

ERFARENHETER AV DAMMINSTRUMENTERING

RAPPORT 2019:577



Erfarenheter av damminstrumentering

**BENNY MOHLIN
AMANDA ÅSTRÖM**

ISBN 978-91-7673-577-0 | © Energiforsk april 2019

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

Förord

Att lyfta kunskapen kring själva utförandet av installationer av instrumentering kom upp som ett viktigt område efter det seminarium om dammätning som genomfördes på Energiforsk i februari 2018. Den här rapporten identifierar var kunskapsbristerna finns samt ger förslag på hur dessa kan åtgärdas.

Rapporten har skrivits av Benny Mohlin och Amanda Åström, Sweco Energy. Projektet har haft en referensgrupp knuten till sig under arbetets gång bestående av Fredrik Johansson (TSB), Carl-Oscar Nilsson (Uniper), Sam Johansson (HydroResearch), Stefan Berntsson (Vattenfall), Johan Dahlberg (Feka) och Åke Nilsson (WSP).

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom det Dammsäkerhetstekniska utvecklingsprogrammet som drivs av Energiforsk där vattenkraftindustrin och Svenska kraftnät medverkar. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet

Sammanfattning

Om en damm går till brott kan det få ödesdigra konsekvenser. För att kunna övervaka dammars tillstånd och i ett tidigt skede kunna agera på eventuella risker är väl fungerande damminstrumentering mycket viktig.

Med lång erfarenhet i branschen har Benny Mohlin, Sweco, flera gånger reagerat på att kvaliteten hos instrumenteringsinstallationer är bristfällig. I detta arbete har en kartläggning gjorts i syfte att identifiera problem och brister. Till detta har även åtgärdsförslag framtagits i syfte att komma till rätta med de problem som finns. De brister som identifierats är

- Bristande kunskap hos projektören
- Bristande kunskap hos beställare
- Bristande kunskap hos entreprenören
- Brister i funktionstest av instrument
- Bristande drift och underhåll

För att höja kunskapen bör en utbildning tas fram för de som arbetar med damminstrumentering. Utbildningen bör ge kunskap om hur dammar är uppbyggda, vilka allvarliga risker som finns, hur de övervakas och hur installationer görs på korrekt och säkert sätt.

Man bör även ha högre krav vid upphandling på att mätvärden från de instrument som installeras ska kunna verifieras. Ett vanligt problem är att dammägare kommer med frågan "kan jag lita på givaren?" flera år efter installationen. Har man då inte ett korrekt utgångsvärde och tillförlitligt data är det svårt att göra en bedömning av funktionen.

Drift och underhållspersonal bör även involveras i ett tidigt skede i installationsprojekten så att de som ska underhålla utrustningen får god kunskap om syftet och om tekniken.

Summary

The consequences of a dam failure can be fatal. Well implemented dam surveillance is important to be able to monitor the conditions of the dam as well as in an early stage act on potential risks.

Benny Mohlin, Sweco, has long experience with dam surveillance and has on several occasions seen poorly executed installations. The aim of this work was to identify problems and deficiencies regarding instrumentation of dams. To manage these problems a number of action proposals has been developed.

The identified deficiencies are:

- Lack of knowledge among planners
- Lack of knowledge among dam owners
- Lack of knowledge among contractors
- Incomplete testing of instruments
- Poorly executed operation and maintenance of instruments

To raise the knowledge among those who work with dam instrumentations an education should be produced. The education should contain dam construction, severe risks, monitoring and how installations shall be executed properly.

Already in an early stage the process of testing the instruments should be established. With reliable data you can easily evaluate the devices. Dam owners often ask the question "can I rely on the instrument?" several years after the installation.

Operation and maintenance technicians should be involved in the installation already in an early stage to obtain good knowledge of the purpose and of the technology.

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Syfte och mål	8
1.2	Avgränsning	8
1.3	Rapportens upplägg	8
2	Damminstrumentering	9
2.1	Dammätning fyllningsdammar	9
2.2	Dammätning betongdammar	10
2.2.1	Mätning i betongdammens grundläggning	11
2.2.2	Mätning på betongdammens konstruktion	11
2.3	Kompletterande mätning	12
3	Identifierade brister i damminstrumenteringsprojekt	13
3.1	Projektering samt upprättande av förfrågningsunderlag och borrarprogram	13
3.2	Inköp och upphandling	15
3.3	Utförande	15
3.3.1	Installationer i fyllningsdammar	16
3.3.2	Installationer i betongdammar	16
3.4	Projektavslut	17
4	Åtgärdsförslag	18
4.1	Åtgärdsförslag kompetensbrister	18
4.2	Åtgärdsförslag övriga brister	19
4.3	Sammanställning	20
5	Referenser	21

1 Inledning

Vid alla typer av dammkonstruktioner finns risker som i värsta fall kan orsaka ett dammhaveri. Dammsäkerhet är ett viktigt område som syftar till att minimera olycksrisker och dess eventuella konsekvenser. Som en del i det arbetet instrumenteras dammar för att kunna verifiera antaganden vid projektering och kontrollera att konstruktionen fungerar som tänkt under byggnation och i samband med första dämningen. Dessutom instrumenteras dammar för att på lång sikt kunna övervaka eventuella förändringar som kan påverka dammarnas säkerhet. Det senare är synnerligen viktigt och ställer stora krav på en korrekt utförd instrumentering.

Kvaliteten på det mätdata man kan få från olika instrument är helt beroende av kvaliteten hos själva installationen. För att kunna lita på mätresultaten är det därför viktigt att instrumenteringen utförs på korrekt sätt.

