokumentation

Beräkningsmetod II dokumenteras både som redovisande dokument och som data i linje med RIDAS tillämpningsvägledning (Energiföretagen, 2021).

Dokumentationen omfattar;

### 1. Allmänna uppgifter

- *Koordinater*  
Beräkningspunktens koordinat
- *Tillrinningsområde*  
Arean av det totala och lokala tillrinningsområdet
- *Anläggningsdata*  
Eventuella uppgifter om juridiska nivåer, dammtekniska nivåer, avbördningsuppgifter, förändringar i anläggningen och regleringen etc. som har betydelse för frekvensanalysens genomförande

- *Ändringar i regleringsförhållanden*  
Beskrivning av när uppströms regleringar är tagna i bruk och om de eventuellt ändrats, så att detta kan ställas i relation till den period för vilken frekvensanalysen genomförts
- *Indatakvalitet*  
Ingående datakvalitet redovisas

## 2. Frekvensanalys

- *Tillrinningsserie*  
Alla dataserier (årsmaximum) som använts i arbetet och tidpunkten för när dessa har inträffat
- *Urvalskriterium för data i analysen*  
Motivering till urval/beräkning av data (årsmaximum) som ingår i analysen
- *Frekvensfördelningsfunktion/er*  
Beskrivning av frekvensfördelningsfunktion/er, med respektive parameterskattningsmetod, som används i frekvensanalysen samt motivering till vilken som valts som gällande
- *Frekvensfördelningsdiagram*  
Alla använda frekvensanalyser redovisas lämpligen i ett och samma diagram
- *Konfidensintervall*  
Beräkningens kända osäkerhet redovisas lämpligen i tabell
- *Resultat frekvensanalys*  
För alla använda frekvensanalyser redovisas lämpligen resultaten i tabellform  
HT100 = tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/100  
HT200 = tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/200  
HT500 = tillrinnande flöde med årlig sannolikhet 1/500

## 3. Känslighetsanalys

Beräkningen kan innehålla fler moment och osäkerheter som kan behöva belysas. En sådan är valet av fördelningsfunktion där resultat från flera fördelningsfunktioner bör redovisas. Beräkningens känslighet för osäkra indata kan undersökas om osäkerhet råder t.ex. för använda årliga maxvärden eller om tillgängliga dataperioder skiljer sig åt mellan datapunkterna.

Om en analys för känslighet för förändrat klimat har gjorts ska det dokumenteras vilka utsläppscenarier, globala klimatmodeller, regionala klimatmodeller (eller motsvarande om annat än dynamisk nedskalning använts) och skaleringsmetodik som använts för att ta fram drivdata till den hydrologiska modellen. Vilken hydrologisk modell som använts och hur den är uppsatt och kalibrerad bör också dokumenteras.

## 4. Utförare

I kvalitetssäkringen ingår att ange vem/vilka som har utfört beräkningarna och sammanställt dokumentationen, och vem/vilka som utfört granskningen av beräkningarna.

### ***5. Förvaltning/arkivering***

För att kunna återskapa och kontrollera beräkningsresultat bör det framgå hur och var originaldokumenten och beräkningarna förvaltas och arkiveras.