

# **ELFORSK** BETONGTEKNISKT PROGRAM VATTENKRAFT

NYHETER SOMMAR 2014



**KROKSTRÖMMEN – EN  
AV FÅ VALVDAMMAR  
I SVERIGE** sid. 3

**SVERIGE FÖRORDAR  
FUNKTIONSKRAV  
VID PÅGJUTNING** sid. 4

**ASR-SKADOR TROLIGEN INGET  
STORT PROBLEM I SVERIGE  
– MEN MER KUNSKAP BEHÖVS** sid. 7

**M**ånga stora konstruktioner inom vattenkraftindustrin består av betong. Att utveckla och effektivisera förvaltning av dessa är av största betydelse.

Vattenkraftföretagen har via Elforsk bedrivit forskning och utveckling inom det betongtekniska området sedan början av 90-talet.

Vattenfall Vattenkraft AB, Fortum Generation AB, E.ON Vattenkraft Sverige AB, Statkraft Sverige AB, Skellefteå Kraft AB, Jämtkraft AB, Sollefteåforsens AB, Karlstads Energi AB och Jönköping Energi AB deltar i Betongtekniskt program vattenkraft 2013–2016.

Verksamheten syftar till att utveckla förvaltningen av vattenkraftens betongkonstruktioner för att minska produktionsbortfall och för att uppfylla dammsäkerhetstekniska krav på betongkonstruktionerna.

Detta nyhetsbrev rapporterar från Kraftindustrins betongdag som hölls i Älvkarleby i månadsskifte mars–april. Där stod betongskador och det senaste inom betongreparationer som tema. Ett 90-tal personer medverkade på en mycket uppskattad dag.

Nyhetsbrevet har också ambitionen att summera de tre senaste årens genomförda och avslutade aktiviteter inom Betongtekniskt program vattenkraft. Det görs genom kortare artiklar om tre av de genomförda projekten och med en referensförteckning för den samlade verksamheten som genomförts.

Ett resultat som jag särskilt vill lyfta fram är att de långsiktiga satsningar som betongtekniskt program vattenkraft gjort på avancerade beräkningsmetoder för analys av belastningar och sprickor lagt grunden för att Svenskt VattenkraftCentrum nu kan etablera en forskningsmiljö inom konstruktionsteknik vid KTH med Richard Malm som seniorforskare. I det sammanhanget förtjänar Manoucheh Hassanzadeh ett särskilt tack för sina initiativ och sitt engagemang inom området.

När det gäller planerna för Betongtekniskt program vattenkraft 2013–2016 innehåller det satsningar inom tre fokusområden: Underhållsstrategi, Produktionsrelaterade betongkonstruktioner och Bärförmåga. Viktiga påbörjade projekt handlar om fuktupptagning och frostbeständighet hos vattenbyggnadsbetong och i betong med pågjutning, reaktiv ballast och ASR-reaktioner, fogband och dess reparationer, åldring av bergförstärkning i vattenfyllda tunnar, sammanställning av förekommande spricktyper i vattenkraftskonstruktioner och tillämpning av Eurokoder för betongdammar.

Trevlig läsning!

*Cristian Andersson,  
områdesansvarig  
Vattenkraft på Elforsk*



Foto: Lars Magnell

## BETONGTEKNISKT PROGRAM

**VATTENKRAFT** genomförs som ett treårigt ramprogram. En styrgrupp prioriterar och beslutar om genomförande av projekt inom programmets inriktning och ekonomiska ram samt stödjer verksamheten i genomförandet. Styrgruppen har följande sammansättning:

Mats Persson, Vattenfall Vattenkraft  
Johanna Feldtman,  
E.ON Vattenkraft Sverige  
Martin Hansson, Statkraft Sverige AB  
Robert Lundström, Skellefteå Kraft  
Stefan Norberg, Fortum  
Marcus Hautakoski,  
Vattenregleringsföretagen  
Cristian Andersson, Elforsk AB

## KONTAKT:

Cristian Andersson  
Elforsk AB, Programområde Vattenkraft  
101 53 Stockholm  
tel. 08-677 25 34  
cristian.andersson@elforsk.se

Vattenfall Vattenkraft AB, Fortum  
Generation AB, E.ON Vattenkraft Sverige  
AB, Statkraft Sverige AB, Skellefteå  
Kraft AB, Jämtkraft AB, Sollefteåforsens  
AB, Karlstads Energi AB och Jönköping  
Energi AB deltar i Betongtekniskt program  
vattenkraft 2013–2016.



