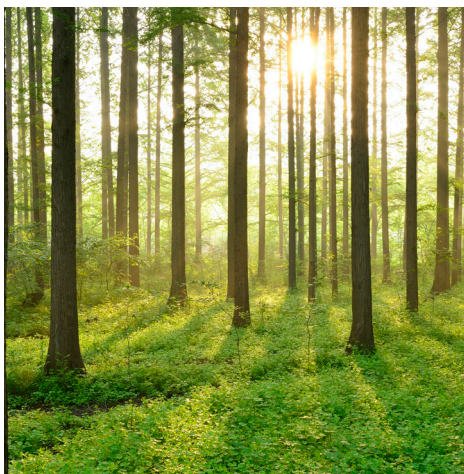


MILJÖANPASSNINGAR OCH DAMMSÄKERHET

RAPPORT 2019:573



Miljöanpassningar och dammsäkerhet

En kunskapssammanställning

CAROLINE LUNDBERG

MIKAEL MATHIESEN

THOMAS SJÖBERG

GRANSKARE:

JOHAN NILSSON

OLA NILSSON

ISBN 978-91-7673-573-2 | © Energiforsk mars 2019

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Miljöåtgärder blir allt vanligare i anslutning till vattenkraftverk men det finns en stor risk att dammsäkerheten inte beaktas i tillräcklig utsträckning i projekteringar av åtgärder. Då antalet åtgärder väntas öka drastiskt i och med de kommande omprövningarna av miljövillkor i befintliga vattendomar har programmet valt att genomföra detta projekt då det ses som ett prioriterat område.

Den här studien ger en överblick av området miljö och dammsäkerhet samt ett avstamp för vidare utredningar av mer teknisk karaktär som redan nu efterfrågas av branschen. Studien har utförts av SWECO med Caroline Lundberg som projektledare. En referensgrupp har arbetat med projektet och bestod av medlemmarna: Sara Sandberg (Fortum), Ingemar Holmström (Skellefteå Kraft), Johan Tielman (Uniper), Magnus Engström (Vattenfall) och Maria Bartsch (SvK), Mats Billstein (Vattefall) och Inger Poveda Björklund (HaV).

Projektet har ingått i Energiforsks Dammsäkerhetstekniska utvecklingsarbete med medverkan av vattenkraftsindustrin och Svenska kraftnät.

Författarna ansvarar för rapportens innehåll.

Sammanfattning

Med den nationella omprövningsplanen kommer alla vattenkraft-anläggningar få moderna miljövillkor enligt miljöbalken, vilket i många fall innebär krav på olika typer av miljöåtgärder. Den svenska vattenkraftsbranschen står således inför ett stort arbete med att miljöanpassa dammanläggningarna och samtidigt upprätthålla dammsäkerheten. När miljöåtgärder ska vidtas behöver hänsyn tas till såväl tekniska dimensioneringsaspekter som säkerhetsaspekter för dammen och vattendraget. Detta för att åtgärderna inte ska riskera att försämra dammens förmåga att på ett säkert sätt dämna upp vatten, minska förutsättningarna för att säkert leda flöden genom eller förbi anläggningen eller medföra annan oönskad omgivningspåverkan.

Det finns en rad exempel på utförda och planerade projekt med miljöåtgärder i Sverige som har utförts som åtgärder på eget initiativ eller som villkor i tillstånden från mark- och miljödomstolen. Inom ramen för föreliggande projekt har en intervjustudie utförts med ett antal personer som representerar svenska vattenkraftföretag i syfte att identifiera genomförda, pågående och kommande projekt för miljöåtgärder samt sammanställa praktiska erfarenheter med avseende på dammsäkerhet. Dessa erfarenheter har tillsammans med en litteraturstudie samt författarnas kunskap inom området sammanställts i föreliggande rapport. Förhoppningen är att berörda aktörer med stöd av rapporten ska kunna förbättra sina kunskaper inför kommande miljöåtgärder.

I kapitel 4 behandlas aspekter att beakta vad gäller

- påverkan på dämmande funktion,
- påverkan på avbördande funktion,
- risker med begränsningar i vattenhushållningen,
- risker med konstruktioner i vattnet uppströms en dammanläggning,
- utrymmeskonflikt vid dammanläggning, samt
- utrivning av dammar.

Tabeller med beskrivning av ett stort antal potentiella miljöåtgärder redovisas i Bilaga 2. För respektive miljöåtgärd kommenteras vilka av ovanstående dammsäkerhetsaspekter som kan behöva beaktas.

Från intervjustudien kunde det konstateras att de huvudsakliga miljöåtgärder som har utförts är vandringsanordningar och begränsningar i vattenhushållningen. Vandringsanordningar har framförallt anlagts vid dammar utan dammsäkerhetsklass, medan begränsningar i vattenhushållningen ofta finns även vid anläggningar i högre dammsäkerhetsklasser. Generellt framkom från intervjustudien att dammsäkerheten beaktats vid projekteringen av miljöåtgärden, men även att incidenter inträffat som pekar mot att detta inte skett i tillräcklig utsträckning. Sedan bör det noteras att de miljöåtgärder som har diskuterats har varit i drift under en förhållandevis kort tidsperiod i jämförelse med en damms

livslängd och har inte varit utsatta för extrema driftsituationer (t.ex. höga flöden eller en stor mängd drivgods), varför sådana erfarenheter saknas.

En annan identifierad brist är konflikter mellan verksamhetens tillstånd och dess villkor. Konflikter mellan tillstånd och villkor bör inte finnas, men där detta finns så måste dammsäkerheten vara överordnad en miljöåtgärd. Dammgärdaren har ett strikt ansvar för dammsäkerheten och har därför ansvaret att ta fram underlag som beskriver risker med miljöåtgärder för att i möjligaste mån undvika att villkor ställs som orsakar konflikter mellan tillstånd och villkor.

Projektet kan summeras genom att konstatera att varje dammanläggning är unik genom att den är konstruerad och byggd efter de lokala förutsättningarna. Några generella anvisningar om lämpliga miljöåtgärder som passar för alla dammanläggningar är därför inte möjliga att ge utan det fordras studie och anpassning vid varje enskild anläggning. Det bör noteras att kostnaderna för en miljöåtgärd kan variera stort från anläggning till anläggning även om miljöåtgärderna och anläggningarnas utformningar framstår som likartade. För att genomföra miljöåtgärder vid befintliga dammanläggningar med bibehållen dammsäkerhet krävs att samtliga berörda teknikområden såsom hydraulik, konstruktion samt geoteknik och grundläggning beaktas redan i ett tidigt skede. Bra vägledning om dimensionerings- och säkerhetsaspekter ges i *RIDAS – kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet* (Svensk Energi, 2012/2016) samt *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar* (Svensk Energi, Svenska kraftnät & Svemin, 2015).

Summary

With the new national plan for renewal of hydropower regulation, all hydropower plants in Sweden will be required to abide to new modern environmental regulations according to the Swedish Environmental Code. Thus, the Swedish hydropower industry is faced with a major challenge to adapt the existing dam facilities to these new environmental regulations while maintaining dam safety. When environmental measures are taken, constructional aspects as well as safety aspects of the dam and the river need to be considered so that there is no risk of degrading the dam's ability to store water nor pass water through or past the dam facility.

There are a number of examples of already implemented and planned projects regarding environmental measures in Sweden. These have been carried out either as actions taken on their own initiative, or as conditions in the permission from the Land and Environmental Court. Within the framework of this study, an interview study has been conducted with several persons representing Swedish hydropower companies in order to identify implemented, ongoing and upcoming environmental projects and to collect practical experience with regards to dam safety. These experiences, together with a literature study and the authors' knowledge in the field, have been compiled in this report. The aim of the report is to provide information for the professionals involved in projects for future environmental measures.

Chapter 4 presents aspects to consider regarding

- effects on the impounding function
- effects on the discharge function
- risks with restrictions on water management
- risks with objects in water upstream a facility
- space conflicts at the facility and
- decommissioning of dams

Dam safety aspects to consider due to environmental measures are described in Appendix 2. For every environmental measure the above dam safety aspects are commented when applicable.

From the interview study, it was concluded that the most common environmental measures were fish passages and restrictions in the water regulation. Fish passages have been built primarily at dams where the consequences of dam failure are limited, while water management restrictions are applied on both low and high consequence dams. In general, dam safety was taken into account when planning the environmental measures presented in the interview study. However, some incidents have occurred, which indicates that this aspect was not considered to a satisfactory level. It should be noted that the presented environmental measures have been in operation for a relatively short period of time compared to the life

span of a dam and have therefore not been exposed to extreme operating situations (e.g. high flows or a large amount of debris).

Another identified shortcoming is the conflict of interest between the legal permission to operate and the environmental regulations imposed on the operation. Ideally, conflicts between these two aspects should not exist, but in the event of a conflict of interest, the dam safety must always be superior to the environmental measure. The dam owner has a strict responsibility for dam safety and is therefore responsible for presenting facts about the identified risks with the proposed environmental measures in order to avoid such conflicts.

This project can be summarized by stating that each dam facility is unique because it is designed and built with regards to the local conditions. Therefore, general guidelines on appropriate environmental measures that are suitable for all dam facilities are not possible to provide. It should be noted that the cost of an environmental measure can vary greatly from facility to facility, even though the environmental measures and facilities are similar. In order to carry out environmental measures at existing dams without adversely impact the dam safety, competence from all relevant fields of dam engineering (e.g. construction, geology and hydraulics) must be included in the project at an early stage. Useful guidance on dam construction and safety aspects are given in the RIDAS guidelines for dam safety (Svensk Energi, 2012/2016) and the guidelines for determining design floods for dam facilities (Svensk Energi, Svenska kraftnät & Svemin, 2015).

Innehåll

1	Inledning	10
1.1	Syfte och mål	11
2	Metodik	12
2.1	Litteraturstudie	12
2.2	Intervjustudie	12
3	Orientering	13
3.1	Nyttan av vattenkraft och dammar	13
3.2	Lagstiftning om vattenverksamheter med vattenkraftsproduktion	13
3.2.1	Nuvarande lagstiftning	13
3.2.2	Tillkommande lagstiftning fr.o.m. januari 2019	14
3.3	Dammkonstruktion	14
3.4	Dammsäkerhetsarbete	15
3.4.1	Introduktion till dammsäkerhetsarbete	15
3.4.2	Lagstiftning om dammsäkerhet	15
3.4.3	Klassificeringssystem	16
3.4.4	RIDAS – kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet	18
4	Dammsäkerhetsaspekter att beakta vid miljöåtgärder	19
4.1	Allmänt	19
4.2	Påverkan på dämmande konstruktion	20
4.2.1	Allmänt	20
4.2.2	Genomföringar samt passage vid sidan av dammkonstruktion	21
4.2.3	Behov av hydraulisk dimensionering av vandringsanordning	23
4.2.4	Erosion av dammkropp till följd av åtgärder nedströms dammanläggningen	24
4.3	Påverkan på avbördande funktion	24
4.4	Risker med begränsningar i vattenhushållningen	25
4.4.1	Allmänt	25
4.4.2	Mintappning	25
4.4.3	Begränsad flödesändring	26
4.4.4	Klunkning	27
4.5	Risker med konstruktioner i vatten uppströms dammanläggning	27
4.5.1	Igensättning av galler	27
4.5.2	Blockering av utskov	29
4.6	Utrymmeskonflikt vid dammanläggning	30
4.6.1	Förändrade tillträdesmöjligheter	30
4.6.2	Hänsyn till framtida behov	30
4.7	Risker vid utrivning av dammar	30
5	Diskussion och rekommendationer	32
6	Referenser	34

Bilaga A:	DAMMKONSTRUKTION	35
Bilaga B:	DAMMSÄKERHETSASPEKTER ATT BEAKTA VID MILJÖÅTGÄRDER	38

1 Inledning

När effekter av potentiella miljöåtgärder i vattenkraften idag diskuteras görs det vanligtvis ur dels ett ekologiskt perspektiv och dels ur ett produktions- och reglerförmågeperspektiv. Det är emellertid sällan eventuella effekter på dammsäkerhet lyfts fram. Det finns dock ett stort behov av att miljöåtgärder även analyseras ur ett dammsäkerhetsperspektiv, och att detta perspektiv beaktas i arbets- och beslutsprocesserna.

Under lång tid har frågan om moderna miljötillstånd inom vattenkraften diskuterats. EU-kommissionen har kritiserat Sverige för att inte genomföra de krav som anges i ramdirektivet för vatten, som Sverige genom sitt EU-medlemskap har sagt ja till att genomföra. Många tillstånd är gamla och sedan de beslutades har lagstiftningen förändrats och ny kunskap om vattenekosystem har tillkommit. Det finns därför ett behov att stärka ekosystemtjänsterna som påverkas av vattenkraft i de svenska vattendragen. Samtidigt är det viktigt ur klimatsynpunkt att bevara vattenkraftens roll i energisystemet. I energiöverenskommelsen från år 2016 fastställdes bland annat följande gällande vattenkraft:

- Vattenkraften ska ha moderna miljövillkor.
- Reglerna för omprövning bör förenklas så långt det är möjligt med hänsyn till en hållbar utveckling.
- Ny vattenkraft ska skapas genom effekthöjning i befintliga verk med moderna miljövillkor.
- Vattenkraftsbranschen finansierar kostnader för omprövning och åtgärder genom en fondlösning (Vattenkraftens miljöfond Sverige AB).

