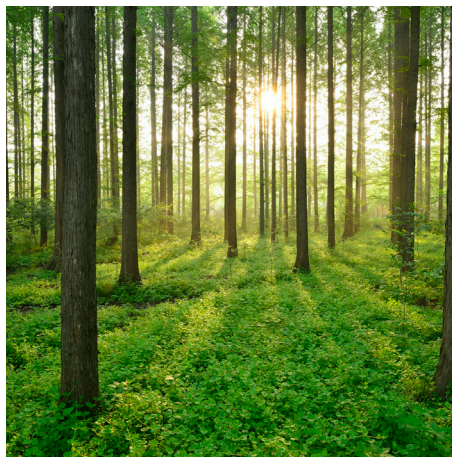


MÖJLIGA ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA KONSEKVENSER AV DAMMHAVERI

RAPPORT 2024:1045



DAMMSÄKERHET



Möjliga åtgärder för att minska konsekvenser av dammhaveri

FINN MIDBÖE, KEVIN SANCHEZ ORTIZ

ISBN 978-91-89919-45-7 | © Energiforsk september 2024

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

Förord

Riskhantering och riskreducerande åtgärder är en viktig del av dammsäkerhetsarbetet. I och med att RIDAS tillämpningsvägledning för kapitel 4 tagits fram och att processen med dammsäkerhetsutvärderingar påbörjats har arbetet med riskreducerande åtgärder lyfts på ett nytt sätt. Att genomföra skadeförebyggande åtgärder nedanför dammanläggningen, eller runt magasinet, kan vara kostnadseffektivt och minska risken för både anläggningsägaren och samhället.

Projektet "Möjliga åtgärder för att minska konsekvenser av dammhaseri" ingår i Energiforsks Dammsäkerhetstekniska forskningsprogram. Utförarna var Finn Midbøe och Kevin Sanchez Ortiz från Rejlers Sverige AB.

Referensgruppen har bestått av Daniel Sjöstedt (Skellefteå Kraft), Anna Engstöm Meyer (Svenska kraftnät), Maria Bartsch (Svenska kraftnät), Stina Åstrand (Fortum), Jonas Hammarson (Fortum), Anna Clark (Vattenregleringsföretagen) och Anders Sjödin (Statkraft).

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Dammhaverier är oönskade händelser och utgångspunkten för dammsäkerhetsarbete är att haverier ska undvikas. Historien visar dock att dammhaverier inträffar, därför är det även relevant att undersöka vilka åtgärder som kan vidtas för att minska konsekvenserna om ett haveri sker. Där effektiva möjligheter att minska konsekvenser av ett dammhaveri kan ses bör åtgärder vidtas där så är motiverat.

I rapporten presenteras ett antal principiella förslag på hur konsekvenser av dammhaveri kan minskas genom olika förebyggande åtgärder, uppdelade i åtgärder uppströms, vid dammen och nedström, samt mera administrativa åtgärder utan fysisk koppling men inriktade på att minska konsekvenser. Konkreta exempel på hur åtgärder kan tillämpas vid dammanläggningar ges i sex exempel i en rapportbilaga, där åtgärdernas potential att påverka konsekvenser beskrivs i text och i diagram.

Metoden som tillämpats är att samla exempel på hur konsekvenser kan minskas och beskriva dem. Åtgärderna som redovisas är i huvudsak sådana som identifierats inför Energiforsk-projektet, men ytterligare exempel på åtgärder har erhållits dels från projektets referensgrupp, dels genom en digital enkät som genomfördes under hösten 2023 och efterföljande intervjuer med enkättagare.

Slutligen förs ett resonemang kring hur dammägare kan identifiera möjligheter att minska riskerna kopplat mot dammsäkerheten genom att reducera konsekvenser till följd av ett dammhaveri. Det kan exempelvis göras i samband med revidering av underlaget för dammsäkerhetsklass som görs inför helhetsbedömning av dammsäkerheten var 10:e år.

Nyckelord

Dammhaveri, dammbrott, konsekvensmitigering, konsekvensreducering, konsekvensminskning, riskreducering, skademitigering, skadereducering.

Summary

Dam failures are unwanted events, and the starting point of dam safety is that failures should be avoided. However, history shows that dam failures do occur, so it is also relevant to investigate what measures can be taken to reduce the consequences if a failure happens. Where effective opportunities to reduce the consequences of a dam failure are identified, actions should be taken where justified.

This report presents a number of suggestions to how consequences of a dam failure can be mitigated by different preventive measures, divided in - upstream, at dam site, downstream and administrative actions aiming at reducing consequences. To show how the suggested actions can be applied and evaluated at specific dam sites six examples of dams are presented in an appendix, where the potential effect of the measures taken at each dam are described in text and as diagrams.

The suggestions that are presented were mostly identified prior the start of the project, but additional measures to mitigate consequences was added after input from the reference group and as a result of a digital survey that was conducted within the project in the autumn of 2023, followed by interviews.

Finally, a discussion is held on how dam owners can use the mindset to identify opportunities to reduce risks associated with dam safety by reducing the consequences of a dam incident – would it occur. This could, for example, be done when revising the basis for dam safety classification conducted every 10 years as part of the *Helhetsbedömning av dammsäkerheten*, (comprehensive assessment of dam safety),

Innehåll

1	Inledning	8
1.1	Syfte och mål	8
1.2	Bakgrund	9
2	Metod	10
3	Redovisning från digital enkät och intervjuer	11
4	Redovisning av åtgärder	12
4.1	Skadeförebyggande åtgärder uppströms	12
4.1.1	Lokalisering av infrastruktur känsliga för skred	12
4.1.2	Teknisk skredsäkring	12
4.1.3	Säkring av vattenintag	12
4.2	Skadeförebyggande åtgärder vid dammen	13
4.2.1	Tåförstärkning och nedströms erosionskydd	13
4.2.2	Anpassning av krönnivåer och överströmningsförmåga	15
4.2.3	Instrumentering och övervakning	15
4.2.4	Reducerad dämning eller utrivning	15
4.3	Skadeförebyggande åtgärder nedströms	15
4.3.1	Rivning, flytt eller ändring av byggnader	16
4.3.2	Skydd av byggnader eller annan infrastruktur	16
4.3.3	Hydraulisk överdimensionering av broar	16
4.3.4	Överdimensionering broar och vägars kapacitet och bärighet	16
4.3.5	Skydd av kemikalier och föroreningar	17
4.4	Beredskapsåtgärder och samhällsplanering	17
4.4.1	Samordnad beredskapsplanering	17
4.4.2	Lokala beredskapsplaner	17
4.4.3	Beredskapsplaner och utbildning vid specifika objekt	17
4.4.4	Riskmedveten och förebyggande samhällsplanering	18
4.5	Kombination av åtgärder	18
5	Redovisning av exempelåtgärder	19
6	Resultat och slutsats	21
7	Referenslista	23

Innehåll - bilagor

Bilaga 1: Resultat från enkät och intervjuer	24
Intervju 1 – Myndighetsrepresentant	27
Intervju 2 – Myndighetsrepresentant	27
Intervju 3 - Ägarrepresentant	28
Bilaga 2: Exempel på tillämpning	29
Exempel 1 – Löjefors kraftverk	29
Exempel 2 – Dvärgströmmens pappersbruk	32
Lokal beredskapsplan och säkerhetsutbildning	32
Larm och tidig varning	33
Flytt av kemikalier och kritisk utrustning	33
Sammantagen påverkan av konsekvensernas omfattning	33
Exempel 3 – Nalleforts stålverk	34
Skydd mot ångexplosion	34
Redundant vattenförsörjning	34
Exempel 4 – Jätteälvens regleringsmagasin	35
Exempel 5 – Deponivallen	36
Exempel 6 – Skredintagsdammen	37

1 Inledning

Denna rapport är framtagen inom ramen för projektet *Dammsäkerhetstekniskt utvecklingsprogram* och fokuserar på identifiering av åtgärder som kan leda till minskade konsekvenser, skador, för det fall ett dammhaveri inträffar.

I normalfallet åligger det den som äger eller på annat sätt ansvarar för säkerheten vid en dammanläggning att göra sitt yttersta för att dammen inte ska brista, men ändå inträffar dammhaverier. Det finns tillfällen när andra åtgärder, förutom sådana som specifikt är avsedda att förhindra att ett dammhaveri uppkommer, kan vara effektiva för att minska risken kopplat till dammsäkerheten. Principiellt skulle en jämförelse kunna göras mot säkerhetsarbetet inom biltrafiken – även om det givetvis är helt centralt för trafiksäkerheten att undvika bilolyckor, finns en stor potential att ytterligare minska riskerna genom att mildra konsekvenser om en krock ändå inträffar, med säkerhetsbälten, krockkuddar, deformationszoner, etc.

Möjliga åtgärder med potential att minska konsekvenser vid dammhaveri kan exempelvis vara fysiska förändringar vid skadeobjekten nedströms, att dammen byggs om så att ett dammhaveri, om det sker, sker långsammare eller på en sträcka av dammen där konsekvenserna blir mindre, skydd mot ras eller skred vid avsänkning av magasinsnivån, beredskapsåtgärder såsom effektiva larmsystem och beredskap för utrymning och evakuering i stor och liten skala.

Denna rapport redovisar ett antal principiella åtgärder, generellt och med exempel i åtföljande bilaga.

1.1 SYFTE OCH MÅL

Syftet med projektet är att belysa tänkbara och genomförda riskreducerande åtgärder för att lindra konsekvenser vid dammhaveri, för uppströms och nedströms belägna skadeobjekt. Betydelsen av beredskapsåtgärder i händelse av ett dammhaveri beskrivs också.

Målet är att bredda dammsäkerhetsarbetet genom att belysa att/hur dammsäkerhetsrisker kan minskas genom åtgärder kopplade till skadeobjekt.

