

RIDAS

Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet

Kapitel 3.4 Avbördningsanordningar Tillämpningsanvisningar

2000-04-19

3.4.1 GENERELLT

Ett av de allra viktigaste kriterier att utvärdera är en anläggnings avbördningskapacitet och tillförlitlighet att hantera det dimensionerande flödet under olika förhållanden. Vid denna utvärdering skall, då förhållandena kan misstänkas vara sådana, påverkan från andra i avbördningssystemet ingående utskovsluckor eller andra speciella förhållanden beaktas. Exempel på speciella förhållanden kan vara:

- flödesbegränsning p g a drivgods etc.
- kavitation
- erosion
- manöverbarhet vid olika omgivningsförhållanden, t ex snö och is
- driftbegränsningar
- andra förhållanden som reducerar avbördningskapaciteten, t ex igen-sättningar uppströms eller nedströms i vattenvägarna
- förändringar i de byggnadstekniska strukturerna, t.ex. fastsättningen av falsar som kan påverka avbördningskapaciteten

Sammantaget kan detta innebära att den med utgångspunkt från varje utskovslucka nominellt beräknade sammanlagda avbördningskapaciteten behöver reduceras.

Under förhållanden då avbördningssystemet avbördar det dimensionerande flödet kan mindre skador accepteras, förutsatt att de ej kan orsaka dammbrott.

Avbördningsanordningar skall fungera vid alla aktuella driftförhållanden och under dess livstid.

I en dammanläggnings avbördningsförmåga får normalt endast medräknas avbördningen hos de utskov som med full säkerhet kan tas i anspråk inom disponibel tid. Detta kan innebära att exempelvis bottenutskov ej skall medräknas.

Möjligheten att utnyttja turbinvattenföringen i en kraftstation kan utgöra en extra möjlighet till avbördning men skall enligt RIDAS ej medräknas i avbördningskapaciteten för något fall. Detta eftersom det finns risk att drift av kraftstationsaggregat ej är möjlig p g a nätbortfall eller annan orsak (t ex aggregatfel).

För föråldrade mekaniska och elektriska utrustningar beaktas förhållandet att det kan vara svårt att i ett kritiskt läge med kort varsel få fram reservdelar.

3.4.2 AVBÖRDNINGSKAPACITET

3.4.2.1 ALLMÄNT

Överströmning av krön är en av de vanligaste orsakerna till dammbrott för fyllningsdammar. Bestämning av dimensionerande flöde för dammanläggningar samt bestämning av utskovens kapacitet är därför av största vikt.

Två begrepp är aktuella när det gäller utskovs avbördningskapacitet, hydraulisk och teknisk avbördningskapacitet. Den hydrauliska avbördningskapaciteten avser utskovets kapacitet utan hänsyn till erosion, översvämning etc. på utskovet och dess nära omgivning. Den tekniska avbördningskapaciteten är utskovets kapacitet när hänsyn tas till begränsande faktorer. Erfarenheterna visar att den tekniska avbördningsförmågan hos utskov i svenska dammar ibland är lägre än förväntat.

Gränserna för avbördningskapaciteten genom ett utskov sätts i första hand av dess hydrauliska avbördningskapacitet, dvs. kapaciteten hos en på visst sätt placerad, fri vattenväg, med viss angiven geometri, ytjämnhet och omgivning.

Kapaciteten kan emellertid påverkas av att verkliga dimensioner avviker från de som antagits vara för handen. Det gäller särskilt dimensionerna på anslutande naturliga vattendrag och sprängda eller schaktade vattenvägar. Ytterligare gränser för utskovets tekniska avbördningskapacitet kan sättas av utskovets och dess omgivnings förmåga att fungera vid hög tappning i det aktuella utskovet. Det kan vara höga vattenstånd, vågor eller höga vattenhastigheter, höga eller låga tryck, vattenstänk, vibrationer, pulserande strömning, luftinblandning och luftavgivning mm som påverkar utskoven med anordningar för energiomvandling, vattenvägar, kraftförsörjning, luckmanöverutrustning och driftpersonal eller damm, kraftstation och tillfartsvägar.

Möjliga orsaker till nedsatt avbördningsförmåga för ytutskov och bottenutskov finns i VASO rapport nr 5 ”Verklig avbördningskapacitet”.

3.4.2.2 BESTÄMNING AV AVBÖRDNINGSKAPACITET

Generellt

För bestämning av dimensionerande flöde används Flödeskommitténs riktlinjer.

För bestämning av avbördningskapacitet finns olika metoder både om anläggningen redan existerar eller om det är en nybyggnation.

Kravet på metodens noggrannhet beror på dammens konsekvensklassificering, för konsekvensklasserna 1A och 1B skall endast de mest noggranna metoderna användas. För konsekvensklasserna 2 och 3 är valet fritt.

Bestämning av avbördningskapacitet kan göras med:

- Teoretiska beräkningar med handboksformler
- Fältmätningar antingen med ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) eller med en ny teknik ASFM (Acoustic Scintillation Flow Meter)
- Fysisk modellering
- Matematisk modellering

När det gäller andra typer av fältmätningar än med ADCP och ASFM som med utspädning, flyglar etc. rekommenderas de inte på grund av bristande noggrannhet.

Teknisk avbördningskapacitet kan endast bestämmas vid tappningsprov på existerande anläggning samt delvis vid fysiska modellförsök. Det är ofta inte möjligt att göra tappningsprov vid det dimensionerande flödet men ett tappningsprov vid högsta möjliga flöde ger mycket värdefull information.

Om den tekniska avbördningskapaciteten för en damm i konsekvensklasserna 1A eller 1B bedöms osäker skall bestämning av denna utföras.

Teoretiska beräkningar med handboksformler

Teoretiska beräkningar med handboksformler är den enklaste och billigaste formen för att bestämma ett utskovs kapacitet. Med en erfaren konstruktör och med en utskovsutformning som inte har några beräkningstekniska svårigheter kan man nå goda resultat. Med beräkningstekniska svårigheter kan även en erfaren konstruktör få fel i avbördningskapaciteten på upp mot 20-30 %, se ELFORSK rapport ”Matematisk modellering av avbördningskapacitet genom utskov”. Med tanke på detta rekommenderas teoretiska beräkningar med handboksformler enbart för dammar i konsekvensklasserna 2 och 3.

Litteratur om teoretiska beräkningar finns bl.a. i US Corps of Engineers ”Hydraulik Design Criteria”, i IAHR’s ”Structures Design Manual”, i NHL’s ”Avlöpsdata i elver og vassdrag”, i Hydraulik för Väg- och Vattenbyggare och i VASO rapport nr. 5 ”Verklig avbördningskapacitet”.

Fältmätningar

Fältmätning med ADCP görs med utrustningen i en båt som körs tvärs över älven och som mäter ett stort antal hastighetsprofiler, vilka sedan datorbehandlas för att ge vattenföringen.

För en svensk älv bedöms osäkerheten till 4-5 %. Det bättre värdet gäller i större älvar, då det omätta området närmast botten och ytan blir procentuellt sett mindre.