Gällande hela det svenska energisystemet är målet 100 procent förnybar elproduktion till 2040. I *promemoria M2017/01639* från Miljö- och energidepartementet formulerades förslag på hur de vattenkraftsrelaterade delarna av energiöverenskommelsen samt Sveriges åtagande avseende ramdirektiv för vatten ska genomföras. Det framgår bland annat att "*Alla vattenverksamheter med koppling till produktion av vattenkraftsel ska förses med och upprätthålla moderna miljövillkor. I fråga om avvägningar mellan behovet av en nationell effektiv tillgång till vattenkraftsel och behovet av miljöförbättrande åtgärder ska prövningen ske utifrån ett nationellt helhetsperspektiv som kommer till uttryck i en nationell plan...*".

Arbetet har sedan fortskridit och *proposition 2017/18:243* om vattenmiljö och vattenkraft röstades igenom i riksdagen i juni 2018. Lagändringen trädde i kraft den 1 januari 2019. Havs- och vattenmyndigheten, Energimyndigheten och Svenska kraftnät har i uppgift att ta fram förslag till nationell plan för omprövning av vattenkraften i samverkan med berörda myndigheter och intressenter. Den nationella planen ska vara vägledande för omprövningarna och för vattenförvaltningen.

För att realisera planens övergripande mål samt värna kraftverkens reglerförmåga och förnybar elproduktion har Havs- och vattenmyndigheten, Energimyndigheten

och Svenska kraftnät enats om 2,3 % av energi-produktionen (motsvarande 1,5 TWh) som en indikator för hur stora förluster som kan tas i anspråk för miljöåtgärder. Denna åtgärdsram fördelas i planen mellan huvudavrinningsområdena efter en avvägning mellan miljö- och energiintresset. Planen ska möjliggöra att kartläggning av kulturmiljövärden görs i ett tidigt skede inför en kommande miljöprövning. Därutöver finns andra intressen som t.ex. elberedskap, dammsäkerhet m.m. som behöver beaktas i varje enskild prövning. Den nationella planen förväntas sedan antas av regeringen hösten 2019 och omprövningar påbörjas år 2020 (Havs- och vattenmyndigheten, Energimyndigheten & Svenska kraftnät, 2018).

Miljöåtgärder utgör emellertid inte en ny projekttyp för dammägare. Det finns en rad exempel på utförda och planerade projekt med miljöåtgärder i Sverige som har utförts som frivilliga åtgärder eller som villkor i tillstånden från mark- och miljödomstolen. Med den nationella omprövningsplanen kommer alla vattenkraftanläggningar få moderna miljövillkor enligt miljöbalken, vilket i många fall innebär krav på olika typer av miljöåtgärder. När miljöåtgärder ska vidtas behöver hänsyn tas till tekniska dimensioneringsaspekter liksom säkerhetsaspekter för dammen och vattendraget. Detta för att åtgärderna inte ska riskera att försämra dammens förmåga att på ett säkert sätt dämna upp vatten, minska förutsättningarna för att säkert leda flöden genom eller förbi anläggningen eller medföra annan oönskad omgivningspåverkan. Erfarenheter gällande dammsäkerhet som erhållits i samband med några av dessa projekt har tillsammans med en litteraturstudie samt författarnas kunskap inom området sammanställts i denna rapport. Förhoppningen är att berörda aktörer med stöd av rapporten ska kunna förbättra sina kunskaper inför kommande miljöåtgärder.

1.1 SYFTE OCH MÅL

Denna rapport syftar till att:

- Sammanställa erfarenheter ur ett drifts- och dammsäkerhetsperspektiv från genomförda och pågående miljöåtgärder inom den svenska vattenkraften. Denna sammanställning ska kunna användas inför kommande åtgärder.
- Beskriva konstruktions- och driftsmässiga utmaningar med miljöåtgärder ur ett dammsäkerhetsperspektiv.
- Kunna användas i dialog mellan kraftindustrin och myndigheter eller andra intressenter.

2 Metodik

Arbetet har bedrivits i en arbetsgrupp med bred kompetens och erfarenhet inom dammsäkerhet, vilket har varit en förutsättning för projektet. Ytterligare erfarenheter och kompetens har tillförts projektet genom en referensgrupp bestående av personer från vattenkraftföretag, Svenska kraftnät och Havs- och vattenmyndigheten. Inom ramen för projektet har en litteraturstudie samt en intervjustudie utförts, vilka beskrivs nedan.

2.1 LITTERATURSTUDIE

Författarna har tagit del av information och dokumenterade erfarenheter från ett antal källor, t.ex. Svenska kraftnäts aktörportal om dammsäkerhet, Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet (RIDAS) samt rapporter som berör vattenkraft och vattenkraftsrelaterade miljöåtgärder från Havs- och vattenmyndigheten, Energiforsk, Svenska kraftnät respektive Energimyndigheten, se kapitel 6.

2.2 INTERVJUSTUDIE

Intervjuer har utförts med ett antal personer som representerar svenska vattenkraftföretag. Syftet har varit att identifiera genomförda, pågående och kommande projekt för miljöåtgärder samt sammanställa praktiska erfarenheter med avseende på dammsäkerhet. Följande personer har ingått i intervjustudien:

- Agne Lärke, Jonas Hammarson och Linda Ormann – dammtekniskt sakkunniga, Fortum
- Axel Gerdin – drift-och underhållschef Örnköldsvik, Statkraft
- Daniel Norenus – verksamhetsansvarig vattenkraft, Holmen Energi
- Johan Lind – miljöingenjör, MälarEnergi
- Johan Tielman – miljöchef, Uniper
- Karl-Göran Olofsson – vattenkraftansvarig, Falkenberg Energi
- Viktor Carlsson – dammtekniskt sakkunnig, Skellefteå kraft
- Åke Forssén – odlingsledare, driftansvarig för laxodling och vandringsanordningar vid Stornorrfor kraftverk, Vattenfall

3 Orientering

Detta kapitel avser ge en allmän bakgrund och orientering kring vattenkraft och dammsäkerhetsarbete.

3.1 NYTTAN AV VATTENKRAFT OCH DAMMAR

Vattenkraft har nyttjats för elproduktion i över 100 år och i Sverige finns idag ca 2000 vattenkraftverk med en total produktion på ca 64 TWh el år 2017. Den utgör idag drygt 40 % av Sveriges elproduktion och är därmed den största förnybara energi-källan i Sverige (Energiföretagen, 2018).

Vattenreglering för vattenkraftändamål syftar till att skapa fallhöjd och/eller regleringskapacitet på lång eller kort sikt. För att dämna upp vattnet och i förekommande fall skapa magasineringsutrymme har dammar anlagts. Förutom dammar krävs även utskov (avbördningsanordningar) som tillsammans med turbintappning i eventuell kraftstation ger möjlighet till ett kontrollerat flöde förbi eller genom dammanläggningen.

El är en färskvara och det innebär att produktionen måste följa efterfrågan. Elsystemet bygger på att det i varje ögonblick finns balans mellan produktion och användning av el. Idag regleras elbalansen i Sverige främst genom vattenkraften eftersom man genom den snabbt kan öka eller minska inmatningen till elnätet. Det finns olika tidsperspektiv i balanseringen av elsystemet. Under vinterhalvåret är elbehovet som störst i Sverige och då kan det lagrade vattnet i årsregleringsmagasinen användas. Elbehovet skiftar också mellan veckodagar och dygnets timmar. Genom veckoregleringen flyttas vatten från helg till vardagar och genom dygnsregleringen flyttas vatten från natt till dag (Energimyndigheten, 2014).

Vattenkraften är lätt att reglera vilket underlättar utbyggnaden av andra förnybara energikällor vars elproduktion varierar med väderleken, t.ex. vind och sol. För att Sverige ska klara målet om 100 % förnybar energi till 2040 behövs mer reglerkraft och ökat effektuttag från vattenkraft, vilket innebär att vattenkraftens nyckelroll i det svenska elsystemet kommer att förstärkas ytterligare (Energimyndigheten, 2018).

3.2 LAGSTIFTNING OM VATTENVERKSAMHETER MED VATTENKRAFTSPRODUKTION

3.2.1 Nuvarande lagstiftning

Vattenverksamhet definieras i 11 kap. 2 § miljöbalken och innefattar bland annat *”uppförande, ändring, lagning och utrivning av dammar eller andra anläggningar i vattenområden, fyllning och pålning i vattenområden, bortledande av vatten från eller grävning, sprängning och rensning i vattenområden samt andra åtgärder i vattenområden om åtgärden syftar till att förändra vattnets djup eller läge”*.

All vattenverksamhet är anmälnings- eller tillståndspliktig enligt miljöbalken. Anläggningar som byggdes innan införandet av miljöbalken har troligen tillstånd

enligt motsvarande äldre lagstiftning. Vattenkraftverk och regleringsdammar är alltid tillståndspliktiga och tillstånden innehåller ofta bestämmelser om vattenhushållningen, dvs. om innehållande och tappning av vatten. Dessutom finns vanligen bestämmelser om dämmnings- och sänkningsgränser, utskovsutformning med fastställda bredder och tröskelnivåer på utskovsöppningarna samt andra typer av villkor som reglerar verksamheten, t.ex. åtgärder som måste vidtas för att minimera påverkan på miljön.

3.2.2 Tillkommande lagstiftning fr.o.m. januari 2019

Av 11 kap. 27 § miljöbalken kommer att framgå att den som bedriver tillståndspliktig vattenverksamhet för produktion av vattenkraftsel ska se till att verksamheten har moderna miljövillkor. De verksamheter som omfattas av kravet på moderna miljövillkor definieras i en ny bestämmelse som införs i 11 kap. 6 § enligt följande.

Med vattenverksamhet för produktion av vattenkraftsel avses i detta kapitel en vattenverksamhet som innebär vattenreglering, vattenbortledning, vattenöverledning eller annan påverkan på vattnets flöde och

1. är avsedd för produktion av el genom omvandling av energin i strömmande vatten, eller
2. när verksamheten påbörjades, var avsedd för sådan produktion.

Verksamheter enligt första stycket ska anses utgöra en och samma verksamhet om de bedrivs med vattenanläggningar som direkt eller genom andra vattenanläggningar är tekniskt sammankopplade med varandra och har ett miljö- och verksamhetsmässigt samband.

I proposition 2017/18:243 om vattenmiljö och vattenkraft (se kapitel 1) betonas att befintliga anläggningar även på skyddade älvsträckor får renoveras och underhållas med bl.a. hänsyn till dammsäkerhet. Verksamhetsutövare behöver således även fortsättningsvis kunna söka tillstånd för nödvändiga underhålls- och damm-säkerhetshöjande åtgärder fristående från, och oberoende av, när en omprövning för moderna miljövillkor ska ske. I propositionen noteras att även en myndighet får initiera omprövning tidigare än vad som anges i den nationella planen, om det föreligger omständigheter som inte tål att vänta på prövning enligt planen. Som exempel på en sådan omständighet nämns att underhållet av en anläggning allvarligt har försummats, så att det finns risk för allvarlig skada på människors hälsa eller miljön. Sådana förhållanden skulle kunna föreligga t.ex. vid allvarliga brister i dammsäkerheten vid en damm (Havs- och vattenmyndigheten, Energimyndigheten & Svenska kraftnät, 2018).

3.3 DAMMKONSTRUKTION

Det finns flera olika typer av dammar. De vanligast förekommande i Sverige är fyllningsdammar och betongdammar. I Bilaga 1 beskrivs generella egenskaper för dessa två dammtyper samt för intag och utskov som också utgör dämmande delar vid en dammanläggning.

3.4 DAMMSÄKERHETSARBETE

3.4.1 Introduktion till dammsäkerhetsarbete

Dammsäkerhetsarbete syftar till att reducera sannolikheten för dammhaveri samt till att minimera konsekvenserna om ett dammhaveri trots allt skulle inträffa. Dammhaveri innebär att uppdamt vatten, som dammen är avsedd att innehålla eller utestänga, strömmar ut okontrollerat. Konsekvenserna av ett dammhaveri kan variera starkt, främst beroende på den uppdamda vattenmängden, dammens storlek och förhållandena i området som översvämmas. Konsekvenser av ett dammhaveri kan exempelvis vara omfattande översvämningar, förlust av människoliv och skador på infrastruktur längs en älvsträcka. Skadeobjekt finns i huvudsak nedströms dammen, men även uppströms dammen kan konsekvenser fås till följd av avsänkning av magasinet, t.ex. påverkan på byggnader nära skredkänsliga stränder.