1.2 BAKGRUND

Projektets bakgrund ligger i att ett behov sågs att närmare undersöka och sammanställa vilka möjligheter att minska konsekvenser när ett dammhaveri uppstår. Undertecknade har i varierande omfattning under ca 20 år arbetat med att kartlägga möjliga konsekvenser av dammhaverier, inledningsvis som underlag för konsekvensklassificering enligt tidigare RIDAS och sedan tillkomsten av nuvarande dammsäkerhetsförordning (2014:214) underlag för dammsäkerhetsklassificering A, B och C enligt lagen respektive D och E enligt nya RIDAS. Sammanlagt har flera hundra, främst mindre, dammanläggningar och möjliga konsekvenser av eventuella haverier genomgått.

I erfarenheterna från dessa sågs ett värdefullt underlag där möjliga åtgärder skulle kunnat vidtas, så att konsekvenserna av ett dammhaveri reduceras. Därför sammanställdes ett projektförslag utifrån utkastet, med syfte att identifiera och exemplifiera åtgärder. Förutom utgående från egna erfarenheter var ambitionen att inhämta fler förslag och exempel från ägare, konsulter, myndigheter och andra för att fånga upp en bredd av riskreducerande åtgärder, samt resonera kring dessa och hur effektiva de kan vara. Förslagen inhämtades dels i personliga kontakter inom branschen, dels via ett webformulär som distribuerades inom branschen.

2 Metod

Planeringen av projektet gjordes utifrån en handfull exempel där potentiella åtgärder för att minska konsekvenser identifierats i samband med framtagande av underlag för dammsäkerhetsklassificering av företrädesvis små dammanläggningar deltagit. För att även fånga upp potentiella åtgärder för att minska konsekvenser av dammhaveri vid andra anläggningar användes två huvudsakliga metoder:

1) Inhämtande av exempel från referensgruppen

Till projektet har inom Energiforsk funnits en referensgrupp bestående av representanter från Svenska kraftnät samt några av Sveriges större dammägare. Referensgruppen har bidragit med ytterligare exempel på genomförda och potentiella åtgärder.

2) Digital enkät

För att identifiera fler exempel, över större bredd, togs en enkät fram med frågor kring genomförda och möjliga skadeförebyggande åtgärder. Länk till enkäten har distribuerats direkt till möjliga svaranden, via kontakter inom referensgruppen, samt länkats till via branschaktiviteter och digitala nätverk.

3) Telefonintervjuer

Utifrån enkätsvaren valdes några svarande ut för telefonintervju för djupare förståelse av de exempel på skadeförebyggande åtgärder som lyfts fram i enkäten. Resultatet från enkäten redovisas i kapitel 3 och Bilaga 1.

Med dessa kompletteringar erhöles underlag för ytterligare anonymiserade möjliga åtgärder, redovisade i kapitel 4, och exempelanläggningar som ges i Bilaga 2. Utifrån exemplen förs sammanfattande resonemang och rekommendationer lyfts fram, se kapitel 6.

3 Redovisning från digital enkät och intervjuer

En digital enkät användes för att kartlägga inom vilka konsekvenskategorier möjligheter att förebygga risker identifierats, samt för att få ytterligare exempel på skadeförebyggande åtgärder som övervägts eller genomförts kopplat till dammhaveri.

15 personer med följande yrkesroller besvarade enkäten:

- 53 % av deltagarna arbetade som dammtekniskt sakkunnig (DS)
- 13 % av deltagarna arbetade som konsult inom dammsäkerhet
- 27 % av deltagarna arbetade med tillsyn kopplat till dammsäkerhet
- 7 % av deltagarna arbetade med en annan roll kopplats till dammsäkerhet (DSU, besiktning, bygglledning)

Deltagarna fick kryssa i vilka åtgärder som utförts med syftet att minska konsekvenserna vid ett dammhaveri. Resultatet visar att ändring eller anpassning av dammen/dammdelar och förberedelse av beredskapsåtgärder är de vanligaste åtgärderna som utförts. Mer specifikt innefattar åtgärderna följande:

- Avsänkning av magasin eller utrivning för att mildra konsekvenserna vid dammhaveri
- Förstärkningsåtgärder för långsammare förlopp vid dammhaveri
- Skyddsvallar eller kanaler för att leda vattnet nedströms
- Inlösning av fastigheter
- Modifiera dammanläggningar med offerdammar för att styra var ett dammhaveri sannolikt sker
- Erosionsskydd av vägar
- Information till allmänhet och varningssystem

Deltagarna fick även bedöma, utifrån dammanläggningar som de känner till, möjligheten att minska konsekvenserna i de olika konsekvenskategorier som beskrivs vid konsekvensutredning, förutsatt att ett dammhaveri ändå uppkommer. Störst möjlighet sågs i att skydda människoliv och samhällsviktig verksamhet. Åtgärder till skydd för elförsörjning och annan infrastruktur sågs med högre potential, medan skydd mot övrig ekonomisk skadegörelse och skador på natur- och kulturmiljö bedömdes ha lägre potential. Utförlig redovisning av enkätsvaren finns i Bilaga 1.

Av de svarande på enkäten gjordes intervjuer med tre personer, två myndighetsrepresentanter och en dammägare. Syftet med intervjuerna var att utveckla detaljer kring enkätsvaren samt samla in tillräckligt med information kring de konsekvensreducerande åtgärder de intervjuade hade haft erfarenhet av. Åtgärderna från intervjusvaren gav mer information som användes i redovisning av åtgärder, se Kapitel 4 och Bilaga 2.

4 Redovisning av åtgärder

Nedan följer en redovisning av exempel på skadeförebyggande åtgärder som identifierats inför och i projektet, indelade i åtgärder uppströms, vid anläggningen, nedströms samt beredskapsåtgärder och samhällsplanering.

4.1 SKADEFÖREBYGGANDE ÅTGÄRDER UPPSTRÖMS

Vid dammhaverier sker vanligen en snabb avsänkning av magasinet uppströms dammen. Även om en allvarlig skada på dammen uppstår kan det vara nödvändigt att, där det är möjligt, snabbt sänka av magasinet som en beredskapsåtgärd för att undvika ett dammhaveri. Dock kan avsänkningen i sig utgöra en risk för vilka förebyggande åtgärder kan vidtas.

4.1.1 Lokalisering av infrastruktur känsliga för skred

Bebyggelse, vägavsnitt och annan infrastruktur belägen i skredkänsliga områden intill magasinet uppströms kan om möjligt flyttas, och vid samhällsplanering undvikas att placeras på platser som riskerar att påverkas av en snabb avsänkning av vattennivån.

Även om skadeobjekten inte kan flyttas finns ett värde i att kartlägga och beskriva känsliga objekt i beredskapsunderlag, så att vägar kan stängas av, bostäder och arbetsplatser evakueras etc. om en snabb avsänkning sker.

4.1.2 Teknisk skredsäkring

För befintliga byggnader kan skydd genom släntförstärkning eller skredsäkring övervägas. Metoder för förstärkning kan vara tryckbank, jordspikning, släntarmering eller liknande.

4.1.3 Säkring av vattenintag

Vid en del magasin finns vattenintag för olika verksamheter där konsekvenser uppstår av att dammen havererar eller magasinsnivån behöver sänkas av under normal nivå vid befarad allvarlig skada på dammen. Detta kan vara verksamheter som vattenverk, kylvattenintag, intag för brandsprinkler eller processvattenintag för industrier. Metoder för att reducera konsekvenser för dessa får om de övervägs bedömas utifrån hur kritiskt vattenintaget är för verksamheten, och hur viktig verksamheten i sig själv är, samt ställas i relation till kostnad för åtgärden.

I vissa fall kan konsekvenser minskas genom att förbereda en plan för att temporärt kompensera för uteblivet vattenintag, exempelvis med en beredskapsplan för hur reservvattenförsörjning löses om behovet uppstår. Särskild utrustning för reservvattenförsörjning kan exempelvis införskaffas och lagerhållas, men behöver i så fall regelbundet testas och/eller kontrolleras för att säkerställa funktionen.

För fall där säker vattenförsörjning utan även kortare störning är viktig kan

reservsystem för vattenintag, exempelvis med hjälp av pumpar från vattenförekomster nedströms övervägas. Detta kan gälla såväl vattenintag viktiga för samhället som vattenförsörjning som är kritiska för en enskild industri där de ekonomiska konsekvenserna av utebliven vattenförsörjning är stora, såsom exempelvis pappers- och massaindustrier eller järn- och stålverk.

4.2 SKADEFÖREBYGGANDE ÅTGÄRDER VID DAMMEN

Fysiska åtgärder, ombyggnad eller annan anpassning av dammbyggnaden kan anpassas så att konsekvenser av ett dammhaveri minskar. Detta kan ske genom att förstärka dammen så att den blir "segare", eller för vissa scenarion kommer att haverera på ett mera förutsägbart sätt. Vid ett långsammare förlopp ökar chansen att ett dammhaveri upptäcks i tid för att berörda personer kan varskos och beredskapsåtgärder för att minska andra konsekvenser vidtas.

4.2.1 Tåförstärkning och nedströms erosionsskydd

En vanlig åtgärd för att öka säkerheten vid befintliga fyllningsdammar är att anlägga en tåförstärkning eller nedströms erosionsskydd. Åtgärden vidtas normalt som en förstärkning av dammen för att minska sannolikheten för dammhaveri, genom att göra så att nedströms stödfyllning i samverkan med erosionsskyddet av nedströmsslänten, inklusive dammtån, blir motståndskraftig mot det läckage som kan uppstå vid en skada på tät kärnan, så att skadan inte utvecklas till ett dammhaveri.

Enligt RIDAS dimensioneras åtgärden för fyllningsdammar i dammsäkerhetsklass A och B för att säkert hantera ett dimensionerande läckage.



Figur 1. Nedströmssidan av en fyllningsdamm förstärks med erosionsskydd, vilket kommer att förlänga tiden för ett dammhaveri genom inre erosion att utvecklas.