**Produktion:** Kreativ Media AB  
**Formgivning:** Gabriella Lindgren  
**Tryck:** Planograf, Stockholm 2014





# KROKSTRÖMMEN – EN AV FÅ VALVDAMMAR I SVERIGE

I krokströmmen i Ljusnan norr om Sveg, mellan Älvros och Ytterhogdal finns en av få valvdammar i betong i Sverige. Dammen är 45 meter hög, 160 meter bred och har en radie på 100 meter. Grundprincipen för konstruktionen är att belastningen via valvkonstruktionen överförs horisontellt till anfangen vilket innebär att det går åt mindre byggmaterial än för till exempel en gravitationskonstruktion.

TEXT & BILD: Cristian Andersson, Elforsk

**E**fter andra världskriget var efterfrågan för återuppbyggnad av Europa stor och behovet av energi ökade från den svenska industrin. Krokströmmens kraftverk uppfördes av Örebro Elektriska AB och färdigställdes 1952 och var det första större kraftverket i Ljusnan. Under bygpperioden användes inlandsbanan för transporter med omlastning i Älvros. Infartsvägen är fortfarande bredare än europaväg 45.

## DUBBLERAD EFFEKT

Kraftstationen som är nersprängd 20 meter under markytan ägs idag av Fortum Generation och Holmen Energi. Fallhöjden är 60 meter, effekten 113 MW och normalårsproduktionen 522 GWh. 1952 fanns två Francisaggregat i anläggningen och 1963 byggdes den ut med ett tredje aggregat av Kaplantyp som dubblerade

effekten. Det gör den till, i effekt räknat, den näst största av de 22 kraftstationerna i Ljusnan.

Sedan början av 2000-talet har Fortum genomfört flera dammsäkerhetshöjande åtgärder på anläggningen. En stabiliserande pågjutning utfördes i början av 2000-talet på nedströmssidan där två svagare zoner i berget möter varandra.

Med anledning av efterföljande registrerade varierande och lokalt förhöjda portryck och horisontella deformationer under delar av pågjutningen har ytterligare geologiska platsundersökningar och avancerade stabilitetsanalyser för dammen och dess grundläggning utförts (se även A. Gustafsson et al., *Analysis, instrumentation and upgrading of the Krokströmmen Arch Dam*, 8th ICOLD European Club Symposium. Innsbruck, Austria. 22nd – 23rd Sept. 2010).

*Sedan början av 2000-talet har Fortum genomfört flera dammsäkerhetshöjande åtgärder på anläggningen.*

Som ytterligare åtgärd har dammen instrumenterats för rörelseövervakning och man har lagt ut en tätning i form av en så kallad panur på uppströmssidan av dammen. Med hjälp av en specialgjord pontonbåt och satellitpositionering har 28 000 ton, eller 600 lastbilslass, filtermaterial och tätjord lagts med stor precision på 40 meters djup för att sänka porvattentrycket i berget under pågjutningen och som skydd mot läckage under dammkonstruktionen i de svagare zonerna i berget.

