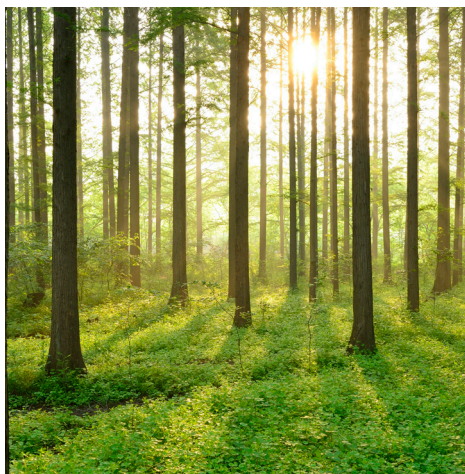


# MILJÖANPASSNINGAR MED BIBEHÅLLEN DAMMSÄKERHET

RAPPORT 2021:791





# Miljöanpassningar med bibehållen dammsäkerhet

Viktiga aspekter att beakta vid planering och  
genomförande

AXEL EMANUELSSON  
JONAS PERSSON  
FREDRIK MIKAELSSON  
PETER BERGKVIST  
TORLEIF JANSSON

ISBN 978-91-7673-791-0 | © Energiforsk augusti 2021

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: [kontakt@energiforsk.se](mailto:kontakt@energiforsk.se) | [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)



## Förord

**Under de kommande 20 åren ska prövningar av vattenkraftens miljövillkor genomföras. Denna rapport kan utgöra ett stöd för hur dammsäkerhet bör beaktas i samband med eventuella miljöåtgärder.**

Projektet har genomförts av Norconsult med Axel Emanuelsson som projektledare. I projektgruppen har även Fredrik Mikaelson, Torleif Jansson, Peter Bergkvist och Jonas Persson deltagit. Rapporten har granskats av Peter Wilen, Björn Westerbjörk, Petter Norén och Mats Stenmark.

Projektets referensgrupp har bestått av Annika Svensson (Havs- och Vattenmyndigheten), Joakim Thanke Wiberg (Vattenkraftens miljöfond), Johan Tielman (Uniper), Jonas Hammarson (Fortum), Maria Bartsch (Svenska kraftnät), Mats Billstein (Vattenfall), Ragnar Asklund (Vattenregleringsföretagen) och Sara Sandberg (Fortum).

Projektet har genomförts inom Energiforsks dammsäkerhetstekniska utvecklingsprogram med medverkan från industrin och Svenska kraftnät. Författarna ansvarar för rapportens innehåll.

## Sammanfattning

**Under 2020 antogs den nationella planen (NAP) som innebär att den svenska vattenkraften ska omprövas och fördes med moderna miljövillkor under de kommande knappt 20 åren. Frågor om dammsäkerhet påverkar förutsättningarna för vilka miljöåtgärder som kan genomföras och kan komma att påverka val av åtgärder inom omprövningen. Denna rapport syftar till att höja kunskapsläget om dammsäkerhetsaspekter kopplade till miljöåtgärder.**

För att höja kunskapsläget inför kommande omprövningar har en analys gjorts av viktiga aspekter att beakta för olika miljöåtgärders påverkan på dammsäkerheten. För olika typer av miljöåtgärder belyses styrande förutsättningar, möjligheter och begränsningar. Rapporten avser utgöra ett stöd för att dammsäkerhet ska kunna beaktas vid planering, projektering och genomförande av miljöåtgärder.

Rapporten konkluderar att en viktig del av arbetet med dammsäkerhet kopplat till miljöåtgärder görs i planeringsskedet. Dammsäkerhetsexpertis behöver därför komma in tidigt i utformningen av miljöåtgärderna. En "färdigutformad" miljöåtgärd som ska justeras efter krav på dammsäkerhet riskerar bli sämre både som miljöåtgärd och ur dammsäkerhetssynpunkt.

Alla anläggningar är unika vilket innebär att riskanalyser behöver utföras tidigt i projekten för att på så sätt fånga upp platsspecifika risker. I arbetet med riskanalyser behöver representanter från dammägarens organisation medverka.

Möjlighet att bibehålla en hög dammsäkerhet är en förutsättning för vilka miljöåtgärder som går att genomföra. Om de skyddsåtgärder som krävs för att bibehålla erforderlig dammsäkerhet är så dyra att miljöåtgärdens kostnad kan anses vara orimlig kan detta vara skäl för mindre stränga krav och att miljöåtgärden inte bör genomföras. Dammsäkerhetsklassen är central för avvägningen om vilka säkerhetsmarginaler och skyddsåtgärder som krävs.

För att förbättra kunskapen om hur miljöåtgärder påverkar dammsäkerheten är fortsatt erfarenhetsåterföring viktig. För miljöåtgärder som genomförs, i synnerhet sådana som görs vid anläggningar med dammsäkerhetsklass, bör noggrann uppföljning göras.

**Nyckelord:** Dammsäkerhet, miljöåtgärder, omlöp, inlöp, teknisk fiskväg, genomföring, riskanalys.

## Summary

**In 2020 the Swedish national plan was accepted, requiring Swedish hydropower to be reassessed and subjected to modern environmental standards under the coming 20 years. Dam safety can affect the conditions for which environmental measures can be implemented and can come to affect the choice of measures within the reassessment. Therefore, the current state of knowledge regarding aspects of dam safety needs improving.**

To improve this understanding in consideration for coming reassessments, an in-depth analysis of various environmental measure's impact on dam safety has been performed. The governing preconditions, possibilities and limitations have been highlighted for each type of environmental measure. The report is intended to constitute a supporting document in ensuring dam safety during design, project planning and implementation of environmental measures.

The report concludes that an important part of the work with dam safety, relating to environmental measures, is done during the planning phase. It is therefore important that dam safety expertise is included early in the design of environmental measures. A measure adjusted because of dam safety regulations will risk becoming worse from both an environmental and dam safety perspective.

All facilities are unique, which means risk analyses need to be made early in the project planning to identify site-specific risks. Representatives from the dam owner's organization should participate when producing risk analyses.

The ability to maintain a high level of dam safety is a prerequisite for which environmental measures can be implemented. The dam safety class is central for determining which safety margins and protective measures are required.

A continued return of experience is important to improve the understanding of how environmental measures affect dam safety. Implemented environmental measures, particularly those at safety classed dams, should be subjected to careful monitoring and follow-ups.

**Keywords:** Dam safety, environmental measures, bypass channels, technical fishways, risk analysis.

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>7</b>
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	8
<b>2</b>	<b>Metodik</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Aspekter att beakta i olika skeden</b>	<b>10</b>
3.1	Planeringsskedet	10
3.1.1	Kompetenskrav	11
3.1.2	Inledande utredning - förstudie	14
3.2	Entreprenadskedet	17
3.3	Drift och underhåll	17
<b>4</b>	<b>Åtgärder för konnektivitet</b>	<b>19</b>
4.1	Genomföring genom dämmande delar	19
4.1.1	Betongkonstruktioner	20
4.1.2	Utskovskonstruktioner	21
4.1.3	I naturlig mark samt anslutning till fyllningsdammar	22
4.1.4	Fyllningsdammar	23
4.1.5	Gynnsamma förutsättningar för genomföringar	25
4.2	Åtgärder för säker avledning av vatten	25
4.2.1	Säkring mot erosion och överströmning	26
4.2.2	Anordningar för avstängning och reglering av fiskvägar	29
4.3	Fingaller	30
4.3.1	Påverkan på utskovsavbördning	31
4.3.2	Rensning	31
4.4	Flytande konstruktioner framför anläggningen	33
<b>5</b>	<b>Flödesrelaterade åtgärder</b>	<b>34</b>
5.1	Införande av minimitappning	34
5.1.1	Påverkan på betong	34
5.1.2	Påverkan på vattenhushållning	34
5.1.3	Påverkan på reglerutrustning	35
5.2	Införande av högflöden	36
5.3	Biotopvård nedströms dammen	36
<b>6</b>	<b>Diskussion och slutsatser</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>Referenser</b>	<b>40</b>



# 1 Inledning

## 1.1 BAKGRUND

Under 2020 antogs den nationella planen (NAP) för omprövning av den svenska vattenkraften. Syftet med planen är att omprövningarna av vattenkraftens miljövillkor ska leda till både största möjliga nytta för vattenmiljön och samtidigt en nationell effektiv tillgång till vattenkraftsel. Arbetet med omprövningar förväntas påbörjas 2022 och beräknas sedan pågå till 2037.

Frågor om dammsäkerhet påverkar förutsättningarna för vilka miljöåtgärder som kan genomföras och kan komma att påverka val av åtgärder inom omprövningen. Kunskapsläget om dammsäkerhetsaspekter behöver därför stärkas.

År 2019 genomfördes ett Energiforskprojekt med titeln "Miljöanpassningar och dammsäkerhet – En kunskapssammanställning", (Lundberg, Mathiesen, & Sjöberg, 2019). Rapportens syfte var bland annat att:

- Sammanställa erfarenheter ur ett drifts- och dammsäkerhetsperspektiv från genomförda och pågående miljöåtgärder inom den svenska vattenkraften.
- Beskriva konstruktions- och driftmässiga utmaningar med miljöåtgärder ur ett dammsäkerhetsperspektiv.
- Kunna användas i dialog mellan kraftindustrin och myndigheter eller andra intressenter.

Projektet summerades enligt följande:

"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 (Energiföretagen, 2019) samt Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar (Svenska kraftnät, Svensk energi, SveMin, 2015)."

Av de erfarenheter och utmaningar som lyftes fram i kunskapssammanställningen såg Energiforsk ett behov av en fortsatt utredning av ett urval av miljöåtgärder.

## 1.2 SYFTE

Projektets syfte är att:

- Höja kunskapsläget om dammsäkerhet kopplat till miljöåtgärder inför kommande omprövningar av vattenkraften.
- Belysa styrande förutsättningar, möjligheter och begränsningar med olika typer av miljöåtgärder.
- Utgöra ett stöd för hur dammsäkerhet kan beaktas vid planering, projektering och genomförande av miljöåtgärder.

Rapportens målgrupp är i första hand aktörer som på något sätt arbetar med att förelägga, planera, projektera eller utföra miljöåtgärder men som inte nödvändigtvis arbetar med dammsäkerhet dagligen.

## 2 Metodik

De typer av miljöåtgärder som på förhand valts ut för belysning i detta projekt är:

- Åtgärder för konnektivitet
  - × Omlöp
  - × Teknisk fiskväg och andra tekniska funktioner för att åstadkomma fiskpassage
  - × Fingrindar
  - × Fiskvedare och andra flytande konstruktioner i vattnet framför anläggningen
- Flödesrelaterade åtgärder

Projektet fokuserar på dammsäkerhetsaspekter att beakta vid planering, projektering, genomförande av dessa miljöåtgärder, samt även beakta drift- och underhållsaspekter för anläggningen. Urvalet av har gjorts av Norconsult i samråd med projektets referensgrupp.

Vattenkraftsanläggningar och dammar är unika och det är därför i många fall inte möjligt att sätta upp generella regler för hur en viss typ av åtgärd ska utformas. I slutändan är det ofta de platsspecifika förutsättningarna som styr hur/om en miljöåtgärd kan genomföras vid en anläggning utan att äventyra dammsäkerheten.

Projektet har därför fokuserats på att belysa styrande förutsättningar för om/hur de utvalda miljöåtgärderna kan utformas samt vad som är viktigt att ta hänsyn till för att inte äventyra dammsäkerheten.

Analysen har i första hand utgått från riktlinjer och rekommendationer i RIDAS (Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet). I frågor där varken RIDAS eller annan litteratur funnits tillgänglig har erfarenhet från deltagarna i projektgruppen legat till grund.