Beroende på hur ett nedströms erosionsskydd eller tåbank utformas kommer

utvecklingstiden för en brottöppning i dammen vid ett damm haveri att påverkas. Brottutvecklingstider finns kartlagda enligt metoder redovisade i ICOLD BULLETIN 164 [1], tydligare beskrivet av Foster, Fell, m.fl. [2], och redovisas i Figur 2. Värderingstabeller för utvecklingstid enligt Foster, Fell, m.fl. [2] enligt metodik senare inkluderad i ICOLD BULLETIN 164 [1]. Markeringarna i tabellen visar hur exempel på hur förändringar av dammen kan påverka brottöppningens utvecklingstid. Genom att förändra parameter *Rate of Erosion* finns potential att förlänga brottöppningens utvecklingsfas från att ske på några timmar, till dagar eller veckor.

Table 7. Influence of Material in Downstream Zone of Embankment, or in Foundation, on Likely Time for Development of Breach

Material description	Likely breach time
Coarse grained rockfill	Slow-medium
Soil of high plasticity (liquid limit > 50%) and high clay size content including clayey gravels	Medium-rapid
Soil of low plasticity (liquid limit < 35%) and low clay size content, all poorly compacted soils, silty sandy gravels	Rapid-very rapid
Sand, silty sand, silt	Very rapid

Table 8. Method for Approximation Estimation of Time for Progression of Piping and Development of Breach, for Breach by Gross Enlargement, and Slope Instability Linked to Development of Pipe

Factors Influencing the Time for Progression and Breach				Approximate likely time—qualitative	Approximate likely time—quantitative
Ability to support a roof ^a	Rate of erosion ^b	Upstream flow limiter ^c	Breach time ^d		
Yes	R or VR	No	VR or R-VR	Very rapid	< 3 h
Yes	R	No	R	Very rapid to rapid	3–12 h
Yes	R-M	No	VR		
Yes	R	No	R-M	Rapid	12–24 h
Yes	R-M, or M	No	R		
Yes	R	Yes	R or VR		
Yes	R	No	M or S	Rapid to medium	1–2 days
Yes	R-M, or M	No	M or M-S		
Yes	R or R-M	Yes	R or R-M		
Yes	M or R-M	No	S	Medium to slow	2–7 days
Yes	R-M or M	Yes	S		
Yes	M	Yes or No	S	Slow	Weeks—even months or years

Notes: VR=Very Rapid; R=Rapid; M=Medium; S=Slow.

Figur 2. Värderingstabeller för utvecklingstid enligt Foster, Fell, m.fl. [2] enligt metodik senare inkluderad i ICOLD BULLETIN 164 [1]. Markeringarna i tabellen visar hur exempel på hur förändringar av dammen kan påverka brottöppningens utvecklingstid.

Vid förstärkning av en damm med en tåbank och nedströms erosionskydd kan det därför vara lämpligt att även beakta hur lång brottutvecklingstid som kan uppnås beroende på dimensioneringen.

Med en långsammare brottutveckling ökar chanserna att händelsen upptäcks tidigare och beredskapsåtgärder kan vidtas i större omfattning. Med mera tid ökar chansen att förståndiga beslut hinner fattas. Detta ökar sannolikheten att människor som befinner sig i riskområde hinner varnas och evakueras, och ger även andra möjligheter att minska konsekvenserna. Det gäller även om skadan fortsätter utvecklas till ett fullbordat damm haveri.

Vid design av tåbanken är mycket viktigt att filter och lagerföljd väljs med beaktande av den befintliga dammens materialuppbyggnad. Påfört material ska ha högre hydraulisk konduktivitet så att förhöjda porttryck inte riskerar att byggas upp inne i dammen.

4.2.2 Anpassning av krönnivåer och överströmningsförmåga

För vissa dammar, i synnerhet långa dammar eller dammanläggningar med flera dammenheter och dammdelar, kommer förloppet i händelse av dammhaveri att bli olika beroende på var det sker. Då vissa scenarion är väsentligt "mildare" kan finnas anledning att överväga att styra ett haveri dit – även utan att det betraktas fullt ut som en offerdamm för hantering av höga flöden. Åtgärder kan vara att selektivt höja dammkrön och fribord, eller anlägga kraftiga erosionsskydd för att skydda krön och nedströmsslänter på de delar av dammen där ett haveri till följd av krönöverströmning skulle ge allvarligast konsekvenser.

4.2.3 Instrumentering och övervakning

Med en effektiv instrumentering och övervakning ökar möjligheterna att upptäcka och åtgärda en skada på en dammanläggning innan den går till brott. För snabbare förlopp och dammhaverier, om avsänkning av magasin eller andra åtgärder inte hinner påbörjas eller avslutas, kan ändå en effektiv övervakning av dammen, inklusive ett välfungerande system för att larma för avvikelser i ett automatiskt dammätningssystem ge minskade konsekvenser vid ett dammhaveri. Ju tidigare en beredskapsplan aktiveras desto större möjligheter finns att genom varsel, varningar och andra skyddsåtgärder minska konsekvenser av ett dammhaveri.

4.2.4 Reducerad dämning eller utrivning

Att minska dämningarnivån i magasinet, och därigenom minska belastningen på dammen liksom den indämda volymen har en direkt koppling till förlopp för dammhaveri som ger minskade konsekvenser. Givetvis kommer även magasinnyttan att påverkas. Användning och nytta av regleringsmagasinet liksom riskbildningen kopplat till ett dammhaveri ändras dock över tid, vilket leder till att avvägandet mellan nytta och riskexponering behöver utvärderas på nytt. I vissa fall kan en sänkning av dämningens gränser, exempelvis i kombination med att dammen förses med ett överfallsutskov med fast tröskel, leda till både bättre avbördningssäkerhet och därmed lägre sannolikhet för dammhaveri, men även minskade konsekvenser om dammhaveriet uppstår eftersom lössläppvattenvolym blir lägre. "Tröskelvärden" relativt enskilda skadeobjekt kopplad till indämd volym kan exempelvis eftersökas.

Även utrivning eller partiell utrivning där delar av det som ursprungligen utgjorde dammkroppen lämnas kvar innebär naturligt att risken för dammhaveri elimineras eller reduceras.

4.3 SKADEFÖREBYGGANDE ÅTGÄRDER NEDSTRÖMS

Nedströms återfinns vanligtvis de typiska skadeobjekten som påverkas direkt om ett dammhaveri uppkommer. Utifrån deras placering och omfattning kan olika fysiska åtgärder, inklusive omlokalisering, vara aktuella att vidta.

4.3.1 Rivning, flytt eller ändring av byggnader

Om en eller ett fåtal bostadshus eller andra byggnader medför att dammen utgör en betydande risk i händelse av ett dammhaveri kan övervägas om dessa kan lösas in och rivas, flyttas eller användas för andra syften där konsekvenserna blir lägre. Andra objekt som kan omlokaliseras är exempelvis rastplatser, campingplatser eller liknande. Annan samhällsinfrastruktur som kan flyttas, eller placeras säkert redan vid planering kan vara anläggningar för elförsörjning, telekommunikation, väg- eller järnvägssträckor.

4.3.2 Skydd av byggnader eller annan infrastruktur

Hus eller annan infrastruktur kan även skyddas med invallningar, ledmurar eller erosionsskydd av utsatta slänter som dammbrottsflödet riskerar att skada eller annan ändring av topografi, för att hindra utströmmande vatten från att skada objekten. Ett annat exempel kan vara erosionsskydd av stolpfundament för kraftledning.

Åtgärder av denna typ bedöms vara aktuell främst när det gäller enstaka utsatta skadeobjekt, eller där det kan kombineras med ett översvämningsskydd som skyddar skadeobjekten i högflödessituationer även utan att ett dammhaveri inträffar. I vissa fall kan kanske översvämningsskyddet utökas något och därigenom ge extra skydd även för dammhaverier – som har högre sannolikhet att inträffa i högflödessituationer.

4.3.3 Hydraulisk överdimensionering av broar

Broar som passerar vattendrag nedströms en damm som havererar löper stor risk att skadas eller förstöras till följd av dammhaveriet. Ett broars innebär ekonomisk skadegörelse, påverkan på väginfrastruktur och kan utgöra risk för trafikanter på vägen då bron rasar eller rasat. Rör det sig om enstaka eller ett mindre antal broar och dammbrottsflödet inte är alltför mycket större än en högflödessituation en bro ändå skulle dimensioneras för att klara kan övervägas om brons spann och höjd kan utökas så att även dammbrottsflödet kan hanteras. Utöver att hantera själva dammbrottsflödet måste även beaktas att drivgods vid dammhaveri i många fall kommer att spolras med och riskera att fastna i en bro.

4.3.4 Överdimensionering broar och vägars kapacitet och bärighet

När vattendraget nedströms en damm korsas av eller i händelse av dammhaveri riskerar att översvämma och skada en vägsträcka som utgör viktig samhällsinfrastruktur kan undersökas vilka alternativa vägar som finns. Om en alternativ mindre väg finns eller med rimliga medel kan iordningsställas kan detta innebära minskade konsekvenser i händelse av ett dammhaveri. Det kan exempelvis vara aktuellt att i förväg uppgradera bärigheten för broar på mindre vägar, så att dessa kan fungera som alternativ vägsträckning även för lastbilstrafik om den ordinarie vägen skulle ha skadats till följd av ett dammhaveri. Med alternativa vägsträckor som inte hotas av dammbrottsflödet skapas redundans i samhällsinfrastruktur och minskade konsekvenser om delar av denna skadas.