Noggrannheten i utskovets avbördningskapacitet beror dels på ADCP-mätningens noggrannhet, dels på att man uppnått stationära förhållanden under mätningen. Den slutliga osäkerheten vid en ADCP-mätning av utskovens avbördningskapacitet beror också på lokala förhållanden i älven.

Fältmätning med ASFM görs med utrustning monterad i t ex utskovets luckfalsar.

Fältmätning rekommenderas speciellt för konsekvensklasserna 1A och 1B.

Speciellt värdefullt är fältmätning vid dammar med bottenutskov, då små fel i antagen avbördningskapacitet ger stor avvikelse i beräknat vattenstånd.

Fysisk modellering

Det traditionella sättet att utforma vattenvägarna i en vattenkraftanläggning är genom en fysisk modell. I den fysiska modellen kan utskovens hydrauliska avbördningskapacitet bestämmas med god noggrannhet, osäkerheten bedöms till ca 3 %. I viss mån kan man också bedöma att den tekniska avbördningskapaciteten blir lika hög som den hydrauliska även om den slutliga bestämningen måste göras i ett tappningsprov.

Fysisk modell rekommenderas speciellt för konsekvensklasserna 1A och 1B.

Matematisk modellering

Matematiska modeller för bestämning av utskovens hydrauliska avbördningsförmåga börjar nu bli användbara även om beräkningstiderna fortfarande är mycket långa.

Uppbyggnad, körning och utvärdering av den matematiska modellens resultat kräver att användaren har stor erfarenhet av beräkningsprogrammet men även av strömningsteknik för att man skall uppnå god noggrannhet.

Osäkerheten i bestämningen av den hydrauliska avbördningskapaciteten bedöms vara lika stor som vid fysiska modeller eller ca 3-4 %.

Mer erfarenheter av den matematiska modelleringen är nödvändig innan man kan rekommendera den allmänt, då speciellt för dammar i konsekvensklasserna 1A och 1B.

3.4.3 SYSTEMUPPBYGGNAD OCH KONSTRUKTION

3.4.3.1 ALLMÄNT

De länkar (funktioner) som ingår i ett system för avbördnings skall, var och en, vara utformade på sådant sätt att det totala systemet uppfyller de krav som ställs med avseende på dammens konsekvensklass. Systemuppbyggnad bör ske på ett sådant sätt att uppdelning sker i funktionsblock med för varje block väl definierade gränssnitt. Det totala systemet måste utformas så att erforderlig uthållighet erhålls, bl. a. genom korrekt dimensionerat hjälpkraftsystem.

Behov av redundant system för avbördning bestäms med utgångspunkt från konsekvenserna av utebliven avbördning i kombination med:

- vattennivåns stighastighet vid utebliven funktion i ordinarie system för avbördning
- möjlighet till manuella åtgärder för att uppnå erforderlig avbördning, exempelvis reparation, öppning av utskov med hjälp av kran.

Normalt är det i samband med kraftstationer som ett behov av redundant system kan föreligga, varvid dimensionerande kapacitet på det redundant systemet oftast motsvarar anläggningens maximala drivvattenföring (driftfall; frånslag av samtliga aggregat vid dämmningsgräns).

Redundanta system kräver också separering av de olika systemen rumsmässigt (exempelvis med avseende på brand) samt att kablar och kabelvägar är åtskilda.

Avbördningsanordningar och delar av dess elektriska system är oftast placerade i en miljö som är utsatt för påverkan från överspänningar/åska. Detta skall speciellt beaktas vid systemutformning och val av komponenter. I många fall kan också speciella skyddsåtgärder behöva vidtas, exempelvis installation av överspänningsskydd. Tillämpliga råd och anvisningar för skydd mot överspänning finns bl. a. i publikationen ”Störningsfri elektronik” (21).

Materiel och komponenter som ingår i olika system, i synnerhet i skyddssystem, skall vara standardiserad och ha dokumenterade egenskaper.

För att skapa en bra miljö för den utrustning som ingår i ett avbördningssystem samt för dem som skall manövrera och underhålla utrustningen måste påverkan från fukt, snö-is, temperaturvariationer, föroreningar etc beaktas. Bäst uppnås detta genom att placera den vitala utrustningen, exempelvis spelmaskinerier och elutrustning, i någon form av isolerat och uppvärmt utrymme. Även faktorer som belysning/nödbelysning skall beaktas.

Avbördningsanordningar skall konstrueras på ett sådant sätt att tillsyn och underhåll kan utföras på ett säkert sätt. Detta kan bl a innebära att möjlighet att stänga av ett utskov för exempelvis målningsarbete lämpligen bör finnas.

Segment- och planluckor utformas konstruktivt så att vatten ej kan tränga in i konstruktionen, vare sig vid normala vattennivåer eller i samband med övertinning.

Bilagorna 1 och 2 utgör exempel på godtagbara övergripande systemlösningar för konsekvensklass 1 respektive konsekvensklass 2 anläggningar.

Val av lucktyp

Vid val av lucktyp till ett utskov måste man ta hänsyn till ett antal faktorer, såsom:

- Var dammen är belägen och om det finns elektrisk hjälpkraft.
- Var i dammen utskovsluckan är placerad i förhållande till kraftstation och övriga utskov.
- Hur utskovsluckan skall manövreras.
- Vilka krav som finns på manöverhastigheter.
- Om utskovsluckan användas för finreglering (t ex. VNR).
- Hur mycket vatten som skall avbördas.
- Om utskovet användas för vintertappning (uppvärmning).
- Mängden och formen på det skräp som kan förväntas.

Nedan beskrivs de vanligaste typerna av utskovsluckor samt för- och nackdelar med dessa.

Segmentluckor

Lucktypen används för avbördning i ytutskov (utan topptätning) och bottenutskov (med topptätning) vid större dammar där mycket vatten skall kunna avbördas. Som bottenutskov finns denna typ av luckor i Sverige monterade ner till cirka 45 m djup.

Då lucktypen används som bottenutskov ställs höga krav på luckkonstruktionen (se kapitel 3.4.2.2 Dynamiska belastningar) och lyftmaskinerierna samt underhållet av dessa. Svårigheter att stänga av bottenutskov medför att underhållet många gånger blir eftersatt med osäker funktion till följd.

Lucktypen lämpar sig bättre än t ex plana luckor för uppvärmning både med tanke på att konstruktionen lättare möjliggör att uppvärmningsanordningar monteras i luckan samt att de släta falsarna är enkla att hålla uppvärmda.

Ett problem med segmentluckor är svårigheter att erhålla tillfredsställande smörjning av lucklagren. Orsaken till detta är att vridningen kring lageraxeln är liten vid normal drift. Detta gäller framför allt luckor som används för kontinuerlig vattennivåreglering. Lasten ligger alltid på samma del av lucklagret. För att kunna smörja lagret på ett bra sätt krävs att man avlastar luckan. Smörjvägarna skall hållas korta för att underlätta för smörjmedlet att nå fram till lagren.

De lager som i dag marknadsförs som smörjningsfria är i vattenkraftstillämpningar i praktiken ej smörjningsfria utan måste av korrosionsskäl ändå smörjas.

Överfallsluckor typ sektorluckor är olämpliga för reglering vintertid, eftersom is bildas på pelarsidorna om ej tillfredsställande uppvärmning finns.