### 3 Aspekter att beakta i olika skeden

Det finns idag inte någon etablerad praxis för att bedöma rimligheten i att genomföra en miljöåtgärd. Havs- och vattenmyndighetens vägledning för fisk- och faunapassager behandlar hur miljöåtgärder ska utformas för att uppnå bästa miljönytta men inte när de är skäligen att genomföra (Havs- och Vattenmyndigheten, 2020).

Miljöbalkens allmänna hänsynsregler i 2 kap. ligger till grund för vilka krav på skyddsåtgärder som ska ställas på en verksamhet. Av 2 kap. 7 § framgår att kraven ska vara rimliga, så länge verksamheten inte orsakar en otillåten försämring av ett vattens kvalitet eller äventyrar att rätt vattenkvalitet (MKN) kan uppnås. I de fall då verksamhet eller åtgärd innebär en otillåten försämring eller äventyrar uppnåendet av en norm ska samtliga krav, utan hänsyn till dess rimlighet, ställas för att verksamheten inte ska medföra någon sådan otillåten påverkan.

Miljöbalken omfattar även underhållsansvaret för verksamhetsutövaren, miljöbalken 11 kap. 17 och 18 §§, och att dammsäkerheten inte får äventyras. Om en miljöåtgärd ska genomföras är en grundförutsättning därför att åtgärden kan genomföras på sådant sätt, och med tillräckliga skyddsåtgärder, att erforderlig säkerhetsmarginal kan behållas. Ifall detta inte är möjligt bör inte åtgärden genomföras. Dammsäkerhet behöver betraktas som en grundförutsättning för vad som är möjligt att genomföra.

Statusbedömning, fastställande av miljökvalitetsnormer, möjligheter till undantag och förklarande av vatten som kraftigt modifierade hanteras inom ramen för vattenförvaltningen. Detta är en separat process och bygger på en förvaltningscykel om 6 år. I vattenmyndighetens arbete med normsättning, beslut om undantag i form av förlängd tidsfrist och mindre strängt krav (4 kap 9 resp. 10 §§ Vattenförvaltningsförordningen) tas hänsyn även till vad som är rimliga/orimliga kostnader samt tekniskt möjligt. Normen som sätts ska alltså kunna nås men samtidigt inte innebära orimliga kostnader. I så fall har man missat det i normsättningen.

Utifrån gällande riktlinjer avseende dammsäkerhet (RIDAS och Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden), ges i delavsnitt 3.1 förslag på:

- Arbetsgång och omfattning i planeringsskedet
- Dammsäkerhetskriterier vid utvärdering av lämpliga miljöåtgärder

I avsnitt 3.1 beskrivs planeringsskedet generellt. I avsnitt 4-5 beskrivs vilka dammsäkerhetsaspekter som är viktiga att beakta i planeringsskedet, beroende på typ av åtgärd.

#### 3.1 PLANERINGSSKEDET

Oavsett typ av miljöåtgärd är planeringsskedet viktigt. Missöden som inträffat vid genomförda miljöåtgärder pekar mot att dammsäkerheten inte beaktats i tillräcklig omfattning tidigt i processen (Lundberg, Mathiesen, & Sjöberg, 2019). Det är därför av stor vikt att redan tidigt i utformningsprocessen koppla in sakkunniga på

dammsäkerhet. Om en miljöåtgärd utformas frikopplad från dammsäkerhetskompetens för att därefter justeras är risken stor att både funktionen av miljöåtgärden och dammsäkerheten blir sämre samt att kostnaden blir högre än om de utformas tillsammans.

En representant för anläggningsägaren med uppgift att bevaka och ansvara för dammsäkerhetsfrågor bör redan från planeringsskedet involveras i projektet och sedan följa det till slutet. För ägare som arbetar enligt RIDAS motsvarar detta normalt anläggningens s.k. dammtekniskt sakkunnige, DS.

Anläggningens Dammtekniskt sakkunnig (DS) bör inkluderas redan i planeringsskedet, där dammsäkerhetsutvärdering sker, och är sedan med under hela projektet. DS ansvarar för att erforderlig dammteknisk sakkunskap finns och har god kännedom om anläggningen samt om den verksamhet som bedrivs där. DS kan vara en person inom dammägarens egen organisation eller inhyrd personal. I arbetsuppgifterna för en DS ingår bland annat följande punkter som berör miljöåtgärder:

- Planering av åtgärder.
- Förstudier och utredningar, inkl. underlag för eventuella driftbegränsningar.
- Delta i projektarbete som sakkunnig i dammsäkerhetsfrågor eller annan roll.

På samma sätt som vid planering av dammsäkerhetshöjande åtgärder, behöver även de kommande entreprenad- och driftskedena beaktas tidigt. Detta så att val och utformning av åtgärder varken försvårar entreprenaden eller driftpersonalens arbete.

### 3.1.1 Kompetenskrav

En grundläggande förutsättning för att frågor om dammsäkerhet ska kunna identifieras och beaktas på ett sakkunnigt sätt vid planering och genomförande av åtgärder, är att inblandade aktörer besitter erforderlig kompetens. I RIDAS 2019 tillämpningsvägledning nr 5 (TV5) *Organisation och kompetens* finns rekommenderad kompetens definierad för olika roller inom dammsäkerhetsarbetet, och beroende på dammsäkerhetsklass (Energiföretagen, 2020). Rekommenderade kompetenser är oberoende av vilken typ av åtgärd som ska genomföras men differentieras efter vilken dammsäkerhetsklass som dammen tillhör. Samma rekommenderade kompetenser gäller alltså vid miljöåtgärder som påverkar dammsäkerheten, som vid andra dammsäkerhetsåtgärder.

Enligt RIDAS TV5 rekommenderas ingenjörsutbildning och mångårig erfarenhet för ansvarstunga roller för klassificerade dammar, det vill säga i dammsäkerhetsklass A-C. Dessutom rekommenderas särskild dokumenterad kompetens/vidareutbildning inom dammsäkerhet, vilket fås via vattenkraftsbranschens två veckor långa utbildning "Dammar och dammsäkerhet", som hålls av Energiföretagen. Med ansvarstunga roller avses här i första hand DS, ansvariga projektörer/konstruktörer under förstudie, projektering och utförande.

De kompetensområden som i de allra flesta fall behöver involveras redan i planeringsskedet är:

- Geoteknik (grundläggning, fyllningsdammar m.m.)
- Byggkonstruktion (betong m.m.)
- Hydraulik (strömningsteknik, erosion m.m.)

Dessa tre kompetensområden behöver så gott som alltid involveras, oavsett typ av miljöåtgärd. Kompetensområdena mekanisk konstruktion och elteknik kan också behövas, beroende på typ av miljöåtgärd. Mekanisk konstruktion är främst aktuell för fiskvägar med intagsgaller och/eller luckor samt för olika åtgärder för nedströmsvandrande fisk (fingaller, fiskavledare m.m.). Elteknik är aktuell om luckor ska regleras via eldrift samt i en del fall även med automatik/fjärrstyrning.

Dammtekniskt sakkunnig (DS) är en mycket viktig roll, troligen den viktigaste, i den löpande dammsäkerhetsutvärderingen av en anläggning. Rollen som DS för en klassificerad damm innebär ett stort ansvarsåtagande, vilket avspeglas i den rekommenderade kompetensen enligt RIDAS. Tabell 3-1 visar RIDAS rekommenderade kompetens för rollen som DS, beroende på anläggningens dammsäkerhetsklass.

**Tabell 3-1: Rekommenderad kompetens enligt RIDAS TV5, för rollen "Dammtekniskt sakkunnig" (DS), beroende på dammsäkerhetsklass (Energiföretagen, 2020).**

Dammsäkerhets-klass	Allmän utbildning	Yrkeserfarenhet	Dammsäkerhets-utbildning
A-B	Civilingenjör	10 år	"Dammar och dammsäkerhet", 2 veckor (Energiföretagen)
C-D	Högskoleingenjör	5 år	
E	Teknisk utbildning	3 år	

I RIDAS TV5 är olika verksamhetsområden definierade inom dammsäkerhetsarbetet: *Säkerhetsledning och dammsäkerhetsutvärdering, Drift och beredskap, Underhåll och Projekt*. Ett projekt kan förenklat indelas i tre faser: förstudie, projektering och utförande (entreprenad). DS arbetsuppgifter omfattar alla dessa verksamhetsområden.

Planeringsskedet för en miljöåtgärd omfattar både *Säkerhetsledning och dammsäkerhetsutvärdering* och *Projekt*. Detta eftersom det i planeringsskedet behöver genomföras både en dammsäkerhetsutvärdering, med hänsyn till dammsäkerhetens påverkan av föreslagen miljöåtgärd, och vissa andra inledande studier (förstudie) som kan kategoriseras under *Projekt*. Därför behöver lämpliga kompetenskrav för båda dessa verksamhetsområden beaktas i planeringsskedet, när extern personal (konsulter) kopplas in. Tabell 3-2 visar RIDAS rekommenderade kompetens för rollen som "Ansvarig projektör och konstruktör", beroende på anläggningens dammsäkerhetsklass.

**Tabell 3-2: Rekommenderad kompetens enligt RIDAS TV5, för rollen "Ansvarig projektör och konstruktör", beroende på dammsäkerhetsklass (Energiföretagen, 2020).**

Dammsäkerhets-klass	Allmän utbildning	Yrkeseferenhet	Dammsäkerhets-utbildning
A-C	Civilingenjör	10 år	"Dammar och dammsäkerhet", 2 veckor (Energiföretagen)
D-E	Högskoleingenjör	5 år	

Rekommenderad kompetens för DS och för "Ansvarig projektör och konstruktör" är likvärdiga, men något strängare för den sistnämnda rollen. Detta är ett lämpligt kompetenskrav på konsulter redan i planeringsskedet där dammsäkerhetsrelaterade frågor utreds.

I RIDAS 2019 TV5 står följande uttryckligen, avseende verksamhetsområdet projekt:

"Ansvarig(a) projektör(er) och konstruktör(er) ansvarar för att projektera och konstruera dammar med tillhörande system på ett för dammsäkerheten ändamålsenligt och fackmannamässigt sätt med avseende på säkerhetsmarginaler, samt drift- och underhållsmässighet."

I RIDAS TV5 finns rekommenderade kompetenser listade för olika roller inom verksamhetsområdet projekt (Energiföretagen, 2020):

- Byggherre (dammägaren)
  - × Projektledare
  - × Tekniskt ansvarig
  - × Kontrollant
- Ansvarig projektör och konstruktör (konsult)
- Utförare (entreprenör)
  - × Platschef
  - × Arbetsledare

I RIDAS TV5 finns rekommenderade kompetenser specificerat för entreprenörer vid arbete med dammar (Energiföretagen, 2020). Samma rekommenderade kompetenser bör rimligtvis gälla för entreprenörer som arbetar med miljöåtgärder kopplade till vattenkraft. Rekommenderade kompetenser för entreprenörer framgår av tabellen nedan (RIDAS TV5).