4.3.5 Skydd av kemikalier och föroreningar

Potentiella miljöskador till följd av ett dammhaveri kan exempelvis vara översvämning och utsläpp av kemikalier vid en industri, erosion eller urlakning av föroreningar vid översvämning av områden eller lokaler där miljöfarlig verksamhet pågår eller tidigare pågått. Vid lokala konsekvenser i närheten av en damm, exempelvis vid en industri som av historiska skäl är lokaliserad till området precis nedströms dammen kan upplagsplatser och förvaringsutrymmen av kemikalier flyttas till en plats som inte påverkas av dammhaveriet. Förorenad mark som riskerar att eroderas vid ett dammhaveri kan möjligen skyddas med erosionskydd.

4.4 BEREDSKAPSÅTGÄRDER OCH SAMHÄLLSPLANERING

Utöver fysiska åtgärder kommer planering och beredskap både hos dammägaren, av haveriet direkt eller indirekt berörda personer och verksamheter liksom samhället i stort att påverka vilka konsekvenser som uppkommer.

4.4.1 Samordnad beredskapsplanering

För de stora älvarna finns en utarbetad metod för arbete med beredskap för dammhaveri, samordnad beredskapsplanering, vilket bl.a. stöds av Svenska kraftnät med vägledningar och rutiner. Att detta arbete sker effektivt och hålls aktuellt har mycket stor potential att reducera konsekvenser av ett storskaligt dammhaveri i Sverige, men detta bedöms ligga utanför ramen denna rapport.

4.4.2 Lokala beredskapsplaner

För att bättre kartlägga konsekvensbilden i händelse av dammhaveri för en enskild anläggning finns en modell för samordnad lokal beredskapsplanering framtagen av Svenska kraftnät. Lokala beredskapsplaner har också relativt stor potential att reducera konsekvenser av dammhaveri, men även detta bedöms ligga utanför ramen denna rapport.

Utöver att fokusera på lokala skadeobjekt bör en lokal beredskapsplan där så är relevant även inkludera planer för beredskapsåtgärder som för anläggningen specifikt kan reducera konsekvenserna av ett dammhaveri genom att påverka haveriförloppet. Det kan vara förberedelser för åtgärder lokalt såsom avgrävning av dammdelar med lägre konsekvenser vid haveri, påförsel av beredskapsmassor för att bromsa brottförloppet, etc.

4.4.3 Beredskapsplaner och utbildning vid specifika objekt

För mindre dammar där endast ett begränsat område med enstaka skadeobjekt påverkas ses en möjlighet att utveckla och tillämpa beredskapsplaner på ett annat sätt. För exempelvis arbetsplatser eller industrier som är belägna vid en dammanläggning kan det ha stor betydelse för konsekvenserna hur personer som uppehåller sig omedelbart nedströms dammen beter sig och agerar. Om möjliga scenarion för dammhaverier beskrivs detaljerat och inkluderas i exempelvis ett arbetsmiljöutbildningsmaterial, och krav ställs på att personal som arbetar eller

självständigt vistas nedströms dammen genomgår utbildningen och tränar scenarion, kan risken att någon skadas minskas. Utrymningsvägar och återsamlingsplatser väljs så att de är säkra vid dammhaveri. Allmänt ökad kunskap om dammars funktion och vilka risker de utgör hos personer som vistas intill dammen, men vars arbetsuppgifter normalt är andra, kan även öka sannolikheten att en skada uppmärksammas i ett tidigt skede.

Motsvarande resonemang kan även föras gällande enstaka bostäder eller andra arbetsplatser nedströms dammar, så att berörda personer genom information ska ges bästa möjlighet att agera säkert vid ett befarat problem med dammen.

4.4.4 Riskmedveten och förebyggande samhällsplanering

Vid övergripande och detaljerad samhällsplanering finns möjligheter att reducera konsekvenser av dammhaveri genom att beakta och ta hänsyn till skadegörelse till följd av ett dammhaveri. Genom att jämföra planer, föreslagna infrastrukturprojekt och placering av viktiga samhällsfunktioner med konsekvensutredningar och utbredningskartor för översvämningar till följd av dammhaverier kan underlag erhållas för väl avvägda och riskmedvetna beslut. Dammägare, myndigheter och andra med kännedom om scenarion för dammhaveri kan vara vaksamma kring samhällsutveckling och påpeka potentiella risker så att dessa vägs in i ett tidigt skede.

4.5 KOMBINATION AV ÅTGÄRDER

Vid en sammanvägning av olika konsekvensreducerande åtgärder ses möjligheter till samverkan. Det tydligaste exemplet är att en lokal beredskapsplan tillsammans med åtgärder som fördröjer förloppet vid ett dammhaveri, eller en stärkt instrumentering som möjliggör tidigare upptäckt och därmed initiering av beredskapsplanen, kan samverka positivt. Tidig upptäckt av ett problem med en damm, liksom en effektiv organisation för att fatta beslut om exempelvis utrymning trots att tillgänglig information kan vara begränsad, är givetvis en viktig faktor även för anläggningar med mycket stora konsekvenser.

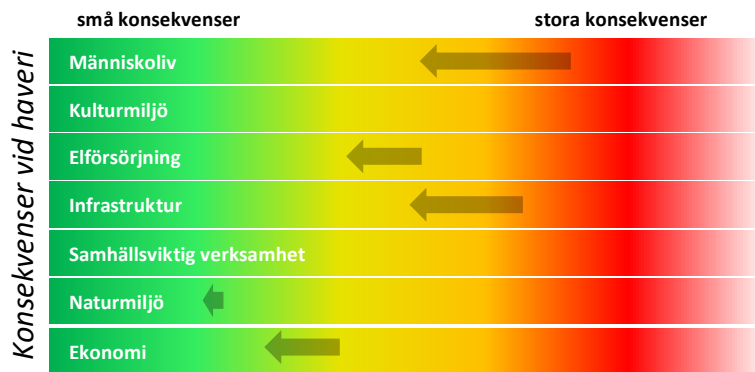
5 Redovisning av exempelanläggningar

En del av de exempel på åtgärder för att minska konsekvenser vid dammhaseri, som redovisas under Kapitel 4, är hämtade från verkliga fall där åtgärder planerats, genomförts, övervägts. För att mera tillämpligt visa hur åtgärder kan utformas för specifika anläggningar ges några exempel, i Bilaga 2. Exempelen är delvis hämtade från eller inspirerade av verkliga dammanläggningar, men i förekommande fall anonymiserade för att uppfattas som generella. I Tabell 1 ges en sammanställning av vilka typer av åtgärder för att minska konsekvenser som tillämpas i respektive redovisat exempel.

Tabell 1. Sammanställning av de i Bilaga 2 redovisade tillämpningarna av åtgärder för minskade konsekvenser vid dammhaseri.

<u>Tillämpat exempel enligt Bilaga 2</u>	1. Löjefors kraftverk	2. Dvärgströmmens pappersbruk	3. Nalleforts stålverk	4. Jätteälvens regleringsmagasin	5. DeponivalLEN	6. Skredintagsdammen
<u>Åtgärder enligt kapitel 4</u>						
4.1 UPPSTRÖMS						
4.1.1 Lokalisering av infrastruktur känsliga för skred						
4.1.2 Teknisk skredsäkring						x
4.1.3 Säkring av vattenintag			x			
4.2 VID DAMMEN						
4.2.1 Tåförstärkning och nedströms erosionsskydd	x					
4.2.2 Anpassning av krönnivåer och överströmningsförmåga						
4.2.3 Instrumentering och övervakning		x				
4.2.4 Reducerad dämning eller utrivning						
4.3 NEDSTRÖMS						
4.3.1 Rivning, flytt eller ändring av byggnader						
4.3.2 Skydd av byggnader eller annan infrastruktur			x		x	
4.3.3 Hydraulisk överdimensionering av broar						
4.3.4 Överdimensionering broar och vägars kapacitet						
4.3.5 Skydd av kemikalier och föroreningar		x			x	
4.4 BEREDSKAPSÅTGÄRDER OCH SAMHÄLLSPLANERING						
4.4.1 Samordnad beredskapsplanering				x		
4.4.2 Lokal beredskapsplanering						
4.4.3 Superlokala beredskapsplaner		x	x			
4.4.4 Riskmedveten och förebyggande samhällsplanering				x		
4.4.5 Redundans i samhällsinfrastruktur				x		

För de i Bilaga 2 redovisade exemplen görs en sammanfattande beskrivning av vilken potential att minska konsekvenserna som ses, dels i text, och dels i figur/diagram enligt Figur 3.



Figur 3. Illustration av vilken potential som ses att minska konsekvenser i händelse av damm haveri - orienterat utifrån de skadekategorier som beaktas för fastställande av dammsäkerhetsklass.

Pilarna i figuren illustrerar vilka och hur stora möjligheter som ses att reducera konsekvenser för anläggningen.

6 Resultat och slutsats

Undersökningen inleddes baserat på erfarenheter från några exempel där åtgärder som begränsar konsekvenser av ett dammhaveri identifierats och övervägts eller genomförts. För att bredda bilden genomfördes en enkätundersökning med målet att kartlägga i vilka skadekategorier potential att minska konsekvenser av dammhaveri främst ses, och om möjligt hur stor potentialen är. Vidare eftersöktes fler konkreta exempel. Antalet erhållna svar var dock inte så stort vilket gör att värdet av undersökningen var begränsat.

Utifrån de ursprungliga exemplen och några ytterligare som erhöles via referensgruppen och enkäten konstruerades sex fiktiva exempel på dammanläggningar där potential att minska konsekvenser vid dammhaveri beskrivs i text och diagram, se Kapitel 5 och Bilaga 2.

Utifrån redovisade exempel och resonemangen kopplade till dessa fall drar rapportförfattarna följande huvudsakliga slutsatser;

- 1) För dammanläggningar där konsekvenserna av ett dammhaveri berör ett begränsat område och/eller mindre antal skadeobjekt ses en betydande potential att minska konsekvenser av ett dammhaveri genom att gå igenom vilka skadescenarion som finns och vilka förebyggande åtgärder som är möjliga.