Konstruktionsråd

Lucklagren bör placeras över vattenytan vid fullt öppen lucka. Detta för att undvika att flytgodis kilar fast mellan betongvägg och luckbenen och på så sätt skadar luckben och lager.

Snedställda luckben är att föredra framför raka (parallella med sidopelarna), då det visat sig att man vid många anläggningar har haft isproblem i den smala spalt som blir mellan betongvägg och luckben. Snedställda luckben medför också större stabilitet i sidled. Vidare bör luckbenen i alla tappningslägen hållas över nedströmsytan för att undvika tryckvariationer på benen.

Vinkeln mellan tröskel och lucka bör ej vara mindre än 40° för att få en bra tätning.

Planluckor

Planluckor används oftast i mindre utskov. Lucktypen är vanligast som ytutskov (utan topp tätning) men förekommer även som bottenutskov (med topp tätning). Vid större vattendjup förses denna lucktyp med hjul. Fördelen med lucktypen är att den tar liten plats i strömningsriktningen.

Då lucktypen används som bottenutskov är problemen med osäker funktion som resultat av bristande underhåll desamma som för segmentluckor.

En svaghet med denna lucktyp är falsarna som är monterade i nischer i pelarna. Detta medför att skräp lätt fastnar och kan orsaka att luckan ej går att manövrera. Vintertid kan dessa falsar vara svåra att hålla isfria.

Hjulluckornas hjullagring skall smörjas regelbundet, vilket många gånger kan vara svårt att genomföra p g a att smörjställena är svåråtkomliga.

Planluckor kräver normalt större manöverkrafter än segmentluckor beroende på sugkrafter och större rörelsefriktion. Speciellt gäller detta för planluckor med glidlistor.

Konstruktionsråd

Det är vanligen utböjningen och inte påkänningen som är dimensionerande för en planlucka.

Falsarna bör göras så små som möjligt för att minska virvelströmmarna som vid höga vattenhastigheter kan ge upphov till kavitation i området strax nedströms falsen.

För att minska risken för s k byråldseffekt, vilken är beroende av bredd-höjd förhållandet, förses denna lucktyp med styrhjul alternativt styrlistor.

Valslucka

Valsluckor är fördelaktiga, då man har mycket breda öppningar. De är normalt driftsäkra och lämpar sig bra för vintermanövrering. Styrningen är dock viktig, då man annars kan få problem med urkuggning.

Svagheten med denna typ av luckor är att det lätt fastnar skräp i falsarna samt att de i dag är dyra att tillverka.

Klafflucka

Denna lucktyp har huvudsakligen använts, då man förutom avbördning av vatten, haft behov att avbörda timmer och is. Utskovsöppningen skall vara bred för att förhindra igensättning.

Problem som ofta uppkommer, med denna typ av luckor, är erosion kring lucklagren samt att det ibland kan bli problem med grussamlingar bakom luckan, vilket kan begränsa öppningen. Klaffluckor är förhållandevis dyra att tillverka.

Sättar och nålar

För mindre utskov används även horisontella bjälksättar eller vertikala nålar som är en enkel och billig lösning. Sättarna är vanligen av stål, trä eller betong, medan nålarna är av trä eller stål. Vanligen manövreras de en och en för hand med en telfer eller med hjälp av mobilkran.

Såväl sättar som nålar är svåra att sätta i strömmande vatten. Svårigheten ökar med vattendjupet. Det kan vara näst intill omöjligt att öppna ett sättutskov vid stora djup.

3.4.3.2 Mekaniska system

Avgörande vid konstruktion av en avbördningsanordning är hur och när den skall användas. Speciell vikt skall läggas vid:

- manöverfrekvens
- vintermanövrering
- magasinets stigningshastighet
- krav på avbördning
- avbördningsanordningens geografiska placering

Avstängningsanordningar skall utformas så att förutsättningar ges för ett effektivt och säkert underhåll. Speciell omsorg skall ägnas åt sådan utrustning som inte är tillgänglig för inspektion och underhåll vid normal drift.

En avbördningsanordning som är avsedd att användas för finreglering (ex. VNR) utsätts för betydligt mer slitage än en avbördningsanordning som endast skall användas vid något enstaka tillfälle per år. Här måste hänsyn tas till slitage och utmattningsnivå vid dimensionering.

För att undvika onödig lagerhållning av komponenter skall man i så stor utsträckning som möjligt använda sig av standardprodukter. Strategiska reservdelar bör lagerhållas lokalt.

Dimensionering

Vid dimensionering av bärande konstruktioner för en avbördningsanordning skall partialkoefficientmetoden enligt Boverkets konstruktionsregler BKR samt Boverkets handbok om Stålkonstruktioner BSK gälla.

Med hänsyn till omfattningen av de personskador eller betydande ekonomiska förluster som kan befaras uppkomma vid ett haveri eller bristande funktion på en avbördningsanordning skall konstruktionen hänföras till någon av säkerhetsklasserna 1-3 enligt BKR. Valet av säkerhetsklass för avbördningsanordningen beror således på konsekvensen av ett brott alternativt bristande funktion. Som tumregel kan man säga att en avbördningsanordning i en:

- Konsekvensklass 1A och 1B damm tillhör säkerhetsklass 3
- Konsekvensklass 2 damm tillhör säkerhetsklass 2
- Konsekvensklass 3 damm tillhör säkerhetsklass 1

Konsekvensklassificeringen för dammar framgår av RIDAS avsnitt 2.3.

Livslängden definierad enligt BKR 2:13 bör för bärande delar i säkerhetsklasserna 2 och 3 väljas till minst;
50 år för delar som är åtkomliga för inspektion och underhåll.
100 år för delar som inte är åtkomliga för inspektion och underhåll.

Stålkonstruktioner

För exempelvis luckben och luckfalsar som utsätts för tryckkrafter får initialkrokigheten ej vara större än $0,001 \cdot \text{längden}$. För icke tryckta falsar och trösklar är det tätningsfunktionen som är avgörande för hur stor initialkrokighet som man kan tillåta.

Stålkonstruktioner indelas med hänsyn till noggrannheten vid utförandet i utförandeklasser. För avbördningsanordningar skall utförandeklass GA eller GB normalt gälla.

Avbördningsanordningarna befinner sig i en ur korrosionssynpunkt besvärlig miljö och behöver därför vara beständiga alternativt skyddas mot korrosion. En avbördningsanordning hänförs en till korrosivitetsklasserna Im1 och C5-I. Im1 gäller för de delar som är i vatten medan C5-I gäller för övriga delar. Val av

färgsystem samt skiktjocklekar för dessa bägge korrosivitetsskisser skall göras enligt tabellerna 9:72d och 8.72f i BSK.

Hjultrycket mot stål bör inte överstiga:

$$\sigma_{\text{Hertz}} = 1.4 \cdot f_{\text{ud}}$$

Träkonstruktioner

Klimatklass 3 anses normalt gälla.

Vid lasters varaktighet skall följande gruppering gälla i tillägg till BKR 5:22:

Permanent vattentryck:	Lasttyp P
Istryck, norra Sverige:	Lasttyp A
Istryck, södra Sverige:	Lasttyp B
Last av fordon, laster från rörliga dammdelar och strömmande vatten, vind (vågor, vattenståndshöjningar):	Lasttyp C

Vattenlast

Vattenlasten skall delas upp i två delar, varav en räknas som permanent last och en som variabel last. Som permanent last räknas en vattenlast som motsvarar HVY medan överrinning/vågskvalp behandlas som en variabel last.

