

Klimatförändringars påverkan på dammsäkerhet

Avrapportering av uppdrag I2022/00621 att kartlägga och analysera klimatförändringarnas påverkan på dammsäkerheten



Svenska kraftnät

Svenska kraftnät är systemansvarig myndighet, med uppgift att på ett affärsmässigt sätt förvalta, driva och utveckla ett kostnadseffektivt, driftsäkert och miljöanpassat kraftöverföringssystem. Det omfattar ledningar för 400 kV och 220 kV med stationer och utlandsförbindelser. Svenska kraftnät utvecklar transmissionsnätet och elmarknaden för att möta samhällets behov av en säker, hållbar och ekonomisk elförsörjning. Därmed har Svenska kraftnät också en viktig roll i klimatpolitiken.

Version Ange version
Org. Nr 202 100-4284

Svenska kraftnät
Box 1200
172 24 Sundbyberg
Sturegatan 1

Tel: 010-475 80 00
Fax: 010-475 89 50
www.svk.se

Förord

Svenska kraftnät ska främja dammsäkerheten i landet, vari ingår bl.a. att följa och medverka till att klimatförändringar och höga flöden beaktas i dammsäkerhetsarbetet.

Samhällets utsläpp av växthusgaser påverkar klimatet och ytterligare förändringar är att vänta. Effekterna i Sverige omfattar såväl gradvisa förändringar som ökad förekomst av extrema väderhändelser som kraftiga regn, översvämningar och värmeböljor samt naturolyckor som ras, skred och skogsbränder.

Klimatförändringar kommer att inträffa inom den tekniska livslängden för dammanläggningar, vilket i ökad utsträckning kommer att ställa krav på anpassningsåtgärder. Även förändringar i driftsmönster och omvärldsfaktorer som beror av klimatförändringar eller utvecklingen av energisystemet kan innebära behov av ändrade säkerhetsmarginaler. Effekter av ett förändrat klimat är därför relevant ur ett dammsäkerhetsperspektiv, med säker avbördning av höga flöden i särskilt fokus.

Med sådana utgångspunkter gav regeringen 2022 Svenska kraftnät i uppdrag att kartlägga och analysera klimatförändringarnas påverkan på dammsäkerheten i samverkan med berörda aktörer.

Denna rapport har tagits fram av Svenska kraftnät i samarbete med Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, vattenkraft- och gruvindustrin genom ”Kommittén för dammsäkerhet i ett klimat i förändring”. Kommitténs breda sammansättning har gett tillgång till nationell expertis inom dammsäkerhet, vattenreglering, klimatforskning samt internationella nätverk. Samverkan har även skett med bl.a. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.

Rapporten har fastställts av Svenska kraftnät.

Innehåll

1	Sammanfattande slutsatser och rekommendationer.....	5
2.1	Klimatförändringars påverkan på dammsäkerhet	5
2	Om uppdraget.....	10
2.1	Uppdragets delar.....	10
2.2	Vår tolkning av uppdraget	10
2.3	Vår samverkan med relevanta aktörer	12
2.4	Hur uppdraget genomfördes	13
2.4.1	Avstamp togs från avrapportering av regeringsuppdrag 2011	13
2.4.2	Implementering och utveckling sedan 2011 beaktades	14
2.4.3	Aktiviteter identifierades och genomfördes för uppdragets delar	16
2.4.4	Sammanställningar, analyser och workshops genomfördes	17
2.4.5	Delrapportering om allmänt tillgängliga klimatunderlag	17
2.4.6	Resultat sammanställdes, slutsatser och rekommendationer togs fram ...	17
3	Resultat av utredning och samverkan.....	18
3.1	Sammanställning av aktuell kunskap rörande klimatförändringars påverkan på dammsäkerhet	18
3.2	Analys av hur förändringar i tillrinningsförhållanden och drift av vattenkraftssystem kan påverka dimensionerande flöden samt risken för höga flöden	23
3.3	Kartläggning av sårbarheten hos dammar i dammsäkerhetsklass A, B och C, med avseende på höga flöden och klimatförändringar.....	28
3.4	Utredning och beskrivning av hur den nationella strategin för klimatanpassning och dess principer bör tillämpas inom dammsäkerhetsområdet	38
	Bilagor.....	45
	Bilaga 1 Kommittén för dammsäkerhet i klimat i förändring	45
	Bilaga 2 Framtaget underlag.....	46

1 Sammanfattande slutsatser och rekommendationer

I detta kapitel sammanfattas våra slutsatser om klimatförändringars påverkan på dammsäkerheten.

Sammanfattningsvis rekommenderas att myndigheter och branschorganisationer fortsätter följa klimatförändringarna och verka för att det tas fram klimatindikatorer och kunskapsunderlag som är relevanta för dammsäkerhet, samt att dessa aktörer beaktar klimatfrågan i sina vägledningar och riktlinjer så att klimatfrågan integreras så bra som möjligt i dammägarnas löpande dammsäkerhetsarbete. Dammägarna rekommenderas fortlöpande beakta de risker som klimatförändringarna för med sig inom ramen för ordinarie rutiner för riskhantering.

Svenska kraftnät, kraft- och gruvindustrin samt SMHI avser att fortsätta samverkan i frågor om dammsäkerhet i klimat i förändring och dimensionerande flöden för dammanläggningar. Kunskapsunderlagen som tagits fram inom uppdraget avses tas till vara i vidare utvecklingsarbete med syfte att stödja dammägares hantering av risker som följer av klimatförändringar. Arbetet ligger inom ramen för aktörernas ordinarie ansvar och arbetsuppgifter. Närmare rekommendationer om hur dessa aktörer kan ta arbetet vidare ges i kapitel 3.

Svenska kraftnät bedömer att det inte finns behov av ändringar på lag- eller förordningsnivå.

2.1 Klimatförändringars påverkan på dammsäkerhet

Sverige är på väg mot ett varmare och blötare klimat. Ökande temperatur, mer nederbörd med fler skyfall samt högre vintertillrinningar är exempel på detta. Förändringar förväntas leda till fler extrema väderhändelser med ökad förekomst av höga flöden och översvämningar, ras och skred, skogsbränder och stormfälld skog.

Hur påverkas dammsäkerheten av klimatförändringar?

Klimatförändringar kan påverka dammanläggningar på olika sätt, direkt på anläggningarna och deras funktioner och indirekt genom förändringar i omgivningen. Det är i första hand redan kända risker som kan förändras och förvärras av klimatförändringar.

Inom uppdraget har en övergripande analys av klimatförändringar som kan leda till risker för dammsäkerheten genomförts. Ett stort antal effektkedjor

som utgår från klimatparameterar har kartlagts. Resultaten ger stöd för vidareutveckling av vägledning och identifiering av risker för enskilda dammanläggningar.

Kravbilden inom dammsäkerhetsområdet styrs i många fall utifrån ovanliga eller extrema klimatförhållanden och händelser. Normalt förekommande relativt stora säsong- och mellanårsvariationer kan hanteras inom anläggningarnas normala drift. Beroenden till omgivningen och samhällets dimensionering i övrigt finns genom att väderhändelser – som förväntas bli fler i klimat i förändring – påverkar tillfartsvägar och kan försvåra framkomligheten till anläggningar. Samma förändringar kan leda till exempelvis fler strömavbrott, som i sin tur kan påverka kraftförsörjning och även produktionsförmågan vid vattenkraftanläggningar.

Möjlighet att kunna hantera flödessituationer är central för dammsäkerheten. Dammanläggningar dimensioneras för att kunna motstå och släppa förbi extrema flöden. Sedan riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar introducerades 1990 har flödesberäkningar genomförts för kraftverksälvarna. Vid en stor andel av dammanläggningarna har åtgärder genomförts för att säkra förmågan att kunna avbörda tillrinnande vatten och klara de högre vattenstånd i magasinet som kan bli följden av högre flöden.

På senare år genomförs eller pågår förnyade dimensioneringsberäkningar för att ta hänsyn till tillkommande flödes- och klimatdata och modernare beräkningsmodeller. För vissa dammanläggningar har tillkommande åtgärdsbehov vid dagens förhållanden identifierats. Underlag om klimat i förändring beaktas vid planering av åtgärder. För dammanläggningar där riktlinjerna inte tillämpats sedan tidigare bedöms kvarstående utrednings- och åtgärdsbehov finnas i större utsträckning. Dessa anläggningar ägs företrädesvis av mindre dammägare utanför vattenkraft- och gruvindustrin.

Höga och extrema tillrinningar väntas vara ökande i stora delar av landet under innevarande sekel, vilket indikerar ökande risk för översvämningar. På längre sikt medför detta att ytterligare anpassningsåtgärder kan bli aktuella vid en del dammanläggningar.

Det är viktigt att identifiera och följa klimatindikatorer för flödesskapande faktorer. SMHI har tagit initiativ för att ta fram indikatorer som är specifika för extrema flöden. Behov av ytterligare kunskapsunderlag finns om förändringar i extrema regn- och snöhändelser, extrema tillrinningar och säsongsmässiga förändringar. SMHI och Svenska kraftnät avser att fortsätta samarbeta kring att ta fram relevant underlag för att bättre kunna bedöma hur klimatförändringar påverkar dammsäkerheten. Värde av att mäta meteorologiska parametrar bedöms öka i framtida klimat.

Hur påverkas dammsäkerheten i framtida vattenkraftsystem?

För vattenkraftanläggningar påverkas drift- och vattenreglering av en rad faktorer som är föränderliga över tiden. Aktuella exempel utöver klimatet är den pågående förändringen av vattenkraftens roll i energisystemet – med jämförelsevis snabba förändringar i elmarknaden, produktionsmix och geografi – och miljöanpassningen av vattenkraften. För större kraftverksälvar ses generella tendenser till förändringar i vattentillgång, vintertillrinningar och fyllnadsnivåer i regleringsmagasin. Förändringarna har i delar betydelse för dammsäkerheten och vaksamhet behövs för att verklig reglering inte ska stå i konflikt med antaganden om magasinsnivå och tappningar i beräkningar av dimensionerande flöden.

En av vattenkraftens styrkor är att den är bra på att hantera stora variationer i tillrinning och efterfrågan både under dygnet, året och mellan år. I framtiden förväntas vattenkraftens flexibilitet med korttidsreglering blir allt viktigare. Årsreglering förväntas bli mindre viktig. Samtidigt väntas klimatet bli mer varierande och olika händelser kan komma att sammanfalla plötsligt och på ett ogynnsamt sätt som det är svårt att göra prognoser för. Fler händelser kommer att behöva hanteras. Drift- och underhållsförhållanden kommer att förändras. Redan idag ses förändringar i form av bland annat mer spill vintertid för kraftbalansändamål. Ökad körning med start och stopp och användning av utskovsanordningar påverkar även behovet av underhåll.

Sammantaget ökar osäkerheten i driften av vattenkraftsystemet. Omsorg behövs för att risker för dammsäkerheten som är kända idag inte ska bli mer sannolika, samt för att nya kombinationer av risker ska identifieras och hanteras. Fortsatt arbete behövs för att bättre följa och medverka till att driftförändringar beaktas i dammsäkerhetsarbetet och vice versa. Dammägares åtgärder omfattar även fortsättningsvis ändamålsenlig dimensionering av anläggningsdelar och funktioner, bättre mätningar och prognoser, anpassning av underhåll och driftmässig beredskap, samverkan och informationsutbyte med myndigheter, samt anpassning av vattenhushållningsbestämmelser.

Hur påverkas gruvdammars säkerhet av klimatförändringar?

Gällande dammsäkerheten hos gruvdammanläggningar förväntas risker till följd av klimatförändringar främst kopplas till extremflöden. För gruvdammar finns flera gynnsamma förutsättningar för att hantera dessa risker. Under pågående gruvverksamhet utökas magasinvolymen normalt successivt, vilket medför att riskutvärderingar med justeringar i gruvdammanläggningarnas utformning genomförs återkommande. Detta sker genom löpande tillståndsprövningar där utvärdering av aktuellt kunskapsläge genomförs. Gruvdamm-anläggningars möjlighet till att hantera förändringar i extrema flöden är god

genom att utskoven kan justeras i samband med magasinets kapacitetshöjande utökning, att det normalt handlar om små avrinningsområden samt att vatten temporärt kan däckas inom sandmagasinen.

Efter att gruvdriften avslutats beror klimatriskerna på vilken lösning för efterbehandling som valts. I många fall eftersträvas att sandmagasinet övergår till en dränerad landformation utan däckande funktion, men undantag finns för vissa gruvdammaläggningar som avser att nyttja vattentäckning. Planerna för efterbehandling måste visa hur man långsiktigt avser att hantera klimatrisker. Viktiga områden för kunskap om framtida förhållanden rör dimensionerande flöden och långsiktiga förutsättningar för vattenbalanser.

Hur bör risker som följer av klimat i förändring hanteras inom dammsäkerhetsområdet?

Internationellt har flera olika initiativ som avser metodik för analys och anpassning till klimatförändringar tagits under de senaste tio åren. Det finns en samsyn om att risker till följd av klimatförändringar kan integreras i befintliga processer för riskhantering hos dammägare med flera. Inriktningen för aktuella anpassningsåtgärder innebär i många fall en stegvis upptrappning över tid med utökad övervakning, förebyggande eller avhjälpan underhåll, till ombyggnad och ändring av användning, eller slutligen eventuell avveckling.