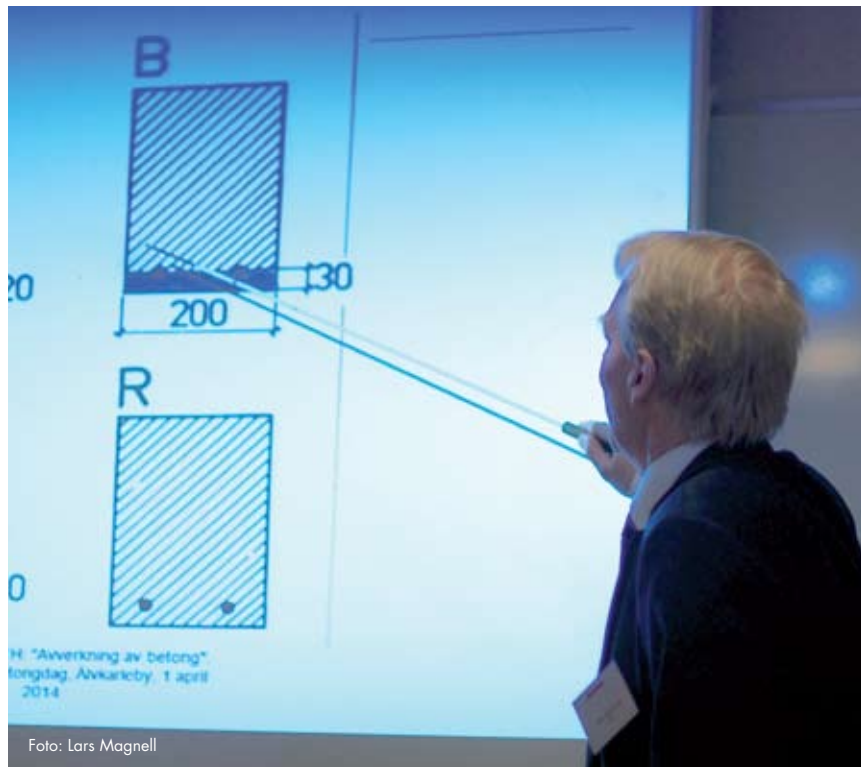


Foto: Lars Magnell

Johan Silfwerbrand redogjorde för den svenska standardiseringskommitténs arbete för att revidera åtgärdsstandarden En-1504-10.



Foto: Lars Magnell

Doktoranden Martin Rosenqvist berättade om sina rön när det gäller skador på betongen längs vattenlinjen på vattenkraftsanläggningar.

# SVERIGE FÖRORDAR FUNKTIONSKRAV VID PÅGJUTNING

Betongskador och det senaste inom betongreparationer stod som tema under årets välbesökta Betongdag. Reparationer av betongkonstruktioner blir allt viktigare, men vilka reparationsmetoder ska man välja och vilka krav bör ställas på den som ska utföra jobbet?

**D**et brukar framhållas att det är mer komplicerat att reparera en betongkonstruktion än att bygga upp den på nytt. Reparationsområdet behöver därför utvecklas genom ökad kunskap om bland annat nedbrytningsprocesser och det fuktmekaniska samspillet mellan skadad betong och reparationsmaterial. Det framhölls på vattenkraftens och kärnkraftsindustrins gemensamma Betongdag 2014. Man skulle kunna tillägga att denna insikt också är ett av skälen till tillkomsten av de två betongprogrammen (för kärnkraften respektive vattenkraften) som i Elforsks regi tacklar bland annat ovanstående utmaning.

Och intresset för betong är stort att döma av den ovanligt välbesökta tillställningen. Omkring 80 personer – mestadels branschfolk förstås men också andra

intressenter – hade kommit till Vattenfalls forskningsanläggning i Älvkarleby för att lyssna på en rad intressanta föredrag och för att diskutera frågeställningar rörande betongens inte alltid så beständiga egenskaper i framför allt äldre konstruktioner

Den inom bygg- och energibranschen välkände Johan Silfwerbrand inledde dagen med en introduktion till området betongreparationer och en redogörelse för den svenska standardiseringskommitténs arbete för att revidera åtgärdsstandarden EN-1504-10. Johan Silfwerbrand var tidigare chef för Betonginstitutet men är sedan årsskiftet prefekt på Institutionen för bygghälsa på KTH i Stockholm. Han konstaterade att reparationer av betongkonstruktioner blir allt viktigare i takt med att flertalet av anläggningarna blir allt äldre, samtidigt som det sker förhål-

landevis lite nybyggnation.

## VATTENBILNING DOMINERAR

En numera vedertagen och helt dominerande metod för borttagning av gammal och skadad betong är vattenbilning. I Sverige började metoden att användas redan år 1984, sedan dess har tekniken utvecklats och idag utförs omkring 90 procent av all betongavverkning genom vattenbilning. Fördelarna är många, bland annat för att det går att vara mycket selektiv och precis vid avlägsnandet av den skadade betongen. Men är detta skäl till att alltid begära eller föreskriva att entreprenaderna utförs med denna metod? Nej, menar Johan Silfwerbrand som tror att utvecklingen av alternativa och bättre eller billigare metoder då riskerar att stanna upp.