Ett flertal mindre och två högre dammar har havererat i Sverige i modern tid. Ur ett internationellt perspektiv har vanliga orsaker till inträffade dammhaverier varit överströmning vid höga flöden, läckage genom dammkroppen eller i grundläggningen samt stabilitetsproblem. En stor andel av haverierna har inträffat under byggandet, dämningssupptagningen eller under de första åren efter idrifttagningen. Bidragande orsaker till dammhaveri kan t.ex. vara brister vid byggnationen eller i underhållet, brister i övervakningen eller utskovsluckor som inte kunnat öppnas eller som satts igen av drivgods i samband med höga flöden.

Viktiga faktorer för god dammsäkerhet är en säker dammkonstruktion, säkert handhavande och god beredskap för dammhaveri och allvarliga problem vid dammen. För att en dammanläggning ska vara säker behöver dammanläggningens dämmande och avbördande funktioner vara rätt dimensionerade och fungera vid alla tänkbara driftförhållanden. Vattenregleringen och dammens utformning behöver alltid anpassas till vattendragets och markområdets förutsättningar. Vid sidan av den konstruktionsmässiga utformning av dammen är planering av driften och dammsäkerhetsverksamheten, med fortlöpande övervakning, underhåll och åtgärdande av brister som upptäcks, av största vikt. Här ingår även djupgående utredningar och analyser avseende säkerhetsstatus samt upprustningsprojekt för att stärka och vidmakthålla dammen. Även organisatoriska faktorer, som dammägarens kompetens, rutiner och resurser för att handha anläggningen, är av avgörande betydelse¹.

3.4.2 Lagstiftning om dammsäkerhet

En samlad reglering av frågor om dammsäkerhet infördes i miljöbalken den 1 juli 2014 enligt *lag (2014:114) om ändring i miljöbalken* samt i tre förordningar (2014:214, 2014:215 och 2014:216). Regelverket syftar till att förebygga dammhaveri, bland annat genom att stödja utvecklingen av dammsäkerhetsarbetet hos dammägarna samt stärka tillsynen av dammsäkerhet. Grunden för de nya kravställningarna är införandet av ett klassificeringssystem som lägger grunden för differentierade krav

¹ Underlag om dammsäkerhet och miljöanpassning, Svenska kraftnät 2017.

på dammsäkerhet, egenkontroll och tillsyn. Den nya regleringen omfattar i huvudsak följande (Svenska kraftnät, 2015).

1. De dammar som finns i Sverige ska klassificeras utifrån en bedömning av ett eventuellt dammhaveris samhälleliga konsekvenser.
2. Den som är underhållsskyldig för en damm ska upprätta en konsekvensutredning där en bedömning görs av de konsekvenser som ett dammhaveri kan medföra. Utredningen ska tillsammans med förslag på dammsäkerhetsklass ges in till länsstyrelsen som med utgångspunkt från utredningen fattar beslut om dammsäkerhetsklass A, B eller C.
3. Om ett dammhaveri endast kan leda till samhälleliga konsekvenser som har liten betydelse och där risken för förlust av människoliv är försumbar ska dammen inte klassificeras. En sådan damm ska benämnas "U" (damm utan dammsäkerhetsklass) med innebörden att konsekvensutredning har utförts men att dammen inte tillhör dammsäkerhetsklass A, B eller C enligt miljöbalken 11 kap. 24-25 §§.
4. För dammar som klassificerats i en dammsäkerhetsklass ställs nya krav på dammsäkerhetsarbetet i *förordning (2014:214) om dammsäkerhet*. Den underhållsskyldige ska utföra egenkontroll på grundval av ett säkerhetsledningssystem, vart tionde år genomföra en helhetsbedömning av dammens säkerhet samt årligen rapportera till tillsynsmyndigheten. Den underhållsskyldige ska också betala en årlig avgift för dammsäkerhetstillsynen enligt *förordning (1998:940) om avgifter för prövning och tillsyn enligt miljöbalken*.

Tappningsbestämmelser men även en anläggnings konstruktionsmässiga utformning samt förutsättningar för drift, funktionskontroll och underhåll är viktiga faktorer för dammsäkerheten. Underhållsskyldigheten (miljöbalken 11 kap. 17 §) är en säkerhetsbestämmelse som bl.a. syftar till att undvika dammhaveri. Den innebär en skyldighet att genomföra reparationer och ombyggnationer för att hålla anläggningen i gott skick, men kan även innebära krav på uppgradering av anläggningen för att t.ex. säkra denna för höga flöden (Havs- och vattenmyndigheten, Energimyndigheten & Svenska kraftnät, 2018). Dammägaren har således ett strikt ansvar för dammsäkerheten.

3.4.3 Klassificeringssystem

I Sverige finns för närvarande flera olika klassificeringssystem vilka appliceras för dammar.

Miljöbalken

Miljöbalken (11 kap. 24 §) föreskriver att dammar ska klassificeras enligt ett system baserat på de samhälleliga konsekvenserna av ett dammhaveri. Exempelvis beaktas förlust av människoliv, störningar i elnätet och förstörelse av infrastruktur. Uteblir de konsekvenser som redovisas i miljöbalken behöver dammen dock inte klassificeras. Klassificering sker enligt nedanstående:

- Dammsäkerhetsklass A – om ett dammhaveri kan leda till en kris som drabbar många människor och stora delar av samhället samt hotar grundläggande värden och funktioner.
- Dammsäkerhetsklass B – om ett dammhaveri kan leda till stora regionala och lokala konsekvenser eller störningar och dammen inte ska vara klassificerad i dammsäkerhetsklass A.
- Dammsäkerhetsklass C – om dammen inte ska vara klassificerad i dammsäkerhetsklass A eller B.

Ifall ett dammhaveri kan medföra förlust av människoliv och risken för detta inte är försumbar, ska dammen klassificeras i dammsäkerhetsklass A eller B.

Av miljöbalkens allmänna hänsynsregler följer den s.k. principen för dammsäkerhet, dvs. att en damm vid varje givet tillfälle bör ha den grad av säkerhet mot dammhaveri som är rimlig med hänsyn till kostnaden för att uppnå denna grad av säkerhet. Av regeringens *proposition 2013/14:38 Dammsäkerhet* följer vidare att kraven på dammsäkerhet är differentierade i förhållande till konsekvenserna av dammhaveri, dvs. ju allvarigare konsekvenser ett dammhaveri kan få desto högre krav ställs på dammsäkerhet. Av propositionen framgår att följande synsätt bör göra sig gällande vid tillämpning av principen för dammsäkerhet för de olika dammsäkerhetsklasserna (Svenska kraftnät, 2017):

- Dammsäkerhetsklass A – eftersom ett dammhaveri kan leda till så omfattande och stora konsekvenser ska säkerheten hålla den högsta grad som det över huvud taget är möjligt att uppnå tekniskt sett. Man kan i detta fall hävda att det knappast finns några kostnader som är för stora för att förhindra att ett dammhaveri sker. Oavsett hur höga kostnader som läggs ner för att uppnå högsta möjliga grad av säkerhet kommer dessa kostnader alltid att vara mycket lägre än de kostnader som uppkommer efter ett dammhaveri. Utrymmet för att mildra kraven på dammägaren av kostnadsskäl i den rimlighetsavvägning som ska göras är i detta fall minimalt.
- Dammsäkerhetsklass B – utrymmet för lägre krav på dammägaren i rimlighetsavvägningen aningen större än när det gäller dammar i den högsta klassen. En säkerhetsåtgärd som endast höjer säkerheten marginellt kan i vissa fall inte anses rimlig om kostnaden för den är mycket stor. Vid bedömningen av hur långtgående förebyggande åtgärder som är rimliga får begränsning av skador genom samordnad beredskapsplanering beaktas, t.ex. planer som säkerställer evakuering av människor från ett översvämningsområde.
- Dammsäkerhetsklass C – för dessa dammar måste alltid en minsta acceptabel säkerhetsnivå uppnås. Det bör också krävas att dammen klarar av mer ovanliga laster och förhållanden, som inte är alltför sällsynta. Hur hög denna säkerhetsnivå ska vara får då vägas mot de kostnader som krävs för att uppnå en viss säkerhetsnivå vid rimlighetsavvägningen. I detta fall bör man särskilt beakta de kostnader som kan uppstå vid ett dammhaveri.

I den nationella omprövningsplanen föreslås uppgift om huruvida dammar i hög dammsäkerhetsklass finns i respektive avrinningsområde/prövningsgrupp införas, i syfte att uppmärksamma att dammsäkerhet är en planeringsförutsättning att beakta i det vidare avvägningsarbetet. Att dammar i hög dammsäkerhetsklass finns i prövningsgruppen innebär att dammteknisk expertis behöver involveras i

ett tidigt skede vid planeringen av åtgärder (Havs- och vattenmyndigheten, Energimyndigheten & Svenska kraftnät, 2018).

Flödesdimensioneringsklass

För att veta vilket tillrinnande flöde en dammanläggning ska kunna hantera har *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar* (Svensk Energi, Svenska kraftnät, & Svemin, 2015) tagits fram. Riktlinjer är inte bindande normer, utan till för att underlätta och ge stöd i dammsäkerhetsarbetet. Damm-anläggningar indelas i klasser beroende på vilken merskada som ett dammhaveri i samband med höga flöden medför. Tre klasser tillämpas, flödesdimensioneringsklass I, II, III där flödesdimensioneringsklass I medför de allvarligaste merskadorna i händelse av dammhaveri vid höga flöden och därmed även de högsta kraven på anläggningen. Flödesdimensioneringsklassen styr främst vilka krav som ställs på anläggningens avbördningskapacitet.

3.4.4 RIDAS – kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet

För Energiföretagen Sverige och dess medlemsföretag är dammsäkerhetsfrågor viktiga. Energiföretagen verkar för god dammsäkerhet hos medlemsföretagen genom att ge ut Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet, RIDAS. Riktlinjerna utgör grund för dammsäkerhetsarbete enligt god praxis för medlemsföretagen vad gäller arbetsmetoder och tekniklösningar och kan även utgöra stöd för myndigheter.

RIDAS konsekvensklassificeringssystem har sedan 2014 uppdaterats och anpassats till miljöbalkens dammsäkerhetsklasser och Svenska kraftnäts föreskrifter. Klassificeringen styr planering, dimensionering, tillståndskontroll, instrumentering, övervakning, myndighetsrapportering, tillsynsavgift och kompetenskrav för den som utför arbetsuppgifter avseende dammsäkerhet.

4 Dammsäkerhetsaspekter att beakta vid miljöåtgärder

I föreliggande kapitel har den information som erhöles i intervjustudien sammanställts tillsammans med författarnas tidigare erfarenheter och information från litteraturstudien.

Följande huvudsakliga dammsäkerhetsaspekter tas upp:

- påverkan på dämmande funktion,
- påverkan på avbördande funktion,
- risker med begränsningar i vattenhushållningen,
- risker med konstruktioner i vattnet uppströms en dammanläggning,
- utrymmeskonflikt vid dammanläggning, samt
- utrivning av dammar.

Tabeller med beskrivning av ett stort antal potentiella miljöåtgärder vid dammanläggningar och längs älvsträckor redovisas i Bilaga 2. Åtgärderna har indelats efter sitt huvudsakliga syfte;

- åtgärder för konnektivitet
- åtgärder för ekologisk anpassning av vattenregleringen i vattendrag
- åtgärder för att bevara eller förbättra de fysiska habitaterna
- åtgärder för fysikaliskt-kemiskt tillstånd

För mer information om enskilda miljöåtgärder hänvisas till bilagan, där det för var och en av åtgärderna kommenteras vilka av ovanstående dammsäkerhetsaspekter som behöver beaktas. Hänvisning ges även till relevanta avsnitt i kapitel 4. Sammanställningen av miljöåtgärder är baserad på HaVs rapport om miljöåtgärder (Havs- och vattenmyndigheten, 2015).

Majoriteten av de miljöåtgärder som diskuterats inom ramen för intervjustudien har utförts eller planeras att utföras vid dammar utan dammsäkerhetsklass. Dammsäkerhetsaspekter har beaktats, men i dessa fall har kraven inte varit så höga. Några av anläggningarna som diskuterades är emellertid placerade i högre dammsäkerhetsklasser, varför fullgod dammsäkerhet är en grundförutsättning. De miljöåtgärder som har diskuterats har varit i drift under en förhållandevis kort tidsperiod i jämförelse med en damms livslängd och har inte varit utsatta för extrema driftsituationer (t.ex. höga flöden eller en stor mängd drivgods), därav saknas sådana erfarenheter.

4.1 ALLMÄNT

Dammsäkerheten måste alltid hållas hög, detta är en fundamental del i förvaltningen av en dammanläggning. En dammanläggning omfattas av miljöbalken 11 kap. 17 och 18 §§ om underhållsansvar. Detta innebär att även vandringsanordningen omfattas av dammägarens strikta skadeståndsansvar för konsekvenser av dammhaveri och därför kräver likvärdig tillsyn och underhåll som anläggningen i övrigt. RIDAS (Svensk Energi, 2012/2016) och dess

tillämpningsvägledningarna samt riktlinjerna för dimensionerande flöden (Svensk Energi, Svenska kraftnät & Svemin, 2015) ger utifrån aktuell dammsäkerhetsklass vägledning om lämplig utformning och dimensionering för dammen.