Ansaret för dammsäkerhet ligger hos dammens ägare (den underhållsskyldige). I detta ingår att hantera risker som kan uppstå som en följd av klimatförändringar. Dammägaren ska kunna visa att skyldigheter enligt miljöbalken och dess allmänna hänsynregler efterlevs. Dammar där ett haveri skulle kunna få allvariga följder från samhällelig synpunkt ska klassificeras och följa särskilda krav på dammsäkerhetsarbetet och dammsäkerhet. Närmare styrning och stöd som utgår från dammsäkerhetsregleringen ges av branschriktlinjer för dammsäkerhet och Svenska kraftnäts vägledningar. De svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöde för dammanläggningar innehåller redan vägledning för tillämpning i klimat i förändring. Motsvarande vägledning behöver utvecklas även i övriga dammsäkerhetsriktlinjer och vägledningar.

De vägledande principerna i den nationella strategin för klimatanpassning ligger väl i linje med och innefattas i stor utsträckning i den svenska regleringen av dammsäkerhet. Analys av risker som kan följa av klimatförändringar och klimatanpassning av dammar - för bibehållen dammsäkerhet i framtida klimat - ingår som en integrerad del i dammägares ordinarie rutiner för dammsäkerhetsarbetet/riskhantering och förvaltning av anläggningarna.

Vid utformning av ramverk för riskhantering behöver såväl interna som externa förutsättningar (inklusive klimatrelaterade faktorer) beaktas. De

vägledande principerna kan med fördel etableras på övergripande nivå som förutsättningar och säkerhetskriterier mot vilka risker och riskhanteringsåtgärder utvärderas. Svenska kraftnät och kraftindustrin avser ta ett FoU-initiativ för att konkretisera hur de vägledande principerna bör tillämpas som säkerhetskriterier samt för att ge förslag om lämplig omfattning och tillvägagångssätt. Resultaten bör inarbetas i branschens dammsäkerhetsriktlinjer och Svenska kraftnäts vägledningar.

2 Om uppdraget

Regeringen har i mars 2022 gett Svenska kraftnät i uppdrag att i samverkan med Sveriges meteorologiska och hydrologiska Institut (SMHI), Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), vattenkraftbranschen och andra relevanta aktörer kartlägga och analysera klimatförändringarnas påverkan på dammsäkerheten¹.

2.1 Uppdragets delar

I uppdraget ingår följande moment.

1. Sammanställa aktuell kunskap rörande klimatförändringars påverkan på dammsäkerhet.
2. Analysera hur förändringar i tillrinningsförhållanden och drift av vattenkraftssystem kan påverka dimensionerande flöde samt risken för höga flöden.
3. Kartlägga sårbarheten hos dammar i dammsäkerhetsklass A, B och C, med avseende på höga flöden och klimatförändringar.
4. Utredda och beskriva hur den nationella strategin för klimatanpassning och dess principer bör tillämpas inom dammsäkerhetsområdet samt föreslå åtgärder, om behov av sådana identifieras. Eventuella förslag ska inkludera en analys av vilka kostnader de innebär. Om möjligt ska ekologiska konsekvenser beaktas av dessa åtgärder. Svenska kraftnät ska samverka med Naturvårdsverket (NV) och Havs- och vattenmyndigheten (HaV) i denna del.

2.2 Vår tolkning av uppdraget

Uppdraget avser klimatförändringarnas påverkan på dammsäkerheten och har avgränsats enligt följande.

- > Uppdraget beaktar förhållanden för befintliga dammanläggningar med en eller flera ingående dammar i dammsäkerhetsklass A, B eller C. Det vill säga dammar för vilka ett dammhaveri med okontrollerat utströmmande av det vatten, eller den blandning av vatten och annat material, som dammen är

¹ Regeringsbeslut I2022/00621, daterat 2022-03-10.

avsedd att dämna upp eller utestänga, skulle kunna förorsaka betydande samhälleliga konsekvenser.

- > Uppdraget avser klimatförändringars påverkan på dammsäkerheten, dvs. dammars förmåga att med tillräckliga säkerhetsmarginaler kunna magasinera, kontrollera och avleda vatten. Ytterst syftar dammsäkerhetsarbete till att sannolikheten för dammhaveri ska vara (mycket) liten.
- > Uppdraget innefattar att analysera hur klimatrelaterade förändringar i tillrinningsförhållanden tillsammans med förändringar i drift av vattenkraftssystemet, kan påverka dimensionerande flöde, risken för höga flöden och andra förhållande med betydelse för dammsäkerheten.
- > Uppdraget avser kartläggning och analys på en nationellt övergripande nivå med beaktande av de regionala skillnader som finns. Tyngdpunkten ligger på att sammanställa och analysera tillgängliga och under uppdraget framtagna underlag. Syftet är att ge en sammanhållen bild över sårbarhet och påverkan av klimatförändringar på dammar och dammsäkerhetsarbete i en nationell kontext.
- > Vidare att identifiera behov och ge rekommendationer för vidare insatser för att stödja och främja klimatanpassning av landets från säkerhetssynpunkt viktigaste dammar. Det övergripande målet är att tillgängliggöra aktuell och relevant information samt lägga grunden för strategiskt klimatanpassningsarbete inom dammsäkerhetsområdet.
- > Analys av risker och utredning av åtgärdsbehov för enskilda anläggningar har inte genomförts. Detta är ett omfattande arbete som kräver tekniskt djup och är en fråga för respektive dammägare.
- > I uppdraget har inte ingått att utreda klimatrelaterade risker för översvämning eller vattenbrist. Det har heller inte ingått att utreda möjligheter att minska klimatförändringarnas påverkan på samhället med hjälp av nya skyddsvallar som skydd mot översvämningar eller förutsättningar att genom förändrade vattenhushållningsbestämmelser nyttja befintliga dammanläggningar för dämpning av höga flöden respektive magasinering av vatten i tider av vattenbrist.
- > Eftersom Svenska kraftnät inte föreslår några åtgärder med anledning av den nationella strategin för klimatanpassning och hur dess principer bör tillämpas inom dammsäkerhetsområdet, har kostnader eller ekologiska konsekvenser inte utretts.

2.3 Vår samverkan med relevanta aktörer

Vi har genomfört uppdraget i samverkan med representanter för branschföreningar, dammägare och myndigheter med ansvar för uppgifter kopplade till dammsäkerhet och kunskap om klimatförändring.

I rapportering till regeringen om dammsäkerhetsutvecklingen i landet år 2021 föreslog Svenska kraftnät ett uppdrag att i samverkan med SMHI, kraftindustrin (Energiföretagen Sverige) och gruvindustrin (Svemin) genomföra en uppföljning av frågor om dammsäkerhet och höga flöden i ett klimatförändringsperspektiv. Bakgrunden var att det gått tio år sedan ett motsvarande uppdrag om dammsäkerhet i ett klimat i förändring genomfördes. För att ge tyngd åt arbetet och bidra till att berörda aktörer säkrar erforderliga resurser föreslog Svenska kraftnät regeringen att arbetet skulle utföras som ett regeringsuppdrag.

Arbete i linje med förslaget inleddes hösten 2021 på initiativ av parterna genom att Svenska kraftnät, SMHI, Energiföretagen och Svemin på nytt etablerade en samverkanskommitté i frågor om klimatförändringarnas effekter på dammsäkerhet². Kommitténs uppdrag omfattar kunskapssammanställning om klimat i förändring, beskrivning av förändringar i tillrinning och vattenhantering, analys av sårbarhet för ökade flöden samt strategi för klimatanpassning av dammanläggningar, och pågår till och med utgången av 2023.

Sedan uppdraget formaliserades genom regeringsbeslut om uppdrag till Svenska kraftnät i mars 2022 inbjöds även MSB att delta i kommitténs arbetsmöten med en representant, varefter utbyte skett i frågor om översvämningsrisker i vattendrag. Boverket och Sveriges Geotekniska Institut har informerats om uppdraget och kontaktpersoner för utbyte i enskilda frågor (snölaster respektive skredrisker) etablerades. Även NV och HaV har informerats om uppdraget men inte medverkat i dess genomförande.

Svenska kraftnät har lett kommitténs arbete och ett tiotal arbetsmöten har genomförts. Representanter för ingående parter har deltagit på arbetsmöten och bidragit utifrån ordinarie roller och ansvarsområden. Kopplat till uppdraget har Svenska kraftnät tecknat en överenskommelse med SMHI för utförande av vissa utvecklings- och forskningsinsatser specifikt riktade mot dammsäkerhetsområdet. På motsvarande sätt har kraft- och gruvindustrin

² Överenskommelse om kommitté för dammsäkerhet i ett klimat i förändring. Svenska kraftnät, SMHI, Energiföretagen och Svemin. 2021-05-06

anlitat teknisk expertis för utförande av vissa konsultinsatser rörande delaktiviteter om drift av vattenkraftsystem och gruvdammar.

Kommittén har regelbundet samrått med den s.k. Flödeskonferensen, ett samverkansorgan mellan huvudmännen för Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar³ och SMHI. Dialog har skett med Svenska kraftnäts Dammsäkerhetsråd.

Särskilda utredningsinsatser och utvecklingsprojekt som föranletts av kommitténs arbete har beslutats och bekostats separat av närmast ansvarig part. Representanter från kommittén har i olika grad varit delaktiga i dessa utvecklingsinsatser, bl.a. genom att vara utförare, medverka i referensgrupper och vid workshops samt delta vid lägesrapporteringar vid kommitténs arbetsmöten. Kommitténs sammansättning framgår i Bilaga 1.

2.4 Hur uppdraget genomfördes

2.4.1 Avstamp togs från avrapportering av regeringsuppdrag 2011

På uppdrag av regeringen utredde Svenska kraftnät 2008-2011 frågeställningar om dammsäkerhet och dimensionerande flöden för dammar i klimat i förändring. Utredningen utfördes i samverkan med Svensk Energi (kraftindustrins branschförening, numera Energiföretagen Sverige), Svemin (gruvindustrins branschförening) samt SMHI, även då i formen av kommitté.

Utredningen innefattade i korthet att ta fram och testa en metod för beräkning av dimensionerande flöden för dammar i ett förändrat klimat, att därvid beakta påverkan av förändringar i drift av framtida vattenkraftsystem, att redovisa förändringar i framtida 100-års flöden samt att kartlägga sårbarheten för klimatförändringar för från säkerhetssynpunkt viktiga dammar.

Utredningen konstaterade att klimatets påverkan på dammsäkerheten primärt handlar om förändringar i höga flöden, och tog fram rekommendationer om hur klimatscenarier bör nyttjas vid bestämning av dimensionerande flöden för dammar.

Kommitténs kartläggning visade att det för vissa dammar fanns kvarstående åtgärdsbehov avseende dagens dimensionerande flöde, samt att klimatförändringar för vissa dammar troligen kommer medföra ökade extrema

³ Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Är en omarbetad utgåva av Flödeskommitténs riktlinjer från år 1990, har därefter omarbetats 2007, 2015 och 2022. Nuvarande huvudmän är Svenska kraftnät, Energiföretagen Sverige och Svemin.

flöden och behov av ytterligare anpassningsåtgärder. Detta föranledde följande rekommendation till dammägare:

- > *Osäkerheter kring det framtida klimatet får inte leda till att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder senareläggs. I val av lösningar för ökad avbördningsförmåga och/eller ökad tillfällig magasineringsförmåga genom höjning av dammar bör lösningar eftersträvas som underlättar eventuella ytterligare åtgärder i framtiden. Det kan vidare vara lämpligt att genomföra åtgärder med marginal. Detta kan i många fall vara kostnadseffektivt istället för att behöva återkomma till en anläggning för genomförande av ett nytt projekt. Dessutom ger marginaler ytterligare säkerhet redan idag.*

I genomförandet av det förnyade uppdraget 2022-2023 har avstamp tagits från den tidigare kommitténs slutrapport⁴.

För en populärvetenskaplig beskrivning om metoderna för beräkning av dimensionerande vattenflöden och deras tillämpning för dammsäkerhet och klimatanpassning hänvisas till skriften *Från Noppikoski till Slussen*⁵.

2.4.2 Implementering och utveckling sedan 2011 beaktades

Sedan tidpunkten för Kommitténs slutrapport år 2011 har rekommendationerna inarbetats i riktlinjerna för dimensionerande flöde, och huvudmännen för riktlinjerna har följt tillämpningen. Samtidigt har regelverk och styrning som direkt eller indirekt berör dammar och dammsäkerhet förändrats och relaterade utvecklingsinsatser genomförts. Några viktiga steg i utvecklingen beskrivs nedan.

- > En ny utgåva av Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar, som inkluderar rekommendationer om metodik för att nyttja klimatscenarier, gavs ut år 2015. I operationell flödesdimensionering har dammägare låtit tillämpa metodiken för att nyttja klimatscenarier i flertalet större och mindre vattendrag. Anpassningsåtgärder för att öka säkerhetsmarginalerna vid extrema flöden har genomförts eller pågår vid flera tiotal anläggningar.

⁴ Dammsäkerhet och klimatförändringar. Slutrapport från Kommittén för dimensionerande flöden för dammanläggningar i ett klimatförändringsperspektiv. December 2011. Svenska kraftnät, Svensk Energi, SveMin och SMHI.

⁵ Från Noppikoski till Slussen. Om beräkning av extrema vattenflöden för dammsäkerhet och klimatanpassning. Sten Bergström, november 2021. (Framtagen med stöd av Svenska kraftnät.)

