

**Underlag för samordnad
beredskapsplanering för dammbrott
i Klarälven**

2013-01-18

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	3
2	PROJEKTETS ORGANISATION	4
3	FÖR VILKA DAMMAR HAR ANALYSER UTFÖRTS?	5
4	FÖR VILKA SITUATIONER HAR BERÄKNINGAR UTFÖRTS?	6
5	UNDERLAGET OCH DESS ANVÄNDNING	9
6	SAMMANFATTANDE SLUTSATSER	11
7	VAD HÄNDER NU?	13
8	ORDLISTA	14

UNDERLAGET FÖR SAMORDNAD BEREDSKAPSPLANERING OMFATTAR

PÅ DVD SKIVA

1	DENNA RAPPORT
2	ÖVERSIKTSKARTOR
3	DETALJKARTOR
4	GIS-VERKTYG

SOM UTSKRIFT MED SEKRETESSKYDD

5	TABELLSAMMANSTÄLLNING
---	-----------------------

TEKNISKA RAPPORTER (INGÅR EJ I UNDERLAGET)

6	TERRÄNGMODELL OCH ORTOFOTO
7	HYDRAULISK MODELL
8	DAMMBROTTSBERÄKNINGAR OCH GENERERING AV VATTENUTBREDNINGSSKIKT

1. INLEDNING

Rapporten omfattar dammarna i Klarälvens avrinningsområde, inklusive Tåsan, Lettan, Noret, samt Uvån. Biflödet Uvån är förgrenat ytterligare, och flera av dess större biflöden har också beaktats inom projektet. Totalt har 38 dammanläggningar studerats, varav de flesta ägs av Fortum Generation AB och någon av Malungs Elnät AB.

Rapporten beskriver underlaget till samordnad beredskapsplanering vid dammbrott som tagits fram för Klarälven. I arbetet har förutom dammägarna även Länsstyrelserna Värmland och Dalarna län, berörda kommuner längs älven och Svenska Kraftnät medverkat.

Arbetet har följt den modell som tagits fram i ett pilotprojekt för Ljusnan som avslutades 2006. Motsvarande arbete pågår nu för flera av de stora kraftverksälvarna i Sverige.

Kostnaderna för arbetet har delats mellan Fortum Generation AB och Svenska Kraftnät – central myndighet i dammsäkerhetsfrågor.

Planeringsunderlaget med kartor och beskrivningar kommer genom länsstyrelsen i Värmlands län att förmedlas till de organisationer som har behov av det för sin beredskapsplanering.

I behovsanalysen har ett urval av de ur dammsäkerhetssynpunkt 41 viktigaste dammanläggningarna gjorts. I detta urval har Fortum 40 dammar och Malungs Elnät en damm.

Syftet med beredskapsplanering är att vara förberedd om en olycka skulle inträffa

De huvudsakliga regelverk som reglerar dammsäkerheten i Sverige finns i Miljöbalken, MB, och i Lagen om Skydd mot Olyckor, LSO. I MB beskrivs bl.a. ansvaret för underhåll och egenkontroll. Vidare skall dammägaren enligt MB undersöka och bedöma riskerna med verksamheten och vidta de försiktighetsmått som behövs för att förebygga, hindra eller motverka skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljö. I LSO finns bl.a. bestämmelser om skyldigheten att analysera risker med dess konsekvenser och att hålla eller bekosta beredskap för dessa.

Med bakgrund av gällande lagstiftning för dammbrott har detta projekt utförts med syfte att ta fram underlag för samordnad beredskapsplanering för dammbrott i Klarälven. Underlaget beskriver konsekvenser av dammbrott (flodvågans utbredning och egenskaper), utan att ta hänsyn till sannolikheten att dammbrott inträffar.

Materialet utgör underlag för att bedöma vilken beredskap som behöver upprätthållas samt vilka övriga åtgärder som ska vidtas för att hindra eller begränsa allvarliga skador på människor och miljö i händelse av dammbrott.

Beredskapsplanering är endast en del av dammägarnas dammsäkerhetsarbete

För dammägarna inriktas dammsäkerhetsarbetet på förebyggande åtgärder för att dammbrott inte skall inträffa. De högsta säkerhetskraven ställs på de dammar som kan medföra de största konsekvenserna i händelse av dammbrott.

Detta innebär bl.a. återkommande inspektioner, besiktningar och utredningar. Dessa utredningar ligger till grund för det underhåll och de förstärkningsåtgärder som krävs för en fullgod dammsäkerhet.