Det går inte att generellt säga hur en miljöåtgärd påverkar dammsäkerheten, eller hur den lämpligast utförs då alla dammanläggningar är unika. Detta trots att vissa dammar vid första anblicken kan se relativt lika varandra. Att konstruktionerna skiljer sig åt beror på flera olika saker. Grundförutsättningar som påverkat valet av dammtyp är oftast de topografiska och geotekniska förhållandena samt tillgången på byggnadsmaterial. Därtill tillkommer flera andra parametrar som till exempel hydrologi och isförhållanden. Om en dammanläggning ska konstrueras om eller kompletteras (oavsett om det är en miljörelaterad åtgärd eller inte) krävs att hänsyn tas till rådande förutsättningar för berörd dammanläggning, så att åtgärden under såväl byggnation som efterkommande förvaltning inte sänker dammsäkerheten under en för dammsäkerhetsklassen acceptabel nivå. Det är därför mycket viktigt att personer med rätt kompetens involveras i ett tidigt skede.

Flera källor i intervjustudien konstaterar att driften av deras miljöåtgärder sällan har fungerat som avsett vid idrifttagandet, vilket har påverkat dammsäkerheten negativt även om inga allvarliga situationer har uppstått. Problemet har t.ex. uppkommit pga. olämpligt utformade länsor och rensningsutrustningar. Dammgärdarna bör planera för en ökad beredskap och närvaro av driftpersonal under inkörningsperioden även under normala driftsituationer. Beroende på konsekvenserna vid ett funktionsfel kan utrymmet för justering vara mycket begränsat och funktionen hos systemet måste då säkerställas vid projekteringen.

4.2 PÅVERKAN PÅ DÄMMANDE KONSTRUKTION

4.2.1 Allmänt

Införandet av en ny vattenväg genom eller förbi en dammanläggning påverkar systemet som helhet, både vad det gäller åtkomst till anläggningen, men även t.ex. i form av risker med läckage, genom eller längs med konstruktionen. Några andra tänkbara risker som måste beaktas är igensättning av vattenvägen och erosion i anslutande mark eller damm.

Var det är lämpligast att placera vandringsanordningar är anläggnings-specifikt. Generellt är genomföringar genom fyllningsdammar eller i anslutningar till fyllningsdammar olämpligt ur dammsäkerhetssynpunkt, men kan under vissa förhållanden vara mer passande att genomföra. I allmänhet är det inte tekniskt *omöjligt* att anlägga en vattenledande vandringsanordning förbi eller genom en dammanläggning, dock behöver dammsäkerhetsarbetet alltid vara överordnat en miljöåtgärd. Detta innebär att åtgärden i vissa fall riskerar att leda till mycket höga kostnader för att ingreppet inte ska sänka dammsäkerheten under acceptabel nivå (både för konstruktion och drift).

I följande kapitel har några risker som måste beaktas vid anläggande av nya vattenförande vandringsanordningar genom eller förbi en dammanläggning belysts. De aspekter som tas upp är risker med genomföringen i sig och

fångdammar, behovet av hydraulisk dimensionering av vandringsanordningen samt erosionrisker.

Två dammtyper har behandlats, fyllningsdammar med tätkärna av morän samt betongdammar. Det finns flera andra dammtyper, t.ex. murverksdammar som medför andra utmaningar som måste beaktas, men dessa behandlas inte i denna rapport.

4.2.2 Genomföringar samt passage vid sidan av dammkonstruktion

En genomföring genom en dämmande konstruktion medför en försvagning, speciellt om den utförs genom en fyllningsdamm. Vid en sådan genomföring, men även vid genomföringar genom betongdammar eller passager i naturlig mark, måste konstruktionens verkningssätt, geotekniska förhållanden och dimensioneringsförutsättningar beaktas. Detta innebär att det redan vid planläggning och studerande av alternativ, innan projektering, och definitivt innan något ingrepp utförs, ska säkerställas att geotekniska förhållandena och dammarnas verkningssätt klarlagts. Det behöver också specificeras vilka krav som ställs rörande t.ex. stabilitet, magasinsnivåer och flödeshantering på både temporära och permanenta konstruktioner. För permanenta konstruktioner måste även framtida driftbehov värderas ur dammsäkerhetssynpunkt.

Vid anläggande av genomföringar krävs ofta en eller flera fångdammar. Fångdammar kan antingen enbart skydda ett arbetsområde, men en fångdamm kan också ersätta den ordinarie dammen under byggnadsperioden. I de fall där fångdammen ska ersätta den ordinarie dammens dämmande funktion ställs i princip samma krav på fångdammen som hos den damm som den temporärt ersätter. En fångdammskonstruktion utgör generellt en riskkonstruktion då denna ofta inte går att konstruera i torrhet och utförandet därmed är svårt att säkerställa. En större fångdamm bör generellt alltid övervakas så att funktionen kan följas och eventuella avvikelser från förväntat beteende upptäckas. Det är inte ovanligt att en fångdamm medför driftbegränsningar för anläggningen med t.ex. minskad avbördningskapacitet eller minskad möjlighet att tåla överdämning som också måste beaktas ur ett dammsäkerhetsperspektiv. Projekteringsarbetet för en fångdamm och dess anslutningar till befintliga konstruktioner eller naturlig mark ska inte underskattas. En källa i intervjustudien beskrev anläggandet av en fångdamm som mycket problematiskt och konstaterade att det tog nästan ett år att få konstruktionen tät.

Nedan har några aspekter som måste beaktas för själva genomföringen genom dammkonstruktioner eller förbiledningar specificerats.

Genomföring genom fyllningsdamm

Vid genomföring genom en fyllningsdamm måste dammens tätning skäras av. Som regel krävs att genomföringen utförs av en betongkonstruktion. I denna rapport har en genomföring genom en tätkärna av packad morän behandlats, då detta är en i Sverige vanligt förekommande tätning hos fyllningsdammar, se Bilaga 1.

En genomföring innefattar att potentiella svaghetszoner skapas kring densamma, vilket leder till att den tätande zonen påverkas negativt. Det är därför viktigt att genomföringen utförs omsorgsfullt och att dammen förstärks i erforderlig omfattning. Normalt är det gynnsamt att om möjligt placera genomföringen där dammen är låg och berggrundläggning kan erhållas.

Anläggande av en vattenförande konstruktion genom en fyllningsdamm kräver ett omfattande arbete för att säkerställa att läckage från eller längsmed den nya konstruktionen inte uppstår samt att fyllningsdammen trots detta dimensioneras för att motstå tänkbara läckage. Normalt behöver schakt i tätkärnans morän vara relativt flack för att inte riskera skred. Hur brant schakten kan utföras beror på moränens sammansättning och vattenmättnad. För att erhålla en uppfattning av schaktens storlek och behovet av fångdammsstorlek bör schaklutning brantare än 1:3 ej användas, vilken är en lämplig släntlutning för att möjliggöra en god återpackning av moränen.

Även om återbyggandet sker omsorgsfullt kan det vara lämpligt att genom instrumentering övervaka de nya fyllningsdammsdelarna på ömse sidor om vandringsanordningen så att dessa fungerar som tänkt. Val av instrumentering kan skilja mycket beroende på geotekniska aspekter samt dammsäkerhetsklass.

Vid ett ingrepp av denna dignitet bör anläggandet och återbyggnaden ske enligt god praxis samt att såväl den nya betongkonstruktionen som fyllningsdammdelarna dimensioneras enligt RIDAS (Svensk Energi, 2012/2016) med tillhörande tillämpningsvägledning. Anläggningens avbördningsanordningar ska därtill uppfylla de rekommendationer som ges i riktlinjerna för dimensionerande flöden (Svensk Energi, Svenska kraftnät & Svemin, 2015). RIDAS tillämpningsvägledning redogör för materialval, till viss del utformning, lastförutsättningar och lastfall. I RIDAS finns dock inte fiskvandringskonstruktioner explicit behandlade, vilket medför att tillkommande lastfall och frågeställningar måste beaktas, se avsnitt 4.2.3.

Passage vid sidan av dammkonstruktion

Beroende på de geotekniska förhållandena och om avståndet till dammkonstruktionen är kort kan en passage vid sidan av en dammkonstruktion behöva tätas lika omsorgsfullt som beskrivs ovan under rubriken *Genomföring genom fyllningsdamm*. Genomföringen utgör då en ny dammdel.

Är de geotekniska förhållandena gynnsamma och avståndet till dammkonstruktionen tillräckligt stort kan ingreppet vara betydligt mindre än vid genomföring genom dammkonstruktionen.

Genomföringar genom dämmande betongkonstruktioner

Ett ingrepp i en dämmande betongkonstruktion behöver inte ge så stor påverkan på konstruktionen så länge inte hållfasthet, stabilitet och grundläggning påverkas. Detta är dock starkt beroende på genomföringens utformning och storlek samt geotekniska förhållanden och verkningssätt hos betongdammen. Även vid genomföringar i betongkonstruktioner så bör lastfall och rekommendationer kring materialval och utformning i RIDAS (Svensk Energi, 2012/2016) beaktas.

Genomföringar genom avbördningskonstruktioner (utskov) av betong

Att utnyttja en befintlig utskovsöppning för fiskvandring är normalt inte lämpligt om åtgärden påverkar utskovets funktion. Det är inte enbart påverkan på avbördningskapaciteten som ska beaktas utan även möjligheten att passera eventuellt drivgods förbi anläggningen. Om det är möjligt att utnyttja en befintlig utskovsöppning utan att det påverkar anläggningens avbördningsfunktion negativt kan det vara ett bra alternativ. Vid intervjustudien framkom ett pågående projekt hos MälarEnergi där man centralt i Västerås bygger om anläggningen Turbinbron. I detta fall fanns det ett utskov som man bygger bort genom att anlägga ett inlöp för uppströmsvandrande fisk i utskovsläget. Denna utformning ökar avbördnings säkerheten hos anläggningen avsevärt samtidigt som en vandringsväg skapas.

4.2.3 Behov av hydraulisk dimensionering av vandringsanordning

En vandringsanordning med vattenförande konstruktion genom eller förbi dammanläggningen skiljer sig som regel från ett utskov, som traditionellt varit den typ av vattenförande konstruktion som förutom kraftstationer funnits vid svenska dammanläggningar.

Syftet med vandringsanordningen är att inom de fastslagna magasinsnivåerna möjliggöra passage och möjligen även habitat på sträckan. Anordningen måste kunna hantera de lastfall som dammanläggningen dimensioneras för ur dammsäkerhetssynpunkt. Detta innebär att vattentransporten genom anordningen måste ske kontrollerat.

Vid dimensioneringen av vandringsanordningen måste därför hänsyn tas till risken för överdämning av magasinet och även här ger RIDAS (Svensk Energi, 2012/2016) med dess tillämpningsvägledningar exempel på lastfall som ska kunna hanteras. I RIDAS finns dock inte fiskvandringskonstruktioner explicit behandlade, vilket medför att tillkommande lastfall och frågeställningar måste beaktas.

En viktig skillnad mellan ett reglerbart utskov och en vandringsanordning är att utskov normalt har luckan stängd med krav på tillförlitlighet för att säkerställa att luckan vid behov går att öppna. Vandringanordningen är tvärtom öppen i det normala driftläget. I vissa fall (speciellt vid omlöp) kan vandringsanordningen även sakna avstängningsmöjlighet. Detta innebär att vid överdämning av magasinet så ökar flödet i vandringsvägen om denna inte går att stänga av. Överdämning, dvs. att magasinsytan stiger över dämningssgräns, kan exempelvis inträffa vid driftstörning, t.ex. om öppning av ett utskov misslyckas eller fördröjs, eller i händelse av höga flöden.

Dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass I dimensioneras för flöden med genomsnittliga återkomsttider på över 10 000 år, vilket ofta förutsätter att anläggningen anpassas för överdämning av magasinet (dimensionerande vattenstånd) upp till i närheten av överkant tätkärna för fyllningsdammar alternativt krön för betongkonstruktioner. För dammanläggningar med lägre flödesdimensioneringsklass kan överdämning bli aktuellt vid betydligt vanligare förekommande flöden. Vilka överdämningsnivåer som är aktuella är unikt för

varje anläggning, men generellt ska en överdämning till överkant tåtkärna beaktas vid dimensioneringen av en vandringsanordning i en fyllningsdamm respektive dammkrön vid en betongdamm. Anordningarna måste naturligtvis också kunna hantera normala flödessituationer på ett säkert sätt.