Personer med lång erfarenhet i branschen har vid flertalet tillfällen stött på problem i samband med damminstrumenteringsprojekt som orsakas av kompetensbrist hos så väl dammägare, konsulter och entreprenörer. Brister finns längs hela kedjan, från problembeskrivning till upphandling, installation, dokumentation och slutligen överlämning till drift. Detta bidrar i värsta fall till att mätning inte utförs på rätt sätt och att man därmed inte kan använda mätresultatet på ett tillförlitligt sätt för att analysera dammens tillstånd.

Utredningar och forskning i syfte att förbättra kvaliteten på damminstrumentering utförs kontinuerligt både nationellt och internationellt. Exempel på rapporter som belyser problematiken för att få till en tillförlitlig tillståndskontroll är bland annat:

- Dam safety performance monitoring data management – best practice daterad oktober 2012, en svensk kortversion av rapporten finns framtagen och heter Svensk kortversion och reflektioner Rapport 14:09 som togs fram februari 2014 av Åke Nilsson, WSP, och
- Dam surveillance guide, Bulletin 158 framtagen av International Commission on Large Dams.

I dessa dokument finns avsnitt som belyser mycket av de områden som beskrivs i denna rapport. Bland annat nämns i *Svensk kortversion och reflektioner Rapport 14:09* att de som arbetar med att ta fram ett program för tillståndskontroll behöver erforderlig kunskap och kännedom om dammen. Dessutom beskrivs i *Dam surveillance guide, Bulletin 158* vikten av damminstrumentering som ett verktyg för att utvärdera dammens kondition vilket förutsätter att installationer utförts på rätt sätt så att mätdata är tillförlitligt.

För att uppfylla de rekommendationer som nämns i rapporterna ovan krävs att erforderlig kompetens i alla led finns.

Detta projekt innefattar en kartläggning av ovan nämnda brister tillsammans med förslag på åtgärder i syfte att förbättra kvaliteten på damminstrumentering.

1.1 SYFTE OCH MÅL

Syftet med projektet är att i längden höja kvaliteten på damminstrumentering så att de installationer som görs ger ett tillförlitligt mätresultat som kan användas för att analysera dammars kondition.

Målet är att identifiera brister kring installation av dammättningsinstrument och föreslå åtgärder som ska minimera risken för att dessa brister orsakar problem.

1.2 AVGRÄNSNING

I detta projekt kartläggs kompetensbrister gällande damminstrumentering som identifierats av konsulter, dammägare och entreprenörer under arbeten i Sverige. Huvudfokus ligger på att belysa de problem som orsakas av kompetensbrist samt att beskriva förslag på åtgärder i syfte att minimera problemen.

1.3 RAPPORTENS UPPLÄGG

Inledningsvis beskrivs olika typer av dammättningsinstrument och syften med dessa. Därefter följer en kartläggning av brister som identifierats i samband med installationsprojekt. Slutligen ges förslag på åtgärder som syftar till att höja kvaliteten på installationer av damminstrument.

En stor del av rapporten baseras på Benny Mohlins erfarenheter som inhämtats under 30 år som konsult inom geoteknik, damminstrumentering och byggledning. De flesta erfarenheterna är självupplevda i fält, dvs ute på dammanläggningarna.

2 Damminstrumentering

Damminstrumentering innebär olika installationer vars syfte är att övervaka dammars tillstånd. Eventuella förändringar i konstruktionen övervakas så att åtgärder kan sättas in om konstruktionen riskerar att försämrats.

Enligt Ridas - Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet ¹⁾, ska dammar instrumenteras så att antaganden vid projektering kan verifieras och för att kunna kontrollera att dammen fungerar som den ska både under byggskedet och på lång sikt. För övervakning av dammar används numera, speciellt internationellt, felmodsbaserad metodik för att bestämma vilken instrumentering som behövs. Detta syftar till att ge så god övervakning som möjligt i driftskedet.

Nedan beskrivs övergripande olika dammätningsområden uppdelade på fyllningsdammar respektive betongdammar.

- 1) *Ridas- kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet, antogs av Svenska Kraftverksföretagen i februari 1997. Syftet med detta var att skapa gemensamma och mer heltäckande riktlinjer för dammsäkerhet. I enlighet med föreningens rekommendation och beslut i Vattenkraftsutskottet inom Energiföretagen har Ridas reviderats 2002, 2008, 2012, 2016 och 2019.*

2.1 DAMMÄTNING FYLLNINGSDAMMAR

Enligt Ridas ska en fyllningsdamm ha en behovsanpassad basinstrumentering baserat på dammens klassificering, grundläggningsförhållanden, material, utformning, mm. Beroende på den aktuella dammens klassificering och lokala förhållanden krävs således olika omfattning och mätfrekvens hos instrumenteringen, vilket gör instrumenteringen unik för var damm. I Ridas nämns följande basinstrumentering:

- Läckage
- Sättning och sidorörelser av krön
- Porttryck i tät kärnan (rekommenderas i Ridas men är ovanligt förekommande)
- Vattenstånd i nedströms filter eller stödfyllning
- Vattenstånd/porttryck i undergrunden

En förändring i läckage är ofta en tidig indikation på att något hänt med dammkonstruktionen. Läckagevatten samlas upp i ett dränagedike nedströms dammen som sedan leds till en anordning som möjliggör mätning av läckageflödet. Ett vanligt utförande är så kallat Thomsonöverfall, vilket består av en mätplåt som har en 90° öppning.