Tabell 3. Rekommenderad kompetens för roller inom verksamhetsområdet projekt (Energiföretagen, 2020)

Roll	Dammsäkerhetsklass	Allmän utbildning	Yrkeserfarenhet	Dammsäkerhetsutbildning
Projektledare hos byggherren	A - B	Teknisk eller naturvetenskaplig på högskolenivå	5 år	Dammsäkerhet RIDAS 2 dagar
	C - E	Teknisk utbildning	3 år	
Tekniskt ansvarig hos byggherren	A - B	Civilingenjör	10 år	Dammar och dammsäkerhet 2 veckor
	C - E	Högskoleingenjör	5 år	
Kontrollant / bygglidare hos byggherren	A - B	Teknisk utbildning	5 år	Dammsäkerhet RIDAS 2 dagar
	C - E		3 år	
Ansvarig projektör och konstruktör	A - C	Civilingenjör	10 år	Dammar och dammsäkerhet 2 veckor
	D - E	Högskoleingenjör	5 år	
Platschef hos utföraren	A - B	Teknisk utbildning	5 år	Dammsäkerhet RIDAS 2 dagar
	C - E		3 år	
Arbetsledare hos utföraren	A - B	Teknisk utbildning	3 år	Dammsäkerhet RIDAS 2 dagar
	C - E		2 år	

### 3.1.2 Inledande utredning - förstudie

Inför omprövning/tillståndsprövning behöver en utredning av miljöåtgärdens påverkan på dammsäkerheten finnas på plats, inklusive utformning av miljöåtgärden så att den inte påverkar dammanläggningens säkerhetsmarginaler negativt. En sådan kan kallas förstudie, men dess omfattning och djup styrs av anläggningens komplexitet och dammsäkerhetsklass.

I förstudien är det viktigt att ansvarig DS deltar aktivt, eftersom denne tillsammans med driftpersonalen har bäst anläggningskännedom. Förstudien föreslås ha följande delar:

- Genomgång och upprättande av grundförutsättningar
  - × Miljöåtgärdens syfte och behov
  - × Anläggningens fysiska förutsättningar och begränsningar
- Identifiering av kompletterande utredningsbehov
  - × Undersökningar (exempelvis geotekniska) och inmätningar etcetera
  - × Hydrauliska utredningar (strömningsförhållanden, erosionssäkring m.m.)
- Framtagande av förslag till miljöåtgärder (ett eller flera alternativ)
- Riskanalys av åtgärdsförslag (leder till ett resultat som kan användas som beslutsstöd)

Nedan beskrivs förstudiens ingående delar.

#### Genomgång av grundförutsättningar

För att tidigt etablera en bild av hur en tänkt miljöåtgärd kan påverka dammsäkerheten finns ett antal grundförutsättningar som behöver beaktas:



- Dammsäkerhetsklass enligt Miljöbalken (överordnat de andra förutsättningarna)
  - × Säkerhetskriterier
  - × Dimensioneringskrav
- Flödesdimensioneringsklass
- Lokalisering (ev. utrymmesbrist eller olämpliga sträckningar)
- Grundläggningsförhållanden
- Landanslutningar (geotekniska förhållanden, skred- och erosionskänslighet m.m.)
- Dammtyp och höjd
- Regleringsamplitud
- Överdämningsförmåga
- Anläggningens skick
- Juridiska förutsättningar

Mer ingående beskrivningar av försiktighetsåtgärder presenteras under avsnitt 4 och 5.

Dammsäkerhetsklassen är överordnad de andra grundförutsättningarna, och styr tillsammans med dem vilka åtgärder som är praktiskt möjliga att genomföra. En rimlighetsbedömning behöver göras utifrån anläggningens unika förutsättningar.

#### **Identifiering av kompletterande utredningsbehov**

Vid genomgång av anläggningens grundförutsättningar kan behov av ytterligare utredningar eller undersökningar identifieras. Exempel på vad som kan behöva utredas mer är grundläggningsförhållanden, anläggningens utformning och skick, möjlighet till säker vattenavledning via fiskvägen eller mintappningsanordningen. Fältundersökningar och inmätningar kan behöva utföras såväl som hydrauliska utredningar.

#### **Framtagande av åtgärdsförslag**

I denna del görs de huvudsakliga utredningarna, vilka resulterar i ett eller flera åtgärdsförslag. De föreslagna åtgärdernas påverkan på dammsäkerheten testas sedan i en riskanalys.

#### **Riskanalys**

Här används "riskanalys" som ett samlingsnamn för riskidentifiering, riskanalys och riskvärdering/säkerhetsbedömning.

Det är lämpligt att använda ett riskbaserat angreppssätt för att utreda vilka felmoder (ogynnsamma händelsekedjor) som kan tänkas uppstå efter att dammanläggningen är ombyggd med en föreslagen fiskväg. Detta enligt RIDAS 2019, avsnitt 4 *Dammsäkerhetsutvärdering* (DSU) (Energiföretagen, 2019).

Det är även viktigt att beakta risker under ombyggnadstiden, på samma sätt som görs vid andra typer av entreprenader – exempelvis vid om- eller nybyggnation av utskov. För miljöåtgärder är det risker framför allt rörande fångdammar och andra provisorier som till exempel spont för torrläggning, som är aktuellt. I RIDAS 2019 (huvuddokumentet) kapitel 10.3 och 10.4 beskrivs rekommendationer avseende riskhantering, beredskap och övervakning under genomförandet

(ombyggnadstiden) kring bland annat fångdammar och dylikt. Där står att "För fångdamm som ersätter ordinarie damm medför ett haveri konsekvenser likartade de som uppkommer vid ett haveri av ordinarie damm." och vidare att "För en sådan fångdamm gäller att arbetsutförande och kontroll under byggtiden utförs likvärdigt med en permanent dammbyggnad. Vidare omfattas den i driftskedet av kraven på inspektion och tillståndsovervakning såsom läckagemätning, rörelsemätning med mera."

En fångdamm är i drift under en begränsad tid, varför det kan antas lägre återkomsttid på de flöden som kan uppstå under den tiden. Detta kan beaktas vid dimensionering av avbördningskapaciteten under byggtiden.

Vidare kan anläggningens ordinarie funktioner behöva ersättas med tillfälliga anordningar, så kallade provisorier. Detta kan gälla el, övervakning, kommunikation, tillfartsvägar med mera. "Provisorier utformas så att anläggningens funktioner påverkas i så liten grad som möjligt."

En projektspecifik beredskapsplan behöver i många fall också upprättas, vilken kan behöva uppdateras under projektets gång.

I det löpande dammsäkerhetsarbetet behöver dammägaren ständigt hantera förändringar av dammens konstruktion, och värdera hur detta påverkar den samlade säkerhetsbedömningen. Ansvaret för detta ligger ytterst på DS. I det löpande arbetet ingår att utreda hur tänkta miljöåtgärder påverkar dammsäkerheten.

Det riskbaserade angreppssättet innebär att risker identifieras, analyseras och till sist värderas. Tillkommande dammsäkerhetsrisker på grund av miljöåtgärden behöver identifieras, genom att utreda vilka potentiella (yttre) hot som finns samt om miljöåtgärden kan bidra till att funktionsfel på andra anläggningsdelar uppstår. Det behöver utredas om funktionsfel i fiskvägen kan leda till nya felmoder, som inte behövt beaktas i det tidigare dammsäkerhetsarbetet. Vidare behöver konsekvenserna av potentiella funktionsfel uppskattas samt sannolikheten att de kan uppstå. Betydelsen av de identifierade riskerna behöver sedan värderas och ställas mot dammens dammsäkerhetsklass.

Scenarier som kan hota dammsäkerheten byggs upp genom att kombinera förväntade belastningar för dammanläggningen inklusive tänkt miljöåtgärd, med tänkbara funktionsfel eller andra tänkbara avvikelser relaterade till miljöåtgärden. Konsekvenserna av dessa scenarier bedöms, såväl som sannolikheten för att de inträffar. På så sätt fås en riskbedömning för respektive scenario. Komplexiteten i riskanalysen kan anpassas efter behovet, och styrs av dammsäkerhetsklassen.

De risker som identifierats behöver sedan värderas utifrån säkerhetskriterier, vilka behöver vara fastställda på förhand. Värdering av risker avser såväl tekniska som organisatoriska aspekter (drift och underhåll, rutiner m.m.). Kvantifiering av säkerhetskriterier kan göras på olika sätt och med varierande komplexitet, men de ska göra det möjligt att värdera om dammen kan anses ha tillfredställande säkerhet eller inte, utifrån dess dammsäkerhetsklass. Vägledning för detta finns i RIDAS, kapitel 5-10.

I fallet då riskanalysen visar att en tänkt miljöåtgärd riskerar att minska dammanläggningens säkerhetsmarginaler så att de inte längre är tillräckliga i förhållande till säkerhetskriterierna, behöver åtgärdens utformning och/eller dimensionering ses över, alternativt att andra åtgärdsalternativ behöver utredas. Olika åtgärdsalternativ kan ställas mot varandra, genom att jämföra riskvärderingen av dem. Det eller de åtgärdsalternativ som uppfyller ställda säkerhetskriterier kvalificerar som skarpa förslag.

När det är utrett vilka åtgärder som är möjliga och rimliga ur ett dammsäkerhetsperspektiv, behöver dammägaren även göra en kostnads-/nyttoanalys avseende miljöåtgärden. Detta som en del i beslutsunderlaget i tillståndsprövningen, men den analysen behandlar då inte dammsäkerheten, varför den inte beskrivs vidare här.

### 3.2 ENTREPRENADSKEDET

Inför entreprenaden bör en separat riskanalys göras vilken fokuserar på utföranderisker kopplade till dammsäkerheten. Utifrån riskanalysen utförs en dammsäkerhetsanalys baserat på aktuella felmoder och felsätt som beaktar de lokala förutsättningarna (till exempel särskilda svagheter och förutsättningar vid anläggningen) och dess dammsäkerhetsklass.

Vid uppförandet av till exempel en ny fiskväg bör det eftersträvas att genomföra entreprenaden "i torrt tillstånd", det vill säga inte genomföra undervattensarbeten. Ett genomförande "i torrt tillstånd" gör att arbetena kan följas upp och säkerställas på ett helt annat sätt än vid undervattensarbete. För att skapa detta erfordras det att någon typ av temporär avstängning uppförs, om det inte är så att den aktuella anläggningen har förutsättningar för detta redan, till exempel en sättavstängning.

Temporära avstängningar kan generellt anses vara de delar i en entreprenad som är förenade med mest osäkerhet varför dessa konstruktioner bör utredas/projekteras på ett så noggrant sätt som möjligt innan genomförande. Även om den temporära avstängningen inte ersätter den ordinarie dammen kan ett haveri medföra att arbetsområdet svämmas över. Kraven på en sådan damm grundas på bedömningar kring arbetsmiljörisker och ekonomiska skador. Mer information kring temporära avstängningar (fångdammar) och genomförande av projekt framgår av RIDAS 2019, kapitel 10.

### 3.3 DRIFT OCH UNDERHÅLL

Det finns många olika sätt som miljöåtgärder kan påverka drift och underhåll.

Risker att beakta:

- Igensättning av galler och/eller fiskvägar. Arbetsmiljö inte anpassad för det nya behovet. Ökad mängd drivgods att ta hand om.
- Begränsningar i vattenhushållningen.
- Fastfrysning av luckor.
- Ökad tidsåtgång för drift och underhåll.

Drift och underhåll av miljöåtgärderna ska planeras redan i planerings- och projekteringskedena. En helhetssyn behöver finnas så att drift- och underhållsarbete utformas för såväl själva miljöåtgärdens funktionalitet som till dammanläggningens fortsatta funktionalitet i övrigt. I denna utformning bör driftpersonal och dammtekniskt sakkunnig (DS) från anläggningen medverka.

## 4 Åtgärder för konnektivitet

Åtgärder för konnektivitet vid vattenkraftsanläggningar syftar i regel till att möjliggöra för fisk och annan akvatisk fauna att säkert kunna passera förbi anläggningen i uppströms och/eller nedströms riktning. En sammanställning av olika typer av passagelösningar ges i Havs- och Vattenmyndighetens vägledning för fisk- och faunapassager (Havs- och Vattenmyndigheten, 2020).