Islast

Horisontellt istryck antas med intensiteten 50 - 200 kN per meter dammlängd beroende på geografiskt läge, höjd över havet samt lokala förhållanden vid dammen.

För dammar på låg höjd över havet i södra Sverige (Skåne, Blekinge, Halland, Bohuslän och Västergötland) antas normalt istrycket 50 kN/m. Norr därom upp till en linje genom Stockholm och Karlstad antas normalt 100 kN/m. För övriga Sverige antas normalt istrycket 200 kN/m.

Beroende på lokala förhållanden kan istrycket vara större än ovan angivna värden. Det kan då bero på att dammen kan antas bli speciellt utsatt för ispressning där stor istjocklek observerats och där motstående stränder kan erbjuda mothåll vid temperaturhöjning i isen.

Isen bildar valv över utskovsöppningar, varför islasten skall beräknas till ett värde motsvarande hela utskovsbredden, även då isfrihållning sker framför luckor. Hänsyn skall även tas till att osymmetrisk isbelastning kan uppstå, t ex runt en dammpelare i utskov.

Istrycket antas angripa på en tredjedel av isens tjocklek räknat från isens överkant (dämmningsgränsen). Som riktvärde för istjocklek antas 0,6 m söder om linjen mellan Stockholm och Karlstad och norr därom 1,0 m.

Drivgods

Utskovens bredd skall vara så pass stora att risken för igensättning av drivgods minimeras. Stor risk för igensättning är om drivgodsets längd är större än 1.5 ggr utskovets bredd.

Förutom att drivgodset kan orsaka igensättning kan det orsaka mekanisk åverkan på luckorna.

Friktionskrafter

För att en lucka skall kunna manövreras på ett säkert sätt skall vid dimensioneringen av lyftanordningen hänsyn tas till de friktionskrafter som påverkar systemet. Exempel på friktionskrafter är:

- Friktion mellan glidlist och fals
- Lagerfriktion
- Rullmotstånd
- Friktion mellan fals och tätning

Exempel på friktionskoefficienter ges i tabell 1.

Glidlistor av brons eller mässing mot stål	$\mu = 0.6$
Glidlistor av gummi, neopren o.d. mot stål	$\mu = 0.7 - 0.9$
Bronslager, smorda Specialglidlager	$\mu = 0.2$ $\mu = \text{ned till } 0.15$
Gummi, neopren o.d.	$\mu = 0.7 - 0.9$

Tabell 1. Vanliga värden på friktionskoefficienter

Temperaturlaster

En utskovslucka utsätts under en årscykel för stora temperaturvariationer som kan ge upphov till spänningar. Dessa temperaturvariationer varierar beroende på var i landet man befinner sig samt hur luckan är monterad. En lucka som till största delen befinner sig över vattenytan skall dimensioneras för att klara temperaturvariationer på ± 40 °C. Är luckan målad i en mörk kulör kan temperaturen stiga ända upp till +60°. De stora temperaturvariationerna kan ge upphov till deformationer på grund av värmeutvidgning och skall beaktas vid konstruktion samt val av luckans kulör.

Dynamiska belastningar

Avbördningsanordningar är utsatta för hydrodynamiska laster, varför det skall kontrolleras att inte deformationer eller svängningar som är skadliga för kon-

struktionens funktionsduglighet uppstår. De största dynamiska påkänningarna uppkommer p g a att vattentrycket pulserar.

Svängningssystemet består av två undersystem, en hydraulisk strömning och en elastisk konstruktion. Hur stora vibrationerna blir beror på exiteringens styrka och dämpningen i systemet.

Utformningen av avbördningssystemet skall ske så att risken för pulserande strömning minimeras och så att konstruktionens egenfrekvens ligger långt under virvelavlösningsfrekvensen.

Dynamiska laster kan även uppkomma av vågskvalp genom att is och större skräp slår mot luckan vid avbördning samt av yttre betingelser i närheten av luckan, t ex sprängningar.

Konstruktionsutformning

Utformning av en konstruktion inverkar ofta i hög grad på motståndskraften mot korrosion och därmed på hela konstruktionens livslängd. På ställen med kvarvarande vatten eller smuts är risken för korrosion uppenbar. Vid nykonstruktion och ombyggnad skall man därför se till att det inte finns några onödiga ”fickor” där vatten eller smuts kan samlas.

Vätskefyllda spalter kan medföra s k spaltkorrosion på metalliska material och skall därför undvikas om så är möjligt.

I fuktiga miljöer skall man undvika sammankoppling av metaller med olika grad av ädelhet för att inte riskera bimetallkorrosion (galvanisk korrosion). Som material för små fästdetaljer skall man välja metall som har samma eller högre grad av ädelhet än den omgivande metallen. På liknande sätt skall man som tillsatsmaterial vid svetsning välja metall som har minst lika hög grad av ädelhet som grundmaterialet. Finns risk för bimetallkorrosion skall motåtgärder vidtas, t ex införande av isolerande mellanlägg eller målning av kontaktytorna eller hela kontaktstället och dess omgivning.

Vanligt förekommande i vattenkraftsammanhang är stålytor som sticker ut ur betongen, exempelvis falsar, trösklar och lager. I området där stålet sticker ut ur betongen är ytbehandlingen viktig. Här kan en aktiverad stålyta uppkomma som tillsammans med den passiverade stålytan i betongen bildar en s k aktiv/passiv cell.

Grafit i smörjmedel skall ej användas tillsammans med rostfritt material p g a risken för galvanisk korrosion.

Dokumentation

Vid konstruktion av en avbördningsanordning skall dess hållfasthet verifieras med beräkningar. Dessa beräkningar skall redovisas i en beräkningsrapport. Beräkningsrapporten skall innehålla hänvisningar till aktuella konstruktionsritningar, uppgifter om lastförutsättningar, genomförda beräkningar samt en värdering av beräkningsresultatet.

3.4.3.3 Drivsystem

Avgörande vid val av drivsystem är om avbördningsanordningen skall användas för kontinuerlig vattennivåreglering eller endast manövreras vid ett fåtal tillfällen per år. En annan faktor som är av betydelse är vattnets stigningshastighet i magasinet samt hur lång tid det tar för personal att nå utskovet. Konsekvensen av utebliven funktion är också av betydelse vid val av drivsystem. Här är antalet utskovsluckor i dammen samt om en avbördningsanordnings funktion är av betydelse för övriga luckor viktig att beakta.

Drivsystem skall dimensioneras med hänsyn till de förutsättningar som gäller för drift av avbördningsanordningen avseende användning (exempelvis manöverhastighet och inställningsnoggrannhet) samt inkopplingstid och -intervaller. Dessutom skall dimensionering efter belastningens momentkaraktistik och övriga förhållanden som kan inträda, exempelvis vilofriktion, ske. Generellt gäller att drivsystem för luckor kan ta skada om antalet start-/stoppmanövrar blir stort och luckornas gångtid kort. En tumregel vid mekaniska spel kan vara att tillåta högst 4-5 starter/tim med gångtid minst 5-6 sek.