- > Svenska kraftnät och kraftindustrin har finansierat en rad tekniska utredningar med betydelse för flödesdimensionering och riktlinjernas tillämpning, bland annat rörande övergång till en ny generation klimatscenarier⁶, extrem korttidsnederbörd^{7, 8} samt förnyad uppföljning av i riktlinjerna ingående flödesskapande parametrar⁹.
- > Krav på klassificering av dammar utifrån konsekvenser av dammhaveri, och särskilda krav på dammsäkerhet för klassificerade dammar, infördes i miljöbalken och tillhörande regleringar år 2014. Svenska kraftnäts vägledningar, Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet, RIDAS, och gruvindustrins motsvarighet, GruvRIDAS, har förnyats med utgångspunkt i den nya regleringen. Konsekvenser vid dammhaveri har kartlagts för över 1200 dammanläggningar. Dammar vid omkring 450 av dessa har beslutats tillhöra en dammsäkerhetsklass. Sedan 2022 tar även Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar utgångspunkt från miljöbalkens grunder för dammsäkerhetsklassificering och krav på dammsäkerhet.
- > Kunskapen om klimatsystem och klimatförändringar har ökat avsevärt. SMHI har fått en tydligare roll som expertmyndighet inom klimatområdet. En nationell strategi för klimatanpassning antogs 2018 (Prop. 2017/18:163).
- > Den svenska energipolitiken syftar till att förena ekologisk hållbarhet med konkurrenskraft och försörjningstrygghet. Detta uttrycks bl.a. genom energi- och klimatomål samt en nationell plan för moderna miljövillkor för vattenkraften.
- > Klimat- och energiomställningen liksom miljöanpassningen av vattenkraften innebär driftförändringar och åtgärder i vattenkraftssystemet som påverkar dammar och dammsäkerhet. Svenska kraftnät och kraftindustrin har genom Energiforsk finansierat utvecklingsprojekt som belyser dammsäkerhetsaspekter kopplade till bl.a. förändrat energisystem¹⁰, miljöanpassning av vattenkraftens dammanläggningar^{11, 12}, erfarenheter från skogsbrand¹³.

⁶ Dammsäkerhet. Metodbeskrivning och jämförande studie av dimensionerande flöden för dammanläggningar med två generationer klimatscenarier. Elforsk rapport 14:27.

⁷ Två generationer av flödesdimensioneringsklass I-beräkningar. Energiforsk rapport 2020:645.

⁸ Fördelning av extrem dygnsnederbörd. Energiforsk rapport 2020:703.

⁹ Uppföljning av de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. SMHI Klimatologi Nr 51, 2019.

¹⁰ Dammsäkerhet i ett förändrat energisystem. Energiforsk rapport 2019:620.

¹¹ Miljöanpassningar och dammsäkerhet. Energiforsk rapport 2019:573.

¹² Miljöanpassningar med bibehållen dammsäkerhet. Energiforsk rapport 2021:791.

¹³ Skogsbranden 2018 – Erfarenheter ur ett dammsäkerhetsperspektiv. Energiforsk rapport 2019:614.

2.4.3 Aktiviteter identifierades och genomfördes för uppdragets delar

Aktiviteter identifierades för uppdragets fyra delar. Aktiviteterna har nära koppling med varandra och genomfördes i delar parallellt.

- > Del 1 – kunskapssammanställning om klimatförändringar – syftade framför allt till att tillgängliggöra befintliga kunskapsunderlag och forskningsresultat. Det lade en grund för uppdraget i övrigt. Arbetet har i huvudsak utförts av SMHI på uppdrag av Svenska kraftnät.
- > Del 2 – förändringar i tillrinningsförhållanden och drift av vattenkraftsystemet – syftade till att följa upp observerade förändringar i reglering och magasinshantering i kraftverksälvar fram till idag. Vidare att försöka förutse effekter på dammsäkerheten i framtida vattenkraftsystem, med hänsyn till samlade effekter av förändringar av energisystemet och vattenkraftens roll i det, klimatförändringar och andra samhällsförändringar. En specifik fråga att utreda var om driftförändringar kan förutses som medför att det idag finns anledning att se över de antaganden om reglerings- och driftförhållanden som anges i flödesriktlinjerna. Arbetet har letts av Energiföretagen.
- > Del 3 – kartläggning av dammars sårbarhet för höga flöden och klimatförändringar – har innefattat flera aktiviteter som syftar till att identifiera och analysera risker och sårbarheter. En litteraturgenomgång som omfattar metodik för analys av och anpassning till klimatförändringar samt identifiering av förändringar som kan påverka dammsäkerheten genomfördes i formen av ett FoU-projekt. Med användning av resultaten genomfördes en analys, på nationellt övergripande nivå, av klimatförändringar som kan leda till risker för dammsäkerheten. Fördjupning gjordes rörande dammars flödesdimensionering där Svenska kraftnät ledde en uppföljning av dagens förhållanden för landets dammar i dammsäkerhetsklass, SMHI sammanställde genomförda klimatanalyser för enskilda anläggningar och Svemin utredde frågor om gruvdammars drift och säkerhet i klimat i förändring. Inga nya beräkningar genomfördes.
- > Del 4 – utredning av strategi och tillämpning av principerna för klimatanpassning inom dammsäkerhetsområdet – klargör dammägares ansvar för klimatanpassning, som en integrerad del i ordinarie rutiner för dammsäkerhetsarbetet, i linje med regelverk och riktlinjer för dammsäkerhet. Resultatet från del 3, som inkluderade en internationell utblick om metodik för klimatanpassning i relation till dammar, kompletterades med

internationellt utbyte inom ICOLD¹⁴. Arbetet har i huvudsak utförts av Svenska kraftnät.

Resultaten för respektive del redogörs för i avsnitt 3.1-3.4.

2.4.4 Sammanställningar, analyser och workshops genomfördes

Totalt har ett tiotal aktiviteter genomförts. Ordinarie forum för samverkan, FoU-program, rapporteringar etc som parterna medverkar i eller ansvarar för har använts i stor utsträckning. Exempel på detta är att utvecklingsinsatser som bedömts vara lämpliga att utföra i projektform utförs genom Energiforsks dammsäkerhetsprogram samt att datainsamling samordnats med dammägares årliga dammsäkerhetsrapportering till länsstyrelserna. Löpande avstämningar har genomförts på kommitténs arbetsmöten, samt i mindre referensgrupper för enskilda delaktiviteter. Workshops har genomförts med kommittén och särskilt inbjudna sakkunniga inom arbetspaket 2, 3 och 4.

2.4.5 Delrapportering om allmänt tillgängliga klimatunderlag

Våren 2023 delrapporterade Svenska kraftnät uppdragets del 1 till regeringen¹⁵; En kunskapssammanställning om observerade och framtida klimatförändringar med relevans för dammsäkerhet. Rapporten har utgjort grund för kommitténs vidare arbete.

2.4.6 Resultat sammanställdes, slutsatser och rekommendationer togs fram

Aktiviteter dokumenterades i form av rapporter (publicerade), mötesanteckningar samt underlags-pm som utgjort arbetsmaterial för kommittén.

Svenska kraftnät har i dialog med kommittén sammanställt denna slutrapport med stöd det samlade framtagna, mer detaljerade, underlaget.

¹⁴ International Commission on Large Dams...

¹⁵ Regionala klimatförändringar - En kunskapssammanställning om observerade och framtida klimatförändringar med relevans för dammsäkerhet, Svenska kraftnät dnr 2022/820. Delrapportering till regeringen maj 2023.

3 Resultat av utredning och samverkan

I detta avsnitt redogörs för huvudsakliga aktiviteter, resultat och slutsatser för uppdragets del 1.-4. En förteckning över rapporter och underlags-pm som tagits fram inom eller kopplat till uppdraget ges i Bilaga 2.

3.1 Sammanställning av aktuell kunskap rörande klimatförändringars påverkan på dammsäkerhet

Denna del av uppdraget syftar till att sammanställa och tillgängliggöra allmänt tillgängliga kunskapsunderlag om klimatförändringar med betydelse för dammsäkerhet. En delredovisning av uppdraget i form av en kunskaps-sammanställning gjordes i maj 2023. Därefter har vissa kompletterade studier genomförts eller påbörjats i syfte att ta fram kompletterande kunskapsunderlag inom områden där behov identifierats.

I det följande redogörs för aktiviteter, resultat och slutsatser i korthet.

Regionala klimatförändringar - En kunskapssammanställning om observerade och framtida klimatförändringar med relevans för dammsäkerhet¹⁶

Rapporten sammanställer och beskriver observerade och framtida klimatförändringar med relevans för dammanläggningar i ett risk- och sårbarhetsperspektiv. Vidare redogörs för naturvetenskapliga underlag, terminologi och koncept som används inom ämnesområdet.

Kunskapsläget i korthet summeras enligt följande (för kartor hänvisas till rapporten).

De naturvetenskapliga underlagen om klimatet bygger på alltmer detaljerad kunskap samtidigt som den övergripande bilden rörande förändringar i Skandinavien ligger fast. Sverige är på väg mot ett varmare och blötare klimat. Bedömningen har över tid varit relativt likartad både vad gäller obesegrade förändringar och framtidsscenarier.

¹⁶ Regionala klimatförändringar - En kunskapssammanställning om observerade och framtida klimatförändringar med relevans för dammsäkerhet Publicerad rapport: Svenska kraftnät dnr 2022/820. Delrapportering till regeringen maj 2023.

Temperatures ökning i Sverige är ungefär dubbelt så stor som medelvärdet för jorden. Jämfört med perioden 1961–1990 var perioden 1991–2020 ungefär 1 grad varmare. Temperaturökningen är större än medelvärdet i landets norra delar och vintertid.

Nederbörden ökar över hela landet. Jämfört med perioden 1961–1990 var perioden 1991–2020 ungefär åtta procent mer nederbördsrik. Uppvärmningen har lett till en kortare säsong med snö på marken med undantag för norra Norrland. Snötäcket väntas i medeltal minska, med reservation för områden i eller nära fjällkedjan. Extrem nederbörd väntas öka över hela landet och ökningen bedöms något högre för nederbörd med varaktighet kortare än ett dygn jämfört med varaktigheten ett dygn.

Medelvattenföringen ökade i Sverige inom perioden 1991-2020 jämfört med perioden 1961-1990 enligt observationer. Ökningen var störst i norra Sverige. Säsongsvisa förändringar i flöden stöds av observationsdata. Flödestoppar under vintern, dvs. flödestoppar med ursprung i regn, är något högre. Flödestoppar med ursprung i snösmältning inträffar något tidigare.

Höga flöden i naturliga vattendrag visar inte någon nationell trend i storlek eller frekvens i observationsdata.

Framtida höga lokala flöden ("markavrinning") med sannolikhet 1/100 väntas öka för största delen av Götaland och Svealand, samt södra Norrland och norra Norrlands fjällområde. I övriga delarna av landet, dvs. mellersta Norrland och norra Norrlands kustområden, visar klimatscenarierna på en minskning.

Framtida hög vattenföring med "principiell vattenreglering" med årlig sannolikhet som lägst 1/50 visas i klimatscenariotjänsten. Principiell vattenreglering innebär att en översiktlig säsongsreglering i vattenkraftmagasinen finns med i beräkningarna. Resultaten bygger på att antagandet att dagens regleringar gäller även i framtiden, och att de kommer hanteras på samma sätt vid en ändrad hydrologisk belastning. För avrinningsområden i mellersta och norra Norrland visar simuleringarna i några fall ökande, i några fall minskande flöden. Förändringarna ökar mot slutet av seklet och för scenarier med kraftigare klimatpåverkan. Stora ökningar förekommer främst i fjällområden, och följer också med nedströpsvis stor förändring ligger bredvid områden med ingen eller bara liten förändring. En jämförelse av förändringens storlek i relation till vattendragens regleringsgrad (för biflödesområden) visar att den tillämpade regleringen förefaller samvariera med och förstärka klimatförändringen effekt. En djupare analys behövs men saknas i nuläget. Data för att modellera motsvarade oreglerade flöden med hög återkomsttid saknades vid rapportens framtagande.

En slutsats är att det finns tillkommande behov av kunskapsunderlag för dammar och dammsäkerhet rörande flödesskapande parametrar och extrema tillrinningar och flöden. Allmänt tillgängliga kunskapsunderlag om ackumulerad tillrinning, vattenekvivalent av snö med hög återkomsttid, extrema regnhändelser och extrema tillrinningar samt deras rumsliga variabilitet och varaktighet saknas i huvudsak. Mått som visar på förändringar i varaktighet, mellanårs- eller inom årsvariation, bedöms vara värdefullt för frågor rörande drift av dammanläggningar men förekommer sparsamt eller inte alls.

För att beräkna förändringar i flöden med viss sannolikhet används årshögsta flöden. Årshögsta flöden i nuvarande klimat kan, beroende på var i landet vattendraget ligger, orsakas av snösmältning. Utifrån nuvarande kunskapsläge går det inte att generellt tillskriva snö och is minskad betydelse utan att ta hänsyn till skillnader i olika regioner. Vidare är sådan grundinformation i mindre grad allmänt tillgänglig och standardiserad jämfört annan klimatinformation.

I ett framtida klimat med minskande snö och högre nederbörd kan högsta flödestoppen istället orsakas av en regnhändelse. Studie av högflöden i Sverige differentierar typiskt mellan regioner, men i lägre grad mellan säsonger och flödesskapande processer. Ur ett dammsäkerhets- och vattenkraftperspektiv bedöms det vara relevant att undersöka påverkan på årshögsta flöden till följd av förändringar i bakomliggande processer ("snösmältningstoppar" och "regntoppar", andel snösmältning respektive regn).

Vidare bedöms det vara av intresse att undersöka förändrade tillrinningsmönster exempelvis för perioder då magasin kan väntas hålla hög fyllnadsgrad. Perioder med hög magasinsfyllnadsgrad skiljer sig åt över landet och är en faktor som kan komma att ändra karaktär både till följd av klimatologiskt betingade tillrinningsmönster och vattenkraftens roll i energisystemet. En aktuell frågeställning att följa är därför om magasinsfyllnadsgrader under olika tider på året kommer förändras som en kombinerad effekt av elmarknad, vattendomar och tillrinningar.