De olika typer av åtgärder som finns kan se ut och fungera på många olika sätt och påverka flera olika aspekter av dammsäkerheten beroende på hur de utformas. En sammanställning av risker som i regel finns förknippade med olika åtgärder för konnektivitet finns sammanställd i tidigare nämnda kunskapssammanställning (Lundberg, Mathiesen, & Sjöberg, 2019).

### 4.1 GENOMFÖRING GENOM DÄMMANDE DELAR

Ofta innebär åtgärder för konnektivitet att en ny vattenväg införs förbi eller genom en anläggning vilket vanligtvis kräver en genomföring genom någon av de dämmande delarna. Beroende på vilken typ av dämmande del som genomföringen analyseras för, finns olika risker som behöver beaktas.

Dämmande delar har här delats upp i fyra olika kategorier för vilka förutsättningarna för genomföring behandlas separat:

- Betongkonstruktioner
- Utskovskonstruktioner
- Naturlig mark samt anslutning till fyllningsdammar
- Fyllningsdammar

Alla ingrepp är förenade med någon mån av osäkerhet, vilket potentiellt kan innebära en risk. Vid anläggningar med högre dammsäkerhetsklass finns generellt mindre tolerans mot osäkerheter då konsekvenserna av dammhaveri vid klassificerade anläggningar kan vara stora. Större osäkerhet kan accepteras för dammar utan dammsäkerhetsklass.

För att en genomföring genom dämmande delar kan betraktas som praktiskt möjlig att utföra behöver tillräcklig säkerhetsmarginal kunna behållas. Vidare krävs att kostnaderna för erforderliga skyddsåtgärder inte är att betrakta som orimliga.

Detta kapitel avser att ge stöd för val av placering samt att bedöma förutsättningarna för en genomföring genom en dämmande del.

#### Val av placering för genomföring

Inledningsvis genomförs en inventering av vilka handlingar som finns tillgängliga för den aktuella anläggningen och dess omgivning.

Placering av en ny genomföring bör göras med målet att påverka den befintliga dammanläggningen så lite som möjligt samtidigt som miljöåtgärdens funktion ska bli så bra som möjligt. Om det är möjligt ur framkomlighetssynpunkt är det

normalt lämpligt att förlägga en genomföring till naturlig mark för att på så vis undvika att påverka själva dammkonstruktionen. Alternativt invid anslutningar där dammen är som lägst.

För en damm utan dammsäkerhetsklass, och i viss mån även för dammar i dammsäkerhetsklass C, ställs inte lika höga krav på dammsäkerhet. Detta innebär i praktiken att det kan finnas fler åtgärdsalternativ som är möjliga att genomföra med bibehållna tillräckliga säkerhetsmarginaler än vid dammar med högre dammsäkerhetsklass. Parametrar som bättre funktion för miljöåtgärder och/eller lägre kostnad spelar också in i avvägningen.

#### 4.1.1 Betongkonstruktioner

Risker att beakta:

- Påverkan på dammkonstruktionens verkningssätt för lastupptagning.
- Påverkan på verkningssätt för stabilitet.
- Påverkan på grundläggning.

Anläggningens förutsättningar går igenom och de mest lämpliga placeringarna av genomföringar identifieras. Urvalsprocessen bör omfatta kontroller om genomföringen påverkar hållfasthet, lastupptagning, stabilitet eller grundläggning.

Ritningar eller andra handlingar där betonghållfasthet och armeringsinnehåll framgår behöver finnas tillgängligt. Saknas informationen bör den samlas in på annat sätt (betongprovtagning, inspektion etcetera).

#### **Kontroll av befintliga betongkonstruktioners status**

De konstruktioner som påverkas av genomföringen inventeras vad gäller eventuella skador. Om den befintliga dammen har skador är det viktigt att den nya genomföringen inte förvärrar dessa samt att skadorna inte omöjliggör ett säkert uppförande av genomföringen. I samband med uppförandet av den nya genomföringen bör identifierade skador åtgärdas, för att säkerställa den ombyggda dammkonstruktionens status. Behöver befintliga betongkonstruktioner rivras för att ge plats för den nya genomföringen ska avsågad armering skyddas för att förhindra rostangrepp och möjlig rostsprängning med tiden.

#### **Kontroll av påverkan på dammkonstruktionens verkningssätt för lastupptagning**

Utvärdering görs huruvida de befintliga dammkonstruktionernas verkningssätt för lastupptagning påverkas eller ej. Om lastupptagningen påverkas ska konstruktionerna kontrolleras så att lastupptagningen även efter införandet av genomföringen fungerar på avsett sätt. Placering i konstruktionsdelar som konstaterats ha stor lastupptagning (damppelare, lameller i lamelldammar, valvdammar etcetera) bör inte väljas.

Finns det konstruktioner som efter ombyggnad får nya laster som tidigare inte ingick i lastbilden ska dessa konstruktioner kontrolleras för de nya lasterna. Exempel på laster som kan tänkas tillkomma på de befintliga konstruktionerna är vattenlast, islast och egenvikt från nya konstruktioner. Den ombyggda anläggningen ska även efter ombyggnationerna uppfylla de kriterium som gäller för

lastupptagning. Som stöd i detta arbete kan gällande RIDAS (Tillämpningsvägledning Kapitel 9, Betongdammar), oktober 2020, samt relevanta delar av Eurocode användas.

#### **Kontroll av påverkan på verkningsätt för stabilitet**

Om en genomföring föreslås ska denna utvärderas vad gäller påverkan på anläggningens stabilitet. Om genomföringen innebär förändrade upptryck, vattenlaster eller islastar ska dessa kontrolleras. Ifall förändringar i egenvikten hos konstruktionerna görs behöver även dessa utvärderas med avseende på stabilitet.

Den ombyggda anläggningen ska alltså även efter ombyggnation uppvisa godkända stabilitetsvillkor, enligt gällande RIDAS (Tillämpningsvägledning Kapitel 9, Betongdammar, kapitel 6), oktober 2020.

#### **Kontroll av påverkan på grundläggning**

Föreslagen genomföring ska utvärderas vad gäller eventuell påverkan på grundläggningen så att denna inte påverkas negativt. I vissa fall kan ett införande av faunapassage resultera i ett större grundtryck. Om så är fallet måste den befintliga grundläggningen klara av den nya lastbilden. Saknas aktuella ritningar över den befintliga anläggningens grundläggning och hur den är utförd behöver en utredning av detta göras.

Vid kontroll av hur grundläggningen påverkas kan gällande RIDAS (Tillämpningsvägledning Kapitel 9, Grundläggning), augusti 2020, användas.

#### **4.1.2 Utskovskonstruktioner**

Om anläggningen har en avbördningskapacitet som är tillräcklig eller överdimensionerad kan befintliga utskov i vissa fall väljas för genomföringen. Tidigare flottningsutskov som tagits ur drift eller gjutits igen kan ibland fungera som placering. Det bör dock beaktas att även om anläggningens avbördningskapacitet för närvarande är tillräcklig kan behov att bygga ut den uppstå i framtiden. Mot bakgrund av bland annat de nya förutsättningar ett förändrat klimat medför samt förändringar kopplade till omställningen till ett förnybart kraftsystem, bör flexibilitet och marginaler bibehållas och skapas där så är rimligt.

Om fiskvägen är av typ inlöp (del av befintligt vattendrag tas i anspråk för fiskväg) kan avbördningskapaciteten i vissa fall behållas, trots att utskov tas i anspråk. Inlöp placeras vanligtvis uppströms dammen med en del av den avskärmande konstruktionen fungerande som ett skibord. Sektionen genom utskovet i fråga kan vara oförändrad vilket då kan innebära att avbördningskapaciteten behålls. Erfarenheter från genomförda inlöp visar att avbördningskapaciteten i vissa fall har kunnat förbättrats, trots att en anläggnings största utskov med automatlucka tagits bort till förmån för fiskvägen. I fallet då automatluckan togs bort minskade även risken för översvämning uppströms anläggningen, som tidigare kunde uppstått på grund av tekniska fel i regleringen.

#### 4.1.3 I naturlig mark samt anslutning till fyllningsdammar

Risker att beakta:

- Otillfredsställande släntstabilitet.
- Genomsläpplig mark där vattnet läcker ut ur den avsedda vattenvägen och skapar erosion.
- Störning av tätande zon som resulterar i läckage.
- Läckage vid sidan av eller under ny betongkonstruktion för fiskväg.
- Nya dämmande funktioner på grund av fiskvägen.

En genomföring för en fiskväg görs vanligtvis som en betongkonstruktion och bedöms i många avseenden fungera på samma sätt som en genomföring till exempelvis ett nytt utskov. En genomföring genom en fyllningsdamms anslutning innebär i princip alltid risk för läckage eftersom den skapar en anvisning för vattnet genom den tätande zonen.

Generellt sett är genomföring genom naturlig mark det som minst påverkar dammsäkerheten eftersom inget ingrepp i dammkonstruktionen då görs. Det är dock viktigt att ha koll på markförhållandena så att inte nya svagheter skapas.

De geotekniska förutsättningarna på platsen påverkar vilka skyddsåtgärder som kan tänkas krävas eller om åtgärden överhuvudtaget är praktiskt möjlig att genomföra. Höga slänter och förekomst av lera är tecken på att släntstabiliteten är otillräcklig och risk för skred finns. För att mer säkert kunna utreda risken för skred krävs emellertid provborring för att analysera de geotekniska egenskaperna. Geotekniska förhållanden bör beaktas och utredas tidigt.

Hög genomsläpplighet i marken ökar risk för läckage ut från vattenvägen. Denna fråga behandlas mer i avsnitt 4.2 - Åtgärder för säker avledning av vatten.

I de fall som det gjorts genomföringar i en fyllningsdamm eller vid dess strandanslutning, till exempel för att anlägga en ny fiskväg, har detta i regel gjorts där förutsättningarna varit goda och genomföringen gjorts vid fyllningsdamms strandanslutning mot befintlig mark med grundläggning på berg. Det är att föredra om genomföringen huvudsakligen kan förläggas helt utanför fyllningsdamms konstruktion. Oftast finns det möjlighet att anlägga genomföringen direkt intill fyllningsdamms strandanslutning, det vill säga som en förlängning av fyllningsdammen, vilket gjorts vid byggandet av nya utskov vid flertalet större dammanläggningar (exempelvis Dabbsjö, och Lossen). Ovan nämnda genomföringar för utskov har varit mycket kostsamma.

Grundläggning på berg minskar risken för sättningar hos själva betongkonstruktionen. Om konstruktionen ska gutas mot berg bör berget avtäckas från jord och frilagd bergyta rensas från berg med sämre kvalitet (s.k. rösbjerg). Avjämningsgjutningar med betong utförs där slag eller fördjupningar förekommer (till exempel större vertikala sprickor, krosszoner, etcetera). För att minska undergrundens genomsläpplighet utförs injektering av en tätskärm ned i berget som förlänger läckvägen under konstruktionen, se RIDAS TV9 kap 3.1 Grundläggning på berg (Energiföretagen, 2020).



Det är inte alltid som förutsättningarna finns för berggrundläggning av betongkonstruktionen. Vid jordgrundläggning minskas risken för läckage under betongkonstruktionen om den ansluts med tätskärm undertill som installeras ned i tätande zon. I vissa fall kan en tät zon i form av en tätjordsmatta (s.k. panur) läggas ut uppströms konstruktionen för att förlänga läckvägen, se RIDAS TV9 kap 3.2 Grundläggning på jord (Energiföretagen, 2020).