Normal manöverhastighet för utskovsluckor är 0,1-0,5 m/min.

Där luckor är kopplade till ytregeringsautomatik (VNR) är oljestyrda servomotorer att föredra speciellt vid hög manöverfrekvens.

Vid konstruktion och tillverkning av en lyftutrustning skall man beakta de hälso- och säkerhetskrav som finns föreskrivna i gällande utgåva av Arbetskyddsstyrelsens författningar. I IKH Lyftdonsnormer finns de standarder och krav som styr konstruktion och tillverkning av lyftutrustning.

Vid bestämning av erforderlig manöverkraft för en lucka skall hänsyn tas till: luckans egenvikt, vattenlasten, hjulfriktionskrafter (hjulluckor), friktionskraft orsakad av friktion mellan glidlist och fals (luckor med glidlistor), lagerfriktion (segmentluckor), tätningsfriktionskrafter och sugkrafter (normalt ej för segmentluckor).

Säkerheten för att kunna manövrera en lucka skall vara minst 1.25.

För glidluckans manöverkrafter är friktionskraften betydelsefull. Denna är av samma storleksordning vid lyft som vid sänkning av luckan. Detta medför att hydraulcylinder alternativt kuggstång måste dimensioneras för nedtryckning av luckan. Vid långa cylindrar och kuggstänger skall knäckningsrisken beaktas.

Elmanövrerade drivsystem kan vara av typ växelström- alternativt likströmsdrivsystem. Vid val av växelströms- kontra likströmsdrivsystem måste tillgängligheten för hela systemet beaktas. Drivsystem med kortslutna växelströmsmotorer har den fördelen att motortypen är mycket driftsäker och lätt att styra. Nackdelen med växelströmsdrivsystem är ofta att det krävs ett motorgeneratoraggreat (som i förhållande till likströmssystem oftast har lägre tillgänglighet) för hjälpkraftförsörjning vid bortfall av ordinarie matning. Likströmssystem har fördelen

att de i princip är tillgängliga direkt vid bortfall av anläggningens 400/230 V lokalkraftsystem samt att det går att övervaka dess funktionalitet mer tillförlitligt än vad som är fallet med stationära motorgeneratoraggregat (som ju normalt sett ej är i drift = ”standby läge”). Nackdelen med likströmsdriftssystem är komplexiteten vad gäller likströmsmotorer (borstar, kommutator) och startutrustning (pådrag) samt att de har begränsad uthållighet med avseende på tillgänglig batterikapacitet. Det går även att använda likströmssystem för drift av växelströmsmotorer, då med hjälp av växelriktare. Härvid kommer man ifrån nackdelen med att använda likströmsmotorer.

Elektriska motorer som ej är placerade i uppvärmt utrymme bör vara försedda med stilleståndsuppvärmning.

Spänningsfall och utlösningvillkor för hjälpkraftkablar till motordrivsystem skall speciellt beaktas då ett för stort spänningsfall kan resultera i att motordrivsystemet ej kan ge tillräckligt moment för manövrering av utskovet.

Från och med den 1 januari 1995 skall alla maskiner som tillverkas för försäljning eller eget bruk certifieras och CE-märkas enligt EG:s maskindirektiv. Som maskin räknas en grupp förbundna delar, varav minst en är rörlig samt tillhörande drivorgan som inte består av manuellt arbete. Används maskinen för att lyfta eller sänka laster räknas även en maskin med manuell kraftkälla till maskindirektivet.

Vid renovering, dvs då inga direkta förändringar i maskinen görs, skall den ej CE-märkas. Naturligtvis måste den uppfylla gällande säkerhetskrav (se Arbetarskyddsstyrelsens anvisningar). Vid en ombyggnad av maskinen som innebär en väsentlig förändring, speciellt om nya risker tillförs, skall maskinen dock CE-märkas. Det kan ibland vara svårt att avgöra om en ombyggd maskin skall CE-märkas eller inte. Ett lämpligt verktyg för att bedöma detta är riskanalys.

Hydrauliska lyftanordningar

För utskovsluckor används huvudsakligen en eller två hydraulcylindrar (servomotorer) som är direkt kopplade till en lucka. En cylinder är att föredra för att slippa problem med parallellkörning. För mindre luckor används även mobila domkrafter som flyttas mellan flera luckor.

Hydraulspelet består ur mekanisk synpunkt av en motordriven hydraulpump, ett rörsystem, styr- och reglerutrustning (ventiler, filter), oljetank samt en eller flera hydraulcylindrar.

Fasta hydraulcylindrar används normalt för slaglängder från 0,5 till 13 m och ett arbetstryck upp till 16,5 MPa.

För mindre planluckor används ofta domkrafter med en slaglängd på upp till 0,5m och ett arbetstryck upp till 40 MPa.

Hydraulcylindern och anslutande rör, slangar, kolvtätningar, avstrykare, skydd etc. utsätts för regn och snö, vattendimma, stänk och växlande temperaturer, vilket medför att höga krav skall ställas på dessa komponenter.

Speciellt följande krav skall beaktas:

- Hydraulslangarna bör vara av sådan kvalitet att de under en lång tid klarar den miljö som de utsätts för.
- Tunnväggiga låglegerade hydraulrör skall ej användas i fuktig miljö.
- Kolvstången skall utföras i rostfritt material.
- Hydraulaggregatet bör ha ett eget filtersystem. Vid användning av långa hydraulcylindrar är det viktigt att de dimensioneras så att böjning undviks, vilket annars kan orsaka snabb nedslitning av kolvtätningen.
- Stor vikt skall läggas vid renlighet vid montage.

Vid val av olja skall krav ställas på viskositet vid värme och kyla, smörjegenskaper samt att den skall vara blandbar med tidigare i systemet använda oljor.

Oljorna skall bestå av rena, väl raffinerade produkter med hög oxidationsstabilitet och god förmåga att separera bort vatten och luft. De får innehålla tillsatser motverkande oxidation, skumbildning och korrosion, dock ej filmförstärkare innehållande fosfor, svavel, metaller eller halogener. De bör inte innehålla några flytpunktsnedsättande additiv (PPD).

Oljornas miljöegenskaper skall vara typprovade enligt OECD's metoder. För att få ett väl fungerande system skall höga krav ställas på filtrering av hydrauloljan. Höga krav skall även ställas på hydrauliska komponenter (exempelvis handmanöver på ventiler), på rörbrottsvakter (speciellt vid gemensamt hydraulaggregat för flera utskov) samt för hydraulcylindern.

Mekaniska lyftanordningar

Det som i huvudsak utgör skillnaden mellan olika typer av mekaniska spel är sättet att överföra kraft från spel till lucka, nämligen via skruv, kuggstång, kedja, kätting eller lina.

Skruvspel består vanligen av två trapetsgångade skruvar och utgör en vanlig ersättning för spettlyft och används även som lyftanordning på mindre planluckor.

Kuggstångspel används för manövrering av både stora och små luckor. Denna typ av spel används då det fodras en nedåtriktad kraft för stängning av luckan.