Rörelser i horisontell led genom dammkroppens profil kan mätas med inklinometrar. Installationen består av ett rör som borrar genom dammen i vilket man sedan kan mäta sidorörelser genom hela dammkroppen med avläsningsutrustning. Runt inklinometerröret kan en typ av extensometer installeras som ger en kombinerad mätning av vertikala och horisontella rörelser.

Sättningar i dammen kan mätas med dubbar som är en fast installation som placeras på tät kärnan. I gruvdammar som är grundlagda på anrikningssand kan

sättningspegel installeras på dammens grundläggning. Sättningar kan även mätas med totalstation som kontinuerligt mäter mot fasta punkter i området vilket dock är ovanligt i Sverige, men mer vanligt internationellt. Andra tekniker för sättningsmätning som är på frammarsch är scanning med drönare och satellitmätning.

I enstaka fall installeras porttrycksspetsar i tät kärnan men normalt vill man undvika att borra i tät kärnan då det är viktigt att den är tät. Om installation sker där är det viktigt att ingen borring med spolmedium utförs utan endast prylning i samband med sondering för minimal påverkan på tät kärnan. Det är även viktigt att tätning utförs på ett korrekt sätt efter installationen för att förhindra vertikal strömning längs utsida rör. Det är av yttersta vikt att borrhörmannen vid ett sådant arbete har kunskap om hur sondering kan utföras och vilka riskfaktorer som finns.

Vattenståndet mäts i vattenståndsrör i syfte att övervaka den hydrauliska gradienten i dammkroppen. Rören borrar genom dammen och placeras normalt mot grundläggningen eller på en nivå som är av intresse att övervaka. I botten på rören installeras ett filter som väljs utifrån omgivande förhållanden. Vattentrycket i dessa rör kan sedan mätas manuellt eller automatiskt med tryckgivare. Ofta mäts även temperaturen i vattenståndsrören, ibland i en punkt via inbyggd tempgivare i tryckgivaren, i vissa fall i olika nivåer i röret.

Porttrycket i undergrunden, som i Sverige ofta är berg eller morän, mäts med öppna vattenståndsrör eller rör med porttrycksspets typ BAT vilka har ett mycket fint filter. När en givare (pietrometer) dockas på porttrycksspetsen erhålls ett slutet system som kan mäta artesiskt vatten. Det är en fördel att använda ett slutet system i finkorniga jordar. Partiklar transporteras inte genom det fina filtret då utan trycket mäts utanför det slutna systemet vilket innebär att risken för igensättning på sikt minimeras. Det finns flera olika varianter av filterspetsar och givare på marknaden med olika installationstekniker.

Som ett komplement till övrig damminstrumentering mäts ibland temperaturen i dammkroppen med fiberoptiska temperaturkablar eller andra typer av temperaturlinor i exempelvis vattenståndsrör. Genom att kunna lokalisera var på dammen en temperaturförändring sker kan man få information om var ett eventuellt läckage uppstår. Där insamling av läckagevatten inte är möjligt, dvs ett dränagedike går ej att anlägga, kan temperaturmätning användas för att detektera en läckageförändring. Fiberoptisk kabel kan även användas för att mäta sättningar i dammkrön.

2.2 DAMMÄTNING BETONGDAMMAR

I Ridas anges att instrumenteringsbehovet för en betongdamm bör analyseras för varje enskild anläggning. Anordningar som bör övervägas är mätning av upptryck, läckage och rörelser. I kapitlet nedan görs en uppdelning på mätningar i grundläggningen respektive ovan grundläggningen.

Betongdammar är oftast grundlagda på berg. En stor riskfaktor för stjälpning och glidning är det artesiska vattentryck som kan uppstå i berget. För att minska på trycket borrar ofta dränagehål i berget där vatten kan strömma ut på bergöverytan.

Utöver nedan beskriven instrumentering är det vanligt att temperaturen i berget mäts för att tillsammans med övrig läckagemätning och magasinstemperatur kunna lokalisera ett eventuellt läckage. Temperaturen kan även mätas i betongen vilket ger information om eventuella temperaturspänningar i konstruktionen.

2.2.1 Mätning i betongdammens grundläggning

I betongdammar övervakas artesiskt vatten/portrycket under dammen med slutna system; porttrycksspets typ BAT alternativt ingjuten pietzometer i berget. En ingjuten pietzometer går ej att funktionskontrollera. Syftet är att övervaka förändringar i trycket under och mot dammkonstruktionen vilket innebär att man i god tid kan vidta åtgärder.

Läckaget i en betongdamm består till störst del av vatten som trycker upp ur undergrunden via exempelvis borrade dränagehål. Läckagevattnet samlas upp på lämpligt sätt och leds till anordning som möjliggör mätning av flödet.

För mätning av rörelser under betongdammar finns ett flertal olika utföranden. Extensometrar används för mätning av skjuvning och vertikala rörelser under dammen, både i sprickplan i berg och i kontaktytan mellan berg och betong. Extensometern borrar ner i det område man vill övervaka och mäter förändringar i den längdriktning som den är installerad.

En äldre variant för mätning av horisontella rörelser under dammen är deflektometrar som består av stålstänger med magnet och givare i varje anslutning mellan stängerna. Lutningsförändringen mäts mellan varje skarv. Internationellt finns dess kvar på marknaden men inklinometrar förordas idag.

En inverterad pendel kan installeras i berget under dammen för att övervaka horisontella rörelser längs ett glidplan. Installationen består av en vajer som är fastsatt i en ankarpunkt i botten av ett borrhål nere i berget. Vajerns överdel placeras i en flottör ovan bergöverytan där eventuella rörelser kan mätas.