I projektet har inte något exempel påträffats med en fiskväg som anlagts i anslutningen till en fyllningsdamm vid någon anläggning i dammsäkerhetsklass A.

#### 4.1.4 Fyllningsdammar

Risker att beakta:

- Störning av tätande zon som resulterar i läckage.
- Läckage vid sidan av eller under ny betongkonstruktion för fiskväg.

Författarna känner inte till något exempel där en genomföring för en fiskväg gjorts i en fyllningsdamm som inte gjorts nära anslutningen till land. När det gäller anläggande av nya utskov i fyllningsdammar så har de fåtal exempel som påträffats inneburit mycket höga kostnader och stort utredningsarbete.

Erfarenheter med befintliga fyllningsdammar visar att skador i form av sättningsskador och läckage uppkommit i området för anslutningen mellan betongkonstruktion och fyllningsdamm (Lagerlund & Nilsson, 2020). Skadorna uppges bland annat kunna bero på:

- Svårigheter att packa fyllningen närmast betongkonstruktionen på samma sätt som övrig fyllning.
- Upphängning av tätjorden på betongkonstruktion och eventuella anslutande sponter. Upphängning innebär att jordmaterial pga. friktion fäster mot den anslutande ytan och därför inte uppnår tillräckligt jordtryck.

I RIDAS TV 9 Fyllningsdammar kap 8 (Energiföretagen, 2020) föreslås olika åtgärder kunna övervägas för att minska risken för skador mellan betong och fyllningsdamm vid nybyggnation. Åtgärderna antas även kunna appliceras vid införande av en genomföring i en befintlig damm för att minska risken för skador, dessa är:

- Anslutande betongkonstruktion utformas med en lutning ca 8:1 (8V:1H) för att minska risk för upphängning.
- Asfaltstrykning av betongyta och spont för att minska friktionen och därmed upphängning av jordmaterialet i samband med packning.
- Spont som gjuts in i konstruktionen och som går in i tätzonen begränsas till ca 2 plankor eller utesluts helt för att underlätta packning av anslutande fyllning.
- Tätkärnan kan göras bredare mot anslutningen.

För att packning ska kunna göras mot betongkonstruktionen är en förutsättning att arbetet kan göras i torrhet. Ifall regleringsamplituden tillåter kan vattennivån hållas ner för att möjliggöra arbete i torrhet. Annars krävs i regel en fångdamm.

Tätning mot ny betongkonstruktion är alltså generellt en utmaning vid nybyggnad och kan rimligen förväntas vara än svårare vid anläggning av en ny betongkonstruktion vid en befintlig anläggning.

Ovan beskriven spont avser spont parallellt dammlinjen som byggs in i konstruktionen som övergång mellan betong och tätjord för att förhindra läckage längs med betongkonstruktionen. Spont som slås ner i en befintlig damm orsakar vibrationer vilket kan störa jordfyllningen och ska därför undvikas. I RIDAS saknas stöd för att slå spont i fyllningsdammar.

Om sponten ska byggas in krävs schaktning i dammen. Vilken släntlutning på schakten som är acceptabel beror på materialets egenskaper och bör undersökas i samband med projekteringen av åtgärderna. Generellt krävs en relativt flack släntlutning med ett förhållande på 1:2 eller ännu flackare. Återfyllning runt konstruktionen kan med fördel utföras genom att fylla ut tätkärnan bredare än den ursprungliga tätande zonen i dammen, för att säkerställa att nya läckagevägar inte uppstår runt konstruktionen. Filterzoner i anslutning till den tätande zonen behöver anpassas geometriskt och anpassas runt den breddade delen av tätkärnan, så att kontinuitet i dammens filtrerande och dränerande funktion säkerställs. Det är även av vikt att materialparametrar i eventuellt nytt material uppfyller kriterierna för motsvarande materialzoner i dammens fyllning.

Även vid nybyggnation bör hänsyn enligt RIDAS tas till att plötsliga läckage kan uppstå vid anslutning till betongkonstruktioner (Energiföretagen, 2019). Dräneringssystem och nedströms dammtå behöver därför vara dimensionerade för att ett eventuellt läckage kan uppkomma. Instrumenteringen behöver också vara anpassad för att kunna upptäcka ett läckage som uppstår.

Med hänsyn till att läckaget kan orsaka inre erosion är det väsentligt med ett fungerande filter. Fullgod filterfunktion behöver tillses både i projekterings- och utförandeskede för att ett eventuellt läckage inte ska orsaka inre erosion.

För fyllningsdammar med andra typer av tätzon (till exempel träspont, betongkärna, stålspons etcetera) krävs en tätning mellan genomföringens betongkonstruktion och tätzonen.

Beroende på anläggningens förutsättningar och dammsäkerhetsklass kan risken förknippad med en genomföring vara så stor att genomföring genom fyllningsdammen inte är praktiskt möjlig.

För fyllningsdammar i dammsäkerhetsklass A och B kan troligtvis inga fiskvägar genom själva dammkroppen utföras utan att risken anses som oacceptabel. Om en genomföring kan göras någonstans i en sådan anläggning är det istället vid landanslutningen eller i naturlig mark. Genomföringar genom dammkroppen för fyllningsdammar i dammsäkerhetsklass C är troligtvis också svåra att genomföra på ett tillräckligt säkert sätt utan att kostnaderna blir för höga. Om förutsättningarna är de rätta bedöms genomföringar kunna anläggas genom fyllningsdammar i dammsäkerhetsklass U.

#### 4.1.5 Gynnsamma förutsättningar för genomföringar

Gynnsamma förutsättningar för genomföring kan sammanfattas med punktlistan nedan.

Generellt:

- Damm utan dammsäkerhetsklass.
- Tillräckligt med utrymme med hänsyn till geografin och motstående intressen.
- Om anslutning till befintlig mark kan nyttjas.
- Goda möjligheter för torrläggning. Antingen via sänkning av vattenytan inom regleringsintervallet eller via grunda förhållanden med fångdamm.

Betongdammar:

- Genomföring möjlig där inga konstruktionsdelar som konstaterats ha stor lastupptagning finns (damppelare, lameller i lamelldammar, valv i valvdammar etcetera).
- Betong i gott skick.
- Armeringens läge känd.

Utskov:

- Tillräcklig avbördningsförmåga finns för att utskov ska kunna tas i anspråk med marginal för framtida högflöden.

Naturlig mark:

- Hög släntstabilitet.
- Låg permeabilitet i jorden.

Fyllningsdammar eller dess anslutningar:

- Kända egenskaper för dammens tätande zon, zonerings och filtrens egenskaper.
- Möjlighet till placering av genomföringen vid fyllningsdammens anslutning mot befintlig mark.
- Låg höjd på dammen närmast land.
- Ytligt berg som möjliggör berggrundläggning.
- Vertikal och tjock tätkärna.

## 4.2 ÅTGÄRDER FÖR SÄKER AVLEDNING AV VATTEN

Det behöver säkerställas att vattenavledning via en ny vattenväg kan ske utan att äventyra dammsäkerheten. Redan i planeringsskedet behöver det utredas vilka hydrauliska dimensioneringskriterier som är lämpliga för inloppet till fiskvägen, för själva fiskvägen samt för utloppet och nedströmsområdet. Strömningsförhållanden, flöde, vattenhastighet och vattendjup är exempel på sådant som behöver utredas. Potentiella konsekvenser på fiskvägen och i förlängningen även på dammen, vid en överdämning av magasinet, behöver också utredas för att kunna göra en bra dimensionering.

Det är viktigt att poängtera att hydraulisk design av en fiskväg medför principiellt samma utmaningar som för ett traditionellt utskov, med skillnaden att grundförutsättningarna skiljer sig åt. Vattnet ska i båda fallen kunna passera konstruktionen på ett säkert sätt.

Lämpliga reglerings- och/eller avstängningsanordningar behöver utredas i planeringsskedet, med utgångspunkt från behov ur ett ekologiskt perspektiv (flödesmängd och strömningsförhållanden som vattenhastighet, vattendjup etcetera).

Det finns ett antal styrande grundförutsättningar som måste beaktas vid designen och vid valet av reglerings- och/eller avstängningsanordningar:

- Legala gränser för magasinsvattenytan (dämnings- och sänkingsgränser).
- Dimensionerande vattenstånd, det vill säga det vattenstånd i magasinet som förväntas råda då anläggningens dimensionerande flöde avbördas.
- Bedömd säker överdämningsnivå i magasinet. Detta med hänsyn till exempelvis nivån för tät kärnans krön eller nivån för dammkrönet samt med hänsyn till bedömd snedställning och våguppspolning vid hård vind.

#### 4.2.1 Säkring mot erosion och överströmning

Risker att beakta:

- Erosion i ny vattenväg – både inre (läckage) och yttre (yterrosion).
- Överströmning av ny vattenväg – kan leda till yttre erosion på omgivning.

Nedan listas känsliga delar/områden i ett omlöp, avseende dammsäkerhet. Detta kan även överföras till andra typer av fiskvägar.

1. **Inloppet till fiskvägen.** Acceleration av vattnet sker och det är viktigt att detta inte orsakar erosion.
  - 1A. Vingmurar eller glacisklädda slänter. Extra hänsyn tas till dessa konstruktioner och påverkan från det accelererande vattnet utreds.
2. **Fiskvägen.** Krökar, slitsar eller bassänger ger en effektiv energiomvandling.
  - 2A. Krökar. I naturlika fiskvägar är svängarna extra utsatta för erosion och det är av stor vikt att dessa kan motstå krafterna som överförs från vattnet.
  - 2B. Vallar. Naturlika fiskvägar är oftast grävda, det vill säga ej dämmande konstruktioner, men teoretiskt sätt skulle det kunna förekomma att de grävda vattenvägarna har vallar på sidorna. Det flöde som fiskvägen är dimensionerad för ska då kunna avledas utan att vattnet stiger högt upp på vallarna, men om så ändå skulle ske på grund av något oförutsett, ska vallarna vara dimensionerade för den lasten.
3. **Utloppet och området närmast nedströms.** Det är viktigt att inkludera detta som en del i fiskvägens system vid dimensionering, och redan i planeringsskedet.
  - 3A. Ledmurar eller glacisklädda slänter. Extra hänsyn tas till dessa konstruktioner och påverkan från det utströmmande vattnet utreds.

- 3B. Energiomvandlarkonstruktion. Om rörelseenergin i vattnet som lämnar fiskvägen bedöms som hög, kan en konstruktion för energiomvandling behövas. Det bör beaktas att en fiskväg oftast planeras att vara i drift kontinuerligt hela året, det vill säga många drifttimmar, varför skador kan uppkomma även om rörelseenergin i vattnet är låg.

Det bör under riskanalysen i planeringsskedet utredas om det finns felmoder kopplade till erosion av fiskvägen som kan minska säkerhetsmarginalerna, det vill säga äventyra dammsäkerheten.

En dammanläggning med ett litet magasin med snabb respons (stigningshastighet) löper generellt större risk för överdämning av magasinet än en anläggning med ett stort magasin. En överdämning i ett litet magasin kan ske vid normala flödesförhållanden – exempelvis vid ett frånslag i kraftstationen och utebliven lucköppning på grund av någon felfunktion (mekanisk, elektrisk eller en kombination). Denna risk ska hanteras i den löpande dammsäkerhetsutvärderingen, det vill säga oaktat någon fiskväg (eller annan miljöåtgärd). Fiskvägen behöver dock dimensioneras för att tåla de laster som följer av den överdämning som dammanläggningen i övrigt är dimensionerad för.