Värdet av att mäta meteorologiska parametrar bedöms öka i framtida klimat. Prognosmodeller kalibreras på historiskt underlag. I takt med att klimatet förändras medför det att modellerna ska förutse händelser som ligger i utkanten av kalibreringsunderlaget. Mätningar har en viktig roll för att förbättra prognoser, fånga lokala kraftiga nederbördshändelser samt ge beslutsunderlag till dammägare.

Kompletterande analyser under uppdraget

Kompletterande information om förändringar i framtida extrem nederbörd, snö med hög återkomsttid och extrema tillrinningar har även kunnat aggregeras från genomförda flödesdimensioneringsberäkningar för enskilda dammar, se vidare avsnitt 3.3.

Kopplat till kommitténs arbete har Svenska kraftnät gett SMHI i uppdrag att göra ett antal kompletterande analyser rörande snö och flöden med hög återkomsttid. Vissa studier är pågående.

Kompletterande studier om extrem snö beskrivs kortfattat nedan.

Analys av 30-årssnö och förändringar mellan referensperiod 1961-1990 och 1991-2020¹⁷

30-årssnö ("en snörik vinter") utgör en av flera högflödesskapande faktorer vid beräkning av dimensionerande flöden enligt metod I. SMHI har på uppdrag av Boverket utvecklat en metodik att modellera snölaster för konstruktioner som relaterar till vatteninnehållet i snön¹⁸. Metodiken nyttjas nu av SMHI för att på uppdrag av Svenska kraftnät för att modellera 30-årssnö (vatteninnehåll) för de två senaste referensperioderna och presentera i kartform. För landet som helhet visar preliminära resultat att medelförändringen 1991-2020 jämfört med 1961-1990 är en minskning med 13 procent. 30-årssnön minskar i hela landet med undantag av norra Norrlands inland, där ökningen är störst i fjälltrakterna. Den relativa minskningen är tydligast i Götaland och Svealand, där är det absoluta snötäcket är mindre än i Norrland. Projektet pågår, slutredovisning i kartform planeras till årsskiftet 2023/2024.

Analys av förändringar i framtida 30-års snö

Projekt för beräkning av förändringar i 30-årssnö under innevarande sekel pågår, slutredovisning i kartform planeras till årsskiftet 2023/2024.

Kompletterande studie om extrem tillrinning beskrivs kortfattat nedan.

Analys av förändringar i total markavrinning (tillrinning) med årlig sannolikhet 1/100, 1/200 och 1/500¹⁹

Dammar ska normalt kunna avbörda en tillrinning med en årlig sannolikhet 1/100 vid dämningssgränsen. Även högre flöden med en årlig sannolikhet 1/200 och 1/500 är av intresse. Som nämnts ovan så presenteras inte tillrinningar med hög återkomsttid på SMHI:s klimatscenariotjänst i nuläget. Istället presenteras vattenföring med antagen "principiell vattenreglering" med som lägst årlig sannolikhet 1/50. Det har visat sig att den antagna regleringen till del maskerar effekten av klimatförändringen för sådana flöden. Dessutom visas inte förändringen av flöden med högre återkomsttider.

I denna preliminära studie presenteras en beräkningsmetodik för bestämning av förändringar i extrem tillrinning baserat på underliggande data från klimatscenariotjänsten. Metoden har testats för ett 30-tal valda punkter i Norrland och resultat presenteras i kartform för förändringar i extrem tillrinning med årlig sannolikhet 1/100, 1/200 och 1/500 vid slutet av innevarande sekel jämfört med referensperioden i slutet av föregående sekel, för scenarier enligt RCP4.5 och RCP8.5. Dessa extrema tillrinningar beror av extrema väderhändelser såsom t.ex. intensivt regn eller långa perioder med mycket regn och/eller kraftig snösmältning.

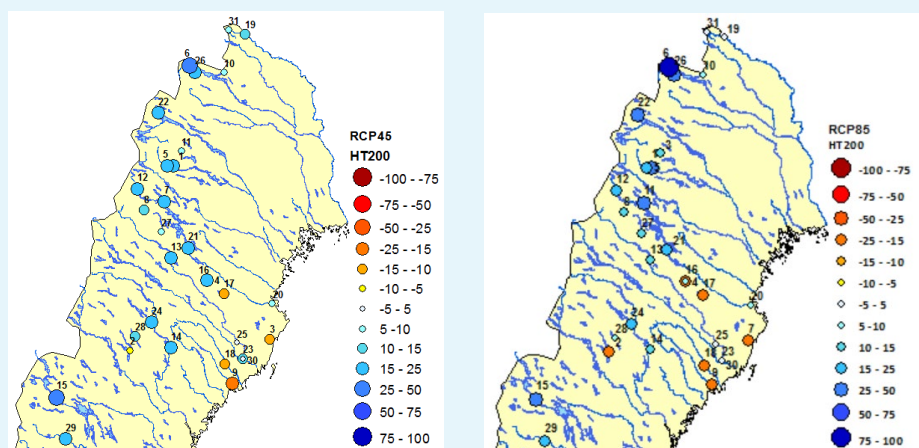
Analysresultaten visar att fjällkedjans delområden har en ökande tendens medan kustområdena ofta har en minskande tendens, dvs. motsvarande mönster som för

¹⁷ Uppdrag till SMHI av Svenska kraftnät. Prel. resultat presenterade för kommittén, pågår, opublicerat arbetsmaterial.

¹⁸ Lindström et al: Klimatlaster i Boverkets konstruktionsregler – nya snölaster (2023).

¹⁹ SMHI på uppdrag av Svenska kraftnät, prel. pm november 2023, ej publicerat arbetsmaterial

modelleringen av reglerad vattenföring med låg årlig sannolikhet. En skillnad är att för vattendragen med ursprung i fjällkedjan visar även beräkningspunkter vid kusten en viss ökande tendens, men flera beräkningspunkter i kustområden skulle krävas för en närmare jämförelse. De flesta beräkningspunkter med uppströmsområden i fjällen visar en ökning för båda utsläppsscenarierna, endast ett fåtal områden visar en ökning över 25 procentsnivån. Förändringarna är i huvudsak lika för de olika återkomsttiderna. Som exempel visas resultat för extrem tillrinning med årlig sannolikhet 1/200 i Figur 1.



Figur 1. Förändringen i procent av HT200 år 2071-2100 jämfört med 1971-2000 för RCP4.5 till vänster och RCP8.5 till höger

Pågående FoU-projekt om orsak till inträffade höga flöden beskrivs kortfattat nedan.

Analys av inträffade höglöden - differentiering av flödesskapande process.²⁰

Projektet avser studie av flödesskapande processer i Sverige 1961-2020 och kartläggning av variationer i tid och rum. Det omfattar beräkning av andelarna regn respektive snösmältning som orsak till inträffade höga flöden i hela landet i hög rumsupplösning. SMHI:s klimatdata för tidsperioden minst 1961-2020 nyttjas som grund för analysen. Geografiska skillnader för orsak till inträffad flöden och eventuella förändringar över tiden i andelarna regn respektive snösmältning kartläggs. Hur har t.ex. andelen regn som orsak till höga flöden varierat över tiden i olika delar av landet/vattendrag? För beräkningarna nyttjas en av SMHI framtagna metodik. Projektet pågår, slutrapportering planeras till årsskiftet 2023/2024.

Projektet är en fortsättning på en studie²¹ inom Energiforsks program Hydrologiskt utvecklingsarbete som undersökt långtidsvariationer i medel och extremvärden av nederbörd, temperatur, vattentillgång och höga flöden i Sverige under perioden 1860-

²⁰ Pågående FoU-projekt "Differentiering av flödesskapande processer" som utförs av SMHI på uppdrag av Svenska kraftnät.

²¹ Klimat, vattentillgång och höga flöden i Sverige 1860-2020.

2020, med särskild tonvikt på frågeställningar av betydelse för vattenkraftindustrin. Analysen visade bl.a. att:

- Storleken och frekvensen av höga flöden i naturliga vattendrag är relativt stabila. Vinterflödena är något högre och vårflöden inträffar aningen tidigare än förut.
- Informationsmängden om höga flöden kan ge intrycket att höga flöden faktiskt blir vanligare, vilket kan bero på flera faktorer. Dels att samhällets sårbarhet ökat med ökad bebyggelse, mer hårdgjorda ytor och infrastruktur, dels att många av de höga flödena under senare år har varit regnflöden. Regnflödena är svårare att prognosticera än snösmältningsflöden och därför inträffar mer överraskande. Många snösmältningsflöden maskeras också av regleringen i utbyggda vattendrag.
- Höga flöden i vattendrag orsakas oftast av andra faktorer än kortvariga skyfall. Skyfallsproblematiken med relaterade översvämningen hänger mest ihop med tätbebyggda områden.
- Mätosäkerheten, i främst gamla data, är betydande och påverkar möjligheten till tillförlitliga trendanalyser.

Sammantaget konstateras att behov av ytterligare kunskapsunderlag om förändringar i extrema regn- och snöhändelser, extrema tillrinningar samt säsongsmässiga förändringar kvarstår.

Vad gäller förändringar i framtida höga vattenflöden i kraftverksälvar så kan konstateras att det är många faktorer som styr hur vattenkraftens säsongsmagasin regleras. Det går inte att förutse exakt hur regleringen kommer att förändras i framtiden, vilket gör att förändringar av framtida höga vattenflöden är mycket osäkra för de stora kraftverksälvarna. Under 2023 har SMHI påbörjat arbete för att ta fram en alternativ klimatindikator som utgår från oreglerade förhållanden i vattendragen (i modellen har regleringarna ersatt med "fiktiva sjöutlopp"). Beräkningar för hur oreglerade vattenflöden förändras i framtida klimat pågår. Försök görs även för att beräkna framtida tillrinning med olika återkomsttid.

SMHI och Svenska kraftnät avser att fortsätta samarbeta kring att ta fram relevant underlag för att bättre kunna bedöma hur klimatförändringar påverkar dammsäkerheten.

3.2 Analys av hur förändringar i tillrinningsförhållanden och drift av vattenkraftsystem kan påverka dimensionerande flöden samt risken för höga flöden

Denna del av uppdraget har genomförts med syfte att följa upp och försöka förutse eventuella klimat- och driftförändringar som skulle kunna medföra att

det föreligger behov av att se över de regleringsantaganden som gäller vid beräkning av dimensionerande flöden och vattenstånd enligt s.k. beräkningsmetod I. Angreppssättet har varit att sammanställa och kartlägga förändringar i observerad tillrinning, vattenföring och magasinstrykning i större kraftverksälvar under perioden 1980-2020, samt att därefter göra en bredare utblick om effekter på dammsäkerheten i framtida vattenkraftsystem med hänsyn till förändringar i klimat, drift och vattenhantering och samhället i övrigt.

Vidare har en metod tagits fram för känslighetsanalys av hur antaganden om magasinstrykning inför vårfloden påverkar dimensionerande vattenstånd för anläggningar längs en älvstreck. Metodiken medger samtidig analys av marginal för ökad dimensionerande tillrinning utan att dimensionerande vattenstånd i magasinet stiger över ett för anläggningen kritiskt vattenstånd. Metodiken har utvecklats och testtillämpning har gjorts vid beräkning av dimensionerande flöden för ett valt vattendag.

Uppföljning av magasinstrykning och tillrinning 1981-2020²²

Energiföretagen har låtit sammanställa diagram för ett tiotal kraftverksälvar, elområden och Sverige som helhet perioden 1981-2020, för att belysa förändringar i magasinens användning samt tillrinnings- och vattenförhållanden. Observera att det är en relativt kort period i klimatsammanhang som har studerats. Det torra 1970-talet finns inte med i analysen, vilket gör att slutsatserna i vissa fall är annorlunda än de som redovisades i avsnitt 3.1 under förändring av medelflöde.

De redovisade förändringarna torde till stor del kunna förklaras med avregleringen av elmarknaden 1996, en starkare knytning av den nordiska elmarknaden mot den europeiska och en kraftig utbyggnad av vindkraft. Dessa förändringar leder till behov av snabba förändringar av produktionen drivet av prisbilden på marknaden. Förändringar i klimatet bedöms ha bidragit, men i mindre omfattning.

Uppföljningen för de senaste fyra decennierna visar på följande tendenser till förändringar i vattenförhållanden för de större reglerade vattendragen:

- Minskande magasinstrykningsnivåer överlag för de större vattenkraftmagasinen. Den vanligaste bilden är att årsmaximum och årsmedel är minskande.

²² Uppföljning av magasinstrykning och tillrinning 1981-2020 – Underlagsrapport för Klimatkommittén 2021-23, 2023-08-22, Energiföretagen.

- Ökande vintertillrinningar till vattenkraftmagasinen i landets norra och mellersta delar, samt med några undantag svag tendens till ökande årsminimum för tillrinning i samma områden.
- Minskning i tillrinningens årsmaximum över hela landet, med något undantag.
- Årslägsta magasinsnivåer visar viss tendens till att infalla tidigare i några av vattendragen liksom även vårflodsstart.
- Tendens till minskad vattentillgång i landets vattendrag generellt, utom för landets nordligaste delar.

Sammantaget är det tydligt att flera olika signaler pekar på förändringar i klimatet och i magasinens användning. Fortsatta förändringar är att vänta.

Av de tendenser till förändringar som redovisats kan några ha betydelse för dammsäkerheten, och de dimensioneringsberäkningar som utförs för att bestämma dimensionerande vattennivå i magasin och erforderlig avbördningsförmåga för dammanläggningar.

Det noteras en svag tendens till ökande magasinsnivå inför vårfloden i kraftverksälvar i stora delar av landet. Detta hänger samman med milda vintrar och tendens till ökad tillrinning under vintern. Därför rekommenderas att dammägare följer upp och är vaksamma på att högre magasinsnivåer inför vårfloden inte står i konflikt med de antaganden som görs i nämnda dimensioneringsberäkningar.