2.2.2 Mätning på betongdammens konstruktion

Till viss del kan läckaget som mäts i en betongdamm bestå av vatten som tränger in genom frontplattan eller andra otätheter i dammkonstruktionen, dock kommer det största läckaget från undergrunden.

Sprickvidgning i betongkonstruktionen mäts med olika typer av givare som kan mäta både glidning och vidgning hos sprickor beroende på hur givarna placeras. Även rörelser i dilatationsfogar kan mätas med denna typ av instrument där rörelser kan övervakas i tre dimensioner, horisontellt i dammens längdriktning och vinkelrätt mot dammen samt vertikalt.

Krönförskjutning och rörelser i andra delar av dammkroppen i X- och Y-led kan mätas med olika typer av installationer. En direkt pendel placeras normalt längst upp i monoliten där en förspänd vajer hänger ner genom dammen och längst ned på vajern hänger ett lod som är placerat i ett vätskekärl där en eventuell rörelse kan mätas.

En ny teknik för mätning av krönförskjutning är laser. Detta utförs idag endast på försök i syfte att utveckla tekniken. Installationen fungerar liknande en direkt pendel där laser skjuts upp mot brobanan där en anordning finns som kan mäta eventuell rörelse. Med laser hoppas man kunna minimera de felkällor som finns vid vanlig pendelmätning.

Som komplement till pendelliknande installationer finns tiltsensorer som likt ett vattenpass mäter rörelser i en riktning. Tiltsensorer kan enkelt placeras på olika nivåer i dammkonstruktionen. På så sätt kan man mäta rörelser i olika områden som är utsatta för olika belastningar. Med detta kan man analysera vilken eller vilka delar av dammen som faktiskt rör sig. Denna teknik är idag ovanlig i Sverige men är vanlig internationellt.

Det finns även olika typer av mätbleck eller andra fasta installationer för manuell mätning av rörelser, exempelvis över dilatationsfogar.

Även vid betongdammar kan sättningar och rörelser övervakas med kontinuerligt mätande totalstation eller satellitmätning vilket dock är ovanligt och det sistnämnda är ännu i ett teststadium.

2.3 KOMPLETTERANDE MÄTNING

Utöver ovan beskrivna installationer behövs kompletterande mätningar för att tillsammans med övrig instrumentering kunna analysera mätdata. Den kompletterande mätningen bör bestå av:

- Nederbördsräknare
- Utetemperaturmätare

Ytterligare kompletterande mätningar kan bestå av

- Magasinstemperatur (kan för fyllnadsdammar utgöras av en del av temperaturfiberopto)
- Vindmätare
- Turbiditetsmätning (Mätning av grumling vilket kan uppstå vid exempelvis inre erosion)
- Kameraövervakning

Exempelvis vid analys av mätdata från läckagemätning påverkas flödet i mätbrunnen av nederbörd och temperatur. Om ett larmvärde överskrids kan det ibland förklaras av ett häftigt regn eller väderomslag (temperatur går från – till +) med hjälp av den kompletterande mätningen.

3 Identifierade brister i damminstrumenteringsprojekt

Nedan beskrivs brister som identifierats i olika delar av instrumenteringskedjan (projektering samt upprättande av förfrågningsunderlag (FFU) och borrprogram, inköp/upphandling, utförande samt projektavslut) samt vilka konsekvenserna kan bli.

Det är dammägaren som har ett ansvar enligt miljöbalken och som utifrån det ansvaret sätter ramarna för dammsäkerhetsprojekt i vilket instrumentering ingår. Dammägarna styrs av Ridas rekommendationer och krav i detta arbete. Länsstyrelsen är tillsynsmyndighet för vattenverksamheter men även myndigheter som, Kommunen med ansvar för planering och utövande av räddningstjänst vid olyckor och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB är myndigheter som har tillsyn av verksamhetsutövare som bedriver verksamhet som kan orsaka olyckor.

Erfarenheterna som beskrivs i detta kapitel kommer till största delen från Benny Mohlins mångåriga arbete med geoteknik, damminstrumentering och byggledning. Det är erfarenheter som är praktiska och konkreta. I *Dam surveillance guide, Bulletin 158* får erfarenheterna stöd i kravbildningen på val av instrumentering, projektering och uppföljning samt funktionskontroll av instrumentering.

Under varje delkapitel finns en kort sammanfattning där respektive brist relateras till ett nummer som sedan återkopplas till ett åtgärdsförslag i kapitel 4.

3.1 PROJEKTERING SAMT UPPRÄTTANDE AV FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG OCH BORRPROGRAM

När ett instrumenteringsbehov identifierats måste flera aspekter beaktas. De verkliga förhållandena i dammkonstruktionen och yttre faktorer påverkar val av instrument och installationsmetod. Det är av stor vikt att fråga sig vad det är som ska övervakas, varför och hur det ska installeras samt vilken mätnoggrannhet som krävs. Vet man vilka fenomen som kan uppstå har man även en känsla för vart varnings- och larmnivåer skall läggas. Mätområdet måste anpassas till förväntade förändringar, vilket särskilt påpekas i *Dam surveillance guide, Bulletin 158*. När en givare med felaktigt mätområde föreskrivs erhålls sämre upplösning på mätdata alternativt att givaren går till sitt ändläge och hela förändringen kan då inte mätas. När förfrågningsunderlaget är undermåligt orsakar det problem som ofta upptäcks först vid själva installationen eller kanske först vid första mätdatautvärderingen.