För spel med skruv eller kuggstång skall höga krav ställas på gränslägesbrytningen vid stängd lucka för att inte riskera knäckning av skruv eller kuggstång alternativt måste spelet monteras fjädrande med fundamentbrytare.

Lin-, kedje- och kättingspel är den vanligaste typen av spel för luckor som går ned av egen tyngd. Kättingspel förekommer endast vid äldre anläggningar. För linspel är det viktigt att linorna styrs, så att de ej kan klämmas fast mellan fals och luckkropp.

Handdrivna lyftanordningar

För mindre plan- och sättluckor som manövreras sällan samt där kraven på manöverhastighet är låg kan handdrivna lyftanordningar t ex spett och lyftspjut användas.

3.4.3.4 Reservdriftsystem

Med reservdriftsystem avses system för manöver (lucköppning och -stängning) av utskov vid bortfall av ordinarie driftsystem och/eller dess kraftförsörjning.

Man skiljer på två typer av reservsystem:

- Reservsystem som verkar på den ordinarie lyftutrustningen t ex likströms-, bensin- eller dieseldrivna reservmaskinerier och lufthasplar som kopplas till vevfästet. För hydraulaggregaten kan motsvarande vara en reservpump som drivs av ett bensin- eller dieseldrivet aggregat.
- Reservsystem, typ mobilkranar, domkrafter eller lyftblock, som verkar direkt på luckan

För klass 1A- och 1B-anläggningar skall utskoven vara utrustade med reservdriftsystem väl dimensionerade för all ansluten utrustning.

Ett grundläggande krav på ett reservdriftsystem är att det finns tillgängligt på den anläggning där det skall användas. Beroende på tidskravet kan man i vissa fall acceptera att ett reservdriftsystem är gemensamt för flera anläggningar. Reservdriftsystemet skall då det ej används förvaras på en bestämd plats. Vid varje utskovsluckas spel skall finnas uppgift om var det förvaras.

Många mekaniska spel är utrustade med handvevar. Dessa är dock normalt ej att betrakta som reservdriftsystem.

I vissa fall kan mobilkran fungera för reservdrift. Krav måste då ställas på brobanans bärighet, framkomlighet även vid svåra förhållanden samt att luckorna är avpassade för att kunna lyftas med en mobilkran. Vid linbrott kan mobilkran många gånger vara den enda möjliga reservmanövreringen.

Små portabla bensindrivna aggregat till vilka man kopplat, exempelvis mutterdragare är en billig lösning som har visat sig fungera bra.

En kritisk händelse för de hydrauldrivna avbördningsanordningarna är om brott uppkommer på ledningar mellan hydraulaggregatet och hydraulcylindern. För att öka säkerheten bör man se till att en anslutning finns på cylindern för att kunna koppla in ett reservdriftsystem direkt på cylindern samt att cylindern förses med en strypbricka.

För reservdriftsystem med motorgeneratoraggregat skall nedanstående faktorer speciellt beaktas

- att motorgeneratoraggregatet har tillräcklig förmåga att leverera kortslutningsström, så att felaktiga delar selektivt kan kopplas bort
- att aggregatet är dimensionerat efter lasternas karakteristik och för förekommande lastkombinationer.
- att systemuppbyggnad och komponentval uppfyller samma krav som ställs på övriga länkar ingående i avbördningsystemet. Detta innefattar bland annat aggregatets likströmssystem, manöversystem och skyddssystem.
- att i synnerhet för dieslar, provköra med belastning
- att aggregatets kyl- och uppvärmningssystem är dimensionerat för alla förekommande driftfall

3.4.3.5 Manöver- och indikeringssystem

Manöver och indikering omfattar presentation av mätvärden, indikering av status på objekt samt funktioner för styrning av objekt (utskov, automatiker etc).

Manöver- och indikeringssystem för avbördningsanordningar skall vara utformat med avseende på förekommande driftfall. Exempel på faktorer är drift- och startströmmar (speciellt brytförlopp), start- och stoppfrekvenser.

Maskindrivna utskovsluckor skall alltid vara möjliga att manövrera lokalt vid luckan. Härvid skall utformningen vara sådan att operatören kan ha uppsikt över luckan, helst också över anströmmande vatten, samt i övrigt ha full kontroll över manövern.

Lucklägesmätning för avståndsmanöver av utskov bör ske så nära luckans verkliga rörelse som möjligt, dvs. ej på spelmaskineriet.

”Öppna” manöver skall normalt sett vara överordnad ”stänga” manöver vid avståndsmanövrerade luckor.

Ett utskovs manöversystem skall vara utformat så att ”vattensprut” p g a ofullständigt stängt utskov förhindras (speciellt viktigt vintertid). Då så erfordras skall manöversystemet vara uppbyggd så att första öppna manöver vid stängt utskov har sådan varaktighet att gränsläget för stängd lucka växlar läge, så att luckstängning möjliggörs.

En viktig komponent i en utskovsluckas manöversystem är dess gränslägesfunktion. Gränslägena är en komponent som oftast är placerad i en svår miljö med avseende på väder, vind och risk för oavsiktlig mekanisk påverkan. Erfarenheten har visat att gränslägesfunktionen är en av de mest felbehäftade delarna vad gäller maskindrivna utskovsluckor. Felorsakerna är oftast relaterade till att fukt trängt in i själva gränsläget, att den mekaniska påverkan av gränsläget från luckan missar eller att man glömmer återställa gränslägesfunktionen efter underhållsarbeten på luckan (exempelvis efter blästring och målning). För att få en så säker gränslägesfunktion som möjligt skall gränslägena påverkas av själva luckan och ej av drivmaskineriet eller av ett gränsläge i en lägesgivare. Gränslägen skall också i möjligaste mån skyddas från is, fukt och oavsiktlig mekanisk påverkan. I många fall kan det även vara motiverat att dubblera gränslägesfunktionen för fullt öppen lucka, då denna sällan eller aldrig blir funktionsprovad. Komponentmässigt finns det mekaniska-, kapacitiva och induktiva gränslägesgivare. Erfarenhetsmässigt har de mekaniska hittills visat sig vara tillförlitligast. Gränslägen bör monteras så att de är lätt åtkomliga för kontroll och underhåll.

3.4.3.6 Automatiksystem

Exempel på automatiksystem som påverkar avbördningsanordningar:

- Vattennivåreglering (VNR)
- Vattennivåövervakning (VÖA)
- Stationsflödesfördelning

En detaljerad beskrivning av respektive automatiks funktion finns i VAST-publikationen ”PLC-system i transformator- och vattenkraftstationer” (5).

Automatikfunktioner skall utformas så att reglerarbete utförs på ett sådant sätt att snabba svängningar i vattennivån uppströms och i flödet nedströms begränsas. Reglerstrategi- och reglerkvalité i övrigt skall uppfylla de anläggningsspecifika kraven.

Manöverfrekvensen för start och stopp av mekaniska drivsystem skall vara så låg som möjligt med hänsyn till drivsystemets livslängd. Utskov med växelströmsmatade hydrauliska drivsystem är lämpliga vid höga manöverfrekvenser, exempelvis vid vattennivåreglering.