#### **Erosionssäkring avseende överströmning av fiskväg**

Fiskvägen ska kunna avleda det flöde som den dimensionerats för, utan att erodera eller överströmmas. Det kan i det enskilda fallet finnas skäl till att erosionsskydda dammtå eller andra utsatta delar för att tåla belastningen av en överströmmad fiskväg, vilket då betraktas som ett olycksscenario.

Återigen, val av rimliga säkerhetsmarginaler bör styras av dammens dammsäkerhetsklass. Säkerhetsmarginalerna för dammen ska bibehållas även efter fiskvägen tillkommit.

Hydrauliska utredningar, i synnerhet analytiska eller numeriska beräkningar, bör ligga till grund för utformning av erosionsskyddet i omlöpet och/eller i dammtå/nedströmsslant. I komplexa fall kan det vara aktuellt att genomföra fysiska modellförsök. Kraven på noggrannhet i de hydrauliska utredningarna ökar sannolikt med dammsäkerhetsklassen, varför omfattning och kostnad för utredningarna behöver ställas i relation till risken som ska hanteras.

Erosionsskydd behöver anläggas upp till åtminstone den högsta nivån i omlöpets tvärsnitt som vattnet kan nå till. Vidare behöver fraktionsstorlek och mäktighet anpassas efter de högsta vattenhastigheter som kan uppkomma.

Om riskanalysen visar att överströmning av en föreslagen fiskväg riskerar att leda till att en viktig tillfartsväg skärs av, behöver fiskvägens sträckning ses över. Om det inte är möjligt att lägga fiskvägens sträckning så att risken för negativ påverkan på någon tillfartsväg helt kan uteslutas, behöver särskild hänsyn tas till det. Förutom att dimensionera fiskvägen så att risken för överströmning är låg, kan tillfartsvägen dimensioneras för att tåla det strömmande vattnet som överströmningen av fiskvägen skulle innebära. Det kan vara möjligt att göra detta längs endast en avgränsad sträcka av vägen, beroende på de lokala

förutsättningarna. Här spelar det stor roll om det finns redundans i tillfartsvägar eller inte.

#### **Läckage och inre erosion av grunden**

Ett omlöp har oftast skarpa krökar, och risken för att vattnet inte går den tänkta vägen längs omlöpet ska minimeras. Om inte skyddsåtgärder för detta vidtas riskerar läckage att uppstå genom naturlig mark, så att vattnet tar genvägar till en punkt längre ned i omlöpet eller åt ett annat håll. Detta i synnerhet om nivåskillnaden är stor. Läckaget kan förvärras (öka) och leda till erosion och genombrott genom naturlig mark. Undersökning av de geotekniska förhållandena avgör vilka skyddsåtgärder som behövs för att förhindra läckage. Skyddsåtgärder kan bestå av till exempel spont, murar, plastduk mm., och detta behöver utredas redan i planeringsskedet, och tas med hela vägen genom projektering och utförande.

Det kan i det enskilda fallet finnas skäl till att säkra delar av anläggningen med extra erosionskydd så att det tål belastningen av en eroderad fiskväg. Detta är då att betrakta som ett olycksscenario.

#### **Erosionssäkring av inlöp**

En vanlig utformning av ett inlöp är att de avgränsas av en stålspons, som stabiliseras av fyllningsmaterial på nedströmssidan. Vid höga flöden överströmmas stålsponsen, det vill säga vattnet tar "raka vägen" i stället för endast genom inlöpet. Nedströmsfyllningen behöver då dimensioneras för att tåla överströmning av sponten, vilket kan innebära att större block behöver ingå i fyllningen, med hänsyn till vattenhastighet och belastning.

I riskanalysen behöver ett scenario beaktas där nedströmsfyllningen eroderar, med följderna att sponten troligen viker sig – vilka konsekvenser det får för dammsäkerheten och hur sannolikt det är att det inträffar. Återigen behöver dammens dammsäkerhetsklass beaktas vid design och dimensionering.

#### **Påverkan från drivgods**

Särskild hänsyn behöver tas till drivgods vid planering och utformning av en fiskväg. Då fiskvägar till sin natur ofta har skarpa krökar, slitsar och andra hinder i form av stenblock och galler till fiskräknare, finns risk för att drivgods kan fastna. Om mängden drivgods är omfattande kan detta leda till igensättning av omlöpet, med följderna att vattnet tar nya vägar. Detta scenario bör, som tidigare nämnts, ingå i riskanalysen och åtgärder bör vidtas för att minska konsekvenserna. Det bör redan i planeringsskedet strävas efter att finna lösningar som håller drivgods borta från fiskvägen.

En tänkbar åtgärd kan vara att ha ett galler uppströms fiskvägen, med lämplig spaltvidd, som kan vara väsentligt större än för traditionella intagsgrindar – till exempel decimeter i stället för centimeter. En läns framför intaget till fiskvägen kan också minska mängden drivgods som leds genom fiskvägen. Det bör då beaktas att strukturer uppströms fiskvägen kan påverka dess effektivitet.

En annan viktig förutsättning som alltid bör finnas är möjligheten att reglera flödet i vattenvägen, genom en luckavstängning. Om inget galler planeras uppströms

luckavstängningen, kan det vara en fördel att ha mer än en lucka, med gåtbalkar eller dylikt mellan, så att drivgods kan fastna där i stället för längre ner i vattenvägen.

Redan i planeringsskedet bör det finnas en plan för hur en igensatt fiskväg ska kunna rensas ifall den sätter igen. Det bör vara god framkomlighet till fiskvägen för att driftpersonalen säkert ska kunna avlägsna drivgods. För tekniska fiskvägar samt för andra fiskvägar med luckor kan gallerdurk ovan fiskvägen med fördel anläggas.

#### **Erosionssäkring avseende lockvattnets påverkan**

För att få till en god anlockning till en fiskväg är det ofta fördelaktigt att den mynnar nära det huvudsakliga flödet. Beroende på anläggningens utformning kan detta innebära att fiskvägen placeras nära dammtån. Det är viktigt att säkerställa att flödet från fiskvägen inte riskerar erodera dammtån. En säkerhetsåtgärd som kan övervägas i sådana situationer är till exempel om det finns behov av att erosionsskydda dammtån. En annan tänkbar säkerhetsåtgärd är styrning av lockvattnet, bort från dammtån, med hjälp av en ledmur.

Nedströms konventionella utskov är energiomvandlare en vanlig lösning, där det finns ett behov av att reducera vattnets energi, för att inte äventyra dammsäkerheten. Detta till exempel för att skydda dammen mot erosion av dammtån eller mot bakåtskridande erosion av spillfåran så att dammen undermineras. Exempel på traditionella energiomvandlare är bassänger, med eller utan stötblock i botten, eller ytliga stötblock. Sådana konstruktioner är effektiva när det gäller att reducera vattnets energi, men kan vara kontraproduktiva avseende lockvattnets funktion, eftersom vattenhastigheten reduceras. Om en riskanalys visar att det finns behov av att införa någon form av energiomvandling, för att skydda dammen från fiskvägens avbördade vatten, behöver strömningsförhållandena vid fiskvägens utlopp analyseras innan en lösning kan tas fram.

I de fall miljöåtgärden är en mintappningskonstruktion, det vill säga inte en fiskväg, kan en mer traditionell energiomvandlarkonstruktion vara en lämplig lösning för att motverka erosion. Den kan då designas och dimensioneras mer fritt än om det vore en fiskväg – klassisk vattenbyggnadskonst kan då nyttjas.

#### **4.2.2 Anordningar för avstängning och reglering av fiskvägar**

Risker att beakta:

- Hög vattennivå uppströms som resulterar i flöden högre än vad vattenvägen är dimensionerad för
- Felmanövrering av luckor
- Skador orsakade av vatten som svämmar över i fiskvägen
- Avsaknad möjlighet för att kontrollera flöde

Oavsett om reglering planeras i fiskvägen eller inte bör en möjlighet till avstängning med sättar eller en lucka/luckor byggas in. Dels för att kunna utföra underhåll i fiskvägen men också för att kunna stoppa en begynnande skada.

**Ingen eller mycket begränsad regleramplitud**

För ett strömkraftverk med liten magasinskapacitet där flödesregleringen i vattendraget sker i ett eller flera större magasin uppströms i vattendraget är det vid normal drift oftast en konstant vattennivå vid omlöpets intag. Detta gör att en fast tröskelnivå kan användas i det fall flödet i fiskvägen ska var konstant över året, men möjlighet till avstängning bör ändå finnas. Om flödet ska variera över året krävs någon typ av regleringsanordning för fiskvägen.

**Måttlig regleramplitud (< 2 m)**

Vid dammanläggningar med måttlig reglering av nivån för magasinsytan, krävs det någon typ av reglerlucka för att bibehålla ett konstant flöde i fiskvägen trots varierande magasinsnivå, om konstant flöde gäller enligt vattendom. Ofta är det en eller flera planluckor som stänger mot en slät tröskel. Regleringsanordningen kan vara handdriven eller vid frekvent variation på ytan motordriven och automatiskt styrd.

Att beakta med alla former av reglerluckor är riskerna för felmanöver. Scenariot med högsta nivå på magasinet och en helt öppen lucka får inte medföra att det vatten som rinner i fiskvägen svämmar över och går andra vägar. Graden av automation som PLC-styrning och fjärrdrift för reglerluckan påverkar risken för felfunktion. Om möjligt så bör fiskvägen dimensioneras så att inga risker uppstår vid ett maximalt flöde som kan uppstå vid felfunktion på reglerluckan, vilket alltså kan vara ett större flöde än vad som exempelvis föreskrivs i miljödöm eller tillstånd. Reglerluckan kan också med fördel begränsas mekaniskt till den öppningshöjd som krävs vid den lägsta magasinsnivån.

**Större regleramplitud (> 2 m)**

Att bygga en fiskväg som fungerar för fiskvandring vid hela regleramplituden i denna typ av magasin är förmodligen mycket svårt. Någon tillämpad teknisk lösning för detta i Sverige har inte hittats i studien. Den tekniska lösningen förenklas om fiskvandringen enbart skall fungera under en viss del av året och om det under den perioden föreskrivs en viss magasinsnivå. Lösningen underlättas också om högre flöden i fiskvägen tillåts vid högre vattennivå i magasinet. Varierande tappning över året motiveras ibland med att behovet av en fungerande konnektivitet ofta varierar över året (Havs- och Vattenmyndigheten, 2020). Avstängningsanordningar och reglerluckor för fiskvägen ska alltid dimensioneras för den högsta nivå som kan uppkomma uppströms (det vill säga högre än dämningens gräns).

**4.3 FINGALLER**

Fingaller är intagsgaller till kraftstationen som vanligtvis syftar till att leda fisk och drivgods förbi turbinerna (Havs- och Vattenmyndigheten, 2020). Spaltvidden görs mindre än i konventionella galler, ofta runt 15-20 mm, för att fysiskt hindra fisk från att kunna passera. Fingaller anläggs vanligtvis med en så flack vinkel (ca 30°) mot inströmningen att fisk inte ska kunna tryckas fast mot gallret.

Vattenhastigheten vinkelrätt gallret ska inte överstiga 0,5 m/s (Havs- och Vattenmyndigheten, 2020) vilket gör att gallren blir stora och utrymmeskrävande.



Fingaller byggs vanligtvis i två olika varianter. Alfa-galler är som är låglutande ca 30° mot vattenytan samt Beta-galler med horisontala grindjärn som står snett mot strömriktningen.