Motsatt noteras i uppföljningen, med något undantag, minskande fyllningsgrad i magasinerna på somrarna, vilket innebär en ökad säkerhetsmarginal med hänsyn till dimensioneringsberäkningarnas antagande om att vattennivån i magasinerna antas ligga vid dämningssgräns från 1 augusti.

Dammsäkerhet i framtidens vattenkraftsystem²³

En workshop har genomförts med syfte att utforska hur dammsäkerheten kan komma att påverkas i framtida kraftsystem med hänsyn till förändring av klimat och andra förhållanden. Workshopen arrangerades av Energiföretagen och planerades av en arbetsgrupp inom Klimatkommittén. Ett drygt 20-tal deltagare med kompetens inom vattenreglering, dammsäkerhet, hydrologi, miljö, kraftsystem och myndighetsarbete deltog. Under workshopen behandlades frågor om klimatförändringars påverkan på flöden och andra

²³Dammsäkerhet i framtida kraftsystem. Dokumentation av workshop 29 augusti 2023, underlagsrapport till Klimatkommittén. Energiföretagen.

klimateffekter, samt andra förändringar som miljöanpassning av vattenkraften och energiomställning och vad detta kan leda till för vattenkraftssystemet och för dammsäkerheten för olika delar av landet. Övergripande slutsatser från workshopen beskrivs kortfattat nedan.

Klimatförändringar har redan inträffat och kommer att fortsätta att pågå. Ökande temperatur, mer nederbörd med fler skyfall samt högre vintertillrinningar är exempel på detta. Förändringar förväntas leda till ras och skred, skogsbränder och stormfäld skog i ökad utsträckning.

Drift- och underhållsförhållanden kommer att förändras. Fler händelser kommer att behöva hanteras. En viktig aspekt berör framkomligheten till anläggningarna där flera av de klimatförändringar som beskrivits ovan kan försvåra denna. Samma förändringar kan leda till fler strömavbrott som både kan påverka produktionsförmågan och kraftförsörjningen. Mer spill under vintern för kraftbalansändamål förväntas. Extremvärme kan påverka betongdammar och mekaniska konstruktioner vilket kan leda till svårighet att öppna utskovsluckor på sina ställen. Ökad körning med start och stopp och användning av utrustning i ökad utsträckning torde öka behovet av underhåll.

Andra förändringar har påverkat och kommer att påverka elsystemet. I framtiden kommer ytterligare vindkraft in i elsystemet för att svara upp mot en ökande efterfrågan av el i samhället. Det leder till att vattenkraftens flexibilitet med korttidsreglering blir allt viktigare. Årsreglering förväntas bli mindre viktig.

Konkurrensen om vattnet i vattendragen kommer att öka vilket drivs av fler och längre torrperioder, särskilt i landets södra och mellersta delar. Prioritering av vattenresurserna kommer att behövas vilket kan innebära att uttag för dricksvatten, bevattning och industrier kan komma före vattenkraftproduktion. Nya miljövillkor behöver också försörjas med vatten.

Osäkerheten i drift av vattenkraftssystemet ökar på flera plan. Omsorg behövs för att risker som är kända idag inte blir mer sannolika och att nya kombinationer av risker identifieras och hanteras.

Möjliga åtgärder för dammägare omfattar fortsatt ändamålsenlig dimensionering av vattenkraftstationer och dammanläggningar, bättre mätning och prognoser, samverkan och informationsutbyte med myndigheter, samt anpassning av vattenhushållningsbestämmelser.

Jämförelsevis snabba förändringar i elmarknaden, produktionsmix och geografi har tydlig påverkan på vattenkraftens roll. Effekter av moderna miljövillkor kan, även om det inte utreds inom ramen för detta uppdrag, komma att påverka praktisk regleringsgrad i magasin i de fall ett större restmagasin behövs för att säkerställa vattenvolym för till exempel minimitappningar. Förutsättningarna att magasinera tillrinnande volym kan därmed förändras och på så sätt behöva beaktas vid dimensionering av dammanläggningar.

Dokumentationen från workshopen rekommenderas utgöra underlag för översyn av branschföretagens riktlinjer för dammsäkerhet och vidare arbete för att bättre följa och medverka till att driftförändringar beaktas i dammsäkerhetsarbetet och vice versa. De identifierade riskerna kan ge stöd för framtagande av indikatorer på driftrelaterade förändringar och operativ hantering med potentiell påverkan på underhåll och driftmässig beredskap, samt dimensionering av anläggningsdelar och funktioner. Dammägare rekommenderas följa upp indikatorerna och medverka till erfarenhetsåterföring.

Känslighet för olika restmagasin vid beräkning av dimensionerande flöde enligt beräkningsmetod I och marginaler för ökad tillrinning²⁴

Riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar betonar att analyser av marginaler kan vara aktuella beroende på magasinens egenskaper samt indata till modellen. Det poängteras att den i modellen ansatta volymen av restmagasinet inför snösmältningen i vissa fall kan ha stor påverkan på det beräknade dimensionerande vattenståndet, liksom förstås även tillrinningens storlek. I perspektivet att såväl lägsta magasinsnivå som extrema tillrinningar visar tendens att öka har metodik för känslighetsanalys tagits fram som kan tillämpas för samtliga anläggningar inom ett älvsystem.

Klimatkommittén 2011 utvecklade och testade metodik för att undersöka dels påverkan av restmagasinet volym på dimensionerande vattenståndet, och testade metoden för några utvalda anläggningar/magasin, dels hur mycket tillrinningen skulle kunna öka i samband med dimensionerande tillfälle, utan att vattenståndet i magasinet överskrider en för dammen kritisk nivå. Metoden nyttjades för att indikera marginalen för att kunna motstå och släppa förbi ökade tillrinning vid enskilda anläggningar, och resultat presenterades samlat utan att skilja mellan vattendrag.

Resultaten illustrerade att anläggningsspecifika förhållanden som avbördningskapacitet och regleringsgrad är avgörande för hur ett förändrat restmagasin inför vårflödet påverkar det dimensionerande vattenståndet. I en separat analys analyserades anläggningarnas marginal för att kunna motstå ökad extrem tillrinning, utan att ett för anläggningen kritiskt magasinsvattenstånd skulle överskridas i samband med dimensionerande tillfälle.

Inom ramen för nuvarande uppdrag utarbetade och testade SMHI en metodik som kombinerar de båda tidigare känslighetsanalyserna och möjliggör samlad tillämpning för ett helt vattendrag. Syftet var att identifiera anläggningar som utgör begränsande flaskhalsar vid extrema flöden, respektive var magasin med större marginaler finns. Av testtillämpningen framgår tydligt att det inom en kraftverksälv kan finnas såväl anläggningar som är okänsliga för förändringar i restmagasin inför vårflod (i metoden

²⁴ Uppdrag till SMHI av Svenska kraftnät, prel pm september 2023, ej publicerat arbetsmaterial.

testas fyllnadsgrad 10-100 procent) och goda marginaler för ökade tillrinningar, som anläggningar med åtgärdsbehov redan i dagens klimat.

Metodiken finns nu tillgänglig hos SMHI. Den kan i samband med beräkning av dimensionerande flöde tillämpas på hela vattendrag i syfte studera hur känsliga anläggningarna/beräkningsresultatet (dimensionerande flöde och vattenstånd) är för olika antagande om restmagasin vid vårflodsstart. Samtidigt testas hur stor marginal för ökning av tillrinningen som finns, vid olika restmagasin, utan att dimensionerande vattenstånd stiger över en för dammen kritisk nivå.

3.3 Kartläggning av sårbarheten hos dammar i dammsäkerhetsklass A, B och C, med avseende på höga flöden och klimatförändringar

Denna del av uppdraget har syftat till att kartlägga klimatrelaterade risker och sårbarheter hos dammar. Fördjupning har gjorts rörande höga flöden och dimensionerande flöden för dammar idag och framtiden.

Klimatförändringarnas påverkan på dammsäkerheten²⁵

Arbetet har genomförts som ett FoU-projekt inom Energiforsks dammsäkerhetsprogram, med Klimatkommittén som referensgrupp. Studien inleddes med en litteraturgenomgång som omfattar metodik för analys av och anpassning av dammanläggningar till klimatförändringar, samt identifiering av förändringar som kan påverka dammsäkerheten. Med användning av resultaten från litteraturgenomgången genomfördes en övergripande analys av klimatförändringar som kan leda till risker för dammsäkerheten. Ett 70-tal effektkedjor som grundar sig i/utgår utifrån klimatparameterar utvecklades. De kan ge stöd för att identifiera risker för enskilda dammanläggningar.

Om klimatparametrar

- Samhällets utsläpp av växthusgaser har redan påverkat klimatet och ytterligare förändringar är att vänta.
- Sammantaget kan konstateras att temperatur påverkar flera olika aspekter med koppling till dammsäkerhet. Temperatur visar också en tydlig signal om förändring i det framtida klimatet.

²⁵ Klimatförändringarnas påverkan på dammsäkerheten , Energiforsk rapport 2023:xxx, Maj 2023

- Även för nederbörd finns relativt tydliga signaler om förändringar i framtiden och sammantaget kan konstateras att nederbörd har en stor betydelse för flöden i vattendragen och de effekter som dessa i sin tur föranleder.
- För vind finns inga tydliga signaler om förändringar i framtiden. Det är framför allt extrema eller tillfälliga förhållanden – läs storm – som har betydelse i sammanhanget.
- Olika kombinationer av klimatparametrarna temperatur, nederbörd och vind har potentiella effekter på dammsäkerheten. De kan leda till effekter av vitt skild art.

Om metodik och risker till följd av klimatförändringar

- Flera olika initiativ som avser metodik för analys och anpassning till klimatförändringar har tagits fram under de senaste tio åren. Det finns en samsyn om att betrakta klimatförändringar som faror som kan leda till risker för olika verksamheter. Och som en följd av detta att klimatförändringar kan integreras i befintliga processer för riskhantering hos dammägare med flera. De svenska riktlinjerna för dimensionerande flöden för dammanläggningar innehåller tydlig vägledning för ett klimat i förändring. Motsvarande vägledning behöver utvecklas i branschriktlinjerna för dammsäkerhet RIDAS och GruvRIDAS, samt även i officiella vägledningar
- Resultaten visar i första hand på redan kända dammsäkerhetsrisker som kan komma att förändras och förvärras av klimatförändringar. De risker och effektkedjor som identifierats i rapporten kan tjäna som (stöd för att ta fram) en checklista av potentiella klimatförändringar för den som utför analyser för specifika anläggningar och verksamheter.
- Nuvarande årliga variationer hanteras av energisektorns aktörer inom ramen för de mål och medel som de förfogar över idag. När det gäller framtida extrema väderhändelser så är hoten inte nya, redan idag utsätts energiförsörjningen för prövningar i form av extremt väder. Klimatförändringen förstärker hoten.
- Inriktningen för aktuella anpassningsåtgärder innebär i många fall en stegvis upptrappning över tid med utökad övervakning, förebyggande eller avhjälpande underhåll, till ombyggnad och ändring av användning, eller slutligen eventuell avveckling.
- Klimatförändringar kommer att påverka olika sektorer inom samhället och energisystemet där vattenkraften ingår på ett sätt som vi inte vet idag, och därmed tillföra osäkerheter som potentiellt kan påverka dammsäkerheten på olika sätt.

Projektet ledde fram till följande rekommendationer:

- Dammägare rekommenderas att analysera de risker som identifieras till följd av klimatförändringar inom ramen för de rutiner för riskhantering som etableras för det ordinarie dammsäkerhetsarbetet.
- Myndigheter och branschorganisationer rekommenderas att beakta klimatfrågan i sina vägledningar och riktlinjer så att den integreras så bra som möjligt i dammägarnas ordinarie dammsäkerhetsarbete.

- Myndigheter och branschorganisationer rekommenderas att fortsätta arbetet med att följa klimatförändringar och verka för att för dammsäkerheten relevanta klimatindikatorer tas fram.

Gruvdammanläggningar och klimatförändringar – En utblick gällande påverkan på dammsäkerheten under drift och efterbehandling²⁶

Rapporten sammanställer kunskap om dammsäkerhet för gruvdammsanläggningar i relation till klimatförändringar. Den syftar till att ge en överblick kring förhållanden som råder vid svenska gruvdammsanläggningar och redogör för de parametrar som i störst utsträckning kan komma att påverkas av klimatförändringar. Redovisningen görs utifrån en översiktlig beskrivning av hur drift, vattenhantering och efterbehandling fungerar vid en gruvdammsanläggning. Fokus ligger på flödesförändringar då detta utgör en kritisk faktor för dammsäkerheten vid anläggningarna.

Om klimatförändringar och flöden

- En ökning av nederbörd och en minskning vintersäsongen förväntas vid landets gruvdammanläggningar. En kortare vintersäsong innebär att en större del av nederbörden faller i form av regn. Samlat förväntas detta leda till ökade höga flöden som medför krav på ökad avbördningsförmåga och anpassningsåtgärder vid anläggningarna. Viktiga områdena för kunskap om framtida förhållande är därför förändrade dimensionerande flöden och långsiktiga förutsättningar för vattenbalanser.