När ett förfrågningsunderlag tas fram används ofta en mall, vilket gör att man inte tar hänsyn till verkligheten. Faktorer som kan påverka installationen, så att den i värsta fall inte fungerar eller riskerar att gå sönder, kan då missas.

De tekniska beskrivningar som tas fram är ofta väldigt fokuserade på installation, leverans och driftsättning men mindre på hur framtida drift ska fungera. Problem uppstår när fel material och utrustning används som kanske inte klarar de

påfrestningar de utsätts för eller att tillgängligheten för framtida drift försvåras. Ingen instrumentering är underhållsfri!

Vid projektering av vattenståndsrör för en fyllningsdamm är kunskap om jordartsförhållanden viktig för att kunna avgöra vilka typ av filter och filtersand som ska användas, kunskap som ofta saknas hos projektören. Ibland vet man inte de verkliga förhållandena förrän borrning utförs men ändå har projektören i förväg bestämt vilken typ av filterspets som ska användas. Då projektering inte överensstämmer med verkligheten riskeras att installationen inte fungerar som avsett.

Projektören saknar ofta detaljerad kunskap om vilka tekniska lösningar som finns på marknaden. Materialval, dimensioner på rör och filtertyper mm är viktiga faktorer som måste anpassas utifrån de verkliga förhållandena på aktuell plats. Projektören saknar ofta kunskap om vilken typ av borrhög som är lämplig för olika arbeten. Då dessa detaljkunskaper inte finns hos projektören innebär det att när upphandling är utförd och entreprenören befinner sig på plats så försöker man utföra installationen ändå trots att utrustning och material är fel. Det kan innebära att arbetet blir tidskrävande, kostsamt och installationen blir i värsta fall inte korrekt utförd.

Vid upprättande av borrhögprogram är det ibland inte tydliggjort hur prover ska tas ut vilket är viktigt för att fastställa förutsättningarna i dammkonstruktionen. Det har visat sig vid flera tillfällen att man använt fel provtagningsmetodik och man har därmed inte fullgott underlag för installation eller fortsatt projektering.

Ofta missar man att utreda om det är möjligt att utföra borrhögen på utpekad plats utan övriga förberedelser. Arbetsmiljön kring borrhögen är också något som ibland missas.

I projekteringen beskrivs sällan hur instrumenten ska funktionstestas och förberedas för att verifiera att de visar korrekta värden. Detta är särskilt vanligt vid instrumentering av betongdammar. Utan den kontrollen är det svårt att säkerställa att mätdata är riktigt.

Installationerna förankras inte alltid hos it/automationsavdelningen hos beställarorganisationen. Man är då inte förberedd på att ta emot de signaler som kommer in. Detta gör att man förvisso mäter de problemområden man identifierat men man samlar inte in data och får därmed ingen kontinuerlig övervakning.

Det utförs relativt få damminstrumenteringsprojekt och projekteringen utförs av många olika personer. Därmed hinner inte kompetensen byggas upp hos projektören. Ofta är projektören specialist på fyllnings- eller betongdammar och instrumentering är "ett nödvändigt ont" som tas fram utan detaljkännedom.

Sammanfattningsvis kan sägas att bristerna vid projektering samt upprättande av förfrågningsunderlag och borrhögprogram handlar om att man inte tillräckligt detaljerat beskriver hur arbetet ska utföras och vilka material och tekniker som ska användas. Detta beror på att projektören inte har tillräcklig kunskap om damminstrumentering och kringutrustning så som materialval och borrhöggar.

Brist 1 Bristande kunskap hos projektören

3.2 INKÖP OCH UPPHANDLING

När entreprenörer ska upphandlas är det viktigt att beställaren vet vad som offereras och om det faktiskt är en lämplig metod eller utrustning för ändamålet. Om varken projektör eller projektledare hos beställarorganisationen har tillräcklig kunskap om viktiga detaljer i utförandet är det mer eller mindre omöjligt för en inköpare att avgöra vilket anbud som ger bäst resultat för dammen.

Inköp har ofta stor makt när det kommer till att avgöra vem som ska få uppdraget. Även i fall där dammtekniskt sakkunnig, (DS) och projektledare haft god kunskap om instrumentering har det blivit fel vid upphandlingar just för att priset varit styrande. Det har hänt att dialog förts mellan enbart entreprenör och inköpare om detaljer i utförandet där ingen av parterna haft tillräcklig detaljkunskap och därmed har fel utrustning använts.

Själva instrumenteringen är ofta en liten del rent ekonomiskt i det stora dammsäkerhetsprojektet men det är trots det en viktig del. Vid upphandlingar ingår ofta instrumenteringen under den större markentreprenaden där detaljkompetensen för instrumenteringen ibland saknas. Markentreprenören går ut på marknaden och frågar i princip vilken entreprenör som helst. När installationer utförs felaktigt kan det bli kostsamt att åtgärda i efterhand, om det ens är möjligt.

Ibland sker en direktupphandling mellan dammägare och entreprenör utan att en konsult tar fram ett förfrågningsunderlag. I sådana fall krävs det att tekniskt sakkunnig hos dammägaren har tillräcklig detaljkännedom för att avgöra hur arbetet ska utföras och på vilket sätt, vilket inte alltid är fallet.

När det gäller instrumentering av betongdammar finns få leverantörer i Sverige. Ofta läggs arbetet på en elentreprenör som är bra på att dra kabel men som saknar kunskap om själva givarna och dammsäkerheten.