Dammbrott med allvarliga konsekvenser är ytterst osannolika

Internationell statistik över inträffade dammbrott för stora dammar visar att sannolikheten för dammbrott är i storleksordningen 10^{-4} /år (en tiondels promille/år). Den allmänna bedömningen är att denna siffra är minskande på grund av att kunskaper utvecklas och förstärkning av befintliga dammar görs. I världen finns totalt ca 50 000 stora dammar, vilket betyder att i genomsnitt någon eller några få av dessa rasar varje år. De två huvudsakliga orsakerna till inträffade dammbrott är bristande avbördningsförmåga vid höga flöden respektive läckageproblem i dammkroppen eller grundläggningen. En stor andel av dammbrotten har inträffat under byggtiden, dämningssupptagningen eller under de första åren efter idrifttagningen.

I Sverige har endast en stor vattenkraftsdamm gått till brott med begränsade konsekvenser som följd. Härutöver har dammbrott inträffat i ett antal mindre dammar. Vid ett av dessa – 1973 – omkom en person.

Mot bakgrund av det förebyggande arbete som genomförs och den redovisade statistiken bedöms att sannolikheten för dammbrott som leder till stora konsekvenser är ytterst liten för dammarna i Klarälven.

2. PROJEKTETS ORGANISATION

Norconsult har på uppdrag av Fortum Generation AB tagit fram underlaget för den samordnade beredningsplaneringen för Klarälven.

Jonas Birkedahl, Fortum Generation AB, har varit beställarens kontaktperson. Rolf Steiner, Fortum Generation AB, har varit beställarens kontaktperson i tekniska frågor om anläggningarna. Projektledare för projektet har Petter Stenström, följt av Helena Björkman och därefter Stina Åstrand, WSP, varit.

Dessutom har följande personer deltagit vid ett eller flera projektmöten och gett synpunkter på arbetet: Maria Bartsch (Svenska Kraftnät), Håkan Finnkvist (Hagfors), Henrik Larsson och Sofia Palmberg (Karlstad), Hasse Andersson (Malung-Sälen), Per Maltesson och Susanne Thellberg (Torsby), Leif Gustavsson och Johan Olsson (Länsstyrelsen i Värmland), Eva-Karin Ljunglund (Länsstyrelsen i Dalarna), Nils Isaksson, Linda Ormann, Tord Skymborg och Ronnie Olsson (Fortum),

För uppdragets genomförande har Norconsult AB satt samman en arbetsgrupp som letts av:

Magnus Jewert, Norconsult

Uppdragsansvarig (sep 2011 – aug 2012)

Fredrik Ulinder, Norconsult

Uppdragsansvarig (sep 2012 – jan 2013)

3. FÖR VILKA DAMMAR HAR ANALYSER UTFÖRTS?

Beräkningar har utförts för nedanstående dammar. Dammbrott har analyserats för de dammar i älven som bedömts medföra betydande konsekvenser i händelse av brott. För dammar i *kursiv stil* har primärt dammbrott inte beräknats då dammbrott i dessa inte skulle innebära särskilt stora vattennivåökningar.

Klarälven:

- Höljes
- *Edsforsen*
- *Skoga*
- Krakerud
- *Forshult*
- Skymnäs
- *Munkfors*
- *Dejefors*
- *Forshaga*

Lettan (L), Tåsan (T) och Noret (N):

- Letten - Letafors (L)
- Letten - Bograngen (L)
- Tisjön (T)
- *Nedre Tisjön* (T)
- Tåsjön (T)
- Fageråssjön (T)
- Eggsjön (T)
- Örsjön (T)
- Gröcken (N)
- *Grängen* (T)