3.4.3.7 Skyddssystem

Katastrofskyddsfunktionen (KAS) har primärt samma principiella uppgift som ett elektriskt reläskydd, nämligen att förhindra eller minimera konsekvenserna

av ett fel eller händelse. Detta fel kan exempelvis ha uppstått då vattennivåregleringen (VNR) inte klarat av sin uppgift på ett korrekt sätt. Således är ofta KAS-skyddet en reservfunktion för andra funktioner i anläggningen, t ex VNR och /eller fjärrkontroll, och skall därför vara oberoende av dessa. Detta innebär också att vattennivådetektering skall ske i en mätpunkt som är skild från övriga vattennivåreglerfunktioner.

KAS-funktionen bör byggas upp med så rena och enkla kretsar som möjligt samt vara överordnad andra automatikfunktioner i anläggningen. Konstruktionsmässigt skall dess funktionskedja utformas efter samma krav som ställs på ett reläskyddssystem.

För utskov som påverkas av KAS-funktionen skall inriktningen vara att de inte utnyttjas för annan funktion mer än att erforderlig avbördningskapacitet kvarstår för KAS-funktionen.

Isolation

Apparater och utrustningar ska uppfylla isolationskraven för SS IEC255-5 test Voltage series C.

Transienter

Utrustning i fackskåp och utrustning ute på störningsutsatt plats ska uppfylla tålighetskraven enligt SS 4361503 klass ML 4. Uppfyllda tålighetskrav enligt IEC 855-22-4 level IV anses uppfylla kraven enligt SS 4361503 klass ML 4. Övrig kontrollutrustning, placerad i kontrollrum eller annat störningsskyddat utrymme, ska innehålla tålighetskraven enligt SS 4361503 klass ML 3. Uppfyllda tålighetskrav enligt IEC 801-4 level 4 anses uppfylla kraven enligt SS 4361503 klass ML 3.

Statiska urladdningar

Utrustningar ska uppfylla tålighetskraven mot statiska urladdningar enligt SS IEC 801-2 level 3.

Elektromagnetiska fält

Utrustningar ska uppfylla tålighetskraven mot radiofrekventa elektromagnetiska störningar enligt SS IEC 801-3 level.

3.4.3.8 Övervakningssystem

I begreppet övervakningssystem innefattas funktioner som har till uppgift att detektera felaktiga tillstånd och göra operatören uppmärksam på detta så att åtgärder kan vidtas.

En tidig feldetektering kan möjliggöra att åtgärder hinner vidtas som förhindrar att en konsekvens av ett fel uppstår, exempelvis kan en signalering avseende fel i

uppvärmningssystemet för en lucka medföra att man hinner åtgärda felet innan luckan fryser fast.

Vid systemutformning av övervakningsfunktionerna skall eftersträvas att övervaka det man verkligen vill övervaka, t ex temperaturen i luckan (och ej avsmält säkring luckvärme). Härigenom täcker övervakningsfunktionerna upp så mycket som möjligt samtidigt som antalet funktioner minskas.

Exempel på viktiga funktioner att övervaka:

- att hjälpkraft finns fram till drivsystem och till övriga system (t ex manöver- och indikeringskretsar)
- omkopplare/strömställare som har betydelse för systemfunktionen
- batteri- och batteriladdning (inkl stationära motorgeneratoraggregat)
- stilleståndsvärme, t ex för stationära motorgeneratoraggregat
- utlösta fundamentbrytare
- värme- och isfrihållning
- bränslemängd, t ex för stationära motorgeneratoraggregat
- fjärrkontrollförbindelser (övervakas från driftcentral)

3.4.3.9 Fjärrkontroll

De flesta dammanläggningar (kraftstationer), för att inte säga alla, är i dag fjärrkontrollerade på ett eller annat sätt från en driftcentral. Detta innebär att fjärrkontrollen i mycket är ”ögat” mot anläggningen. Utformning och val av funktioner är därvid av stor betydelse. Tillgången till relevant information är grunden för ett korrekt beslutsfattande, då speciellt i samband med störd drift.

För en fjärrkontrollerad dammanläggning (kraftstation) är normalt sett nedanstående fjärrkontrollfunktioner aktuella:

- luckmanöver
- manöver av automatiksystem (till/från)
- lägesmätvärden utskov
- vattennivåmätvärden
- indikering KAS-skydd tillgängligt
- felsignaler från de olika länkarna ingående i avbördningssystemet (ex hjälpkraft, värme- och isfrihållningssystem, manöver- och indikeringsystem)
- processindikeringar

Den svagaste länken, vad gäller fjärrkontrollsystem, är normalt själva kommunikationslänken.

Mätvärden från lägesgivare och nivåmätutrustningar bör ha ”levande” nollpunkt (exempelvis 4-20mA), så att feldetektering möjliggörs.

3.4.3.10 Värme- och isfrihållningssystem

För att en avbördningsanordning skall fungera på avsett sätt vintertid, krävs erforderlig isfrihållning. Påfrysningar på luckan och i utskovsöppningen kan ge upphov till minskad avbördning, onormala laster samt påverka (hindra) manövreringen. Avbördningsanordningar som utsätts för infrysning och ej är dimensionerade för att klara islast kan behöva förses med någon form av uppvärmning för isfrihållning.

Vid oisolerade luckblad och låga vattentemperaturer är risken stor för påfrysning på luckbladet. Att öppna en lucka med påfusen is kan då isen lyfts upp ur vattnet ge upphov till stora överbelastningar på luckan. Dessutom finns risk för att lyftanordningen inte orkar lyfta luckan.

Ett antal olika system för isfrihållning finns. Det system som fungerar vid en anläggning fungerar nödvändigtvis ej vid nästa. Faktorer som skall beaktas vid val av isfrihållning är:

- vattnets temperatur
- omgivningens temperatur
- vattnets hastighet
- vattnets strömningsriktning (avståndet till kraftstationen)
- magasinets nivå variationer
- luckans utformning

3.4.3.11 System för vattennivåmätning

De vanligaste anledningarna till felfungerande vattennivåmätsystem är påverkan från överspänningar/åska samt att mätpunkten fryser eller att tilloppsroret slammar igen.

Vid systemutformning och val av komponenter måste hänsyn tas till anläggningsförutsättningarna. Oftast erfordras någon form av skydd mot överspänningar. För själva mätpunkten föreligger normalt sett behov av att kunna renblåsa tilloppsroret samt att tillfredsställande uppvärmning med avseende på isfrihållning åstadkommes. Även risker för yttre påverkan, typ sabotage, drivgods, måste beaktas.

För dammar tillhörande konsekvensklasserna 1A och 1B bör två av varandra oberoende mätpunkter finnas om inte särskilda skäl föreligger. Dessa mätvärden bör jämföras mot varandra och felsignal erhållas vid viss inställbar avvikelse. Exempel på särskilda skäl är att felaktigt vattennivåmätsystem ej i något fall kan orsaka fara för dammen.

Vattennivåmätutrustning skall ha ett mätområde och en noggrannhet som är anpassat till de anläggningsmässiga förutsättningarna.

3.4.3.12 Hjälpkraftssystem

För de elektriska systemen, tillhörande en damm, är tillgången till tillförlitlig hjälpkraft fundamental. Utan hjälpkraft fungerar i princip ingenting i en anläggning. För att säkerställa hjälpkraftförsörjning till anläggningens säkerhetssystem krävs att speciell omsorg ägnas vid utformning och uppbyggnad.