– Vi vet att vattenbilning och noggrant utförande ger goda förutsättningar för den efterföljande lagningen. Men att slentrianmässigt godkänna eller föreskriva vattenbilning, som kanske kommer utföras med undermålig utrustning, riskerar att stoppa utvecklingen av andra goda avverkningsmetoder, menade Johan Silfwerbrand.

I stället för att tillämpa föreskrifter på området borde man sträva efter funktionskrav. En förändring mot detta är nu också på gång genom en revision av den standard som styr den ovan nämnda utförandedelen på reparationsområdet, upplyste Silfwerbrand. Den svenska standardiseringskommittén SIS TK 192 har under ledning av Manouchehr Hasanzadeh, Vattenfall och Lunds tekniska högskola, presenterat ett förslag till revidering av standarden till det europeiska standardiseringsorganet CEN. Bland annat föreslås funktionskrav för vidhäftningsförmåga på motgjutningsytan.

– Vår förhoppning nu är att det svenska synsättet ska vinna gehör hos den europeiska gruppen, sade Johan Silfwerbrand.

### SKADOR LÄNGS VATTENLINJEN

Betongdagens eftermiddagsdel delades i år upp i två parallella sessioner.

Under kärnkraftssessionen redogjordes för praktiska erfarenheter och problemställningar inom området betongreparationer. Bland annat diskuterades åtgärder i vattenvägar, reaktorbyggnad och ytbeläggning.

Vattenkraftssessionen fortsatte med redogörelser kring reparation, ombyggnad och analys av betongkonstruktioner. Under denna del fick åhörarna också ta del av nya intressanta forskningsresultat. Så kunde till exempel doktoranden Martin Rosenqvist, Vattenfall R&D och Lunds tekniska högskola, berätta om sina rön när det gäller skador på betongen längs vattenlinjen på vattenkraftsanläggningar i kallt klimat.

Länge har man utgått från att skador på betongen längs vattenlinjen, både ytliga och inre skador, främst beror på frostpåverkan. Det i sin tur har väckt frågor om vattenbyggnaders beständighet i kalla klimat som det nordiska.

### FLER ORSAKER

Men Martin Rosenqvists forskning visar

*Vår förhoppning nu är att det svenska synsättet ska vinna gehör hos den europeiska gruppen.*

att frostpåverkan bara utgör en orsak till skadorna och att frysning i sig bara kan orsaka mindre skador. Hur stora de blir avgörs av betongkvaliteten. Två andra faktorer, urlakning och nötning har större betydelse för nedbrytningsförloppet, men det är när dessa samverkar med frostangreppen som skadeförloppet tar fart på allvar.

Martin Rosenqvists laboratorieförsök visar att nedbrytningen av betongytan längs vattenlinjen inleds med att den utsätts för urlakning under snösmältningsperioden. Betongen blir därmed känslig för frysning och skadas därför under den följande vintern. På våren nöts det skadade skiktet bort av is och under nästa snösmältningsperiod börjar processen om på nytt.

– Det är således urlakningen som öppnar för de andra angreppen, det vill säga frysning och nötning, konstaterade han.

### FÄLTSTATION

En given åtgärd vore därför att försöka bromsa urlakningsprocessen. Hur detta på bästa sätt ska göras återstår att undersöka, upplyste Martin Rosenqvist.

Det framkommer dock i den reparationshandbok, som Vattenfall och CBI Betonginstitutet tagit fram, att urlakningen kan minskas kraftigt om den skadade betongen ersätts eller täcks med ett högvärdigt yttskikt som förhindrar fukt, (även koldioxid och kloridjoner) från att tränga igenom ytan. Viktigast för att uppnå detta är att beakta reparationsskiktets tjocklek, en dubblering av täckskiktet ökar livslängden med hela 300 procent.

Enkelt kan tyckas. Men faktum är att erfarenheter från reparationsmetoder och material som använts i fält inte alltid fungerar på det sätt som var avsett. Kunskapen om långtidsverkan och samverkan hos flera nedbrytningsmekanismer är fortfarande bristfällig. För att öka kunskapen om dessa faktorer finns sedan drygt två år tillbaka en fältexperimenteringsstation förlagd i Dalälven strax intill Vattenfalls laboratorium i Älvkarleby, som

också rymmer ett betonglabb. Syftet med stationen är att ge möjligheter till studier av reparationsmetoder och åldrande betong i verklig miljö.