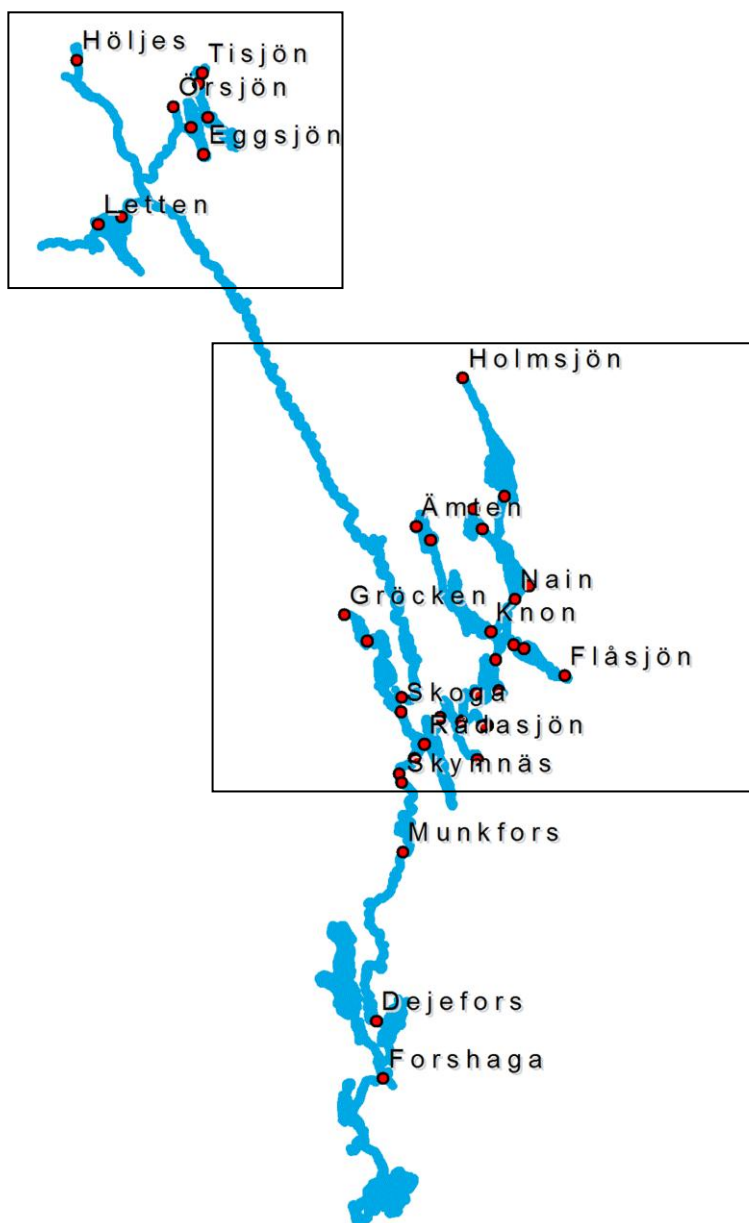
Uvån:

- Holmsjön
- Kvien
- Nain
- Knon
- *Sikfors*
- Ämten-Dragsjön
- Hagfors
- *Vermullen*
- Råda
- Stensjön
- *Lövsjön*
- Ämten
- Mussjön
- Flåsjön
- Storsjön
- Stora Laggen
- Deglunden
- Östra Görsjön
- Västra Görsjön
- Stora Ullen