En utförligt dokumenterad konsekvensutredning utgör lämpligt underlag för detta.
- 2) Att vidta åtgärder som begränsar skador i händelse av dammhaveri kan övervägas oavsett om det resulterar i en reduktion av dammsäkerhetsklass eller inte. Vilka åtgärder som tas vidare får avgöras av hur stor potential att minska konsekvenserna som ses relativt åtgärdernas omfattning/kostnad.
- 3) För stora dammar med omfattande konsekvenser minskas dessa främst genom att arbeta brett med beredskap för dammhaveri, så som sker inom ramen för samordnad beredskap för dammhaveri, eller som beskrivits i Energiforsk rapport *Vattenhantering i reglerade älvar vid svåra situationer* [3]. Där betydande konsekvenser kan kopplas till enskilda skadeobjekt kan dock finnas anledning att utvärdera om särskilda skyddsåtgärder kan vara möjliga även för stora anläggningar, liknande punkt 1 ovan.
- 4) För anläggningar där möjligheter ses att genom ombyggnad av dammen göra förloppet för dammhaveri långsammare, eller genom instrumentering öka sannolikheten att tidigare upptäcka ett akut problem som kan leda till ett dammhaveri, ökar chansen att en beredskapsplan hinner verkställas och därigenom minska konsekvenserna av ett haveri. Där betydande skillnader i konsekvenser ses beroende av vilken del av dammen som

havererar kan exempelvis krönhöjden för den del av en fyllningsdamm där ett haveri ger mindre konsekvenser göras lägre.

För att vid en anläggning systematiskt överblicka potentiella åtgärder för att minska konsekvenserna av ett dammhaveri kan det underlätta att illustrera identifierade konsekvenser i diagram motsvarande Figur 3 såsom gjorts för de exempel som redovisas i Bilaga 2. Det ger en visualisering och tydligare bild av vilka konsekvenser det finns potential att reducera.

Att sammanställa och illustrera konsekvenser på detta eller liknande sätt kan lämpligen göras i samband med revidering av underlag för dammsäkerhetsklassning inför helhetsbedömning.

Då konsekvensutredningar är dokument som kommuniceras med länsstyrelser som fattar beslut om dammsäkerhetsklass finns även möjlighet för länsstyrelsen att gå igenom underlag för att i dialog med verksamhetsutövare med ansvar för dammsäkerhet att identifiera åtgärder för att minska konsekvenser av dammhaveri.

7 Referenslista

- [1] ICOLD Bulletin 164 INTERNAL EROSION OF EXISTING DAMS, Levees and Dikes, and their Foundations, 2017
- [2] Time for Development of Internal Erosion and Piping in Embankment Dams, Fell, Wan, Cyganiewicz och Foster, 2003
- [3] Energiforsk, "Vattenhantering i reglerade älvar vid svåra situationer" Energiforsk rapport 2019:613, 2019.
- [4] Energiforsk, "Metodhandbok för vattenhanteringsgrupp, utgåva 1" Bilaga till Energiforsk rapport 2019:613, 2019.
- [5] Energiforsk, "Vattenhanteringsgrupp i Ångermanälven" Energiforsk rapport 2020:712, 2019.

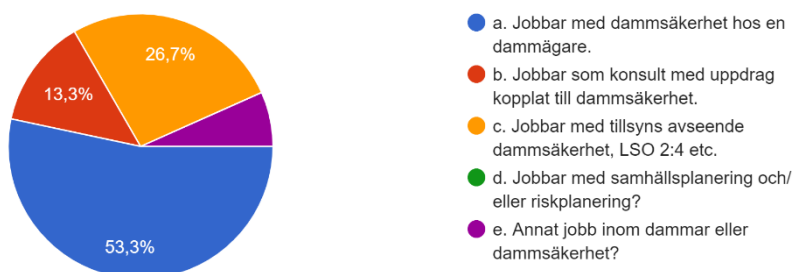
Bilaga 1: Resultat från enkät och intervjuer

Bilaga som redovisar erhållna svar i enkät *Energiforskningsprojekt- Riskreducerande åtgärder vid dammhaveri*. Enkäten utgjordes dels av ett antal frågor som skulle besvaras, dels av en länk redovisande exempel på konsekvensreducerande åtgärder tillämpat vid exempelanläggningar. Exempelen var tänkta att fungera som inspiration för de som svarade på enkäten, för att genom enkätsvaren erhålla ytterligare exempel på åtgärder.

15 personer med följande yrkesroller besvarade enkäten:

1. Vilken är din yrkesroll kopplat till dammsäkerhet?

15 svar



Deltagarna fick kryssa i vilka åtgärder som utförts med syftet att minska konsekvenserna vid ett dammhaveri:

2. Vilka genomförda åtgärder känner du till som utförts i syfte att minska konsekvenserna vid ett dammhaveri?

14 svar

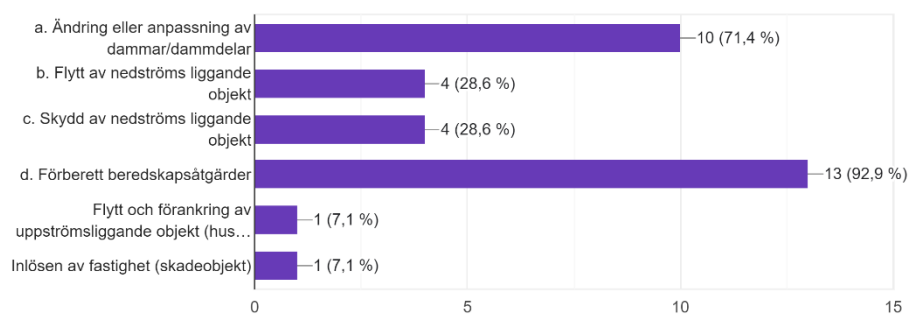


Diagram 1-0. Svarsdiagram över vilka åtgärder som enkätsvarande kände till var genomförda (utifrån fasta svarsalternativ).

Deltagarna fick även utifrån de dammanläggningarna som de känner till bedöma potentialen, på en skala 1 – 5, att minska konsekvenserna i de olika kategorierna förutsatt att ett dammhaveri ändå uppkommer. Följande resultat erhöles:

Människoliv

15 svar

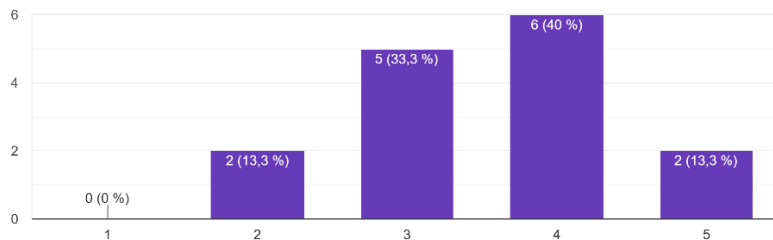


Diagram 1-1. Svardsdiagram över vilken potential svarande såg i att med förebyggande åtgärder minska konsekvenser för *människoliv* i händelse av dammhavari.

Kulturmiljö

14 svar

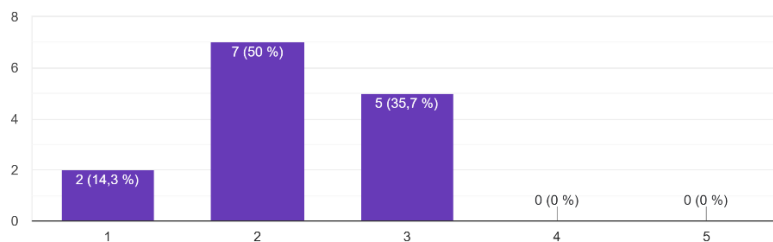


Diagram 1-2. Svardsdiagram över vilken potential svarande såg i att med förebyggande åtgärder minska konsekvenser för *kulturmiljö* i händelse av dammhavari.

Elförsörjning

14 svar

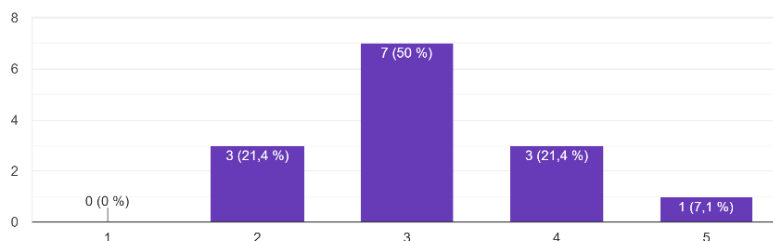


Diagram 1-3. Svardsdiagram över vilken potential svarande såg i att med förebyggande åtgärder minska konsekvenser för *elförsörjning* i händelse av dammhavari.

Infrastruktur

15 svar

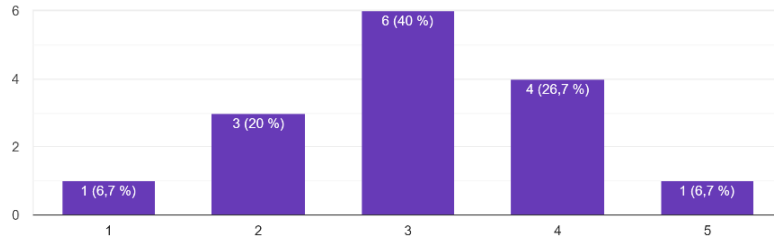


Diagram 1-4. Svardsdiagram över vilken potential svarande såg i att med förebyggande åtgärder minska konsekvenser för *infrastruktur* i händelse av dammhaseri.