Dammsäkerhet - primärt en fråga om extremflöden

- Gällande dammsäkerhet konstateras att det är extremflöden som är det mest betydande hotet. Förändringar i extrema flöden kommer medföra ökade belastningar på gruvdammanläggningar. En gynnsam faktor i detta avseende är att avrinningsområdena för gruvdammanläggningar är relativt små och att det sällan är ett stort problem att förbereda för en något högre avbördningskapacitet. Med andra ord förväntas denna anpassning inte vara svår att åstadkomma.
- Till detta konstateras också att det, klimatförändringar eller ej, redan föreligger ett behov att återkommande bygga om flera av utskoven i och med att dammarna höjs. Det innebär att det för många gruvdammanläggningar kommer att finnas möjlighet till löpande anpassning av utskovskapaciteten vid behov.
- Extrema väderhändelser och indirekt påverkan på driften Gruvdammanläggningar i drift är bemannade, de kontrolleras regelbundet av personal, och det finns normalt

²⁶ Gruvdammanläggningar och klimatförändringar – En utblick gällande påverkan på dammsäkerheten under drift och efterbehandling, Svemin, mars 2023.

en betydande maskinpark att tillgå på plats inom gruvområdet. Därtill är extremflöden för gruvdammanläggningar markant mindre än för vattenkraftdammar med hänsyn till mycket begränsade tillrinningsområden, vilket i flera fall har gjort det möjligt att ta fram avbördningsanordningar som klarar relativt extrema flödessituationer utan behov av aktiv reglering (exempelvis via nödrösklar och överströmningsbara luckor). Begränsad åtkomst, strömbortfall och skada på annan infrastruktur är således mindre problematiskt än vid exempelvis vissa vattenkraftanläggningar. Normalt finns tillräckliga resurser för att genomföra åtgärder redan tillgängliga på anläggningen. Vanligen ges det även relativt gott om tid innan någon aktiv åtgärd krävs för att hantera exempelvis ett extremt flöde.

Kunskapsbehov för extremflöden

- Ökad förståelse gällande framtida förväntningar på dimensionerande flöden. Beaktande av att det för gruvdammanläggningar ofta rör anläggningar med mycket små nederbördsområden (jämfört med normala nederbördsområden inom vattenkraft, som varit storleksmässig utgångspunkt vid framtagande av flödesriktlinjer). Beaktande av att buffertkapaciteten i vissa fall är begränsad, varvid dygnsmedelflöde inte alltid medför tillräckligt god tidsupplösning.

Förändring av dimensionerande tillrinning i framtida klimat²⁷

I rapporten sammanställs resultat från genomförda klimatkänslighetsanalyser för beräkningar av mycket extrema flöden. Målet har varit att identifiera och sammanställa redan utförda beräkningar av mycket extrema flöden där klimatkänslighetsanalys, och presentera beräkningsresultaten med regional upplösning. Syftet har varit att ta fram en nationellt övergripande bild av klimatrelaterade förändringar av flödesskapande faktorer och dimensionerande flöde. Sammanställningen har gjorts av SMHI på uppdrag av Svenska kraftnät, och i nära samverkan med kommittén.

Utgångspunkten för krav på dimensionerande flöde för en dammanläggning är de konsekvenser (merskador) som ett haveri skulle kunna medföra i samband med höga till mycket extrema flöden. För anläggningar där merskadan vid ett dammhaveri bedöms kunna bli stor eller mycket stor från samhälls synpunkt tillämpas riktlinjernas²⁸ s.k. beräkningsmetod I, i vilken extrem nederbörd är en klimatologiskt bestämd faktor s.k. dimensionerande nederbördssekvens. Klimatförändringarna medför förändringar i hydrologiska förhållanden, som innebär att förändringar i förekomst, storlek och karaktär av höga flöden orsakade av snösmältning och nederbörd kan förväntas inom den tekniska livslängden för dammar. Det medför att klimat i förändring bör beaktas vid beslut av dimensionerande flöde vid planering av åtgärder för befintliga dammar och planering av nya dammar.

²⁷ Förändring av dimensionerande tillrinning i framtida klimat, Svenska kraftnät, Mars 2023. Underlagsrapport för klimatkommittén.

²⁸ Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar, Svenska kraftnät m.fl., 2022

I beräkningsmetod I finns ett antal ingående flödesskapande faktorer som beror av klimatologiska förhållanden eller bestämts med stöd av historiska observationer. I studien har klimatrelaterade förändringar av faktorer som är viktiga ur ett flödesperspektiv kartlagts. De faktorer som följts upp är bl.a. volym och maximal dygnssumma för dimensionerande nederbördssekvens, dimensionerande snömagasin, dimensionerande tillrinning och dimensionerande vattenståndet i magasinet.

Underlaget till studien utgörs av resultat från genomförda beräkningar av dimensionerande flöde där känslighetsanalyser har utförts med hjälp av klimatscenarier. Sammanställningen bygger på känslighetsanalyser för ett 30-tal anläggningar (beräkningspunkter) i 15 vattendrag geografiskt spridda över landet. Analyserna har så gott som uteslutande genomförts på uppdrag av kraftindustrin.

Uppgifter om beräkningsresultaten med klimatscenarier har sammanställts genom medelvärdesbildning inom respektive vattendrag, eller för större kraftverksälvar del av vattendrag. Det anges mått för dels vilken andel av klimatförändringarna som indikerar en ökning, dels medelförändringens storlek. Vad gäller dimensionerande vattenstånd så kan uppgiften inte generaliseras inom ett vattendrag, istället har medianförändring för respektive magasin sammanställts.

Underlaget har aggregerats för tidshorisonterna "mitten av seklet" respektive "slutet av seklet". För mitten av seklet sammanvägs resultat från samtliga använda klimatscenarier (RCP 4,5 och RCP 8,5) då spridningen mellan scenarier för olika kraftiga klimatförändringar är måttlig. För slutet av seklet sammanvägs endast resultat från scenarier som beskriver kraftiga klimatförändringar (RCP 8,5). Syftet har varit att ta tillvara så stor del av underlaget som möjligt i den sammanvägda uppskattningen för det kortare tidsperspektivet, samt att undvika en underskattning av förändringarna i det längre tidsperspektivet.

Resultaten ger en nationell överblick över indikerade förändringar under innevarande sekel:

Nederbördssekvensens volym och maximala dygnsnederbörd väntas öka för hela landet, ca tio procent respektive 20 procent fram till slutet av seklet.

Dimensionerande snö förväntas minska för hela landet med ett undantag längst i nordväst, ca tio procent i norra och ca 30-40 procent i södra halvan av landet i mitten av seklet och kraftigare minskningar mot slutet av seklet. Det måste dock poängteras att "dimensionerande snömagasin" inte nödvändigtvis är det som orsakar den dimensionerande tillrinningen, och att en stor procentuell förändring inte nödvändigtvis innebär en stor absolut förändring.

Dimensionerande tillrinning indikeras vid såväl kvalitativ som kvantitativ bedömning vara ökande, vilket indikerar ökade översvämningssrisker längs vattendragen.

- Kvalitativt sett är indikationen på framtida ökande dimensionerande tillrinning tydlig. För majoriteten av de undersökta anläggningarna indikerar de flesta klimatscenarier en ökning, och trenden blir tydligare mot slutet av seklet, se Figur 2 och 3. Cirkelnas färg motsvarar andel av scenarierna som indikerar en ökning.
- Kvantitativt sett är ökningen av dimensionerande tillrinning större för perioden i slutet av seklet jämfört med perioden i mitten av seklet. Generellt blir ökningen större för södra delen av Sverige jämfört med den norra delen.

- Dimensionerande tillrinning indikeras öka med ca 2-12 procent i norr och ca 13-23 procent i södra delen av landet i mitten av seklet, respektive kraftigare ökning mot slutet av seklet, se Figur 2 och 3 där cirkelnas storlek och det angivna talet indikerar tillrinningsökningen

Dimensionerande vattenstånd²⁹ indikeras för så gott som samtliga anläggningar vara oförändrat eller svagt ökande.

- Kvalitativt sett visar mer än hälften av klimatscenarierna på en ökning i dimensionerande vattenstånd för perioden i mitten av seklet, med undantag för någon anläggning.
- Kvantitativt ligger ökningen i allmänhet inom någon decimeter, endast vid två anläggningar indikeras en ökning på 0,5 meter eller mer.
- Mot slutet av seklet, och med beaktande av endast scenarier med kraftiga utsläpp, förstärks tendensen till ökning i dimensionerande vattenstånd. För 9 av 28 anläggningar/beräkningspunkter indikeras en ökning om 0,5 meter eller mer.

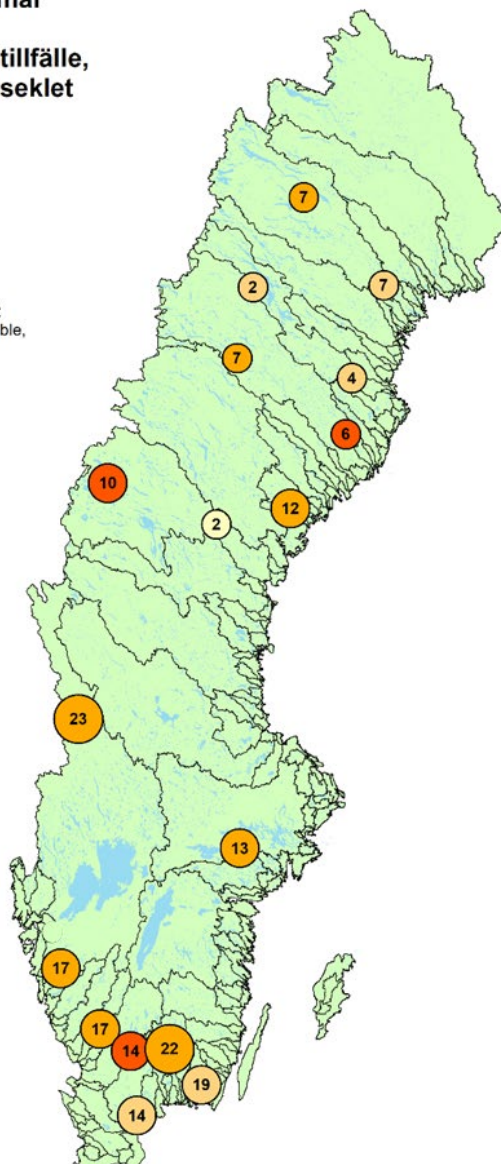
²⁹ Fristående komplettering av pm:et med uppgifter om dimensionerande vattenstånd, oktober 2023, arbetsmaterial för kommittén.

**Förändring i maximal
tillrinning vid
dimensionerande tillfälle,
fram till mitten av seklet**

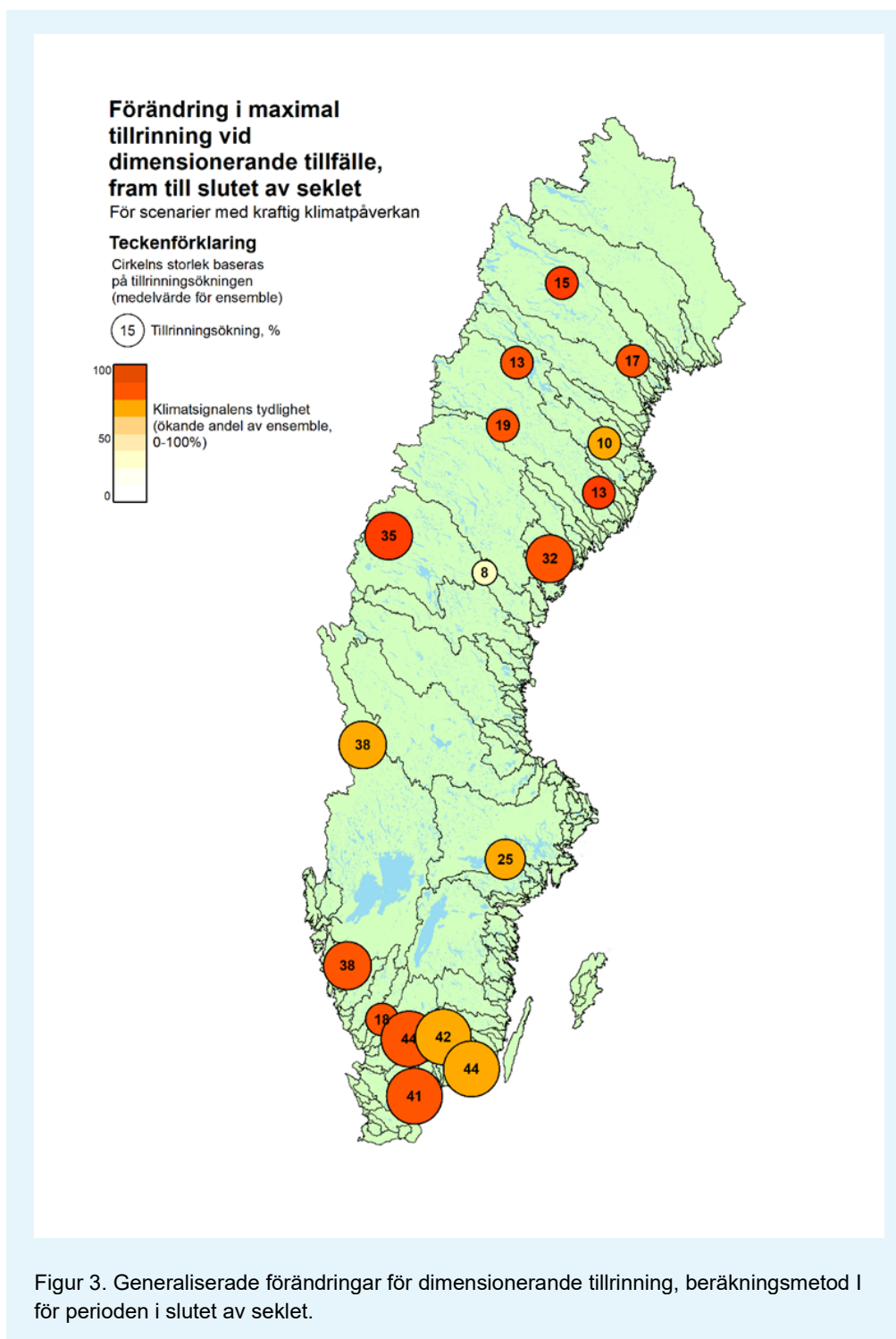
Teckenförklaring

Cirkelns storlek baseras
på tillrinningsökningen
(medelvärde för ensemble)

15 Tillrinningsökning, %



Figur 2. Generaliserade förändringar för dimensionerande tillrinning, beräkningsmetod I för perioden i mitten av seklet.