Om vandringsanordningen försetts med en lucka som automatiskt reglerar flödet med hänsyn till magasinsytan krävs att ett sådant system har erforderlig säkerhetsnivå. Om vattenflödet i vandringsanordningen överskrider dess kapacitet breddar vattnet över med risk för skadlig erosion som följd. Beroende på omständigheterna kan ett sådant förlopp leda till dammhaveri. Ett system med en automatreglerande lucka finns vid fisktrappan i Stornorrfors. Det framkom att systemet slutat fungera vid några tillfällen och att flödet ökat så pass mycket att överströmning skett längs fisktrappan. I detta fall är fisktrappans sträckning gynnsam ur dammsäkerhetsaspekt och ingen skadlig erosion skedde.

En annan skillnad mellan ett utskov och en vandringsväg är vattenvägens fria bredd och höjd. Ett utskov har normalt sett sin trängsta sektion vid luckan och drivgods som passerat luckan transporteras normalt med vattenströmmen förbi anläggningen. Förhållandena i en vandringsväg är ofta omvända och intag till vandringsanordningar tillåter ofta att drivgods tar sig in i vattenvägen vilken ofta har trånga sektioner eller kraftiga vinkeländringar en bit nedströms intaget. Där riskerar drivgodset att fastna och kan skapa dämmen som leder till överströmning och potentiellt skadlig erosion. Igensättning en bit ner i fisktrappan var en incident som har inträffat vid Stornorrfors, dock utan skadlig erosion.

Där konsekvenserna av överströmning blir höga måste det hanteras. Till exempel kan dränage anläggas så att överströmningen kan övervakas. Det kan även vara möjligt att ordna så att eventuellt överströmmande vatten leds bort på ett säkert sätt.

Generellt bör en vandringsväg förses med en lucka vid dammens tätning eller operströms denna så att den vid behov går att stänga av.

4.2.4 Erosion av dammkropp till följd av åtgärder nedströms dammanläggningen

En damms grundläggning och även nedströmsslänt (fyllningsdamm) är känslig för erosion. Vatten som tappas från utskov, kraftverk eller från en vandringsanordning måste kunna avledas utan att erosion som riskerar dammsäkerheten sker. Det är därför olämpligt att utföra åtgärder som påverkar flödesriktningen eller erosionsskydden negativt och därmed medför ökad risk för erosion i dessa områden. För åtgärder nära dammen krävs utredning för att veta var en åtgärd kan utföras utan att damm, vägar och dylikt skadas på grund av erosion vid högre flöden.

4.3 PÅVERKAN PÅ AVBÖRDANDE FUNKTION

Ingrepp som försämrar avbördningskapaciteten kan i de flesta fall inte accepteras. En dammanläggning har genom tillstånd från domstol en viss utformning med fastställda bredder och tröskelnivåer på utskovsöppningarna. I vissa fall kan

emellertid exempelvis äldre flottningsutskov finnas vilka inte medräknats i anläggningens avbördningskapacitet. Dessa skulle då kunna användas t.ex. för vandringanordningar. Det kan också tänkas att vissa anläggningar har ett "överskott" av avbördningskapacitet och undantag från inriktningen att inte försämra avbördningskapaciteten skulle då kunna vara möjligt. Hänsyn bör dock tas till framtida behov, se avsnitt 4.6.2 samt utskovets förmåga att passera drivgods. Alla förändringar måste dock prövas enligt miljöbalken, se kapitel 3.2.

Modifiering av vattendragsfåror genom utplacering av block etc. för att göra miljön mer attraktiv för akvatiska organismer kan vid högre flöden innebära en förhöjd nedströmsvattenyta vid en dammanläggning. Detta kan i sin tur påverka avbördningskapaciteten, beroende på hur utskoven är utformade. En liknande problematik föreligger för galler tillhörande fångstanordningar för uppströmsvandrande fisk, vilka riskerar att sätta igen och orsaka en förhöjd nedströmsvattenyta. Genom att involvera hydraulisk kompetens bör dock detta problem kunna undvikas. Åtgärder bör för övrigt inte minska dammägarens benägenhet att utföra provtappningar pga. att man vill undvika att förstöra de skapade strukturerna, t.ex. lekområden.

4.4 RISKER MED BEGRÄNSNINGAR I VATTENHUSHÅLLNINGEN

4.4.1 Allmänt

Begränsningar i vattenhushållningen innebär restriktioner i hur dammägaren får reglera flödet. Dessa restriktioner kan stå i direkt konflikt med dammsäkerhetsarbetet och medför ofta ett ökat drift- och underhållsbehov. Ett exempel på detta är att det för en av anläggningarna från intervjustudien innehas tillstånd att sänka av uppströmsvattenytan (ÖVY) till under krönnivå på den nyligen anlagda överfallsdammen. Detta går dock inte att genomföra utan att bryta mot villkoret kring mintappning då alternativa avbördningsanordningar saknas. Detta medför en minskad förmåga att upptäcka och åtgärda brister som kan utvecklas till hot mot dammsäkerheten.

Krav på villkor kring vattenhushållning bör alltid formuleras så att dammägaren kan bedriva ett effektivt dammsäkerhetsarbete under såväl normala som skärpta driftsituationer utan att behöva bryta mot villkoren i tillståndet.

I följande avsnitt behandlas dammsäkerhetsaspekter att beakta vid åtgärder i form av mintappning, begränsning av i vilken takt flöden får ändras över tid samt klunkning av vatten.

4.4.2 Mintappning

Med mintappning avses den minsta mängd vatten som måste släppas förbi anläggningen under hela eller delar av året. Mintappningen tappas ofta genom vandringanordningar om anläggningen är försedd med en sådan, men syftet kan också vara att undvika torrfårer eller stillastående vatten nedströms anläggningen, vilket kan medföra att anläggningens ordinarie utskov måste användas för detta ändamål.

Många befintliga utskov är i första hand utformade för att användas under begränsade perioder vid högflöden eller reparationsarbeten på turbinerna då tillrinningen överstiger tillgänglig utbyggnadsvattenföring. Noggrannheten för vilket flöde som tappas vid mindre lucköppningar på stora utskovsluckor är ofta begränsad, vilket medför en osäkerhet i vilket flöde som tappas. Tillkommande krav på mintappning kan därför medföra att befintliga utskovsluckor behöver byggas om alternativt att mintappningen löses genom anläggande av nya utskov eller rör genomföringar.

En kontinuerlig mintappning medför ökat slitage på utskovens betongkonstruktioner och mekanisk utrustning.

Befintliga betongkonstruktioner vid utskov är ofta inte dimensionerade för att hantera mintappning. Exempel på brister kan vara avsaknad av stålskoning eller ett för tunt täckande betongskikt. Betong som ständigt är vattenmättad löper även en större risk att drabbas av frostsador.

Tätninglistor och spelmaskinerier utsätts för ett högre slitage vid mintappning om lucköppningen ständigt måste justeras mot en varierande magasinsnivå.

Vintertid kan kontinuerlig mintappning medföra begränsningar på avbördningsförmågan genom isbildning på luckor, kring luckfalsar och i utloppskanaler. Isbildning på luckor kan medföra att de inte går att manövrera. Avbördningsförmågan riskerar även att påverkas av isbildning i utloppskanalen. Isbildning ökar också nedbrytningstakten på betongens ytskikt.

Utvecklingen av eventuella skador på t.ex. skibord kan vara svår att upptäcka och/eller kontrollera vid rondning och inspektioner om de döljs av vattnet från min-tappningen. Även om tappningen går att växla mellan olika utskov kan den medföra en nedströmsvattenyta som gör att det överhuvudtaget inte går att vistas nedströms utskoven.

Vid dammsäkerheshöjande åtgärder nedströms utskoven krävs ofta att arbeten kan utföras i torrhet ur ett arbetsmiljöperspektiv samt för att uppnå goda resultat på t.ex. betongarbeten. Tappning intill fångdammar ställer högre krav på utformningen av fångdammen. En fångdamm av fyllningsmassor behöver kompletteras med ett grövre erosionskydd alternativt spont mot det strömmande vattnet. Byggnationen av fångdammar försvåras avsevärt i strömmande vatten.

4.4.3 Begränsad flödesändring

Vissa strömsträckor kan ha restriktioner kring med vilken takt spill och drivvattenföring får ändras över tid. Sådana begränsningar kan t.ex. medföra inverkan på funktionskontroller av avbördningsanordningar (prov-tappning) vilket försämrar dammsäkerheten. De försvårar även möjligheterna att minska flödestoppar (s. k. aktiv dämpning) samt att vid incidenter på nedströms liggande anläggningar begränsa flödet i vattendraget trots att magasineringkapacitet finns.

Ett minimikrav är att villkor för vattenhushållning formuleras så att hela tillrinningen alltid kan släppas förbi dammanläggningen om så krävs för att minimera risken för dammhaveri.

4.4.4 Klunkning

Klunkning av vatten innebär att man periodvis ökar vattenföringen i en fiskväg eller en strömfåra, ofta i kombination med minskad drivvattenföring genom kraftverket, i syfte att öka fiskens möjligheter till vandring.

Vid anläggningar som saknar fjärrstyrda luckor medför klunkning krav på ökad närvaro av driftspersonal. Flera av de befintliga luckor och lyftanordningar som idag finns i drift i våra dammar är inte anpassade för små och relativt frekventa manövreringar. Kuggstänger, rörbalkar, tätningsslister med mera är inte dimensionerade för den typen av drift. Detta medför att ombyggnation av befintliga utskov alternativt anläggande av nya utskov kan krävas för denna typ av manövrering. Luckor som ska användas för klunkning bör ha en storlek som säkerställer korrekt flöde även vid partiell öppning samt maskinell utrustning som kan hantera reglering med hög frekvens, ex. hydraulluckor.

Huruvida klunkningen har någon inverkan på dammsäkerheten beror således på hur luckorna är dimensionerade och av flödet, varaktigheten och intervallet i relation till anläggningens utformning. Normalt utgör klunkningsflödet en mindre del i förhållande till vad spillfåran hanterar och bedöms således inte vara något problem, men detta måste beaktas från fall till fall.

4.5 RISKER MED KONSTRUKTIONER I VATTEN UPPSTRÖMS DAMMANLÄGGNING

Med *konstruktioner i vatten uppströms en damm* avses galler, länsor, ledarmar och andra konstruktioner som syftar till att hindra fisk eller drivgods från att nå turbinerna. I följande avsnitt behandlas aspekter att beakta vad gäller risk för igensättning av galler och blockering av utskov.

4.5.1 Igensättning av galler

Historiskt har galler framför eller i anslutning till intag främst syftat till att hindra drivgods från att komma in i turbinerna och orsaka skador. På senare tid har gallrens spaltvidd minskats avsevärt för att dessutom hindra fisk från att transporteras in till turbinerna. Den minskade spaltvidden innebär att mer skräp än tidigare ansamlas med ökat rensningsbehov som följd. Flera källor i intervjustudien har uppgett att rensningsbehovet periodvis är mycket stort och att rensning är den driftåtgärd som oftast tar mest tid i anspråk. Det konstateras vidare att rensningsåtgärder i flera fall inte var något som togs hänsyn till i förstudie eller budget för den aktuella åtgärden. Särskilt stort blir rensningsbehovet vid anläggningar med oreglerade älvsträckor uppströms, d.v.s. där drivgods inte fångas upp vid uppströmsliggande damm-anläggningar.

I flera fall har rensningsutrustningar fått byggas om i omgångar efter idrifttagning för att därmed prova sig fram till en lämplig lösning. Vid anläggningar som har avstängningsmöjligheter uppströms gallret har torrläggning och manuell rensning med högtryck ändå krävts trots stora modifieringar på rensningsutrustningen. Det är alltså av extra stor vikt att en lämplig lösning för en effektiv rensning

konstrueras vid de anläggningar där man inte utan svårighet kan torrlägga eller lyfta gallret.

Vid projektering av galler ur ett driftsperspektiv måste åtminstone följande aspekter beaktas:

- Vilken drivgodsproblematik föreligger längs strömsträckan uppströms anläggningen? Samtliga tänkbara flödessituationer och vattenståndsvariationer måste beaktas.
- Vilken regleringsamplitud har magasinet? Om möjligt bör hela gallret ligga under ÖVY och kompletteras med något material som ej leder ned kyla i överkant för att minimera risken för kravis.
- Finns det möjlighet att anlägga gallret i en intagsbyggnad skyddad från låga temperaturer?
- Vilka möjligheter finns till torrläggning alternativt lyft av gallret i syfte att utföra reparation och underhåll eller rensa gallret manuellt då ordinarie rensningsutrustning ej är tillräcklig?
- Vilket material och profil på grindstålen är mest lämpligt för den aktuella anläggningen? Ett kompositgaller kan ex. genom sin profil teoretiskt ge lägre fallförluster, men vara svårare att rensa.

Placeringen av gallren måste beaktas ur ett dammsäkerhetsperspektiv. Galler dimensioneras normalt för full igensättning för att inte riskera att ge vika då mängden drivgods i vattendraget överstiger vad rensningsutrustningen dimensionerats för eller vid funktionsfel hos utrustningen.