Samhällsviktig verksamhet

14 svar

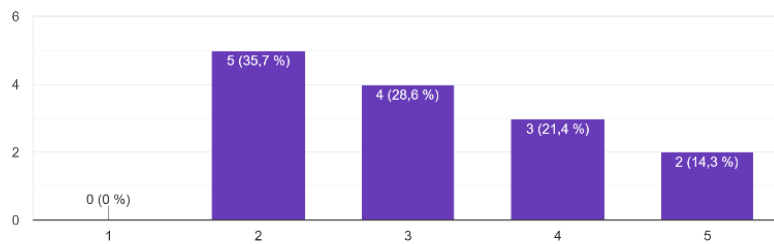


Diagram 1-5. Svardsdiagram över vilken potential svarande såg i att med förebyggande åtgärder minska konsekvenser för *samhällsviktig verksamhet* i händelse av dammhaseri.

Naturmiljö

14 svar

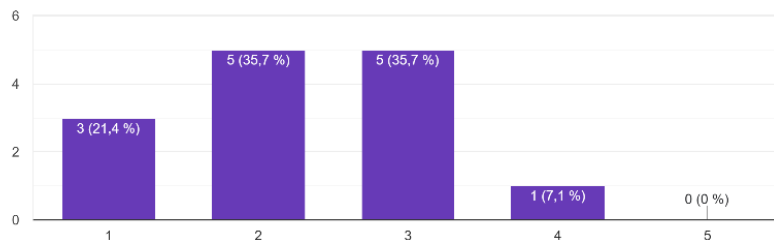


Diagram 1-6. Svardsdiagram över vilken potential svarande såg i att med förebyggande åtgärder minska konsekvenser för *naturmiljö* i händelse av dammhaseri.

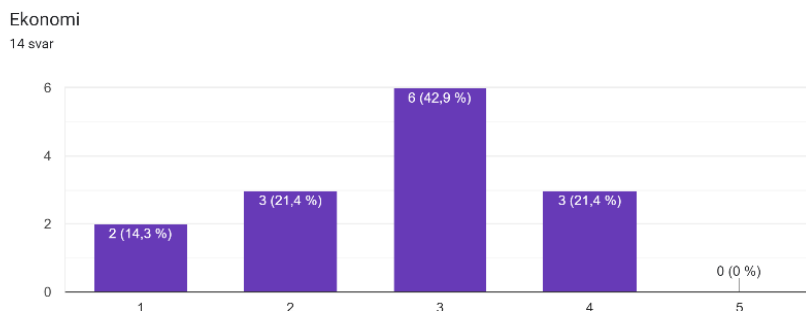


Diagram 1-7. Svardsdiagram över vilken potential svarande såg i att med förebyggande åtgärder minska konsekvenser för *ekonomi* i händelse av dammhaveri.

För att ytterligare ta del av erfarenhet och tankar kring skadeförebyggande åtgärder som övervägts eller genomförts kopplat till dammhaveri intervjuades tre av de personer som svarat på den digitala enkäten och som lyft fram intressanta exempel i sina enkätsvar. Nedan redovisas resonemang från intervjuade personer.

INTERVJU 1 – MYNDIGHETSREPRESENTANT

Personen arbetar som vattenhandläggare kopplat till dammsäkerhetsfrågor (Miljöbalken). De genomförda åtgärder kopplat till minskning av konsekvenser som personen varit del av innefattar anpassning av dammar/dammdelar, utrivning av dammar och framtagande av beredskapsplaner. Personen ser kategori "Infrastruktur" som mest lämpade kategorin att kunna genomföra åtgärder för att minska konsekvenser vid ett dammhaveri. Följande exempel diskuterades och tydliggjordes under intervjun:

- Damm för dricksvattenförsörjning: I detta fall handlade det om att renovera och uppgradera dammen så att ägarens skador (i detta fall kommunen) minimeras vid ett ev. dammhaveri. Uppgradering som nämndes handlade om förstärkning av dammtå, byte av filtermaterial samt ombyggnad till betong från stenmurverk.
- Framtagande och uppdatering av beredskapsplaner för mindre anläggningar och industrier: Genom att ha en dialog med dammägare och redovisa de konsekvenserna förknippade med ett dammhaveri vid anläggningen kan dammägaren få hjälp så att en lokal beredskapsplan tas fram vilket anses kunna minska konsekvenser vid dammhaveri.

INTERVJU 2 – MYNDIGHETSREPRESENTANT

Personen arbetar med tillsyn av dammsäkerhet enligt miljöbalken. De genomförda åtgärder kopplat till minskning av konsekvenser som personen varit del av innefattar anpassning av dammar/dammdelar, flytt av nedströmsliggande skadeobjekt och arbete med beredskapsplaner. Person 2 ser kategorierna "Elförsörjning" och "Människoliv" som mest lämpade kategorier att kunna

genomföra åtgärder för att minska konsekvenser vid ett dammhaveri. Följande exempel diskuterades och tydliggjordes under intervjun:

- Ställverk i anslutning till vattenkraftverk: I detta fall handlar det om att flytta befintliga ställverk eller placering av nya ställverk i anslutning till vattenkraftverk. Ställverk i anslutning till vattenkraftproduktion kan komma att påverkas och flytt av dessa minska de samhällsekonomiska konsekvenserna och konsekvenser för elförsörjningen vid ett dammhaveri.
- Spärrdamm i anslutning till bebyggelse: Genom att förstärka dammens skick och uppgradera den med rätt filtermaterial ansågs konsekvenserna vid dammhaveri kunna reduceras.

INTERVJU 3 - ÄGARREPRESENTANT

Personen arbetar på ett ägarbolag som äger och förvaltar dammanläggningar. I samband med arbetet med konsekvensutredningar och riskanalyser hade ett område identifierats där några bostäder under vissa omständigheter riskerade att översvämmas. Olika åtgärder övervägdes, såsom att förstärka och uppgradera dammen som vid haveri riskerade att påverka området, samt skydda husen genom att bygga en skyddsvall så att det relativt begränsade dammbrottsflödet som förutsågs skulle ledas undan så att konsekvenserna, och därigenom riskerna minskar. Dessa fysiska åtgärder ses som möjliga åtgärder som kan förebygga konsekvenser i händelse av dammhaveri så att klassificeringen av dammen sänks, men även dialogen med boende skapar en värdefull medvetenhet hos berörda vilket också minskar risken – om än inte i sådan grad att klassificeringen ändras.

Bilaga 2: Exempel på tillämpning

Bilagan ger exempel på åtgärder som vidtas för att reducera konsekvenser i händelse av dammhaveri. Exempelen är delvis hämtade från eller inspirerade av verkliga dammanläggningar, men i förekommande fall anonymiserade för att uppfattas som generella.

EXEMPEL 1 – LÖJEFORS KRAFTVERK

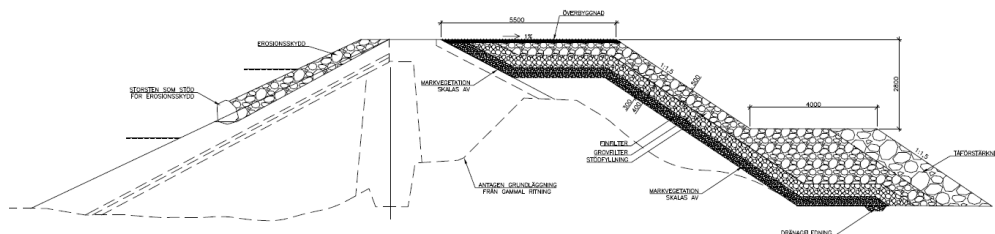
Anläggningen består av en regleringsdamm för ett mindre vattenkraftverk samt en spärrdamm. Uppströms dammarna finns en mindre vattenspegel som via ett sund förbinds med en lite större sjö med sammanlagd areal på ca 1,5 km².



Figur 1-1. Spärrdammen vid Löjefors kraftverk.

Regleringsdammen utgörs av en betongdamm som ligger i den ursprungliga åfåran. Spärrdammen, som dämmer upp vattnet och hindrar det från att söka en annan väg där ingen naturlig spillfåra finns, utgjordes av en homogen fyllningsdamm med en vägbana på dammkroppen. Ett tänkbart scenario för dammhaveri skulle kunna ge ett snabbt förlopp med dammbrottsflöden på i storleksordningen sätt 35 – 45 m³/s beroende på flödescenario. De förlopp som skulle kunna ge upphov till detta vore en utglidning av dammens nedströmsslänt eller snabbt propagerande bakåtgripande erosion vid ett läckage i dammen. Vid ett haveri på spärrdammen påverkas främst mot några lokaler för näringsverksamhet nedströms som skulle omges av strömmande vatten. Viss påverkan förutsågs också på en större väg som skulle översvämmas, samt ekonomisk skada kopplat till att verksamheten i lokalerna skulle påverkas under en längre tid.

Den säkerhetshöjande åtgärd som vidtogs blev att förse dammen med ett kraftigt erosionskydd och tåbank på nedströmssidan, enligt Figur 1-2.