Fingaller finns idag enbart installerade på mindre kraftverk, som störst 72 m<sup>3</sup>/s slukförmåga vid Ätrafors i Ätran. Eftersom det saknas erfarenhet av fingaller vid större anläggningar är det osäkert i vilken mån tekniken praktiskt sett kan skalas upp till större kraftverk. Utredningar har gjorts för att kartlägga förutsättningarna för möjligheter att skala upp teknik som används vid mindre kraftverk till större (Calles, Emanuelsson, Christensen, Mikaelsson, & Göransson, 2017).

#### 4.3.1 Påverkan på utskovsavgörning

Risker att beakta:

- Minskad avgörningskapacitet i närliggande utskov på grund av störd inströmning eller ökad mängd drivgods.
- Igensättning av galler som leder till minskad total tillgänglig avgörningsförmåga.

Turbinernas slukförmåga inkluderas inte i avgörningskapaciteten vilket innebär att en fingaller framför ett intag generellt inte påverkar avgörningsförmågan. I praktiken är dock kraftstationer ofta i drift vid höga flöden, så den *tillgängliga totala* avgörningsförmågan för anläggningen kan påverkas negativt på grund av ett allt för utrymmekrävande fingaller. Detta bör beaktas i planeringsskedet. Konkret kan ett alltför utrymmekrävande fingaller delvis blockera inströmningen till ett närliggande utskov och/eller bidra till att drivgods lättare fastnar i utskoven. Ett exempel på det sistnämnda skulle kunna vara att flytande träd inte lyckas räta upp sig uppströms utskovet, utan lägger sig tvärs över utskovet i större utsträckning än annars.

Vid ombyggnationer av befintliga anläggningar behöver det dock beaktas att de platskrävande fingallren inte påverkar tillströmningen till befintliga utskov som ofta är placerade direkt i anslutning till intaget.

Galler framför utskov får inte anläggas om utskovet behövs för anläggningens avgörningskapacitet eftersom risk finns att gallret kan sättas igen. Galler framför utskov byggs heller i regel inte men diskuteras ibland i fråga om uppsamling av nedströmsvandrande fisk.

#### 4.3.2 Rensning

Risker att beakta:

- Ökad mängd drivgods att hantera.
- Igensättning av galler vilket kan leda till en rad andra konsekvenser.

Traditionella rensmaskiner är ofta dåligt anpassade för de låglutande alfa-gallren då det blir stora avstånd till tröskeln uppströms. Det finns rensmaskiner anpassade för fingrindar men eftersom de inte funnits lika länge som konventionella maskiner bedöms det finnas fler osäkerheter i pålitligheten på grund av mindre erfarenhet.

Vid rensning av ett beta-galler går det inte att rensa skräpet från botten upp till ytan, skräpet måste istället följa det snedställda gallret i strömriktningen och sen samlas vid sidan av intaget. Där kan det lyftas med grip eller en liknande, alternativt så kan ett intilliggande utskov användas för att låta skräpet passera anläggningen. Vid en sådan lösning bör man dock beakta att skräpet kan fastna och orsaka felfunktion på luckan.

Det pågår projektering för fingaller som endast bygger några meter ner under ytan och skall vara placerade framför det ordinarie grovgallret. Fingallret på dessa anläggningar skall vara lyftbart och endast nedsänkt under den perioden av året när det förekommer fiskvandring nedströms. Konstruktionen skall vara väl förankrad vid intaget då det kan bli en dammsäkerhetsrisk om det är en fristående struktur som vid belastningen av ett högt flöde och stor igensättning kan driva mot ett öppet utskov.

Intervjuer med kraftverksägare pekar på att behovet av rensning ökar för fingaller med lägre spaltvidd (Lundberg, Mathiesen, & Sjöberg, 2019). För andra kraftverksägare har dock erfarenheten varit den omvända på grund av gallrets låga lutning (Calles, Emanuelsson, Christensen, Mikaelsson, & Göransson, 2017). Allt manuellt arbete vid rensning av intagsgaller är förenat med en arbetsmiljörisk. Eftersom fingaller möjligtvis kräver en tätare rensningsfrekvens samt att anpassade rensningsmaskinerna med i dag begränsade driftserfarenheter blir arbetsmiljörisken följaktligen större med fingaller än för traditionella grovgaller.

Risken för iskravning bedöms med större säkerhet öka med mindre spaltöppning i gallret. Av de fingaller som installerats i Sverige finns exempel på anläggningar där fingaller satts igen fullständigt på grund av iskravning. Fingaller med dess upplagsbalkar bör därför dimensioneras för fullt ensidigt vattentryck. Detta görs vanligtvis vid mindre kraftverk men det är osäkert ifall det är praktiskt genomförbart vid de större kraftverken med stora intagsdjup (Calles, Emanuelsson, Christensen, Mikaelsson, & Göransson, 2017).

Spaltvidden i fingaller är således av betydelse både ur ett dammsäkerhetsperspektiv och ur ett miljöperspektiv. Det finns pågående forskning på hur spaltvidden påverkar fingallers avledningsförmåga, där det bland annat studeras olika utformningar på fingrindar, med syfte att utreda hur spaltvidden påverkar avledningsförmåga, igensättning, fallförluster etcetera. Tidiga resultat pekar på att fingrindar kan ha god effekt även vid något större spaltvidd än vad som idag är praxis. I nuläget finns inte något publicerat från dessa studier. Denna forskning bör följas eftersom resultaten skulle kunna påverka framtida kostnads-nyttoanalyser för val av spaltvidd.

Det förekommer att intagskanaler till kraftverk är försedda med grovgaller som skall förhindra att skräp samlas i kanalen. Med beaktande av att riskerna för igensättning ökar vid små spaltöppningar bör man undvika att placera fingaller i kanalintag. En igensättning vid kanalintaget kan då medföra en plötslig avsänkning av vattenytan i kanalen som kan riskera uppströmssläntens stabilitet i kanalbankarna.

#### 4.4 FLYTANDE KONSTRUKTIONER FRAMFÖR ANLÄGGNINGEN

Länsar, louvers, nät eller liknande flytande konstruktioner kan användas som fiskavledare för nedströmsvandrande fisk (Havs- och Vattenmyndigheten, 2020). Flytande konstruktioner för fiskavledning används vanligtvis i större vattendrag där erfarenhet av att leda fisk med fingaller saknas.

Risker att beakta:

- Blockering av utskov om den flytande konstruktionen lossnar
- Blockering av intag till kraftverksintaget om den flytande konstruktionen lossnar
- Plötslig frisläppning av stora mängder drivgods ifall konstruktionen lossnar

Flytande konstruktioner uppströms utskov kan potentiellt utgöra ett hot mot dammsäkerheten, om de havererar vid höga flöden, så att utskoven riskerar att sättas igen – av själva länsarna och av eventuellt drivgods som har samlats uppströms dem. Detta scenario behöver inkluderas i riskanalysen, och risken behöver värderas och förebyggas.

Länsarna kan behöva dimensioneras för en hög last och/eller att lämpliga rutiner införs och dokumenteras, till exempel att länsarna plockas bort vid ett visst flöde eller vattennivå i magasinet. Tillräckliga säkerhetsmarginaler behöver kunna bibehållas.

## 5 Flödesrelaterade åtgärder

Flödesrelaterade åtgärder vid vattenkraftverk syftar vanligen till att skapa hydrologiska förhållanden som begränsar den negativa påverkan från vattenkraften (Havs- och Vattenmyndigheten, 2013). Åtgärderna kan innebära att en minimitappning föreskrivs under hela eller delar av året för att på så sätt vattenbegjuta torrlagda spillfåror eller undvika stillastående vatten.

Flödesrelaterade åtgärder kan även syfta till att återskapa en mer naturlig flödesregim med exempelvis årliga högflöden eller genom förändring av bottenstrukturen för att på så sätt förändra vattnets strömningsmönster.

### 5.1 INFÖRANDE AV MINIMITAPPNING

Som stöd i det planerande arbetet, men även i ett efterföljande projekteringskede, kan nedanstående frågeställningar fungera som stöd.

#### 5.1.1 Påverkan på betong

Risker att beakta:

- Nötning och/eller frostsprängning i betongen vilket kan påverka dammkonstruktionens verkningssätt för lastupptagning
- Förändrad lastbild på grund av nya laster (till exempel islast)

#### Kontroll av påverkan på betongen

Införande av minimitappning kan påverka de befintliga betongkonstruktionerna varför det är viktigt att säkerställa hur dessa blivit uppförda. Om inte handlingar finns tillgängliga för den aktuella anläggningen som visar vilken betonghållfasthet och armeringsinnehåll som konstruktionerna har bör informationen samlas in på annat sätt (betongprovtagning, inspektion etcetera).

En avbördning mot konstruktioner som inte tidigare utsatts för "vattnets nötande kraft" ska kontrolleras och säkerställas för de nya påverkansfaktorerna.

#### Kontroll av påverkan på lastbild

Konstruktionernas lastupptagning behöver kontrolleras med hänsyn till ett eventuellt ökat slitage i form av erosion och frostsprängning.

Om minimitappningen ger en förändrad lastbild på de befintliga konstruktionerna behöver det verifieras att lastupptagningen även efter införandet av minimitappningen fungerar på avsett sätt. Exempel på en ny last skulle kunna vara påbyggnad av is. Vidare behöver eventuella förändringar med hänsyn till upptryckssituation på grundläggningsnivå uppströms/nedströms bedömas.

#### 5.1.2 Påverkan på vattenhushållning

Risker att beakta:

- Nya villkor i miljödom som hindrar eller försvårar dammsäkerhetsarbetet

Det finns exempel på miljöåtgärder när verksamhetsutövare får restriktioner i vattenhushållningen som försvårat för dammsäkerhetsarbetet genom att det villkorade kravet på minimitappning står i konflikt med behov av att sänka av magasinet och/eller nedströmsvattenytan för besiktning och underhåll (Lundberg, Mathiesen, & Sjöberg, 2019) .

För att undvika motstridiga villkor i dom behöver frågor om drift och underhåll lyftas tidigt i processen. Ifall en riskanalys genomförs, vilken beskrevs i kapitel 3.1.2, ökar sannolikheten att motstridiga villkor upptäckt tidigt och kan åtgärdas. Det är viktigt att utreda frågor om vattenhushållning tidigt, eftersom det påverkar utformningen av åtgärderna. Efter att miljödomen för en åtgärd vunnit laga kraft är det svårt att göra förändringar i vattenhushållningen.

Om möjligt så bör nya villkor ur ett dammsäkerhetsperspektiv formuleras så att:

- Hela tillrinningen alltid tillåts släppas förbi anläggningen.
- Möjlighet till avsänkning av uppströms och/eller nedströms vattenyta för besiktning och underhåll
- Möjligheter till aktiv flödesdämpning med nuvarande vattendom inte tas bort i och med nya villkor. Kan även gälla andra vattenförande konstruktioner där till exempel minimitappning ska ske men som begränsar vad som är möjligt vid drift och underhåll.

Införande av minimitappning vid en anläggning kan ge ett ökat behov av driftmässig tillsyn. Vid det planerande arbetet men även vid projekteringen måste hänsyn tas till hur den ombyggda anläggningen ska inspekteras och underhållas. Driftmässig tillsyn och underhåll måste kunna utföras på ett säkert sätt men även så långt det är möjligt på ett kostnadseffektivt sätt.

### 5.1.3 Påverkan på reglerutrustning

Risker att beakta:

- Korrosion på reglerutrustning
- Fastfrysning av reglerutrustning

När en kontinuerlig minimitappning inte kan säkerställas genom kraftverkets ordinarie vattenväg (genom turbinen/turbinerna) förekommer det olika lösningar.