En igensättning av ett galler i en intagskanal där nivån i intaget hålls på dämningssgräns kan innebära att kanalen däms upp ytterligare över den nivå som kanalvallarna är dimensionerade för. Detta kan ske utan driftcentralens kännedom om peglarna endast registrerar ÖVY vid intaget.

En igensättning med fortsatt produktion kan innebära att intagskanalen bakom gallret utsätts för en hastig avsänkning. Om kanalvallarna består av fyllningsmaterial kan det innebära att mothållet från vattnet i kanalen avtar i högre takt än porttrycket i vallarna med skred inåt magasinet och i värsta fall fullt utvecklat brott som följd. Just det händelseförloppet anses ha initierat det dammbrott som inträffade 2010 i en kanalvall vid Granö kraftverk i Mörrumsån.

Vid anläggande av galler i intagskanaler är det ofta önskvärt ur ett ekologiskt perspektiv att gallret placeras så långt uppströms som möjligt i kanalen och inte ända nere vid intaget, så att vattnet från flyktvägen återförs till spillfåran så långt upp i systemet som möjligt. Många intagskanaler är dock försedda med utskov (breddutskov, isutskov eller reservutskov från byggtiden) vilka då riskerar att sättas ur funktion om intagsgallret uppströms utskovet sätter igen. Liknande problematik föreligger hos anläggningar som för avbördning nyttjar förbiledningstunnlar vars intag är gemensamt med aggregaten, dessa riskerar därmed att sättas igen oavsett placering på gallret.

Fasta galler framför intag kan ha en påverkan på förmågan att släppa förbi tillrinningen även om drivvattenföringen normalt inte medräknas i anläggningens avbördningskapacitet. Vid anläggningar med hög stighastighet i magasinet ställs

högre krav på utskovens tillgänglighet vid fränslag i kraftverket. Galler framför intag riskerar att sättas igen och utgör därmed ytterligare en felmod som kräver tillgängliga utskov utöver andra plötsliga händelser såsom brand i ställverk, nätbortfall etc., som medför fränslag i kraftverket.

Fasta galler framför intag försvårar även möjligheterna att i framtiden medräkna aggregatens drivvattenföring i anläggningens totala avbördningskapacitet, vilket annars kan vara möjligt med anslutning till s.k. dumplast. Denna teknik är under utveckling och syftar till att kunna köra vatten genom turbinerna även under lastfränslag.

Huruvida ett utskov placerat bakom ett galler ska medräknas i anläggningens tillgängliga avbördningskapacitet beror av gallrets spaltvidd, typ av drivgods i vattendraget och eventuella anordningar för att hindra drivgods för att nå gallret. Detta måste bedömas från fall till fall och även relaterat till anläggningens dammsäkerhetsklass. Utifrån de driftserfarenheter som finns tillgängliga idag avråds generellt från alla typer av galler framför utskov. Låg historisk drivgodsproblematik är ingen garanti för att rensningen fungerar under kommande högflödesperioder då behovet av tillförlitliga avbördningsanordningar är som störst.

4.5.2 Blockering av utskov

Vid projektering av galler, länsor, ledarmar och andra konstruktioner som placeras i vattenvägen måste dessa dimensioneras på ett sådant sätt att konstruktionen i sig inte riskerar att blockera något utskov om den lossnar. I intervjustudien framkom att flera länsor försetts med en brottlänk i nedströms infästning för att inte blockera utskoven vid ett brott på länsan till följd av för hög belastning. Risken för att utskoven sätts igen av plötsligt frisläppt ackumulerat drivgods måste också beaktas. I intervjustudien bekräftades inte huruvida detta var beaktat.

Galler i anslutning till utskov måste antingen hantera de laster som kan tänkas uppstå eller vara utrustade med brottanvisningar eller momentbrytare så att de faller till botten utan risk för att dras mot utskoven vid tappning. Exempel på lastsituationer som måste beaktas är dämning till följd av igensättning, belastning från kravis, mekanisk nötning från is och drivgods samt de tryckvågor som kan uppstå i samband med hastiga stopp av aggregaten.

Genom att studera flödesbilden i magasinet eller älvsträckan uppströms anläggningen kan man få en uppfattning om huruvida flytande konstruktioner riskerar att sugas mot utskoven i händelse av ett haveri. Om risk för detta föreligger, måste dessa förankras för en last som motsvarar full igensättning under högflödesperioder.

Normalt dimensioneras inte länsor och avledare för att hantera infrysning eller isgång, då behovet av dessa konstruktioner är som störst under årets isfria perioder. Utläggning av flytande konstruktioner försvåras vid höga flöden, vilka ofta förekommer strax efter islossning. Redan under förstudieskedet är det således viktigt att beakta under vilka perioder avledaren behöver ligga i vattnet, samt hur möjligheten till utläggning påverkas av is- och flödessituation.

Konstruktionerna måste även vara möjliga att rensa och göra nödvändiga modifieringar på under höglödesperioder.

4.6 UTRYMMESKONFLIKT VID DAMMANLÄGGNING

4.6.1 Förändrade tillträdesmöjligheter

Beroende på hur en vandringsanordning förläggs kan den medföra en tillkommande vattenväg vid anläggningen. Det är viktigt att tillse att vattenvägen inte innebär någon begränsning av åtkomst till anläggningens samtliga delar.

Såväl primära som alternativa tillfartsvägar till utskov, dammkrön och dammtå bör ha samma kapacitet som vägen i övrigt. Det medför att t.ex. brobanor över intag till fiskpassager måste ha en bredd och bärighet som inte begränsar överfart av kran-bilar, grävmaskiner eller andra tunga transporter.

Vattenvägen får inte heller begränsa tillträde för personal till anläggningen under rondning och inspektion. Utifrån förväntat djup och vattenhastighet i vattenvägen måste den även förses med lämpliga skyddsanordningar såsom räcken, gångbryggor och stängsel för att skydda driftspersonal och i förekommande fall även tredje man.

4.6.2 Hänsyn till framtida behov

Vid planering av en miljöåtgärd bör framtida behov analyseras. Vid anläggningar med utrymmesbegränsningar kan t.ex. anläggandet av en fiskväg leda till att dammägaren i framtiden finner det problematiskt att hitta en lämplig placering för ett nytt utskov. Även om anläggningen i dagsläget klarar att avbörda det dimensionerande flödet så kan förändringar i flödesdimensioneringen, orsakade av exempelvis ändrad klassificering av anläggningen eller ändrat klimat, leda till att en större avbördningskapacitet kan komma att krävas. På grund av dessa osäkerheter bör dessutom flexibilitet och marginaler skapas där så är rimligt (Svensk Energi, Svenska kraftnät, & Svemin, 2015). Det är lämpligt att anläggningens behov av tillkommande avbördningskapacitet utreds i samband med att en fiskväg ska anläggas. Det kan finnas tydliga fördelar både ur ett ekonomiskt perspektiv men ur denna rapportens synvinkel också ur ett dammsäkerhetsperspektiv. Är det möjligt att i en fyllningsdamm t.ex. göra en genomföring istället för två är mycket vunnet. Detsamma gäller om fångdammsarbeten kan samordnas så att endast en fångdamm behöver uppföras.

4.7 RISKER VID UTRIVNING AV DAMMAR

Avsikten med en utrivning kan vara att ta bort ett vandringshinder för fisk, att återställa den naturliga transporten av sediment, att återställa de naturliga biotoperna i ett tidigare indämt område eller återställa hydrologin i vattendraget. Tillstånd ska normalt alltid lämnas till en utrivning (miljöbalken 11 kap. 19 §). Eftersom avsikten är att verksamheten ska upphöra, dvs. det kommer inte längre att finnas en verksamhetsutövare med underhållsskyldighet, är det viktigt att inga

kvarlämnade strukturer riskerar att dämna upp vattendraget vid högflöden, ansamling av drivgods eller andra tänkbara scenarier.

Beroende på anläggningens utformning och möjligheten att sänka uppströmsvattenytan på ett kontrollerat sätt kan en utrivning vara mer eller mindre komplicerad och lastfall som kan uppstå under rivningsskedet måste beaktas.

En utrivning av en damm kan inte göras utan hänsyn till övriga dammanläggningar i älven i och med att dammar nedströms sannolikt är dimensionerande och anpassade för det reglerade systemet. En utrivning kräver således även att den förändrade flödessituationen för övriga dammanläggningar undersöks.

5 Diskussion och rekommendationer

Från intervjustudien kunde det konstateras att de huvudsakliga miljöåtgärder som har utförts är vandringsanordningar och begränsningar i vattenhushållningen. Vandringsanordningar har framförallt anlagts vid dammar utan dammsäkerhetsklass, medan begränsningar i vattenhushållningen ofta finns även vid anläggningar i högre dammsäkerhetsklasser.

Ur sammanställningen i Bilaga 2 kan det utläsas att nästan samtliga miljöåtgärder som redovisas i HaVs rapport (Havs- och vattenmyndigheten, 2015) ger en potentiell påverkan på dammsäkerheten, som därmed behöver beaktas. Detta förutsätter att rätt kompetens från samtliga berörda teknikområden inom dammsäkerhet kommer in i ett tidigt skede.

Generellt framkom från intervjustudien att dammsäkerheten beaktats vid projekteringen av miljöåtgärden, men även att incidenter inträffat som pekar mot att detta inte skett i tillräcklig utsträckning. Sedan bör det noteras att de miljöåtgärder som har diskuterats har varit i drift under en förhållandevis kort tidsperiod i jämförelse med en damms livslängd och har inte varit utsatta för extrema driftsituationer (t.ex. höga flöden eller en stor mängd drivgods), varför sådana erfarenheter saknas.

Förutom att dammsäkerhet inte alltid beaktats i tillräcklig utsträckning vid projektering av en miljöåtgärd är en annan tydlig brist konflikter mellan tillstånd och villkor. Sådana konflikter ska inte finnas, men där dessa finns så måste dammsäkerheten vara överordnad villkoren förknippade med miljöåtgärder. Dammgagaren har ett strikt ansvar för dammsäkerheten och har därför ansvaret att ta fram underlag som beskriver risker med miljöåtgärder för att i möjligaste mån undvika att villkor ställs som orsakar konflikter mellan tillstånd och villkor. Det vore lämpligt om det tas höjd för underhållsåtgärder etc. i tillstånden, vilket är något som i dagsläget förekommer i vissa tillstånd men inte i alla.

Varje dammanläggning är unik genom att den är konstruerad och byggd efter de lokala förutsättningarna. Några generella anvisningar om lämpliga miljöåtgärder ur ett dammsäkerhetsperspektiv som passar för alla dammanläggningar har därför inte varit möjliga att ge utan det fordras studie av personer med rätt kompetens och anpassning vid varje enskild anläggning.

Anläggandet av en vandringsanordning kan vara ett tillfälle att göra en dammanläggning än mer säker. Sådana goda exempel har identifierats i intervjustudien. Beroende på vilka biologiska krav som finns på vandringsanordningen så finns det möjlighet att kombinera en vattenvägs funktion. Vattenvägen kan då för normala flödessituationer agera som vandringsanordning, men vid högflöden även fungera som en ytterligare möjlighet att avbörda vatten förbi dammanläggningen. På detta sätt kan antalet genomföringar minimeras och både en dammsäkerhetsnytta och vandringsanordning erhållas.

I denna rapport har kostnader för miljöåtgärder inte behandlats, men det har konstaterats från både intervjustudier och från författarnas egna erfarenheter att kostnadsberäkningarna för vandringsanordningar ofta varit otillförlitliga. Ofta har

kostnader uppskattats utifrån schablonpris per fallhöjdsmeter, vilket ger en mycket grov uppskattning. Kostnaderna beror av naturliga skäl på flera andra parametrar som t.ex. topografi, geotekniska förhållanden och dammsäkerhetsklass. Kostnaderna kan således variera stort från anläggning till anläggning även om miljöåtgärderna och anläggningarnas utformningar framstår som likartade. Sannolikt fungerar schablonpriset bättre för låga dammar i låg dammsäkerhetsklass, även om kostnadsspannet kan vara stort.

Som förslag på fortsatta studier föreslår författarna en internationell utblick i och med att de samlade erfarenheterna från Sverige i dagsläget är relativt begränsade. Vidare vore det önskvärt med riktlinjer för utformning av generella formuleringar i villkoren förknippade med miljöåtgärder. Detta för att undvika konflikter mellan tillstånd och villkor, t.ex. genom att det står specificerat när undantag kan göras från kraven om mintappning.