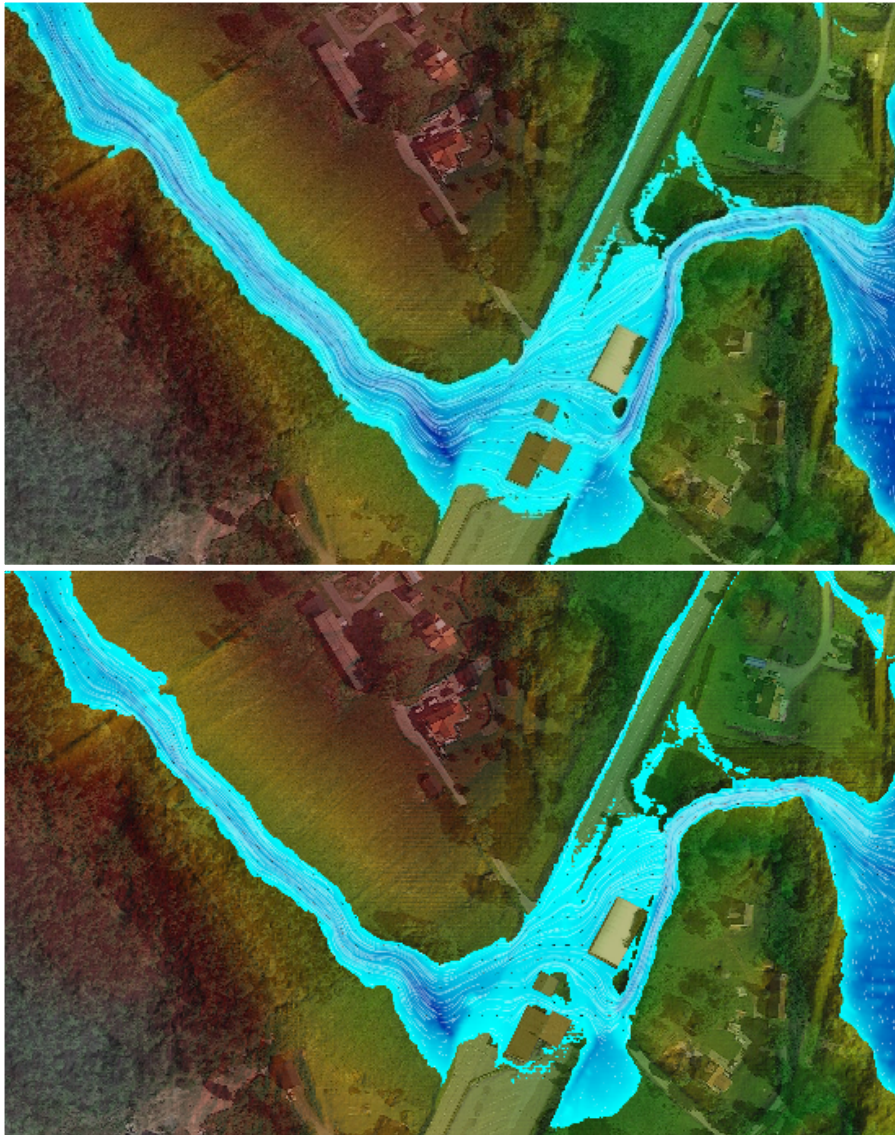


Figur 1-2. Principskiss som visar förstärkningen av Løjefors späddamm.

Åtgärden syftar dels att förstärka dammen för säker funktion under lång tid, men vid konstruktion valdes att överdimensionera tåförstärkningen så att ett möjligt damm haveri – om det trots allt skulle uppstå till följd av inre erosion eller vid en begränsad krönöverströmning – skulle ske så långsamt att dammbrottsflödet som skulle utvecklas ökar med så låg hastighet att riskerna för människor som befinner sig i nedströmsområdet blir försumbar.

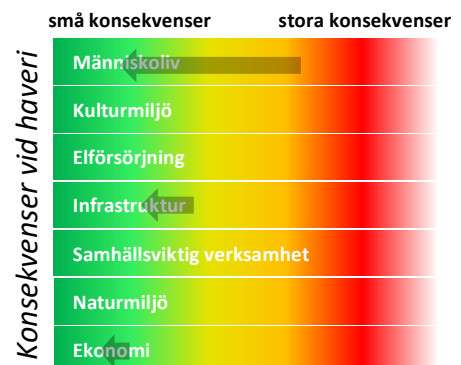
Konstruktionen gjordes för att svara upp mot dammkroppen så som den beskrivs i metodik för att bestämma utvecklingstid för brottöppningar enligt ICOLD Bulletin 164 [1], tydligare beskrivna i en artikel från JOURNAL OF GEOTECHNICAL AND GEOENVIRONMENTAL ENGINEERING [2] tabell 7 och 8, så att dammhaveriet som tidigare bedömdes kunna uppkomma hastigt, på < 3 timmar, istället skulle behöva 2 – 7 dagar att utvecklas. Förändringen innebar att inverkan av förträngningen uppströms dammen väsentligt begränsar det maximala dammbrottsflödet. Med en brottutvecklingstid på 15 minuter beräknades det maximala dammbrottsflödet uppgå till ca 35 m³/s i en normal flödesituation. I stället antogs en brottutvecklingstid på 48 timmar vilket vid modellering resulterade i en maximal utströmning på 13 m³/s med ett mindre beräknat utbredningsområde och väsentligt lägre vattenhastighet, se Figur 1-3.

I det aktuella fallet visade provgrovsgrävning i den ursprungliga dammen höga portryck i nedströmsslänten, med tätt material direkt under vegetationskiktet. Därmed fanns inte risk att försämra befintliga portryck i dammen genom att lägga filter mot dammkroppen.



Figur 1-3. Översvämningens utbredning vid antagande om brottöppningens utvecklingstid. 15 minuter respektive 48 timmar. Vattendjup och vattenhastighet runt de berörda byggnaderna beräknas minska väsentligt till följd av att det maximala dammbrottsflödet beräknas minska från 35 m³/s till 13 m³/s.

Åtgärderna medför sammantaget att risken för förlust av människoliv minskar, främst på grund av att vattnets stighastighet blir så långsam att personer med stor säkerhet kan antas hinna sätta sig i säkerhet innan översvämningen till följd av damm haveriet blir betydande. Lägre vattendjup och vattenhastigheter bidrar också till en lägre risk. Vidare kommer skador på infrastruktur, främst vägar, och byggnader att bli lägre vilket påverkar den samlade bilden av konsekvenserna.



EXEMPEL 2 – DVÄRGSTRÖMMENS PAPPERSBRUK

Anläggningen består av flera dammar och dammdelar som dämmer upp ett mindre magasin. Nära nedströms finns en större sjö, men däremellan finns ett fabriksområde. Området som skulle beröras av ett dammhaveri är ett äldre pappersbruk som ännu är i drift. I anslutning till dammen finns en kraftstation, utskov och processvattenintag för industrins nuvarande verksamheter.



Figur 2-1. Vy över Dvärgströmmens pappersbruk.

I konsekvensutredning för dammsäkerhetsklassificering identifierades risker kopplade till att personer som jobbade på pappersindustrin skulle kunna skadas vid ett dammhaveri, ekonomisk skadegörelse till följd av översvämning och att verksamheten vid industrin skulle påverkas samt potentiella miljöskador då kemikalier förvaras på platser som riskerade att påverkas.

Då hela området som påverkas av dammhaveriet är inhägnat och för den industriella verksamheten finns effektiva möjligheter vidta beredskapsåtgärder nedströms. De relevanta åtgärderna för att minska konsekvenser av dammhaveri är följande.

Lokal beredskapsplan och säkerhetsutbildning

Hela området som berörs av ett dammhaveri omfattas av ett inhägnat industriområde. Samtliga personer som vistas självständigt inom området genomgår en obligatorisk säkerhetsutbildning med information om vilka risker som finns inom området, såsom brand, gasutsläpp, påkörningsrisker etc. I utbildningsmaterialet kan information om möjliga scenarion för dammhaveri inkluderas, så att personer som vistas på platser som berörs av ett dammhaveri ska ges förutsättningar att agera på ett säkert sätt om de upptäcker utströmmande eller stigande vatten. Genom att kunna säkerställa att alla personer som vistas inom områden som kan beröras av ett dammhaveri har en uppdaterad säkerhetsutbildning och vet hur de bör agera i händelse av ett dammhaveri

minskar risken att personer skadas. Som underlag för utbildningsmaterial, utformning av utrymningsvägar och uppsamlingsplatser används högupplösta lokala översvämningskartor för det aktuella området.

Larm och tidig varning

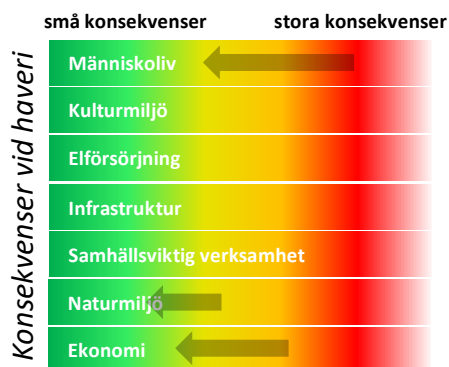
Pappersbrukets verksamhet inkluderar ett bemannat kontrollrum, som även kan hantera larm och övervakning. För att tidigare upptäcka, varna och utrymma områden som kan beröras av ett dammhaveri kan instrumentering av dammar, pumpgröpar etc. kopplas mot kontrollrummet, och larmrutiner utformas utifrån framtagna scenarion.

Flytt av kemikalier och kritisk utrustning

För att minska konsekvenser som miljöskador och ekonomiska konsekvenser av ett dammhaveri kan känslig utrustning och förvaring av kemikalier med stöd av scenarion för dammhaveri lokaliseras till säkra platser. Detta kan gälla även för triviala dammhaverier, där händelseförloppet kanske närmast kan jämföras med ett större läckage och konsekvenserna inte är dramatiska.

Sammantagen påverkan av konsekvensernas omfattning

Den lokala beredskapsplanen och larmberedskap medför att risken för förlust av människoliv minskar betydligt. Flytt av kemikalier och kritisk utrustning som identifierats vid konsekvensutredning gör att ekonomisk skadegörelse och skador på naturmiljö i händelse av ett dammhaveri minskar.



EXEMPEL 3 – NALLEFORTS STÅLVERK

Stålverket ligger intill en fors, med en regleringsdamm bestående av en utskovsdamm med anslutande fyllningsdammar. För processen behöver stålverket kylvatten, vilket tillhandahålls via ett vattenintag som leder fram vatten i en intagskanal med en kanalbank.

Vid konsekvensutredning konstaterades att vatten riskerar att tränga in i smältverket vid brott på kanalbanken, detta förutsätter dock att brottöppningen uppkommer längs en specifik sträcka av kanalbanken. Om vatten rinner in i smältverket finns risk för en ångexplosion med mycket stora konsekvenser. Vid haveri på andra delar av kanalbanken orsakas endast mindre skador av det utströmmande vattnet, men dammhaveriet medför att uppdamningen inte kan upprätthållas och att stålverket inte kan försörjas med kylvattnet. Detta innebär driftstopp och betydande ekonomiska konsekvenser.