Det dimensionerande vattenståndet är anläggningsspecifikt och det bör särskilt noteras att det utöver klimatet finns många andra faktorer som spelar in för beräkningen av dimensionerande flöde och dimensionerande vattenstånd enligt riktlinjernas metod I. I grunden är det en av beräkningsmetodens styrkor

att systemegenskaper såsom magasinvolym, avbördningskapacitet och regleringsstrategier har stor betydelse om sjöar/dammar har en påverkan på tillrinningen. Vad gäller vattenkraftanläggningar behöver även beaktas att framtida reglering kan förväntas påverkas av t.ex. energimarknadens utveckling och elproduktionens sammansättning och lokalisering, se genomförda analyser i avsnitt 3.2.

Klimatkänslighetsanalyserna konstateras ha spridning över landet men vissa viktiga kraftverksälvar i bl.a. mellersta delen av landet saknas. Flödeskonferensen (huvudmännens samverkansforum) rekommenderas tillse att sammanställningen kompletteras när mer beräkningsresultat finns att tillgå.

Flödesdimensionering 2022 - Sammanställning av dammägares rapportering om flödesdimensionering för dammanläggningar med dammar i dammsäkerhetsklass³⁰

Svenska kraftnät har våren 2022 följt upp dammägarnas kännedom om och tillämpning av flödesriktlinjerna. Detta är första gången en uppföljning av flödesriktlinjernas tillämpning genomförs brett för anläggningar med dammar i dammsäkerhetsklass. Sedan den nya dammsäkerhetsregleringen med krav på klassificering av dammar utgående från konsekvenser av dammhaveri infördes 2014 har ett omfattande arbete med inventering, konsekvensutredning och klassificering av dammar genomförts. 2022 hade konsekvensutredningar utförts för omkring 1200 dammanläggningar och ca 440 anläggningar har dammar som tillhör en dammsäkerhetsklass. Tidigare uppföljningar (jämför t.ex. Klimatkommitténs slutrapport 2011) har begränsats till anläggningar som ägs av medlemsföretag inom Energiföretagen respektive Svemin.

Uppföljningen genomfördes i samverkan med länsstyrelserna och samordnades med dammägarnas årliga dammsäkerhetsrapportering för dammar i dammsäkerhetsklass. Dammägarna uppmanades att fylla i ett frågeformulär med efterfrågade uppgifter om användandet av riktlinjerna, anläggningarnas flödesdimensionering och avbördningsförhållanden.

Ett viktigt syfte med uppföljningen var att på bred front nå ut med information om 2022 års utgåva av riktlinjerna, och uppmärksamma dammägarna dessa. Detta syfte bedöms i hög grad vara uppfyllt. Nedan sammanfattas resultat utifrån rapporteringen.

³⁰ Flödesdimensionering 2022 - Sammanställning av dammägares rapportering om flödesdimensionering för dammanläggningar med dammar i dammsäkerhetsklass, Svenska kraftnät dnr 2022/1018

Uppföljningens täckning bedömdes vara god då formulär har inkommit för 390 av totalt 440 anläggningar med dammar i dammsäkerhetsklass, motsvarande ca 90 % täckningsgrad. Med hänsyn till att vissa anläggningar inte omfattas av krav på flödesdimensionering så saknades rapportering för endast ett 30-tal anläggningar, motsvarande sju procent av dammbeståndet i fråga. Mörkertalet var dock större i praktiken pga. att vissa formulär varit ofullständigt ifyllda, vissa uppgifter angavs vara okända eller att svaren inte gått att tolka. En stor majoritet av anläggningarna där underlag saknas helt eller var ofullständigt ägs av dammägare med endast en damm i dammsäkerhetsklass.

- För 95 procent av anläggningarna där formulär inlämnats angav ägarna att de avser att följa riktlinjerna helt eller delvis. Ett stort antal ägare har dock uppgett att man ännu inte implementerat 2022 års uppdaterade riktlinje i verksamheten.
- För 85 procent av anläggningarna bedömer ägarna att avbördningskapaciteten vid dämningssgränsen är tillräcklig. Dammägare uppger att de planerar åtgärder vid sex procent av anläggningarna.
- För 66 procent av anläggningarna bedömer ägarna att avbördningskapaciteten är tillräcklig för avbördning av dimensionerande flöde. Dammägare uppger att de planerar åtgärder vid nio procent av anläggningarna.

En notering är att avbördningsanordningarna för 90 procent av anläggningarna helt eller delvis består av utskov med luckor, dvs. aktiv manövrering behövs för att spilla vatten vid höga flöden.

Svenska kraftnät bedömer att det kommer ta några år innan en mer heltäckande och definitiv lägesbild om dammars flödesdimensionering kan tas fram. Att uppföljningen genomförts kort tid efter att nyttgåvan publicerats har inneburit att en stor andel av dammägarna inte hunnit sätta sig in i och implementera dem i sin verksamhet. Detta har i stor grad bidragit till att uppgifterna som relaterar till 2022 års förändrade bedömningar och kravställningar är osäkra och ofullständiga. Med hänsyn till detta bedömdes det inte vara meningsfullt att göra någon djupare analys av anläggningarnas befintliga marginaler vid 100-årsflöde eller dimensionerande flöde, eller geografiska skillnader över landet.

Ägarnas inlämnade rapportering bedöms dock ge en god grund för länsstyrelsernas vidare tillsyn i fråga om dammarnas avbördningsförmåga. Dammägarna förväntas redogöra närmare för ev. brister, utrednings- och åtgärdsbehov rörande anläggningarnas avbördande förmåga inom den årliga dammsäkerhetsrapporteringen samt vid uppföljande möten med länsstyrelsen. Vidare förväntas en mer heltäckande och fördjupad beskrivning av förhållandena ges vid den redovisning av helhetsbedömningar av dammsäkerheten, som ska göras minst vart 10:e år. Under de närmaste åren förväntas helhetsbedömningar av dammsäkerheten genomföras och redovisas för länsstyrelsen för det stora antalet dammanläggningar som klassificerades under år 2015-2018.

För ägare som inte lämnat in formulären och ägare som inte har arbetat enligt riktlinjerna bedöms länsstyrelserna behöva göra särskilda informationsinsatser.

För en mer heltäckande och djupgående bild rekommenderas en förnyad uppföljning genomföras om några år. Det bör då vara möjligt att på ett

nationellt övergripande plan kunna kartlägga anläggningarnas status och befintliga marginaler i fråga om flödesdimensionering. Den geografiska fördelningen av anläggningarna bör kunna jämföras med kunskap om regionala förändringar i extrem nederbörd och andra klimatfaktorer, samt här presenterades förändringar i dimensionerande tillrinning.

3.4 Utredning och beskrivning av hur den nationella strategin för klimatanpassning och dess principer bör tillämpas inom dammsäkerhetsområdet

Denna del av uppdraget beskriver dammägares ansvar för klimatanpassning och förtydligar hur den nationella strategins principer kan tillämpas brett inom dammsäkerhetsarbetet. Avsnittet bygger vidare på resultat från avsnitt 3.3 om metodik och strategi för klimatanpassning. Det finns en samsyn om att analys av risker till följd av klimatförändringar, och arbete med klimatanpassning, kan integreras i befintliga processer för riskhantering.

Strategies & Adaptation to a Changing Climate, SwedCOLD workshop³¹

I samband med ICOLD:s årliga möte som hölls i Göteborg i juni 2023, organiserade Svenska kraftnät en workshop angående strategier och anpassning av dammar till ett förändrat klimat. Vid workshopen gavs möjlighet för ICOLD och Världsbanken, med flera, att beskriva internationella utgångspunkter och strategier för hantering av klimatförändring. Även aktuella svenska initiativ som tas i klimatfrågan presenterades³². Sammanfattande slutsatser från workshopen beskrivs nedan.

Klimatförändring kan påverka dammsäkerheten på olika sätt, direkt mot dammen och dess funktion, men också indirekt genom att förändra driftmiljön. Klimatförändring kan också påverka vattenkvalitetsaspekter som har betydelse för användningen av vattnet som dricksvatten, bevattning och industriella behov. När det gäller säkerheten för befintliga dammar är det viktigt att fokusera på de risker som är aktuella men också att identifiera framtida risker när det gäller klimatförändringar. Checklistor kan användas för att inte missa eventuella risker. Det är lämpligt att analysera identifierade risker i det ordinarie ramverket för riskhantering som organisationen har upprättat.

³¹ Summary of the SwedCOLD workshop "Strategies & Adaptation to a Changing Climate", Svenska kraftnät pm juni 2023.

³² Impact of climate change on dams safety. Energiforsk rapport 2023:947. Översättning av Energiforsk rapport 2022:908

Intensiv nederbörd, ibland tillsammans med intensiv snösmältning, kan orsaka inflöden som kan utmana avbördnings- och dämpningskapaciteten. Uppgradering kan behövas i framtiden. Ny teknik kan förbättra långsiktiga väderprognoser, vilket kan leda till möjligheter att agera i förväg genom att anpassa driften av magasinet. Befintliga dammar som byggts för ett speciellt syfte kan till följd av klimatförändring bli aktuella att använda för fler syften, vilket kan omfatta dämpning av flöden för att reducera risk för översvämning eller för att säkra en långsiktig tillgång till vatten för olika ändamål.

Om den nationella strategins principer för klimatanpassning

Nationell strategi för klimatanpassning (prop. 2017/18:163) anger att klimatanpassningsarbetet bör bedrivas utifrån följande vägledande principer:

1. Hållbar utveckling – beakta befintliga och kommande generationers intressen.
2. Ömsesidigt stödande – åtgärder för klimatanpassning kompletteras och samordnas med och minskad klimatpåverkan.
3. Vetenskaplig grund - analys av risker och konsekvenser ska bygga på senast tillgängliga kunskap.
4. Försiktighetsprincipen – potentiella påvisade risker hanteras, osäkerhet och kunskapsbrist får inte användas som skäl för att inte vidta åtgärder.
5. Integrering av anpassningsåtgärder - integrera om möjligt åtgärder i existerande strategier och planer.
6. Flexibilitet - åtgärder utformas för att vara flexibla och robusta för olika handlingsalternativ i framtiden, möjliggöra stegvis anpassning.
7. Hantering av osäkerhet – åtgärder analyseras utifrån flera möjliga utfall av utsläppsscenarioer.
8. Hantering av risk - vid allvarlig konsekvens tas höjd för händelser med mycket låg sannolikhet, vid hög risk vidtas förebyggande åtgärder.
9. Transparens - bedömningar och deras grund avseende osäkerheter, val av scenarier, risker och tidsperspektiv redovisas öppet.
10. Tidsperspektiv - åtgärder anpassas med hänsyn livslängd för aktuell anläggning.

För den som bedriver en verksamhet eller vidtar åtgärder som omfattar dammar gäller att kunna visa att skyldigheter enligt miljöbalken och dess allmänna hänsynsregler efterlevs. Dammar där ett haveri skulle kunna få allvarliga följder från samhälls- synpunkt ska klassificeras och deras ägare följa särskilda krav på dammsäkerhetsarbetet och dammsäkerhet. Närmare styrning och stöd som utgår från dammsäkerhetsregleringen och för det svenska dammsäkerhetsarbetet ges av Svenska kraftnät vägledningar,

Energiföretagens och Svemins dammsäkerhetsriktlinjer, RIDAS och GruvRIDAS, samt riktlinjer för flödesdimensionering av dammanläggningar.

Vår bedömning är att de vägledande principerna i den nationella strategin för klimatanpassning genom denna ordning i stor utsträckning ligger i linje med och innefattas i den svenska regleringen av dammsäkerhet medtillhörande vägledningar och riktlinjer, men kan lyftas in i dem på ett tydligare sätt än idag. Klimatanpassning av dammar - för bibehållen dammsäkerhet i framtida klimat - ingår på så vis som en integrerad del i dammägares ordinarie riskhantering och förvaltning av anläggningarna.

Vid utformning av detta övergripande ramverk för riskhantering, bör dammägarna beakta och utvärdera såväl de interna som de externa förutsättningarna. Klimatrelaterade faktorer bör ingå som en integrerad del i riskhanteringsramverket. Det finns flera anledningar att beakta och tillämpa principerna för klimatanpassning som externa förutsättningar. På en övergripande nivå kan dessa principer etableras som förutsättningar och säkerhetsfaktorer mot vilka risker utvärderas. (Ett typiskt exempel av riskutvärdering kan vara bedömning av avbördningsförutsättningar mot principerna om t.ex. hållbar utveckling, flexibilitet och tidsperspektiv. Finns till exempel förutsättningar för långsiktig säker hantering av flöden givet utvecklingen av klimatfaktorer och effekter av tillämpliga effektkedjor?)

Principerna bör även användas som utgångspunkt vid utvärdering av förslag om riskhanteringsåtgärder. Föreslagna åtgärder för riskhantering bör då verifieras avseende om de är hållbara gentemot klimatanpassningsprinciperna.