6 Referenser

- Energiföretagen. (den 19 oktober 2018). *www.energiforetagen.se*.
- Energimyndigheten. (2014). *Vad avgör ett vattenkraftverks betydelse för elsystemet. Underlag till nationell strategi för åtgärder inom vattenkraften. ER 2014:12.*
- Energimyndigheten. (den 19 oktober 2018). *www.energimyndigheten.se*.
- Havs- och vattenmyndigheten. (2015). *Miljöåtgärder i vattenkraftverk – sammanställning av åtgärder för att nå god ekologisk status och god ekologisk potential. Rapport 2015:26.*
- Havs- och vattenmyndigheten, Energimyndigheten & Svenska kraftnät. (2018). *Redovisning av Förstudie för Nationell plan för omprövning av vattenkraften.*
- Svensk Energi. (2012/2016). *RIDAS Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet.* *
- Svensk Energi, Svenska kraftnät & Svemin. (2015). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar.*
- Svenska kraftnät. (2013). *Dammsäkerhet - Handbok för egenkontroll och tillsyn.*
- Svenska kraftnät. (2015). *Konsekvensutredningar och dammsäkerhetsklassificering. Vägledning avseende Affärsverket svenska kraftnät föreskrifter och allmänna råd om konsekvensutredning enligt 2§ förordning (2014:214) om dammsäkerhet.*
- Svenska kraftnät. (2017). *Promemoria 2017/24080. Dammsäkerhetsnivå, helhetsbedömning och föreläggande om säkerhetshöjande åtgärder. En sammanställning av regeringens proposition 2013/14:38 Dammsäkerhet.*
- * Beträffande RIDAS har aktuell utgåva vid upprättande av denna rapport använts. Efter upprättande, men före publicering, av denna rapport utkom RIDAS 2019 men endast huvuddokumentet och inte tillämpningsvägledningar. RIDAS 2019 (huvuddokument) påverkar inte vad som anges i denna rapport.

Bilaga A: DAMMKONSTRUKTION

FYLLNINGSDAMMAR

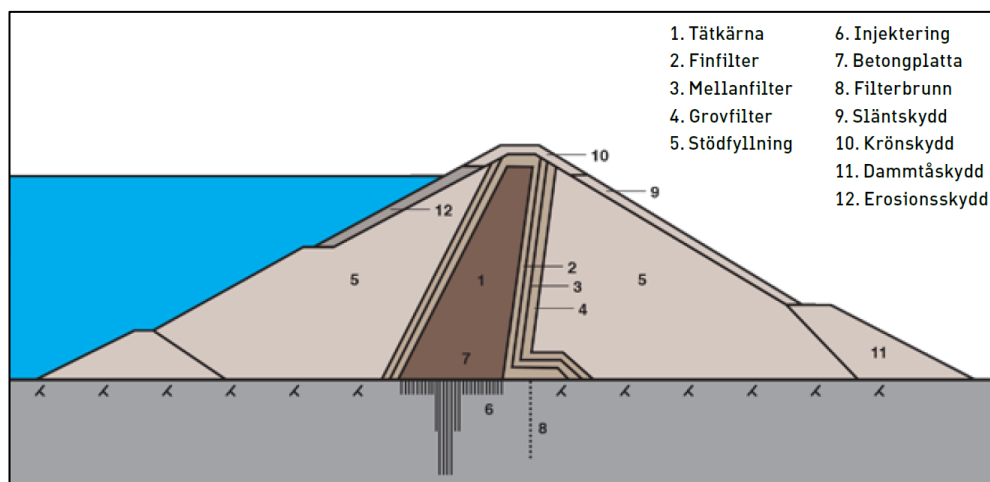
En fyllningsdamm är en damm som huvudsakligen består av kompakterad jord (lera, silt, sand, grus, morän etc.) och ofta också av sprängsten. Fyllningsdammar är i huvudsak uppförda av sådana jord- och stenmassor som det funnits god tillgång av i närheten av byggnadsplatsen. En fyllningsdamm kallas för jordfyllningsdamm om mer än 50 % av dess volym utgörs av jord och stenfyllningsdamm om mer än 50 % av volymen utgörs av sprängsten. En grundläggande förutsättning för en fyllningsdamm är att permeabiliteten (vattengenomsläppligheten) i dammen och i undergrunden ska vara låg.

En fyllningsdamm kan vara homogen, dvs. bestå av en sorts relativt tät jord. Denna typ av fyllningsdamm var vanlig förr, men är idag främst tillämpad för temporära eller lägre dammkonstruktioner. Homogena dammar är vanligtvis inte högre än 3 - 5 m. Den vanligare konstruktionen för fyllningsdammar är zonerade dammar, vilket innebär att dammens tvärsnitt är uppdelat i zoner med olika jord- eller stenfyllningsmaterial med olika fysikaliska egenskaper för att säkerställa dammens funktion (Figur 1). De olika zonerna är:

- Tåtkärna – begränsar vattenströmningen genom dammen. Består ofta av morän. I äldre dammar kan den tätande zonen bestå av en spont av t.ex. stål, betong eller trä.
- Filterzoner – förhindrar transport av finmaterial från tåtkärnan. Filtren utgörs ofta av sand och grusmaterial.
- Stödfyllning – ger dammen dess stabilitet.
- Erosionsskydd – skyddar slänter och ibland krön från angrepp av vågor, is, nederbörd och i begränsad utsträckning överströmning och överspolning.
- Tåförstärkning – ytterligare förstärkning av en fyllningsdamms dammtå på nedströmssidan. Är ofta uppdragen till en nivå för att täcka in ett eventuellt källsprång i dammslätten.

Förekomsten av stora läckage genom dammen eller grunden är ett hot då det kan medföra inre erosion och materialtransport vilket kan leda till dammhaveri. Risken för att inre erosion ska kunna utvecklas till ett dammhaveri beror framförallt på filterfunktionen och materialet i stödfyllningen. Stora läckage kan också leda till att vattentrycket i dammens fyllningsmaterial stiger och orsakar stabilitetsproblem.

Generellt tål en fyllningsdamm inte överströmning av vatten över krönet i någon större utsträckning. En stenfyllningsdamm står emellertid emot överströmning något bättre än en jordfyllningsdamm.



Figur 1. Zonindelad fyllningsdamm (Svenska kraftnät, 2013).

BETONGDAMMAR

Betongdammar kan indelas efter sitt verkningssätt i gravitationsdammar och valvdammar. Gravitationsdammar förekommer i flera olika utföranden där de vanligaste är massivdammar och lamelldammar. En massiv damm är en kontinuerlig damm, eller vanligare, en serie av monoliter åtskilda av vattentäta rörelsefogar. En lamelldamm består av en eller flera enheter, även benämnda lameller eller monoliter, separerade av vattentäta rörelsefogar. En enhet består av en frontskiva som stöds av en eller flera stödskeivor/lameller. I en valvdamm uppnås stabilitet genom att vattnets belastning på dammen överförs till dammens landfästen genom valvverkan.

En rätt sammansatt betong är mycket tät och beständig och utgör ett mycket bra material för dammkonstruktion. Äldre betongdammar, och även enstaka nyare, är dock inte alltid uppförda med en lämplig betongsammansättning, vilket kan resultera i nedbrytning av betongen, t.ex. pga. frost.

Betongdammar är tåligare än fyllningsdammar mot överströmning. Det finns emellertid scenarier som kan påverka betongdammens stabilitet vid överströmning, t.ex. kan det strax nedströms dammen finnas sprickigt berg som rycks loss vid överströmningen och därmed försämrar dammens stabilitet.

INTAG OCH UTSKOV

Intag benämns de delar av en dammbyggnad där intag av vatten sker. Utskov är de delar av en dammbyggnad som används för att släppa ut vatten som inte utnyttjas vid anläggningen. Utskoven används i huvudsak vid höglödesperioder. Intag och utskov är i allmänhet byggda av betong. För att kunna reglera och stänga av vattenföringen är intag och utskov i allmänhet utrustade med någon form av avstängningsanordningar. Luckor kan benämnas efter material, konstruktiv utformning och manövreringssätt (Tabell 1).

Tabell 1. Indelning av luckor efter material, konstruktiv utformning och manövreringssätt.

Material	Konstruktiv utformning	Manövreringssätt
Trä	Planluckor	Spettluckor
Stål	Segmentluckor	Kuggstångsluckor
Betong	Sektorluckor	Linluckor
	Valsluckor	Hydraulluckor
	Klaffluckor	
	Sättar	
	Nålar	

Bilaga B: DAMMSÄKERHETSASPEKTER ATT BEAKTA VID MILJÖÅTGÄRDER

I tabellerna nedan utläses vilka avsnitt i kapitel 4 som är relevanta givet en viss miljöåtgärd. Sammanställningen av miljöåtgärder inklusive åtgärdsbeskrivningarna är baserade på HaVs rapport om miljöåtgärder (Havs- och vattenmyndigheten, 2015).

Tabell 1. Konsekvenser av åtgärder för konnektivitet.

ÅTGÄRDER FÖR KONNEKTIVITET	Beskrivning	DAMMSÄKERHETSASPEKTER ATT BEAKTA VID MILJÖÅTGÄRDER*				Kommentar
		Kap 4.2 Påverkan på dämmande konstruktion	Kap 4.3 Påverkan på avbördande funktion	Kap 4.5 Risker med konstruktioner i vatten uppströms dammanläggningen	Kap. 4.6 Utrymmes- konflikt vid anläggning	
Omlöp	Anläggande av ett mindre vattendrag för uppströms- och nedströmsvandring av akvatiska organismer.	X			X	Medför genomföringar i eller vid sidan av dämmande konstruktion. Eventuellt kan utrymmeskonflikt uppstå.
Ramp	Anläggande av en ramp mot dammkrönet som ger en strömsträcka för uppströmsvandring.	X	X		X	Medför genomföringar i dämmande konstruktion eller tar befintliga utskov i anspråk. Eventuellt kan utrymmeskonflikt uppstå.
Teknisk fiskväg och andra tekniska konstruktioner	Anläggande av trappor, rännor m.m. som möjliggör uppströmsvandring, ofta för specifika arter (tex. lax, öring eller ål).	X	X		X	Medför genomföringar i dämmande konstruktion eller tar befintliga utskov i anspråk. Eventuellt kan utrymmeskonflikt uppstå.
Fångst och transport förbi dammen (Trap and transport)	Fångst av akvatiska organismer följt av transport förbi dammen i uppströms- eller nedströmsriktning.		X	X		Risker med konstruktioner uppströms om en dammanläggning ska beaktas. Igensättning av fångstanordningen kan påverka nedströmsvattenytan och i sin tur den avbördande funktionen.
Kompensations-utsättning av fisk	Utsättning för att kompensera för negativa effekter på fiskfaunan.					Ingen påverkan på dammsäkerheten.
Galler framför intagen till turbinerna	Utplacering av galler för att förhindra införsel av större akvatiska organismer i turbinen. Låglutande galler för upp organismerna mot vattenytan.			X		Risker med konstruktioner uppströms om en dammanläggning ska beaktas.

ÅTGÄRDER FÖR KONNEKTIVITET	Beskrivning	DAMMSÄKERHETSASPEKTER ATT BEAKTA VID MILJÖÅTGÄRDER*				
		Kap 4.2 Påverkan på dämmande konstruktion	Kap 4.3 Påverkan på avbördande funktion	Kap 4.5 Risker med konstruktioner i vatten uppströms dammanläggningen	Kap. 4.6 Utrymmes- konflikt vid anläggning	Kommentar
Förbipassage, fiskavledare	Anläggande av flyktöppningar i dammkroppen där större akvatiska organismer kan passera ut genom en förbipassage (t.ex. tub, ränna eller omlöp). Kombinerar med konstruktioner som leder organismerna i rätt riktning (t.ex. länsor och ledarmar).	X		X		Förbipassage medför genomföringar i dämmande konstruktioner. För länsor, ledarmar etc. ska risker med konstruktioner uppströms om en dammanläggning beaktas.
Miljöanpassade turbiner	Turbiner som gör det möjligt för vissa akvatiska organismer att passera utan betydande skador samt är energieffektiva och kan åtgärda vissa fysikalisk-kemiska problem med vattenkraften.	X	X		X	Ingen påverkan på dammsäkerheten om turbinen monteras inom befintliga vattenvägar och har motsvarande driftsäkerhet och slukförmåga som tidigare turbin. En ny vattenväg medför genomföringar i dämmande konstruktion eller tar befintliga utskov i anspråk. Eventuellt kan utrymmeskonflikt uppstå.

*) Tabellen anger vilka aspekter som troligen måste beaktas. Eftersom varje åtgärd och anläggning är unik måste dock varje åtgärd värderas separat och tabellen är därför inte heltäckande.

Tabell 2. Konsekvenser av åtgärder för ekologisk anpassning av vattenregleringen i vattendrag.