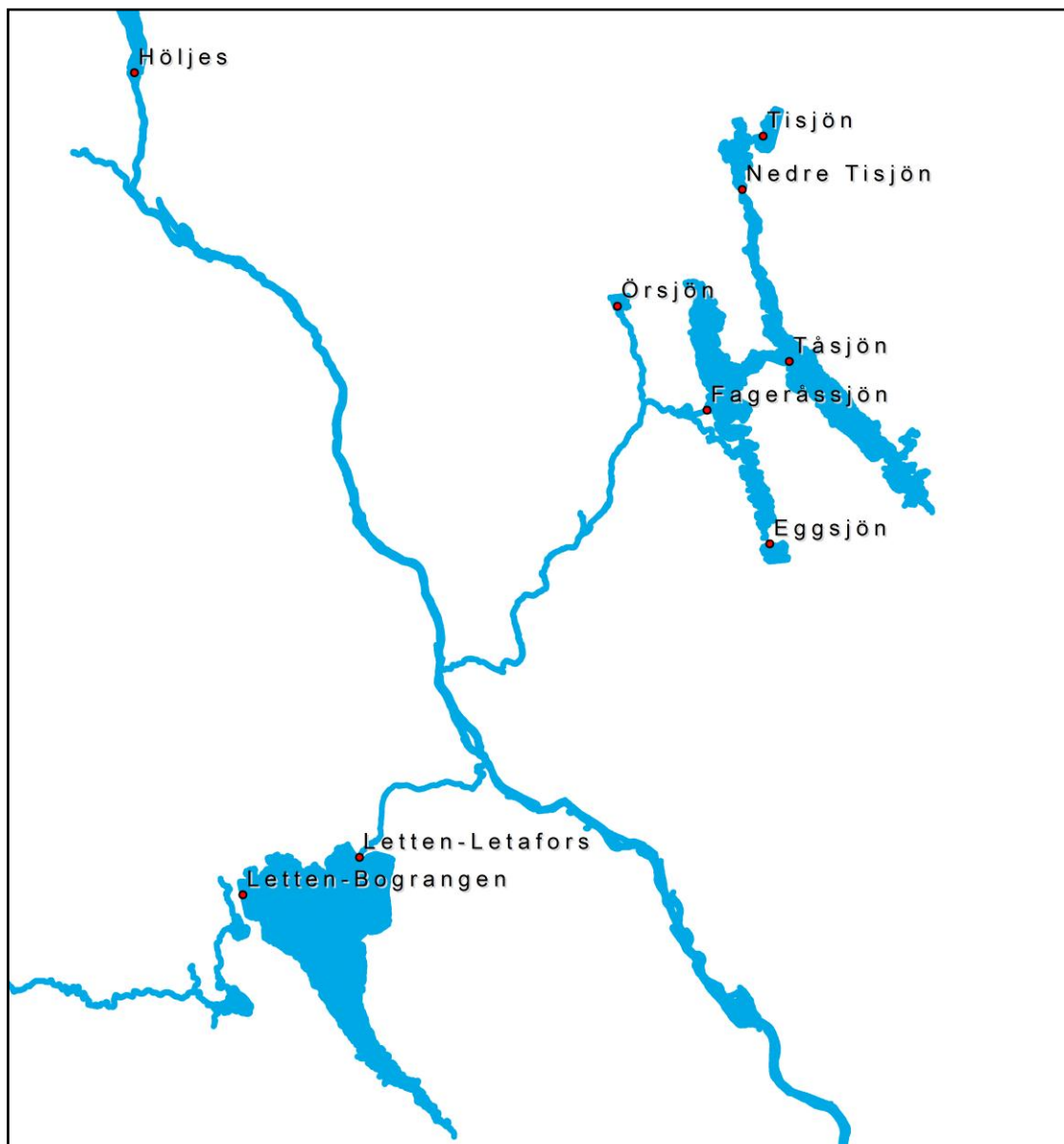
I figurerna på följande sidor visas en schematisk skiss över Klarälven och Uvån.

Bild över vattensystemet Klarälven med dammanläggningar som ingår i beredskapsunderlaget

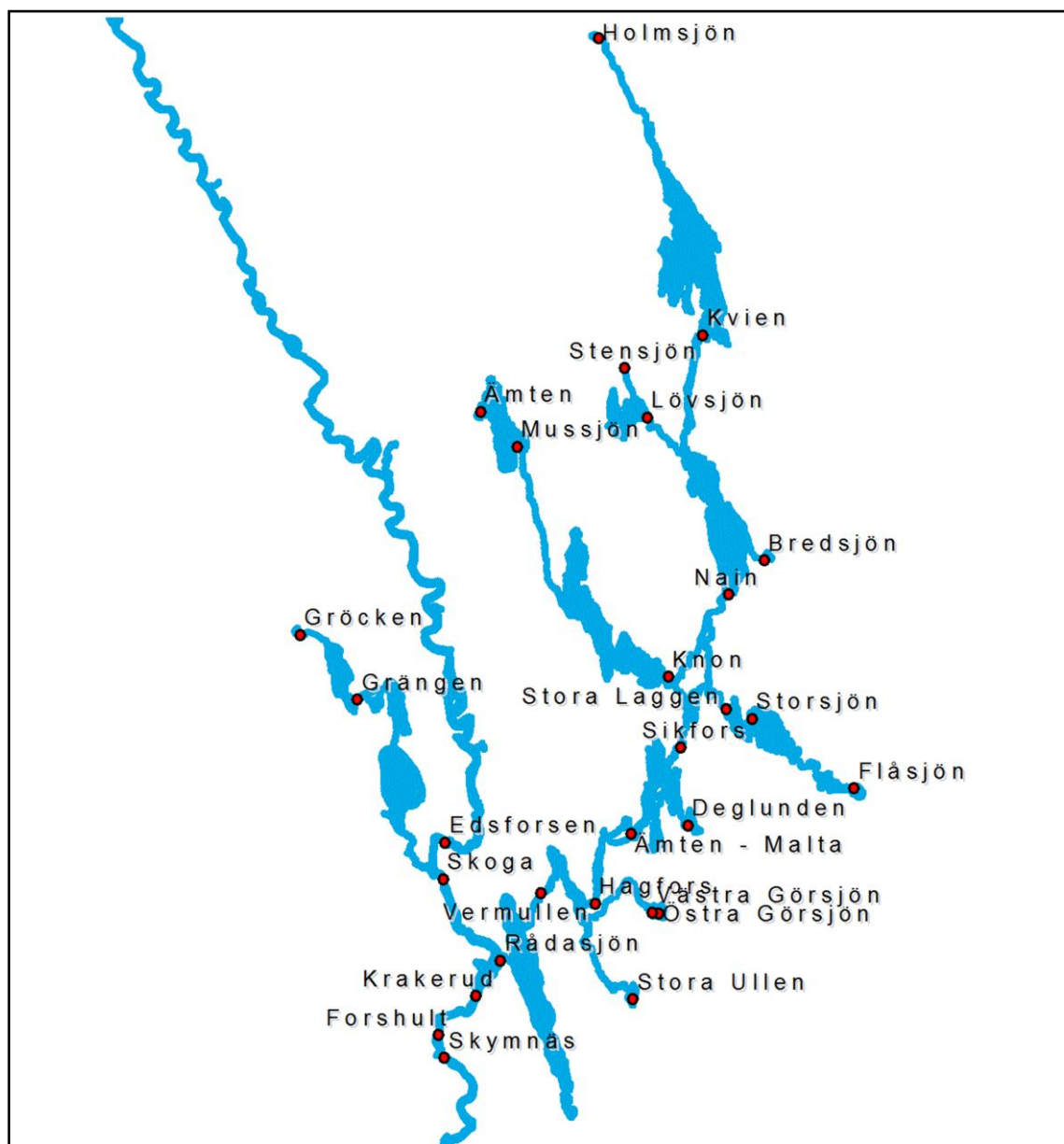
Anläggningar inom respektive rektangel återfinns uppförstorade på kommande sidor.