Principerna kan med fördel betraktas som säkerhetskriterier på en övergripande nivå, men även preciseras på en mer detaljerad nivå för dammanläggningen. För att kunna konkretisera hur dessa principer bör tillämpas som säkerhetskriterier rekommenderas att ett FoU-initiativ tas. Syftet blir att konkretisera hur principerna bör tillämpas som säkerhetskriterier inom ett ramverk för riskhantering inom dammsäkerhet, och ge förslag om lämplig omfattning och tillvägagångssätt. Resultaten rekommenderas inarbetas i vägledningar och branschriktlinjer för dammsäkerhet.

I det följande ges en inledande tolkning av de tio vägledande principerna med fokus på dammägares tillämpning för dammar och dammsäkerhet inom vattenkraft- och gruvverksamhet.

Hållbar utveckling och ömsesidigt stödjande.

Eftersträva åtgärder som stärker dammsäkerhet idag och samtidigt stödjer långsiktig hållbarhet och samhällets klimatomställning.

Dammar utgör viktig infrastruktur i samhället genom sin betydelse för magasinering och reglering av vatten och blandningar av vatten och annat material för bl.a. vattenkraftproduktion och gruvverksamhet. Säker elförsörjning utgör en av grundstenarna för en hållbar samhällsutveckling. Vattenkraften levererar många viktiga egenskaper till kraftsystemet och har därigenom en avgörande roll som möjliggörare i Sveriges klimat- och energiomställning. En omprövning av vattenkraftens miljötillstånd pågår för att främja en hållbar utveckling. Även tillgång till mineraler och metaller är centralt för klimatomställningen, och gruvdammar nyttjas för att magasinera avfall och restprodukter. Klimatanpassning av befintliga dammar, bidrar genom den verksamhet de möjliggör, på så vis till klimatomställningen och minskad klimatpåverkan.

Dammar kan dock även medföra risker då ett dammhaveri – med frisläppande av uppdämt vatten och blandningar och vatten och annat material – kan förorsaka översvämningar med allvarliga följder liksom förlust av den samhällsviktiga verksamheten. Upprätthållande av tillfredställande dammsäkerhet är därför en grundförutsättning för fortsatt verksamhet.

Dammsäkerhetsarbetet ska baseras på principen om långsiktig hållbarhet som innebär att beslutfattande, planering och genomförande av åtgärder ska beakta intressen på både kort och mycket lång sikt. Vid val av anpassningsåtgärder ska hänsyn tas till åtgärder som är givande oavsett graden av klimatförändring och andra förändringar.

Integrering av anpassningsåtgärder.

Dammägare ansvarar för att analysera, planera och bedriva sin verksamhet med hänsyn till såväl kortsiktiga som de långsiktiga risker och möjligheter som kan uppstå som en följd av klimatförändring eller vid förändrad drift. Det är dammägarens ansvar att samt vidta anpassningsåtgärder inom verksamheten. Där så är möjligt och lämpligt bör strategier och åtgärder för anpassning integreras i redan dammägares existerande riskhanteringsarbete, strategier och planer. Även myndigheters och branschorganisationers befintliga vägledningar och riktlinjer som styr och stödjer dammsäkerhetsarbetet i landet bör i tillämpliga delar vidareutvecklas till att beakta och inkludera följder av och anpassning till klimat i förändring.

Vetenskaplig grund.

Analys och anpassningsåtgärder ska vila på bäst tillgänglig teknik och senaste tillgängliga kunskap.

Dammsäkerhetsarbetet ska liksom anpassningsåtgärder vila på vetenskaplig grund och bygga på en analys av risker och konsekvenser med utgångspunkt i bästa teknik och senaste tillgängliga kunskap. SMHI, expertmyndighet inom bland annat klimatologi, och Sveriges kontaktpunkt för IPCC, har en central roll för klimatanpassningsarbetet i Sverige, tar fram och tillgängliggör kunskapsunderlag för samhället allmänna behov rörande klimatets utveckling fram till idag och för olika framtidsscenarier. För dammsäkerhetsändamål finns behov av att ta fram vissa kompletterande kunskapsunderlag.

Väderhändelser och klimatförändring kan påverka dammsäkerheten på olika sätt, såväl direkt mot dammen och dess funktioner, som indirekt genom att förändra driftmiljön och t.ex. påverka fjärrstyrning, strömförsörjning och framkomligheten till anläggningen. En avgörande del i dammars säkerhet är förmågan att kunna motstå och släppa förbi höga flöden. Riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar ger stöd modellering av extrema flöden. Klimatet påverkar flera flödesskapande faktorer, och även driften av vattenkraftssystemet förändras över tid, varför förändrade förutsättningar kan medföra att dimensioneringsberäkningar behöver revideras. Riktlinjerna rekommenderar översyn vart tionde år och ger anvisningar för känslighetsanalys avseende bland annat klimat i förändring och restmagasinets betydelse för dimensionerande vattenstånd. På motsvarande sätt bör även andra klimatrelaterade risker fångas upp i branschriktlinjer.

Försiktighetsprincipen, hantering av risk och osäkerhet.

Osäkerheter och brist på kunskap om en påvisad risk får inte användas som skäl för att inte vidta skyddsåtgärder eller nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder. Vid hög risk ska förebyggande åtgärder genomföras och beredskap planeras, vid allvarlig konsekvens ska höjd tas för händelser med mycket låg sannolikhet.

Försiktighetsprincipen innebär att redan risken för skada eller olägenhet för människors hälsa och miljö gör att verksamhetsutövaren är skyldig att utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärder medför skada eller olägenhet. Dammar dimensionernas för extrema laster och förhållanden, vilket i sig innebär att betydande osäkerheter finns. Försiktighet tillämpas i förhållande till graden av osäkerhet. Brist på fullständig kunskap om en påvisad potentiell risk ska inte användas som skäl för att skjuta upp eller låta bli kostnadseffektiva skyddsåtgärder.

Konsekvensernas omfattning vid ett dammhaveri styr de krav som ställs på dammsäkerhet. En damm ska vid varje tillfälle ha den grad av säkerhet mot dammhaveri som är rimlig med hänsyn till kostnaden för att uppnå denna grad av säkerhet. Denna princip om dammsäkerhet (hantering av risk) innebär således en rimlighetsavvägning mellan graden av säkerhet och kostnaden för att uppnå denna grad av säkerhet. Avvägningen leder till att ju allvarigare konsekvenserna ett dammhaveri kan leda till desto mindre hänsyn tas till kostnaderna för att upprätthålla dammsäkerheten. Vid hög risk, dvs. då sammanvägningen av sannolikheten för en händelse och de negativa konsekvenser som kan bli följden av händelsen kan betecknas som hög, gäller allmänt att förebyggande åtgärder bör vidtas, beredskap utformas samt ansvar och samverkan tydliggöras.

För dammar i dammsäkerhetsklass, och särskilt de i hög klass, gäller att såväl dimensionering som dammsäkerhetsarbetet i övrigt tar höjd för händelser med mycket låg sannolikhet att inträffa. Dimensionering av dammar för att kunna hantera mycket extrema flöden enligt flödesriktlinjernas metod I är ett exempel på detta. Vid behov av anpassningsåtgärder ska robusta åtgärder som fungerar under ett spann av möjliga framtida scenarier ska prioriteras.

Risikvärdering och planering av anpassningsåtgärder analyseras utifrån olika tänkbara framtidsutvecklingar. Flera möjliga utfall utifrån dessa bör beaktas. Vad gäller framtida klimat bör analysen omfatta flera olika utsläppsscenarioer och klimatmodeller, dvs. en ensemble av scenarier, vilket numera är praxis hos SMHI. De osäkerheter som klimatförändringar och klimatomställningen medför får inte leda till att dammsäkerhetshöjande åtgärder som är nödvändiga under dagens förhållanden senareläggs.

Flexibilitet och tidsperspektiv.

Eftersträva robusta åtgärder som tar hänsyn till dammens livslängd och gynnar stegvis anpassning med flera olika framtida handlingsalternativ.

Tidsperspektivet för klimatanpassningsåtgärder ska utgå från den specifika dammens eller konstruktionsdelens livslängd. Anpassningsåtgärder ska i största möjliga mån utformas med målsättningen att de ska medge flexibilitet och vara robusta på ett sätt som gynnar stegvis anpassning med flera olika handlingsalternativ för framtiden. Inlåsnings effekter ska undvikas. Inriktningen för aktuella anpassningsåtgärder innebär i många fall utökning över tid av övervakning och underhåll, anpassning av drift samt slutligen fysiska förstärkning eller ombyggnadsåtgärder. I val av lösningar för ökad avbördningsförmåga och/eller ökad tillfällig magasineringsförmåga genom höjning av dammar bör lösningar eftersträvas som underlättar eventuella ytterligare åtgärder i framtiden. Det kan samtidigt i många fall vara lämpligt att

kostnadseffektivt att genomföra åtgärder med marginal, för att undvika att behöva återkomma till en anläggning för genomförande av ett nytt projekt i närtid. Dessutom ger marginaler ytterligare säkerhet redan idag.

Transparens.

Dammägare bör vara transparenta avseende sin hantering av osäkerheter, risker, tidsperspektiv, val av klimatscenarier och andra framtidsscenarier i dammsäkerhetsarbetet inklusive genomförande av anpassningsåtgärder. Detta gäller såväl internt som i kommunikation med berörda myndigheter och allmänhet, med beaktande av informationssäkerhet. Dammägaren har skyldighet att dokumentera sin egenkontroll och årligen rapportera om dammsäkerhet till tillsynsmyndigheten (länsstyrelsen). Minst en gång var tionde år ska en helhetsbedömning av dammsäkerheten genomföras, dokumenteras och redovisas för tillsynsmyndigheten. Ombyggnadsåtgärder och förändringar i vattenhushållningsbestämmelser är normalt tillståndspliktiga. Uppgifter om säkerhet och motivering av valda åtgärdsalternativ ska ingå i prövningen.

Bilagor

Bilaga 1 Kommittén för dammsäkerhet i klimat i förändring

Kommitténs parter och deltagare listas nedan:

Svenska kraftnät

- > Maria Bartsch (ordf.)
- > Anna Engström Meyer (sekr.)

SMHI

- > Jonas German
- > Julia Zabori, tom. augusti 2023
- > Niclas Hjerdt, tom. augusti 2023, därefter Anna Eklund

Energiföretagen

- > Claes-Olof Brandesten (för Energiföretagen)
- > Romanas Wolfsborg (Vattenfall Vattenkraft)
- > Susanne Nyström, från mars 2023 (Vattenfall Vattenkraft)
- > Agne Lärke (Fortum Hydro)
- > Björn Norell (Vattenregleringsföretagen)
- > Peter Lindström, tom. november 2022, därefter Lars Pettersson (Skellefteälvens Vattenregleringsföretag)
- > Emma Wikner (Statkraft Sverige)
- > Katarina Funning (Uniper, Sydkraft Hydropower)

Svemin

- > Hans Häggström (Boliden Gruvor)
- > Sara Töyrä (LKAB)

Bilaga 2 Framtaget underlag

Följande rapporter och underlag har tagits fram inom eller kopplat till uppdraget. Vissa studier är pågående, för dessa indikeras tidpunkt för slutförande.

- > Regionala klimatförändringar - En kunskapssammanställning om observerade och framtida klimatförändringar med relevans för dammsäkerhet, Svenska kraftnät dnr 2022/820. Delrapportering till regeringen maj 2023.
- > Analys av 30-årssnö och förändringar mellan referensperiod 1961-1990 och 1991-2020. Uppdrag till SMHI av Svenska kraftnät. Prel. resultat presenterade för kommittén. Pågår redovisas prel dec. 2023.
- > Analys av framtida 30-årssnö. Uppdrag till SMHI av Svenska kraftnät. Pågår redovisas prel dec. 2023.
- > Analys av förändringar i total markavrinning (tillrinning) med årlig sannolikhet 1/100, 1/200 och 1/500. Uppdrag till SMHI av Svenska kraftnät, prel. pm november 2023. Ej publicerat arbetsmaterial.
- > Analys av inträffade högflöden - differentiering av flödesskapande process. Uppdrag till SMHI av Svenska kraftnät, pågår, publicering i SMHI rapportserie prel. dec 2023.
- > Uppföljning av magasinssyffnad och tillrinning 1981-2020 – Underlagsrapport för Klimatkommittén 2021-23, Energiföretagen
- > PM Känslighet för olika restmagasin vid beräkning av dimensionerande flöde enligt beräkningsmetod I och marginaler för ökad tillrinning, 2023-07-04. Uppdrag till SMHI av Svenska kraftnät. Ej publicerat arbetsmaterial
- > Dammsäkerhet i framtida kraftsystem. Dokumentation av workshop 29 augusti 2023, underlagsrapport till Klimatkommittén. Energiföretagen.
- > Klimatförändringarnas påverkan på dammsäkerheten, Energiforsk rapport 2022:908, Maj 2023.
- > Impact of Climate Change on Dam Safety. Energiforsk report 2023:947. Översättning av rapport 2022:908.
- > Gruvdammanläggningar och klimatförändringar – En utblick gällande påverkan på dammsäkerheten under drift och efterbehandling, Svemin, mars 2023, publicerad.

- > Förändring av dimensionerande tillrinning i framtida klimat, Svenska kraftnät med stöd av SMHI, Mars 2023. Underlagspm för klimatkommittén. Ej publicerat arbetsmaterial.
- > Fristående komplettering av Tabell 1 och 2 i rapporten ovan med dimensionerande vattenstånd. Svenska kraftnät med stöd av SMHI, Oktober 2023. Ej publicerat arbetsmaterial.
- > Flödesdimensionering 2022 - Sammanställning av dammägares rapportering om flödesdimensionering för dammanläggningar med dammar i dammsäkerhetsklass, Svenska kraftnät dnr 2022/1018.
- > Summary of the SwedCOLD workshop “Strategies & Adaptation to a Changing Climate”, Svenska kraftnät pm juni 2023.