ÅTGÄRDER FÖR EKOLOGISK ANPASSNING AV VATTENREGLERINGEN I VATTENDRAG	Beskrivning	DAMMSÄKERHETSASPEKTER ATT BEAKTA VID MILJÖÅTGÄRDER*			
		Kap 4.2 Påverkan på dämmande konstruktion	Kap 4.3 Påverkan på avbördande funktion	Kap 4.4 Risker med begränsningar i vattenhushållningen	Kommentar
Införande av mintappning motsvarande basflödet	Tappning för att återskapa mer naturliga förhållanden.			X	Påverkar flödesregim, underhållsbehov, övervakning och underhållsarbeten.
Ändring av vattendragsfårans morfologi för anpassning till mintappning	Anläggande av ett mindre vattendrag (fåra-i-fåra) nedströms dammen som är anpassat till kvarvarande flöde.		X		Ändrad morfologi kan påverka nedströmsvattenytan och i sin tur den avbördande funktionen.
Tillförsel av vatten för att möjliggöra vandring av vissa akvatiska organismer (s.k. klunkning)	Koncentrerade tappningar under fiskens vandringsperioder för att möjliggöra förflyttning i vattendraget.			X	Påverkar flödesregim, underhållsbehov, övervakning och underhållsarbeten.
Tillförsel av högvattenflöden för att skapa konnektivitet till svämplanet	Tappning för att undvika stor påverkan på vattendragets morfologi samt återskapa störningseffekten av höga flöden som många organismer har behov av.			X	Påverkar flödesregimen i älven.
Passiv tillförsel av dynamisk flödeskomponent	Anläggande av ett överfall i dammkroppen där vatten flödar ut till nedströmsbeläget vattendrag och ger ett varierat flöde.	X		X	Eventuell påverkan på dammsäkerheten beror av specifik anläggningsutformning.
Aktiv tillförsel av dynamisk flödeskomponent	Aktiv reglering så att en variation i flödet nedströms erhålls.			X	Påverkar flödesregimen i älven.
Installation av återregleringsmagasin nedströms vattenkraftverket	Anläggande av en ny damm en bit nedströms eller vid sidan av vattendraget för att återreglera korttidsregleringen.	EJ TILLÄMPBART			Att införa en ny dammkonstruktion i älven kan ge en stor påverkan på dammanläggningar både uppströms och nedströms. Även dammsäkerheten vid den nya dammen måste beaktas. Föreliggande rapport behandlar ej dammsäkerhetsaspekter vid anläggandet av nya dammar.

ÅTGÄRDER FÖR EKOLOGISK ANPASSNING AV VATTENREGLERINGEN I VATTENDRAG	Beskrivning	DAMMSÄKERHETSASPEKTER ATT BEAKTA VID MILJÖÅTGÄRDER*			
		Kap 4.2 Påverkan på dämmande konstruktion	Kap 4.3 Påverkan på avbördande funktion	Kap 4.4 Risker med begränsningar i vattenhushållningen	Kommentar
Modifiering av morfologin i vattendraget för att dämpa effekterna i vattenregleringen	Det finns åtgärder för att öka friktionsmotståndet och bryta upp flödet genom turbulens i fåran nedströms dammen, t.ex. att lägga ut sten och block.		X		Ändrad morfologi kan påverka nedströmsvattenytan och i sin tur den avbördande funktionen.
Installation av återregleringsmagasin utanför vattendraget för att dämpa korttidsregleringar	Anläggande av en damm vid sidan av ordinarie regleringsdamm som vatten från turbinerna leds in i. Utloppsvattnet från magasinet kan då få en naturlig flödesregim.	EJ TILLÄMPBART			Att införa en ny dammkonstruktion i älven kan ge en stor påverkan på dammanläggningar både uppströms och nedströms. Även dammsäkerheten vid den nya dammen måste beaktas. Föreliggande rapport behandlar ej dammsäkerhetsaspekter vid anläggandet av nya dammar.

*) Tabellen anger vilka aspekter som troligen måste beaktas. Eftersom varje åtgärd och anläggning är unik måste dock varje åtgärd värderas separat och tabellen är därför inte heltäckande.

Tabell 3. Konsekvenser av åtgärder för att bevara eller förbättra de fysiska habitaten.

ÅTGÄRDER FÖR ATT BEVARA ELLER FÖRBÄTTRA DE FYSISKA HABITATEN	Beskrivning	DAMMSÄKERHETSASPEKTER ATT BEAKTA VID MILJÖÅTGÄRDER*				Kommentar
		Kap 4.2 Påverkan på dämmande konstruktion	Kap 4.3 Påverkan på avbördande funktion	Kap 4.4 Risker med begränsningar i vatten- hushållningen	Kap 4.5 Risker med konstruktioner i vatten uppströms dammanläggningen	
Förändring av utskov och spillöppningar (för minskad sedimentfångst i magasinet)	Luckor och utskov som är placerade nära botten minskar risken för sedimentfångst (av sediment som rör sig längs botten).	EJ TILLÄMPBART				Kräver utredning, luckorna och vattenvägen är dock sällan dimensionerade för att användas på detta sätt. Det ska inte uteslutas att det finns dammanläggningar där det vore möjligt att använda ett bottenutskov istället för ett ytutskov för mintappning. Att konstruera om eller anlägga ett nytt bottenutskov vid en befintlig anläggning innebär ett stort ingrepp.
Muddring och frigörelse av sediment nedströms vattenkraftverket	Vattentransporterade sediment avsätts främst där vattendraget mynnar i dämningområdet. Detta material kan muddras och tillföras nedströms dammanläggningen.		X			Sediment kan bidra till en förhöjd nedströmsvattenyta och i sin tur den avbördande funktionen.
Införande av högflöden för att mobilisera sediment nedströms	Högvattenflödet innebär att sediment som har avsatts under längre period med lägre flöden kommer att mobiliseras och förflyttas nedströms likt naturliga processer.			X		Påverkar flödesregimen i älven. Det kan vara gynnsamt ur dammsäkerhets-synpunkt att pröva utskoven.
Mekaniskt åtgärdande av hårdgjord botten	Hårdgjord botten (s.k. stenpäl) samt nästintill cementerade bottnar av finkorniga lerpartiklar som uppstår till följd av omfattande reglering kan åtgärdas genom att med grävmaskin eller annan utrustning bryta sönder botten.	X				Kan påverka dämmande konstruktion om det utförs nära dammen. Kan även orsaka erosion på annan infrastruktur etc. längs älven.

ÅTGÄRDER FÖR ATT BEVARA ELLER FÖRBÄTTRA DE FYSISKA HABITATEN	Beskrivning	DAMMSÄKERHETSASPEKTER ATT BEAKTA VID MILJÖÅTGÄRDER*				
		Kap 4.2 Påverkan på dämmande konstruktion	Kap 4.3 Påverkan på avbördande funktion	Kap 4.4 Risker med begränsningar i vatten- hushållningen	Kap 4.5 Risker med konstruktioner i vatten uppströms dammanläggningen	Kommentar
Åtgärdande av förstärkt erosion pga. reglering eller återställande av naturlig erosion	Förändrade erosionsmönster kan åtgärdas/bromsas genom erosionsskydd eller utplacering av block och ved. I vissa reglerade vattendrag har man strandskott vattendraget, vilket leder till mindre erosion och sedimenttransport och ett underskott nedströms. Det kan då finnas skäl att ta bort erosionsskydden.	X	X			Utplacering av block kan påverka avbördande funktion. Utplacering av ved genererar drivgods för nedströmsliggande anläggningar. Att ta bort erosionsskydd kan påverka dämmande konstruktion om det utförs nära dammen. Det kan även orsaka erosion på annan infrastruktur etc. längs älven.
Aktiv tillförsel av död ved från dämningssområdet till nedströmsliggande sträcka	Tillförsel av ved för att återskapa naturliga förhållanden där död ved flyter med nedströms och avsätts i mer lugnflytande delar av vattendraget, där de utgör viktiga strukturer i habitatet.		X		X	Genererar drivgods för nedströmsliggande anläggningar, vilket kan påverka den avbördande funktionen. Risker med konstruktioner uppströms om en dammanläggning ska även beaktas.
Återkoppling av biflöden och bakvatten (även en åtgärd för konnektivitet)	Återkoppling med huvudfåran där vattenreglering lett till bristande konnektivitet mellan huvudfåra och biflöde eller bakvatten genom att mekaniskt ta bort sediment etc. vid biflodets utlopp till huvudfåran.					Återkoppling av biflöden och bakvatten bör så länge åtgärden inte är i direkt anslutning till dammen inte påverka dammsäkerheten.

*) Tabellen anger vilka aspekter som troligen måste beaktas. Eftersom varje åtgärd och anläggning är unik måste dock varje åtgärd värderas separat och tabellen är därför inte heltäckande.

Tabell 4. Konsekvenser av åtgärder för fysikalisk-kemiskt tillstånd.

ÅTGÄRDER FÖR FYSIKALISKT-KEMISKT TILLSTÅND	Beskrivning	DAMMSÄKERHETSASPEKTER ATT BEAKTA VID MILJÖÅTGÄRDER*			
		Kap 4.3 Påverkan på avbördande funktion	Kap 4.4 Risker med begränsningar i vatten- hushållningen	Kap 4.5 Risker med konstruktioner i vatten uppströms dammanläggningen	Kommentar
Flera intag på olika nivåer i dämningområdet	Genom att blanda vatten av olika temperatur kan utloppsvattnets temperatur förändras för att efterlikna en mer naturlig variation över året.				Ingen påverkan på dammsäkerheten. Sannolikt mest aktuell vid nya kraftstationer eller kraftiga ombyggnationer.
Flexibelt intag till turbiner	Intag som kan regleras i vertikalled alternativt en serie intag på olika nivåer som kan öppnas och stängas beroende på skillnaden i vattentemperatur mellan dämningområdet och nedströms vattendrag.				Ingen påverkan på dammsäkerheten. Sannolikt mest aktuell vid nya kraftstationer eller kraftiga ombyggnationer.
Flexibla ridåer i dämningområdet framför intaget till turbiner	Ridåer sänks ner i magasinet framför intaget till turbiner med hjälp av vikter och sträcks ut med flytande tankar. Ridåerna styr på vilket djup den huvudsakliga vattenmängden kommer hämtas till intaget till turbinerna och påverkar därmed utloppsvattnets temperatur.			X	Risker med konstruktioner uppströms om en dammanläggning ska beaktas.
Ändrad reglering vintertid så att islossning sker mer sällan	Vattenreglering leder till att istäcket bryts sönder och rör sig nedströms, vilket är en naturlig process på våren men det är önskvärt om den inte sker flera gånger under vintern.		X		Påverkar flödesregimen i älven.
Tekniska lösningar som minskar kravis	Exempel på åtgärder är att tillföra luftbubblor, isgrindar eller olika former av bommar som leder kravisen till ett område där den kan ackumulera för att sedan smälta under våren.			X	Om denna åtgärd kräver att konstruktioner monteras uppströms eller nedströms anläggning ska risker beaktas.
Erosionsskydd för isabrasion	Större block och sten kan placeras ut längs vattendraget kanter för att säkerställa att det inte uppstår kraftig isskjuvning och isabrasion längs kanterna.	X			Ändrad morfologi kan påverka nedströmsvattenytan och i sin tur den avbördande funktionen.
Blanda utloppsvatten från turbinerna med spillvatten från dämningområdet	Åtgärd för temperatur- och syrgaseffekter.	EJ TILLÄMPBART			Eventuell påverkan på dammsäkerheten beror av specifik anläggningsutformning.

ÅTGÄRDER FÖR FYSIKALISKT-KEMISKT TILLSTÅND	Beskrivning	DAMMSÄKERHETSASPEKTER ATT BEAKTA VID MILJÖÅTGÄRDER*			
		Kap 4.3 Påverkan på avbördande funktion	Kap 4.4 Risker med begränsningar i vatten- hushållningen	Kap 4.5 Risker med konstruktioner i vatten uppströms dammanläggningen	Kommentar
Syresättning i turbinen	Vattnet syresätts direkt i turbinerna.				Ingen påverkan på dammsäkerheten om syresättningen inte påverkar turbinens tillförlitlighet eller slukförmåga.
Ändra konstruktion på utskov och utloppskanal	När utloppsvatten kommer ut med mycket hög hastighet med kraftig turbulens uppstår gasövermättnad, framförallt av kväve. Därför är det viktig med en anpassad utformning av utloppskanaler och utskov.	EJ TILLÄMPBART			Kräver utredning och är åtminstone för anläggningar med hög fallhöjd eller för höga flöden ett stort ingrepp.

*) Tabellen anger vilka aspekter som troligen måste beaktas. Eftersom varje åtgärd och anläggning är unik måste dock varje åtgärd värderas separat och tabellen är därför inte heltäckande.

MILJÖANPASSNINGAR OCH DAMMSÄKERHET

Att genomföra miljöåtgärder i anslutning till vattenkraftverk blir allt vanligare, men när åtgärderna planeras finns det risk att man inte tar tillräcklig hänsyn till dammsäkerheten.

När effekter av tänkbara miljöåtgärder i vattenkraften diskuteras görs det oftast dels ur perspektivet ekologi dels ur perspektivet produktion och reglerförmåga. Det är sällan eventuella effekter på dammsäkerhet lyfts fram. Men behovet är stort av miljöåtgärder också i ett dammsäkerhetsperspektiv.

Rapporten har sammanställt erfarenheter från genomförda och pågående miljöåtgärder inom den svenska vattenkraften. Här beskrivs utmaningar med konstruktion och drift, och tanken är att kraftindustri, myndigheter och andra berörda aktörer ska förbättra sina kunskaper inför kommande miljöåtgärder.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se