De brister som identifierats i samband med inköp och upphandlingar handlar om att man internt hos beställaren inte reagerar på att detaljer i anbud inte är korrekta, på grund av att man inte har tillräcklig kunskap för att kunna avgöra det.

Brist 2 Bristande kunskap hos beställare

3.3 UTFÖRANDE

Vid fältarbeten är det av stor vikt att personer som utför installationer kan utföra arbetet på rätt sätt. Nedan beskrivs först generella brister kring utförandet av installationer därefter finns en uppdelning på brister relaterade till fyllningsdammar respektive betongdammar.

Då de som utför installationer inte har kunskap om vad som är viktigt för att arbetet ska bli korrekt är det svårt att reagera på eventuella komplikationer. Ofta stöter man på förutsättningar som inte var kända i förväg, verkligheten ser alltså annorlunda ut än vad projektören trott. När man då inte har tillräcklig kunskap händer det att man jobbar på ändå, trots att man kunnat justera arbetsmetoden eller materialval så att installationen blir utförd på korrekt sätt.

Ibland frångås tekniska beskrivningar och de instruktioner som finns där på grund av okunskap vilket kan orsaka problem. Om underlaget inte är anpassat för de förutsättningar som råder kan man med rätt kunskap inse det och göra avsteg som är befogade. Detta gäller särskilt krav på dokumentation av hur arbetet utförts.

I samband med borrningar och installationer är dokumentation en mycket viktig parameter. För att erhålla en korrekt relationshandling som avspeglar verkligheten är det av stor vikt att det som faktiskt görs i fält tas med till den slutliga sammanställningen. Överlämningen från fält till den som sammanställer relationshandlingarna är ofta bristfällig vilket gör det svårt att i efterhand utreda hur det egentligen är utfört. Den som arbetar i fält måste veta vad som faktiskt måste antecknas.

Vid en totalentreprenad där ett större antal instrument ska automatiseras krävs en omfattande dokumentation vilket entreprenören inte alltid är medveten om.

3.3.1 Installationer i fyllningsdammar

Ofta är de personer som utför borrningar duktiga på att hantera maskinerna rent mekaniskt men har mindre kunskap om det som är viktigt ur dammens synvinkel. Exempelvis vid val av borrkrona och hantering av spolmedia är det viktigt att ha kännedom om hur det kan påverka dammkroppen.

Ibland skickas FFU ut till borrentreprenör eller geoteknisk konsult där handläggaren gärna vill ha uppdraget och räknar på det trots att man inte har optimal utrustning för arbetet. Borrentreprenören ser borrningen i en dammkropp som vilken annan borrning som helst och lämnar ett anbud. När uppdraget är upphandlat är det för sent att ändra och man gör så gott man kan men resultatet blir lidande.

Det har vid flera tillfällen hänt att man använt fel typ av borrarutrustning vilket resulterat i att installationen inte kan utföras på korrekt sätt.

Borrentreprenörer utför relativt få installationer i fyllningsdammar i Sverige varför kompetensen inte hinner byggas upp. Det beror på att många entreprenörer i normalfallet inte borrar i dammar utan utför andra typer av borrarbeten, vilket är stor skillnad.

3.3.2 Installationer i betongdammar

När en el-entreprenör får uppdraget att utföra instrumenteringsinstallationer i betongdammar, har de oftast inte detaljkunskap om givar- eller dammteknik. El-entreprenörer är ofta duktiga på att utföra kabeldragningar osv. men saknar kunskap om syftet med olika givare och hur de fungerar, vilket har gjort att man inte reagerat när något blivit fel.

Det utförs relativt få instrumenteringar av betongdammar i Sverige och de installationer som utförs sprids ut på ett flertal, ofta lokala, entreprenörer. Det gör att kompetensen inte hinner byggas upp hos entreprenörerna.

Vid utförandet är de identifierade bristerna relaterade till kompetensen hos de som faktiskt utför själva installationerna. För att kunna reagera på att arbetet utförs på

fel sätt måste man ha förståelse för syftet med installationen samt hur själva instrumentet faktiskt fungerar.

Brist 3 Bristande kunskap hos entreprenörer

3.4 PROJEKTAVSLUT

Inför projektavslut är det viktigt att alla instrument fungerar som avsett och att det finns en organisation som är beredd att överta driften av installationerna.

I samband med driftsättning är ofta funktionsprovning av instrument och förberedelser för verifiering av korrekta mätvärden bristfälligt. För att kunna lita på ett mätvärde är det av stor vikt att man redan vid installationen kan verifiera att mätningen är korrekt. Vid flera tillfällen kommer dammägare i efterhand med frågan: kan vi lita på givaren? Man bör redan vid installationen ha bekräftat att utrustningen fungerar som avsett, då är det lättare att i efterhand analysera när något blir fel. Vikten av att utföra kontinuerliga kontroller och kalibrering av instrument poängteras i *Dam surveillance guide, Bulletin 158*.

Ofta testas inte hela systemet fullt ut längs hela kedjan, dvs från givare till HMI (human-machine interface dvs mjukvaran där mätdata visas för operatörerna) och vidare till driftcentral innan entreprenaden är avslutad, vilket kan innebära att man missar att mätningen inte fungerar korrekt. Det kan vara fel skalning på inkommande mätvärden, fel utgångshöjd hos givare, att givaren vid installation står i sitt ändläge, eller fel i kopplingar mm.