Skiss över vattensystemet och anläggningarna i Tåsan och Letten.



Skiss över vattensystemet och anläggningarna i Uvån och Noret.



4. FÖR VILKA SITUATIONER HAR BERÄKNINGAR UTFÖRTS?

Underlaget avser dammarnas nuvarande utformning

Det nu presenterade underlaget avser anläggningarnas nuvarande utformning med undantag från Höljes och Råda, där ombyggnadsarbeten pågår vilka ger nya utskov till anläggningarna. I samråd med dammägaren (Fortum Generation AB) har det beslutats att de nya avbördningskapaciteterna för anläggningarna ska användas.

Beräkningarna utförs för både normala och extrema situationer

Beräkningar har utförts för normala och extrema flöden i älvgrenarna, med rimliga antaganden om vattenstånd i de stora regleringsmagasinen och Vänern. Sammanlagt har 108 scenarier med dammbrott beräknats och 31 utan dammbrott.

Följande förutsättningar har legat till grund för beräkning av dammbrott vid **normala flöden**:

- Högsta dämningssgräns i Vänern, +45,34 m.ö.h. RH2000.
- Medelvattenföring i älvgrenarna.
- Regleringsmagasin vid dämningssgräns, d.v.s. ingen förtappning sker.
- För nedströms liggande anläggningar dit vatten från ett dammbrott kan förväntas nå på kortare tid än 3 timmar har utskov utan fjärrstyrning antagits förbli kvar i sitt ursprungliga regleringsläge.

Vid beräkningar för **hundraårsflöde** har följande förutsättningar legat till grund:

- Högsta dämningssgräns i Vänern, +45,34 m.ö.h. RH2000.
- Hundraårsvattenföring i älvgrenarna.
- Regleringsmagasin vid dämningssgräns eller vid en nivå strax över dämningssgräns (i de fall anläggningen inte kan avbörda hundraårsflödet vid dämningssgräns). Ingen förtappning sker.

Vid beräkningar för **mycket extrema situationer** har följande förutsättningar legat till grund:

- Klass I vattenföring vid den anläggning där dammbrott analyseras.
- Medelhögvattenföring i övriga älvdelar samt högsta dämningssgräns i Vänern, +45,34 m.ö.h. RH2000.
- Regleringsmagasinet vid den anläggning där brott analyseras ligger på en förhöjd vattennivå. I de flesta fall har vattennivån antagits stiga till dammkrönet innan dammbrottet startar.
- Övriga regleringsmagasin ligger vid dämningssgräns innan klass I-flödet respektive flodvågen orsakad av dammbrottet ankommer, d.v.s. ingen förtappning sker.