Om denna verksamhet berättade Daniel Hallberg på Vattenfall R & D.

– Mycket av kunskapsuppbygget kring material och reparationsmetoder utförs genom tester i laboratorium, eller genom mätningar och erfarenhetsåterföring direkt från fält. Tack vare fältstationen kan vi nu överbygga detta gap mellan de laborativa åldringstesterna och de verkliga förhållandena som råder på vattenkraftsanläggningarna, sade Daniel Hallberg.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att Betongdagen gav en god inblick i hur kraftindustrins båda betongprogram bidrar till en fördjupad kunskap om betongens nedbrytningsmekanismer och åldrade. Och hur viktigt det är forska vidare på området. Fortfarande finns, som nämns ovan, kvarvarande oklarheter om reparation och kunskap om till exempel det fuktmekaniska samspelet mellan skadad betong och reparationsmaterial.



Foto: Wikipedia

**Generellt och relativt sett är betong ett mycket beständigt material med lång livslängd.**

Användningen av betongliknande material går tillbaka ända till romartiden och många av de byggnader där så kallad antik betong har använts står kvar än idag, till exempel Pantheon i Rom, som uppfördes redan år 120.

Men under 1970-talet noterades en kraftig ökning av antalet skadade betongkonstruktioner över så gott som hela världen. Följden blev att man på många håll inledde en intensiv forskning för att klarlägga hur en konstruktion bör utformas för att få den eftersökta livslängden. Under de senaste tre decennierna har forskning om betongens beständighet utgjort en dominerande del av all materialforskning inom betongområdet.



Vid inspektioner av svenska vattenkraftsstationer har i vissa fall sprickor observerats i de betongfundament som bär upp stationernas generatorer. Flera samverkande faktorer bedöms orsaka sprickorna, men fördjupade analyser behövs för att säkerställa orsakssambanden.



Foto: Hans Blomberg

## ORSAKER TILL SPRICKBILDNING I GENERATORFUNDAMENT ANALYSERAS

**G**eneratorfundament är utsatta för utmattande laster, i synnerhet kring statorn och armkorsetts infästningspunkter (upplag). Det är också där som de observerade sprickorna framträder som tydligast. I ett examensarbete vid Lunds tekniska högskola och i två senare Elforskstudier konstateras att sprickbildningen beror på samverkande faktorer men att sambanden är mycket komplexa.

– Efter den första studien kunde vi konstatera att det finns en betydande risk för sprickbildning till följd av fukt- och temperaturgradienter. Även de snabba temperaturväxlingar som uppstår i generatoren vid start och stopp har visat sig orsaka och bidra till ökad spricktillväxt. I den senaste studien kunde vi därtill slå fast att samverkan mellan maskinen och dess stödstrukturer, inklusive betongen, är ett väldigt komplext problem som dessutom skiljer sig avsevärt åt beroende på vilket kraftverk som undersöks, säger Tobias Gasch, doktorand vid KTH i Stockholm.

För att få bättre klarhet i orsakerna till sprickbildningen har fördjupade studier inletts av Tobias Gasch. Projektet som

även är ett doktorandprojekt med stöd från Svenskt Vattenkraftcentrum, SVC, kommer i huvudsak bygga vidare på resultaten från de tidigare studierna.

– Jag kommer att jobba vidare med fokus på de fenitaelementanalyser som vi använde i den senaste studien. Men vi ska även försöka få till fältstudier med mätningar på någon eller några anläggningar, säger Tobias Gasch och tillägger att han kommer dela upp analysarbetet i två delar, varav den ena handlar om att finna orsaken till olika typer av skador.

– I den delen kommer vi lägga fokus på materialmodellering och multifysik som temperatur, fukt, nedbrytning med mera, och bygga vidare på delar av arbetet från den första studien.

Den andra delen av analysarbetet kommer att ha fokus på hur det samverkande systemet, maskin och struktur, kan påverkas av sprickbildning i de omgivande betongkonstruktionerna. Bland annat kommer effekterna av ett förändrat driftmönster studeras.