För att drift och underhåll ska kunna utföras måste utrustningen vara tillgänglig på ett bra sätt vilket ibland inte är fallet. Redan i projekteringsfasen bör tillgängligheten beaktas. Även byggarbetsplatsmiljösamordnare för planering och projektering, BAS-P har en viktig roll. Vid projekteringen har BAS-P inte alltid förstått sin uppgift och i detalj tittat på tillgänglighet ur ett arbetsmiljöperspektiv.

Driftspersonal måste ha rätt resurser och utbildning för att överta handhavandet av installationerna när entreprenaden är avslutad. Ofta har inte detta utretts innan installationerna vilket gör att utrustningen inte får korrekt underhåll.

Programmering av utrustning och mottagningssystem görs ofta av en extern konsult. Det har hänt att man internt hos dammägaren inte har åtkomst till program för att kunna justera exempelvis nivåändringar hos givare. Man har då heller inte möjlighet att felsöka programmeringsmässigt vid ett eventuellt fel.

De brister som noterats vid projektavslut rör framförallt funktionstest av instrument. Både av de givare som installerats men även av hela systemet in till dammdatoren. Den kontinuerliga driften och underhållet är också bristande på grund av att utrustningen inte är tillgänglig eller att man inte har rätt resurser och kunskap om installationerna.

Brist 4 Brister i funktionstest av instrument

Brist 5 Bristande drift och underhåll

4 Åtgärdsförslag

Nedan presenteras åtgärdsförslag i syfte att höja kvaliteten på damminstrumentering. I slutet finns en tabell som kopplar samman åtgärdsförslagen med de brister som identifierats i kapitel 3.

4.1 ÅTGÄRDSFÖRSLAG KOMPETENSBRISTER

En stor bidragande faktor i problembilden är att det ofta brister i projekteringsfasen där hänsyn inte tas till verkliga förhållanden och där man inte tillräckligt detaljerat beskriver krav på utförandet. För att åtgärda detta kan en lösning vara att förfrågningsunderlaget som framtas ska vara kvalitetssäkrat utifrån ett instrumenteringsperspektiv. Det kan innebära att den konsult som skriver delar som rör instrumentering, alternativt att den som granskar den delen, ska ha genomgått en utbildning.

Förslagsvis ska konsulten kunna uppvisa utbildningsintyg för den personal som ska projektera instrumenteringen i samband med anbudslämnande.

Lämpligen utformas en utbildning som rör instrumentering i fyllningsdammar samt en som rör instrumentering i betongdammar. Utbildningarna bör innefatta dammuppbyggnad och damminstrumenteringsteknik, vilken teknik som finns på marknaden, hur den ska installeras på bästa sätt och vilka förutsättningar som finns för just de installationerna. Utbildningen rörande fyllningsdammar bör kompletteras med geoteknik, och jordartsförhållanden. Den bör även beröra vilka typer av borrhögar som finns och när de är lämpliga. I utbildningen bör även drift och underhållsperspektivet belysas med tillgänglighet, säkerställandet av korrekta mätvärden och möjlighet till funktionstester. Förslagsvis kompletteras även Ridaskursen med ett avsnitt som behandlar detaljerad damminstrumentering.

I Ridasken beskrivs hur förfrågningsunderlag och detaljprojektering av dammen ska utföras men väldigt lite om detaljprojektering gällande instrumentering.

För att höja kvaliteten på damminstrumentering är kunskapen hos entreprenören som utför installationerna viktig. Om den borrhögar som utför en installation i en fyllningsdamm har genomgått en utbildning som innehåller geoteknik, dammbyggnad och damminstrumentering där man går igenom både syftet med olika installationstyper men även vad som är viktigt att tänka på ur dammens perspektiv gällande säkerhet och stabilitet bör installationskvaliteten kunna höjas. Även de entreprenörer som utför installationer i betongdammar bör kunna utbildas med samma typ av utbildning men med fokus på betongdammar. I utbildningen för entreprenörer bör man tydliggöra vikten och omfattningen av erforderlig dokumentation.

Förslagsvis ska entreprenören kunna uppvisa utbildningsintyg för den personal som ska utföra arbeten relaterade till instrumentering vid anbudslämnande.

Gällande utförandet nämns i Ridasken att arbetsledning och kontrollpersonal ska ha tillräcklig erfarenhet av större jordbyggnadsarbeten respektive betongdammsarbeten. Vidare nämns att de personer som utför arbetena ska ha

tidigare relevant erfarenhet av arbeten med fyllningsdammar respektive betongdammar. Om en utbildning tas fram enligt ovan bör det även tydliggöras i Ridas vilken typ av erfarenhet/kompetens som krävs för arbeten med damminstrumentering.

Om konsultens och entreprenörens kunskap om dammkonstruktion och damminstrumentering höjs borde kvaliteten kunna höjas avsevärt under förutsättning att kompetens beaktas vid upphandling.

För att beställarorganisationen ska kunna avgöra huruvida ett anbud, eller en offert från en entreprenör i de fall då direktupphandling sker, uppfyller de kriterier som önskas bör även tekniskt sakkunnig genomgå samma typ av utbildning som nämns ovan för konsulten. Att projektledare ska ha den kunskapen kanske är väl optimistiskt då de inte enbart driver dammprojekt. Men om tekniskt sakkunnig har kunskapen och faktiskt blir tillfrågad redan då instrumenteringsbehovet identifierats bör den efterfrågade lösningen kunna bli tydligare och mer detaljerad. Denna person bör då ha mandat och verktyg för att vid en upphandling värdera anbud utifrån viktiga kriterier för dammens bästa.