I mindre dammanläggningar förekommer det att minimitappning sker genom ordinarie utskov genom liten öppning. För djupare utskov medför det en hög vattenhastighet under luckan som med tiden sliter på botten tätningen, ger erosion på skibordet och skapar en vattendimma som ger korrosion på luckan.

En annan förekommande lösning är att man har en genomföring med ventil eller mindre öppning på luckan. Även denna lösning brukar ge en hög vattenhastighet med erosion på skibordet och skapa en vattendimma som ger korrosion på luckan.

Om minimitappningen skall vara under hela året så är bägge alternativen ovan olämpliga då det under vintern skapar isproblem och fastfrysning av utskovsluckan.

För reglerutrustningen i dammen är det fördelaktigast att bygga ett särskilt utskov avsett för minimitappning eller en rörledning som mynnar en bit nedströms dammen. Då påverkas inte funktionen för ordinarie utskov.

## 5.2 INFÖRANDE AV HÖGFLÖDEN

Vid vissa anläggningar finns ett behov ur ett ekologiskt perspektiv att införa planerade större tappningar, så kallade "flushning", för att skapa konnektivitet i en kraftverksälv till svämplan nedströms. Detta på grund av att hög regleringsgrad kraftigt begränsar antalet tillfällen med högre flöden i vattendraget, vilket kan vara viktigt för vattendragets ekologi.

En sådan rutinmässig åtgärd med avbördning av höga flöden behöver riskbedömas i planeringsskedet. Det som behöver beaktas avseende dammsäkerhet är:

- Säker avbördning av höga flöden. Det ska beaktas oavsett flushning eller inte, men frekvensen av höga flöden nedströms ökar då i någon mån, vilket kan påverka livslängden på till exempel energiomvandlare.
- Möjlighet för nedströmsliggande anläggning(ar) att magasinera eller avbörda dessa höga flöden. Ett älvperspektiv, snarare än ett anläggningsperspektiv, behöver troligen användas i de flesta fall. Nedströmsliggande anläggningar kan ha små magasin med snabb respons, så att de är känsliga för ökade flöden, det vill säga att magasinet stiger snabbt. Det kan uppstå ett ökat behov av överströmningsskydd vid nedströmsliggande anläggningar, om höga flöden kan förekomma mer frekvent.
- Skador nedströms, längs vattendraget. Skador kan uppstå på grund av översvämning och/eller av erosion samt av drivgods som i större grad riskerar att följa med vid höga flöden. En skadeinventering behöver göras, om det inte redan gjorts. För de vattendrag där ett beredskapsplanerings-underlag (BPU) för dammhaveri har tagits fram, med hydrauliska beräkningar som legat till grund för framtagna översvämningsskikt, är redan en sådan skadeinventering gjord. Den kan dock behöva kompletteras för den aktuella storleken på flöden (utan dammhaveri) samt utökas med att beakta erosion av vattendraget och svämplanen, vilket inte görs i BPU:er.

## 5.3 BIOTOPVÅRD NEDSTRÖMS DAMMEN

Biotopvård i form av utläggning av block och sten innebär en förändrad geometri och råhet i vattendraget och därmed en påverkan på avbördningskapaciteten samt strömning och energiomvandling med avseende på erosion.

Utläggning av block kan innebära till exempel högre vattennivåer eller att vatten pressas ut mot fårans strand vilket skapar erosion.

Utredningar bör genomföras för att säkerställa att åtgärderna inte resulterar i kritiska vattennivåer eller erosion på ledmurar, vallar, dammtå eller andra väsentliga delar.

Risk för negativ påverkan på energiomvandling bör utredas samt om utlagda block leder till en så hög vattennivå att eventuell läckagemätning påverkas negativt.

## 6 Diskussion och slutsatser

En viktig del av arbetet med dammsäkerhet kopplat till miljöåtgärder inom vattenkratsområdet görs i planeringsskedet. Det är därför av stor vikt att dammsäkerhetsexpertis kommer in tidigt i utformningen av miljöåtgärderna. En "färdigutformad" miljöåtgärd som ska justeras efter krav på dammsäkerhet riskerar bli sämre både som miljöåtgärd och ur dammsäkerhetssynpunkt.

Risikanalyser behöver utföras tidigt i projekten för att på så sätt fånga upp risker. I arbetet med risikanalyser bör representanter från dammägarens organisation alltid medverka. Som minst behöver den dammtekniskt sakkunnige (DS) medverka. Driftpersonal är exempel på andra viktiga representanter.

Möjlighet att bibehålla en hög dammsäkerhet är en förutsättning för vilka miljöåtgärder som går att genomföra. Tillräckliga skyddsåtgärder behöver genomföras för att behålla erforderlig säkerhetsmarginal, men som är att betrakta som "tillräcklig" varierar från fall till fall. Om de skyddsåtgärder som krävs för att bibehålla erforderlig dammsäkerhet är så dyra att de kan anses vara orimliga kan detta vara skäl för mindre stränga krav och att åtgärden inte bör genomföras.

Dammsäkerhetsklassen är viktig för avvägningen om vilka säkerhetsmarginaler och skyddsåtgärder som krävs. I förlängningen kan den även ha stor påverkan på kostnaden för miljöåtgärden.

Det är även viktigt att frågor kopplade till dammsäkerhet lyfts tidigt hos normsättande myndigheter för att inte senare i processen hamna i ett läge där normen kräver orimliga åtgärder.

Det grundläggande tankesättet för vad som är att betrakta som rimligt bör vara att miljöåtgärdens nytta på något sätt vägs mot dess kostnader. På kostnadssidan behöver alla de åtgärder inkluderas som krävs för att behålla en erforderlig säkerhetsmarginal. Det finns idag inte någon gängse metodik för hur en sådan kostnads-nyttanalys ska göras.

Vissa åtgärder bedöms inte kunna genomföras utan att risken anses som oacceptabel. Ett sådant exempel är genomföringar genom själva dammkroppen i fyllningsdammar i dammsäkerhetsklass A och B. Om en genomföring kan göras någonstans i en sådan anläggning utan att risken är oacceptabel är det troligtvis vid landanslutningen eller i naturligt mark. Men även där kan kostnaderna bli orimligt stora.

Många av de erfarenheter som finns av miljöanpassningar grundar sig på små anläggningar med låg eller utan dammsäkerhetsklass, och i många fall går det inte att använda erfarenheter från små anläggningar och skala upp till stora. Ett sådant exempel bedöms till exempel vara heltäckande fingaller. Även för andra typer av miljöåtgärder finns det dåligt med erfarenheter från stora dammar med hög dammsäkerhetsklass. Av de åtgärder som har genomförts har många byggts relativt nyligen vilket innebär att driftserfarenheten är begränsad.



För att förbättra kunskapen om hur miljöåtgärder påverkar dammsäkerheten är erfarenhetsåterföring viktig. För miljöåtgärder som genomförs, i synnerhet sådana som görs vid anläggningar med dammsäkerhetsklass, bör noggrann uppföljning göras så att erfarenhetsåterföring kan ske. Även erfarenheter från andra länder är av intresse och bör sammanställas och spridas.

#### **Förslag på vidare studier/utredningar:**

- På sikt bör RIDAS kompletteras med en tillämpningsvägledning för utvalda miljöåtgärder till exempel genomföringar, flytande konstruktioner uppströms dammen, fingrindar, minimitappning etcetera.
- En praxis bör tas fram för hur en kostnads-nyttobedömning av en miljöåtgärd kan göras vilket idag saknas. Centralt för en sådan bedömning är inte minst att kvantifiera och värdera miljönytta samt kostnaderna för bibehållen dammsäkerhet.
- Vidare föreslås att en checklista och/eller ett händelsetråd tas fram som sammanfattar de viktigaste dammsäkerhetsaspekterna. Checklistan/händelsetrådet ska bidra till att dammsäkerhetsaspekter inte glöms bort och visa på vilka händelsekedjor som kan leda till dammhaveri. Arbetet har bedömts vara för omfattande för att rymmas i detta projekt.
- En Internationell enkätundersökning föreslås utföras via till exempel CEATI eller ICOLD där erfarenheter sammanställs avseende påverkan av dammsäkerhet på grund av miljöåtgärder.
- En strategi föreslås tas fram för hur en systematisk kontinuerlig erfarenhetsåterföring av dammsäkerhetsfrågor kopplade till miljöåtgärder kan genomföras. Inom det föreslagna projektet föreslås en utredning av hur erfarenheter kan sammanställas (till exempel i en databas) samt vem som kan administrera arbetet (till exempel en myndighet eller branschorganisation). Strategin bör även inkludera metodik för hur internationella erfarenheter kontinuerligt ska kunna fångas upp.
- När lämpliga tillfällen dyker upp föreslås pilotprojekt genomföras vid utvalda anläggningar som testar och utvärderar sådan teknik som det än så länge mest spekuleras kring. Exempelvis stora fingrindar i kallt klimat, flytande avledare osv.

## 7 Referenser

- Calles, O., Emanuelsson, A., Christensen, P., Mikaelsson, F., & Göransson, F. (2017). *Fysiska avledare för uppsamling av blankål vid vattenkraftverk - Rapport 2017:458*. Energiforsk.
- Energiföretagen. (2019). *RIDAS 2019- Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet*.
- Energiföretagen. (2020). *RIDAS Tillämpningsvägledning Kapitel 5, Organisation och kompetens*.
- Energiföretagen. (2020). *RIDAS Tillämpningsvägledning Kapitel 9, Fyllningsdammar*.
- Energiföretagen. (2020). *RIDAS Tillämpningsvägledning Kapitel 9, Grundläggning*.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2013). *Ekologiska flöden och ekologiskt anpassad vattenreglering, 2013:12*. Havs- och vattenmyndigheten.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (den 20 04 2020). *Vägledning för fisk- och faunapassager*. Hämtat från Havs- och vattenmyndigheten-webbplats: <https://www.havochvatten.se/vattenkraft-och-arbete-i-vatten/vattenkraftverk-och-dammar/miljo--och-skyddsatgarder/vagledning-for-fisk--och-faunapassager.html>
- Lagerlund, J., & Nilsson, Å. (2020). *Anslutningar i fyllningsdammar - Rapport 2020:643*. Energiforsk.
- Lundberg, C., Mathiesen, M., & Sjöberg, T. (2019). *Miljöanpassningar och dammsäkerhet - Rapport 2019:573*. Energiforsk.
- Svenska kraftnät, Svensk energi, SveMin. (2015). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar*. Svenska kraftnät, Svensk energi och SveMin.
- Vattenmyndigheterna. (2018). *Miljö kvalitetsnormer för kraftigt modifierade vattenförekomster – vattenkraft*.



# MILJÖANPASSNINGAR MED BIBEHÅLLEN DAMMSÄKERHET

Under nästan 20 år framöver ska den svenska vattenkraften omprövas inom den nationella planen för vattenkraft och förses med moderna miljövillkor. Syftet är att omprövningarna av vattenkraftens miljövillkor ska leda till största möjliga nytta för vattenmiljön och samtidigt en nationell effektiv tillgång till vattenkraftsel.

Frågor om dammsäkerhet påverkar förutsättningarna för vilka miljöåtgärder som kan genomföras och kan påverka valet av åtgärder inom omprövningen. För att höja kunskapen inom dammsäkerhet inför kommande omprövningar har här en analys gjorts av viktiga aspekter för olika miljöåtgärders påverkan på dammsäkerheten. Rapporten belyser styrande förutsättningar, möjligheter och begränsningar för olika typer av miljöåtgärder. Resultatet utgör ett stöd för att ta med frågan om dammsäkerhet vid planering, projektering och genomförande av 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](http://www.energiforsk.se)