För en anläggnings skyddssystem måste hjälpkraftförsörjningen säkerställas via lokala likströms- eller växelströmssystem som är oberoende av anläggningens nätanslutning eller dess vattenkraftaggregat. För växelströmssystemet utnyttjas normalt motorgeneratoraggregat. Ordinarie driftsystem och skyddssystem måste vara åtskilda även vad gäller hjälpkraftförsörjning.

Råd och anvisningar för uppbyggnad av hjälpkraftssystem finns bl a i publikationerna "Likströmsförsörjning i kraftstationer" (6) samt "Likströmsförsörjning" (7).

3.4.3.13 Byggnadstekniska konstruktioner

Tröskelbalkar, luckfalsar är exempel på utskovsdelar som måste vara ingjutna i betong. Vid ingjutning av dessa måste det tillses att dessa blir stabilt infästa och noggrant inriktade. Snittkrafter skall kunna upptas av både det ingjutna materialet och av det omgivande materialet enligt kapitel 3.3 och enligt BKR 94 för övriga materiel. Beträffande laster skall laster enligt kap 3.1 beaktas. Istryck antas till:

- ställluckor 40-90 kN/m
- spettluckor eller luckor av trä: 20-35 kN/m

De högsta värdena gäller för de norra delarna av Sverige och de lägsta för de södra. För istryck på omgivande betongkonstruktion, se kapitel 3.2.

Vissa förändringar i byggnadstekniska konstruktioner kan påverka avbördningsanordningars funktion. Nedan listas vanligast förekommande förändringar som kan påverka funktionen.

- Läckning under tröskel och runt falsar kan medföra svallisproblem och kan även påverka avbördningsförmågan.
- Frostskador och urlakningar runt falsar och tröskel kan påverka dessas infästningar i den primära betongkonstruktionen.
- Sprickor och andra skador i betongen i anslutning till infästningar för koncentrera de laster, t ex spelmaskineri, lucklager och dylikt.

Eftersom läckage genom betongen, t ex luckfalsar och trösklar, leder till accelererande urlakning och frostpåverkan bör detta begränsas. I första hand med hjälp av en god byggnadsteknisk lösning vid nybyggandet och i andra hand med t ex efterinjektering i en skadad konstruktion. Ursparingar i den primära konstrukt-

ionen bör utformas så att goda möjligheter för kringgjutning erhålls. Luckfalsar och tröskelstål bör utformas så att luftfickor undviks. De bör förses med väl genomtänkta gjut- och lufthål. I ursparingar kan injekteringsslang för framtida efterinjektering med fördel monteras.

Vid byte av luckor måste eventuella förändringar av belastningarnas fördelning i konstruktionen beaktas.

För dimensionering av betongkonstruktioner hänvisas till tillämpliga delar i 3.3 Betongdammar.

3.4.4 Driftinstruktioner

Instruktioner för manövrering av avbördningsanordningar skall upprättas. Av instruktionen skall även framgå var eventuell reservdriftutrustning förvaras samt hur den manövreras.

Instruktionen skall finnas tillgänglig i anslutning till manövreringsplatsen och vara anpassade efter olika förutsättningar, t ex årstid.

Se vidare kapitel 4 Drift, tillsyn och underhåll.

3.4.5 Provning

Provning i fullskala innebär att hela funktionskedjan inklusive reservdriftsystem provas.

Vid provning bör manöverkrafter etc mätas med avsikt att möjliggöra jämförelse med motsvarande värden erhållna vid tidigare prov och likartade förhållanden. Genom detta förfarande kan t ex begynnande problem som kan leda till framtida driftstörningar identifieras.

Resultatet från provkörningarna skall dokumenteras.

Se vidare kapitel 4 Drift, tillsyn och underhåll.

3.4.6 Dokumentation och märkning

För varje dammanläggning skall en DTU-manual finnas upprättad. I denna skall tillräcklig information finnas för övervakning av dammanläggningen.

Vid ombyggnader skall DTU-manualen uppdateras.

Generellt sett är anläggningsdokumentationen för äldre anläggningar i många fall undermålig, varför det speciellt i dessa fall är viktigt att förbättra dokumentationen, inkluderande uppmärkning av objekt/utrustningar.

Speciellt viktig dokumentation är:

- avbördningskurva för varje utskov

- sammanlagrad avbördningskurva (om skäl för detta föreligger)
- översiktsritningar som tydligt beskriver det totala avbördningssystemet och varje utskovs systemmässiga uppbyggnad. Detta inkluderar bl a typ av lucka, vilka funktioner som kan styra luckan, typ av hjälpkraftsystem etc.

Referenser, kapitel 3.4

- (1) Boverkets handbok för stålkonstruktioner BSK, Boverkets konstruktionsregler BKR, Boverkets byggregler BBR samt IKH Lyftdonsnormer del 1-3.
- (2) Starkströmsföreskrifterna, ELSÄK-FS 1994
- (3) VAST-Vattenfall, Jordning av stationer och ställverk, Juni 1987
- (4) VAST, Avbördningssäkerhet vid vattenkraftstationer, 1982
- (5) VAST, PLC-system i transformator- och vattenkraftstationer, 1987
- (6) VAST, Likströmsförsörjning i kraftstationer, 1983
- (7) SEF, Likströmsförsörjning, 1993
- (8) VAST, Underhållsbok för kraftföretag, 1983
- (9) CDSA, Dam Safety Guidelines, 1995
- (10) VAST, Ökad avbördningsförmåga i befintliga dammar, 1988
- (11) Klas Cedervall och Peter Larsen "Hydraulik för väg- och vattenbyggare" Liber Läromedel Malmö 1976
- (12) Leif Vinnlogg "Retningslinjer for hydraulisk utformning av tappeluker" Norges Tekniske Högskole 1974
- (13) Leif Vinnlogg "Høytrykks tappeluker" Norges Tekniske Högskole 1973
- (14) US Corps of Engineers Hydraulic Design Criteria
- (15) IAHR's Structures Design Manual
- (16) NHL's Avlöpsdata i elver og vassdrag
- (17) Utskovsluckors funktionssäkerhet VASO dammkommitténs rapport nr 7, 1995
- (18) Verklig avbördningskapacitet VASO dammkommitténs rapport nr 5, 1995
- (19) IKH, Lyftdonsnorm
- (20) Reservkraftaggregat, Svenska Elverksföreningen 1994
- (21) Störningsfri elektronik, Studentlitteratur 1996
- (22) River and channel revetments, A design manual, Thomas Telford Ltd.
- (23) Concrete in Hydropower Structures, Hydropower Development
- (24) Hydraulic Design, Hydropower Development
- (25) Mechanical Equipment, Hydropower Development
- (26) Hydraulic Gates and Valves, Thomas Telford 1995
- (27) Matematisk modellering av avbördning genom utskov, ELFORSK
- (28) Hydraulik för väg- och vattenbyggare
- (29) Dam safety: Auxiliary spillway at existing dams, Michaela Dan, KTH 1996
- (29) Tillämpliga SS och IEC-normer.