De relevanta åtgärderna för att minska konsekvenser av dammhaveri är följande.

Skydd mot ångexplosion

För att minska risken att utströmmande vatten orsakar en ångexplosion kan den aktuella dammdelen förstärkas, alternativt en ledmur byggas nedströms så att utströmmande vatten leds undan på ett säkert sätt. I det aktuella fallet bedöms det med ledmurar vara möjligt att minska, men inte helt undanröja risken för en ångexplosion.

Redundant vattenförsörjning

För stålverkets verksamhet är säker tillgång på kylvatten en förutsättning för produktionen. Vid ett dammhaveri, men även vid exempelvis en allvarlig skada på någon av dammarna som gör att vattennivån av säkerhetsskäl måste sänkas av, eller en oavsiktlig öppning av utskov, uppstår ekonomisk skada kopplat till verksamheten. Denna konsekvens kan förebyggas genom anläggande av reservvattenförsörjning. Reservsystem kan övervägas och anpassas efter behov. Är kritikaliteten lägre kan konsekvenserna ändå minskas genom egen lagerhållning av pumpar, alternativt kan detta avtalas med extern part. Är vattenbehovet mera kritiskt kan ett helt redundant system för vattenförsörjning som står stand-by vara motiverat och medföra minskade konsekvenser vid dammhaveri.

Risken för förlust av människoliv kan minskas genom att ångexplosioner till följd av vatten som rinner ner i smältan minskas förebyggas av ledmurar. Detta leder även till minskad risk för utsläpp av kemiska ämnen med konsekvenser för naturmiljö. Vidare uppnås en stor minskning av risken för ekonomisk skada, indirekt genom minskade mindre påverkan från ovanstående och direkt genom inrättande av reservvattenförsörjning.



EXEMPEL 4 – JÄTTEÄLVENS REGLERINGSMAGASIN

Jätteälven är en stor norrlandsälv med ett stort regleringsmagasin längst uppströms. Konsekvenserna av ett dammhaveri skulle bli omfattande, påverka flera samhällen och städer och berör i samtliga konsekvenskategorier i olika grad.

Konsekvenser av ett dammhaveri vid denna typ av magasin reduceras lämpligen genom brett systematiskt beredskapsarbete, uppdatering av beredskapsplaner och anpassning av samhällsfunktioner.

Som exempel på metodik för detta arbete kan nämnas generella metoder beskrivna i Energiforsk rapport 2019:613 *Vattenhantering i reglerade älvar vid svåra situationer* [3] med tillhörande metodhandbok [4] och ett specifikt fall beskrivet i Energiforsk rapport 2020:712 *Vattenhanteringsgrupp i Ångermanälven* [5].

Beredskapsåtgärder bedöms som effektivt för att rädda liv och upprätthålla vitala samhällsfunktioner. För denna typ av scenarion är dock omfattande skadegörelse närmast ofrånkomlig. Dock kan det vara lämpligt att långsiktig samhällsplanering beaktar även risken för dammhaveri vid lokalisering av infrastruktur såsom vägar, järnvägar, sjukhus, elnät, kommunikationsutrustning etc. I detta ingår att bevaka samhällsutvecklingen så att utveckling och samhällsutbyggnad inte i onödan medför en ökade risker vid dammhaveri.

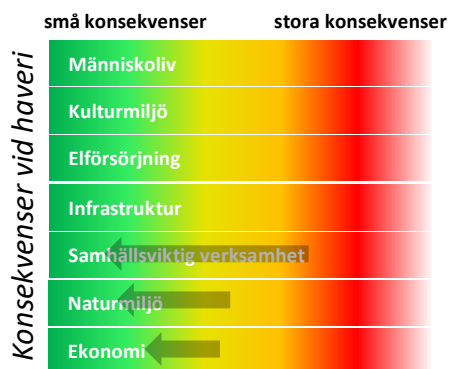
Konsekvenserna är stora eller mycket stora för alla kategorier av konsekvenser. Möjligheterna att reducera konsekvenser i händelse av dammhaveri ses främst i att säkerställa en väl fungerande beredskapsplan, vilket bedöms ha potential att väsentligt minska antalet skadade och omkomna. En beredskapsplan kan förutom varning och larmning som räddar liv omfatta annan samhällsviktig verksamhet, så att planer finns klara för att säkerställa vitala samhällsfunktioner i händelse av dammhaveri.



EXEMPEL 5 – DEPONIVALLEN

Deponivallen består av en invallning som ska skydda en kommunal tidigare soptipp från översvämning och därigenom urlakning av miljögifter som konstaterats. I samband med klassificering av dammen konstaterades att vid scenarion där vallen havererar riskerar utströmmande vatten, även om det rör sig om förhållandevis små flöden på 5 – 15 m³/s beroende på flödesituation, att erodera materialet som används för övertäckning av deponin, och vidare erodera de förorenade massorna med följd att utsläpp av farliga ämnen kan uppkomma. Frisläppta ämnen riskerar att påverka en vattentäkt och bedömdes medföra indirekta ekonomiska konsekvenser till följd av detta.

Eftersom de dammbrottsflöden som förutses är begränsade, och topografin på platsen tillåter, kunde ett större dike med erosionsskyddade slänter byggas nedströms vallen, mellan den och deponin, med kapacitet att leda bort flödet i händelse av ett damm haveri. På så sätt reduceras skador i händelse av damm haveri så att betydande sådana endast drabbar dammägaren själv, som behöver bekosta återuppbyggnad av dammen.



Figur 5-1. Deponi med intäckning som kan skyddas från erosion. Foto: iStock/delectus

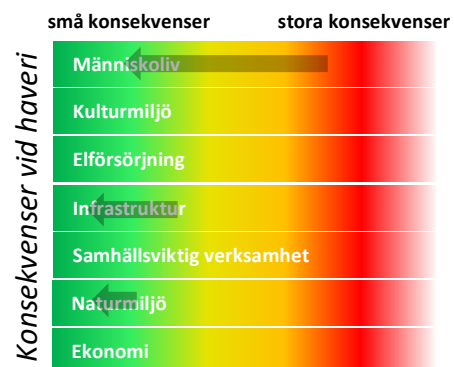
EXEMPEL 6 – SKREDINTAGSDAMMEN

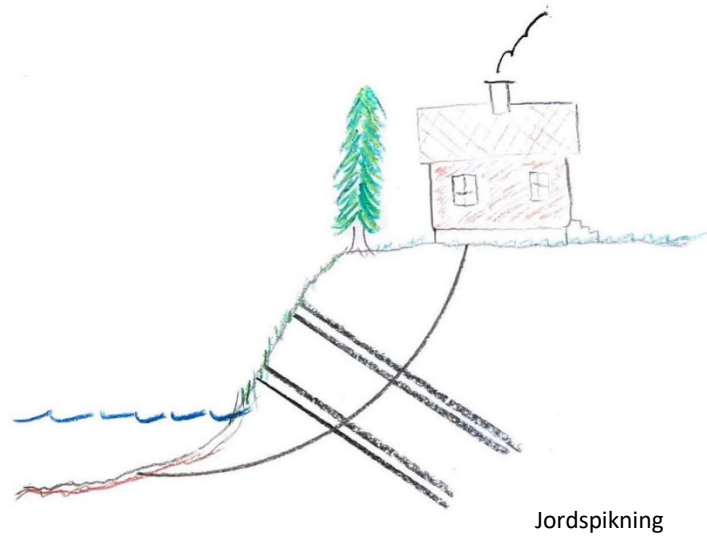
Dammen utgörs av en kort kombinerad reglerings- och intagsdamm till ett mindre vattenkraftverk. Från intagsdammen leder en ståltub ner till kraftverket som ligger ett stycke nedströms vid ett större magasin. Inga betydande skador till följd av ett dammhaveri bedöms uppkomma längs strömsträckan nedströms, effekten blir utebliven produktion vid kraftverket, samt en snabb avsänkning av uppströmmagasinet. Längs stranden uppströms finns dock ett fåtal bostadshus, belägna nära släntkrönet ut mot uppströmsmagasinet och på jord som utpekats som skredkänsligt, och mindre skred har inträffat vid tidigare avsänkningar i samband med underhållsarbeten på dammen. Det kan därmed förmodas att risk föreligger för större skred som kan påverka byggnaderna till följd av ett dammhaveri.



Figur 6-1. Principskiss för exemplet, en mindre kraftverksdamm med kraftstation dämler upp ett magasin i kuperad terräng med ett bostadshus nära släntkrönet ned mot magasinet.

För att säkra husen och reducera risken för förlust av människoliv görs en detaljerad geoteknisk undersökning vid de berörda husen, och byggnaderna säkras genom jordspikning. Då byggnaderna säkras minskas riskerna att personer omkommer eller skadas till följd av dammhaveriet. Vidare riskerar inte byggnaderna (infrastruktur) att skadas och skreden bedömdes även ha en viss risk för påverkan på naturmiljön som reduceras.





Figur 6-2. Bostadshuset kan säkras för skred genom jordspikning.

För exemplet reduceras konsekvenser av ett dammhaveri genom att hus säkras för skred som kan utlösas av dammhaveriet. Därmed minskar risken för förlust av människoliv och skada på den bebyggelseinfrastruktur som husen utgör.

MÖJLIGA ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA KONSEKVENSER AV DAMMHAVERI

Denna rapport redovisar ett antal exempel på åtgärder med potential att minska konsekvenser vid ett damm haveri – om det skulle uppstå. Förslagen kommer från rapportförfattarnas erfarenheter, referensgruppen samt enkät och intervjuer som genomfördes inom projektet. Förutom att kortfattat redovisa respektive åtgärd ges ett antal exempel på åtgärder tillämpade vid dammanläggningar med minskade konsekvenser vid ett haveri.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.