Den första tanken var att en webbaserad utbildning, i likhet med SSG, skulle kunna vara lämplig. Eftersom det är en relativt stor insats ekonomiskt för ett företag att utbilda sin personal ansågs att en webbaserad utbildning skulle vara möjlig att genomföra. Efter att ha pratat med olika aktörer i branschen har dock förslaget blivit att det bör vara en längre, mer detaljerad kurs. En webbaserad kurs är lätt att bara klicka sig igenom och då missar man poängen med att utbilda personalen. När det gäller konsulter och entreprenörer kanske det ändå finns en vits med att det är ett större åtagande, på så sätt blir de som arbetar med damminstrumentering mer specialiserade på det området. Eftersom det är en identifierad brist att det utförs relativt få sådana installationer i Sverige och kompetensen därmed inte byggs upp kanske det inte enbart är av ondo att de som faktiskt tar på sig damminstrumenteringsuppdrag, och som har utbildat sin personal, får fler uppdrag.

Inledningsvis bör de som ska leda utbildningen utbildas av erfarna personer i branschen både inom dammsäkerhet, installationsteknik och instrument.

4.2 ÅTGÄRDSFÖRSLAG ÖVRIGA BRISTER

Redan i projekteringsfasen eller i upphandlingen bör det specificeras hur de instrument som ska installeras ska funktionstestas på plats och förberedas så man kan verifiera korrekta mätvärden innan drifttagning. Att man inte verifierar instrumentens mätvärden är ett stort problem som enkelt kan åtgärdas genom att man redan i upphandlingen preciserar vilka tester som ska göras, med vilken utrustning och hur de ska dokumenteras. Man bör även införa en punkt i arbetet där installationerna testas genom hela kedjan, in till mottagarsystemet för att säkerställa att alla signaler kommer in på rätt sätt och att villkor och utgångsvärden är korrekta.

En specifik person ur driften bör utses som ansvarig för de instrument som installeras och därmed få resurser och utbildning för att kunna sköta underhållet.

Denna person bör utses i ett tidigt skede och få vara delaktig i projektet, bland annat vid installationen, för att få kunskap om syftet och om tekniken. Denna rekommendation finns även omnämnd i rapporten *Dam safety performance monitoring data management – best practice Svensk kortversion och reflektioner Rapport 14:09*. Där beskrivs att en viktig komponent för att erhålla ett väl fungerande underhåll av installationer är att den person som ska genomföra övervakningsprogrammet och utföra underhållet utbildas.

4.3 SAMMANSTÄLLNING

Nedan presenteras en sammanställning över vilka åtgärdsförslag som är kopplade till vilken brist.

Tabell 1 Sammanställning brister och åtgärdsförslag

	Identifierad brist	Åtgärdsförslag
Brist 1	Bristande kunskap hos projektören	Utbildning. <i>Vid anbudslämnande kunna uppvisa utbildningsintyg för den personal som ska projektera instrumenteringen.</i>
Brist 2	Bristande kunskap hos beställare	Utbildning
Brist 3	Bristande kunskap hos entreprenörer	Utbildning <i>Vid anbudslämnande kunna uppvisa utbildningsintyg för den personal som ska utföra arbeten relaterade till instrumentering.</i>
Brist 4	Brist i funktionstest av instrument	Mätnoggrannhet och därtill hörande kontroll för att upprätthålla noggrannheten måste specificeras redan av projektör, ingår i åtgärdsförslag till <i>Brist 1</i> . Högre krav vid upphandling att entreprenör ska beskriva hur test av installerad utrustning ska utföras (Särskilt vid totalentreprenad), ingår i åtgärdsförslag till <i>Brist 2 och 3</i> .
Brist 5	Bristande drift och underhåll	Tydliggörande av ansvar och delaktighet i installationsprojekt. Den person som utses som ansvarig bör få en utökad driftsutbildning för aktuella instrument. Programmeringen får inte vara för beroende av extern kompetens. Någon hos beställaren bör utses som ansvarig och erhålla rätt kompetens vid överlämning av färdigprogrammerat system för att kunna göra justeringar vid behov, exempelvis nivåförändringar eller larmgränser.

5 Referenser

CIGB ICOLD. (2018). *Dam Surveillance Guide - Bulletin 158*. London: CRC Press.

Nilsson, Å. (2014). *Dam safety performance monitoring and data management - best practice*.

Svensk kortversion och reflektioner Rapport 14:09. Stockholm: Elforsk.

Svensk Energi. (2012). *Ridas - Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet*. Svensk Energi.

ERFARENHETER AV DAMMINSTRUMENTERING

Vid alla typer av dammkonstruktioner finns det risker som i värsta fall kan orsaka ett dammhaveri. För att kunna övervaka tillståndet i en damm och för att kunna agera på eventuella risker i ett tidigt skede är det viktigt att ha en väl fungerande damminstrumentering.

Här konstateras en bristande kunskap hos projektörer, beställare och entreprenörer. Det förekommer också otillräckliga tester av instrumentens funktion och brister i drift och underhåll.

Lösningen är en utbildning för de som arbetar med damminstrumentering. Den bör ge kunskap om hur dammar är uppbyggda, vilka allvarliga risker som finns, hur de övervakas och hur installationer görs på korrekt och säkert sätt.

Högre krav bör också ställas vid upphandling så att mätvärden från de instrument som installeras kan verifieras. Ett vanligt problem är att dammägare frågar sig om de kan lita på givaren flera år efter att den är installerad. Om det då inte finns ett korrekt utgångsvärde är det svårt att bedöma funktionen.

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



Energiforsk