– Även här kommer jag i huvudsak ha den första studien som utgångs-

punkt, även om jag sannolikt försöker angripa problemet något annorlunda.

Projektet pågår till 2018. Förhoppningen är att finna bättre analysmetoder som kan förklara uppkomsten av sprickor

i generatorernas fundament. På så sätt kan betongkonstruktionernas status bättre bedömas och därmed ge underlag för beslut rörande när reparationer behövs och hur dessa lämpligast ska genomföras, sammanfattar Tobias Gasch.



Tobias Gasch

Foto: Privat

### ELFORSKS RAPPORTER

13:63 *Cracking in the concrete foundation for hydropower generators – Analyses of non-linear drying diffusion, thermal effects and mechanical loads*

13:64 *Cracking in the concrete foundation for hydropower generators – Part II*

De tidigare studiernas rapporter kan laddas ner gratis från [www.elforsk.se](http://www.elforsk.se)



Typiska ASR-skador vid Vattenfalls anläggning Långbjörn.



En av de undersökta dammarna, Ajaure som ligger 30 kilometer söder om Tärnaby och ägs av Vattenfall.

## ASR-SKADOR TROLIGEN INGET STORT PROBLEM I SVERIGE – MEN MER KUNSKAP BEHÖVS

Användandet av lågalkaliskt cement har setts som en garanti för att svenska betongdammar inte ska drabbas av så kallad ASR, en kemisk reaktion mellan betongens cement och dess bergmaterial. Men mer forskning behövs innan man kan vara på den säkra sidan.

**B**etong tillverkas av cement och krossad natursten, så kallad ballast. För att undvika att cementen ska reagera med ballasten i en kemisk reaktion kallad ASR (alkalisilikareaktion) bör cementen vara lågalkalisk. Risken för reaktion påverkas också av fukt och hur reaktivt bergmaterialet i ballasten är. I Sverige är berggrunden med några undantag i allmänhet långsamt reaktiv, varför risken för ASR har bedömts som relativt låg. Trots det har på senare år flera skador på betongkonstruktioner som beror eller misstänks bero på ASR upptäckts. Av dessa har en del skador tidigare misstolkats som frostsador.

För att få bättre kännedom om problemen och omfattningen av eventuella ASR-skador på vattenkraftens anläggningar har undersökningar av ett antal betongdammar i norra Sverige genomförts inom ramen för Betongprogrammet. Dammarna är belägna längs med norra delen av Umeälven och i ett område utanför Östersund i Jämtland. På dessa platser är berggrunden relativt sett mer alkalireaktiv än på annat håll. Generellt är berggrunden mer snabbreaktiv längs fjällkedjan.

### UNDERSKATTAT PROBLEM?

Talande är att bergmaterial från grustäkter i närheten av Umeälven och Tärnaby tidigare ratats som byggnadsmaterial för väggbyggen på grund av sin potentiella alkalireaktivitet. Ett annat exempel är regleringsdammen Hotagen i Indalsälven norr om Östersund som revs år 2008 på grund av omfattande ASR-skador. Dessa och andra exempel borde därmed kunna ses som indikationer på att problemet med ASR kan ha underskattats i Sverige.

Men resultatet från Betongprogrammets studie pekar i en annan riktning. Av de undersökta dammarna (se fotnot) var det ingen som kunde uppvisa skador som går att härleda till förekomsten av alkali-silikareaktioner mellan ballast och cement.

I samband med besiktning av dammarna noterades visserligen förekomst av krackeleringsmönster på betongytorna som är typiska för ASR-skador. Men den betongpetrografiska analys som därefter gjordes i laboratorium visade inte att dessa kunde härledas till förekomst av ASR. Andra typer av sprickor som observerades i samband med besiktningen av dammar i Ajaure, Gardikfors och Överuman bedömdes inte heller vara orsakade av alkalisilikareak-

tion. Mikrosprickfrekvensen i betongprovernans bindemedel och ballast var därtill låg. Den övergripande bedömningen är därför att ingen ASR har inträffat hittills i de undersökta konstruktionerna.

### SKA INTE AVFÄRDAS

Detta innebär dock inte att problemet kan avfärdas. Skadeförloppets styrparametrar vid ASR är bara delvis kända, något som försvårar möjligheterna att göra livslängdsbedömningar. Därför är det också svårare att utveckla provningsmetoder som tydligt kan översättas till verkliga förhållanden för en konstruktion.

Det kan därmed inte uteslutas att det kan finnas en potential för ASR efter mycket lång tids exponering. För dammar med hög ålder/lång livslängd är det därför viktigt att genomföra fördjupade undersökningar.

### ELFORSK RAPPORTER

13:55 *Risker för alkalisilikareaktion i dammar av betong med lågalkaliska cement och ballast från fjällbergarter.*

Rapporten kan gratis laddas ner från [www.elforsk.se](http://www.elforsk.se)

# Små skillnader i genomförda jämförande dimensioneringsberäkning med Eurokoder och BKR/BBK

Inom **Betongtekniskt program Vattenkraft** har jämförelser mellan dimensioneringsberäkning enligt Eurokoder och BKR/BBK utförts av KFS och SWECO för några typfall för betongdammar. Resultaten har jämförts och skillnader och likheter har belysts i rapporterna "Eurokoder – Jämförande beräkningar inom vattenbyggnadsområde", T.Jahunen, KFS, Elforsk rapport 13:68 och "Eurokoder – Jämförande beräkningar för betongkonstruktioner inom vattenbyggnadsområdet", M. Mathiesen, H. Mäkelä, SWECO, Elforsk rapport 13:69.

Generellt är slutsatsen för de fall som jämförts att det finns olikheter i dimensioneringsparametrar för konstruktionerna men att skillnaderna är relativt små. Visst ytterligare behov av jämförelser av andra fall lyfts fram i rapporterna för att kunna göra en sammanställning av eventuell förändrad säkerhet vid användning av Eurokoder. Projekten kommer att följas upp med avseende på behov av ytterligare underlag vid tillämpning av Eurokoder på vattenkraftens betongkonstruktioner.

## PUBLIKATIONER FRÅN BETONGTEKNISKT PROGRAM VATTENKRAFT 2010–2013

### ELFORSKRAPPORTER

*Cracking in the concrete foundation for hydropower generators - Analysis of non-linear drying diffusion, thermal effects and mechanical load*, Elforsk rapport 13:63. Författare: R. Malm, M. Hassanzadeh, T. Gasch, D. Eriksson, E. Nordström

*Cracking in the concrete foundation for hydropower generators – Part II*, Elforsk rapport 13:64. Författare: T. Gasch, M. Nässelqvist, H. Hansson, R. Malm, R. Gustavsson, M. Hassanzadeh

*Probabilistic analyses of crack propagation in concrete dams*, Elforsk rapport 13:65. Författare: R. Malm, M. Hassanzadeh, T. Gasch, D. Eriksson.

*Probabilistic analyses of thermal induced cracking in a concrete buttress dam*, in proceedings of the 81st Annual Meeting Symposium of ICOLD, Seattle, USA, 2013. Författare: R. Malm, D. Eriksson, T. Gasch, M. Hassanzadeh. *Probabilistic analyses of crack propagation in concrete dams - Part II*, Elforsk rapport 13:66. Författare: R. Malm, M. Hassanzadeh, T. Gasch, D. Eriksson

*Risker för alkalisilikareaktion i dammar av betong med lågalkaliska cement och ballast från fjällbergarter*, Elforsk rapport 13:55. Författare: M. Kalinowski, J. Trägårdh, I. Fossenstrand

*Behovsstudie av polymera material i betongkonstruktioner*, Elforsk rapport 13:38. Författare: T. Blomfeldt, P. Bergsjö

*Utvärdering av egenskaperna hos fogband i mjukgjord PVC för betongkonstruktioner – Korrelation mellan accelererad åldring, långtidsexponering och fogband i drift*, Elforsk rapport 13:39. Författare: T. Blomfeldt, P. Bergsjö

*Vägledning för cementinjektering av betongkonstruktioner – Projektering, utförande och kontroll*, Elforsk rapport 11:60. Författare: M. Rosenqvist

*Eurokoder – Jämförande beräkningar inom vattenbyggnadsområde*, Elforsk rapport 13:68. Författare: T.Jahunen

*Eurokoder – Jämförande beräkningar för betongkonstruktioner inom vattenbyggnadsområdet*, Elforsk rapport 13:69. Författare: M. Mathiesen, H. Mäkelä

*Tillståndsbedömning av förankringsstag i dammar – Inventering av möjliga metoder och förslag på vidareutveckling*, Elforsk rapport 13:70. Författare: M. Hassanzadeh, B. Stojanovic, T. Ekstrom, M. Jantz, P. Ulriksen, B. Sederholm

### KONFERENSBIDRAG

*Analysis of displacements and crack formation in foundations for hydropower generators*, in proceedings of the ICOLD's 24th Congress on large dams, Kyoto, Japan, 2012. Författare: R. Malm, M. Hassanzadeh, E. Nordström.

*Verification of the cause of the cracks in a buttress dam*, in proceedings of the ICOLD's 23th Congress on large dams, Brasilia, Brazil, 2009. Författare: A. Ansell, T. Ekström, M. Hassanzadeh, R. Malm

*The influence of cracks on the structural behaviour of a buttress dam*, in proceedings of the International Symposium on Modern Technologies and Long-term Behavior of Dams, September 27-29, 2011, Zhengzhou, China. Författare: R. Malm, M. Hassanzadeh, T. Gasch, D. Eriksson

*Evaluating Stability Failure Modes due to Cracks in a Concrete Buttress Dam*, in proceedings of XI ICOLD Benchmark workshop on numerical analysis of dams, Valencia, Spain, October 20-21, 2011. Författare: R. Malm, D. Eriksson, T. Gasch, M. Hassanzadeh

*Moisture Transport in Concrete Structures in Swedish Hydro Power Plants*, Proceedings of XXI Nordic Concrete Research Symposium, Hämeenlinna, Finland, 2011, p.159-162. Författare: M. Rosenqvist

*Frost Damage in Concrete in the Waterline of Porsj Hydro Power Plant*, Proceedings of International Symposium on Modern Technologies and Long-term Behavior of Dams, Zhengzhou, China, 2011, p.447-454. Författare: M. Rosenqvist, M. Persson, M. Hassanzadeh, K. Fridh

*Macroscopic Ice Lens Growth: Observations on Swedish Concrete Dams*, Proceedings of the 3rd International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting (ICRRR), Cape Town, South Africa, 2012, p.658-664. Författare: M. Rosenqvist, K. Fridh, M. Hassanzadeh

*Observations and Investigations of Frost Damage Mechanisms of Concrete Dams in Sweden*, Proceedings of the 81st Annual Meeting Symposium of ICOLD, Seattle, USA, 2013, p.403-413. Författare: M. Rosenqvist, E. Nordström, K. Fridh

*Field investigations on the risk for ASR when using potentially reactive aggregates and low alkali cements – results after 50 years in Sweden*, in proceedings of the 81st Annual Meeting Symposium of ICOLD, Seattle, USA, 2013. Författare: E. Nordström, M. Rosenqvist, G. Sjödin, M. Hautakoski

### ARTIKLAR

*A Test Method to Assess the Frost Resistance of Concrete at the Waterline of Hydraulic Structures (submitted)*. Författare: M. Rosenqvist, M. Oxfall, K. Fridh, M. Hassanzadeh

*Macroscopic Ice Lens Growth in Hardened Concrete (submitted)*. Författare: M. Rosenqvist, K. Fridh, M. Hassanzadeh

### AVHANDLING

*Moisture Conditions and Frost Resistance of Concrete in Hydraulic Structures*, Report TVBM-3173, Lund University, 2013 (Licentiatavhandling). Författare: M. Rosenqvist

### BETONGTEKNISKT PROGRAM VATTENKRAFT

genomförs som ett treårigt ramprogram. En styrgrupp prioriterar och beslutar om genomförande av projekt inom programmets inriktning och ekonomiska ram samt stödjer verksamheten i genomförandet.

### KONTAKT:

Cristian Andersson  
Elforsk AB, Programområde Vattenkraft  
101 53 Stockholm  
Telefon: 08-677 25 34  
cristian.andersson@elforsk.se

### ELFORSK

Elforsk AB, 101 53 Stockholm  
Besöksadress: Olof Palmes gata 31  
Telefon: 08-677 25 30