5. UNDERLAGET OCH DESS ANVÄNDNING

Detta material är framtaget för att ge underlag till utveckling av samordnad beredskapsplanering för dammbrott. Underlaget bygger på kombinationer av osannolika händelser och konservativa antaganden om dammbrottsutvecklingen. Översvämningskartorna beskriver vattenutbredningen vid de beräknade scenarierna.

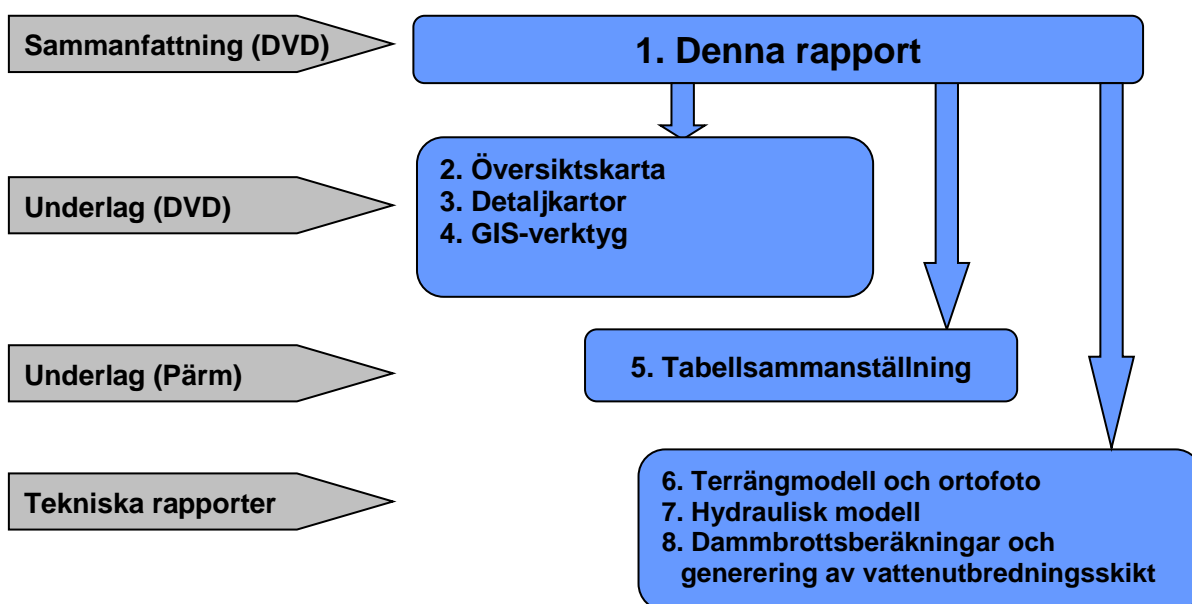
Noggrannheten i beräknade maximala vattennivåer beror av flera faktorer såsom höjdmodellens noggrannhet, kalibreringsunderlagets kvalitet och den endimensionella hydrauliska modellens förmåga att beskriva förloppet. Osäkerheten i vattennivå bedöms vara i storleksordningen $\pm 0,2$ m för flödesscenierna. Dammbrottsberäkningarna har ytterligare faktorer som gör att osäkerheten blir svårbedömd, t.ex. hur dammbrottet utvecklas.

Noggrannheten för den beräknade översvämningsytan beror till stor del på hur brant terrängen är. I flack terräng kan även ett litet fel i beräknad nivå ge stora effekter på översvämnings utbredning, medan det i branta partier inte har någon betydelse alls.

För att hjälpa användaren ges nedan en kort beskrivning av underlaget. Generellt gäller att användaren ansvarar för att de osäkerheter som finns i underlaget beaktas vid utnyttjandet.

Figuren på nästa sida beskriver strukturen på det framtagna materialet och därefter beskrivs hur det kan användas.

I de tekniska rapporterna dokumenteras i detalj hur underlaget tagits fram.



1. *Denna rapport* – syftar till att ge en översiktlig beskrivning av det underlag för samordnad beredskapsplanering som tagits fram.
2. *Översigtskarta* – ger en samlad överblick över de områden som kan översvämmas i händelse av dammbrott vid någon damm i Klarälven. Det ger en god grund för planering av uppsamlingsplatser i områden som inte kan komma att översvämmas.
3. *Detaljkartor* – redovisar översvämningarna för delar av 15 tätorter längs älven. Kartorna redovisar översvämningar för olika beräkningsscenarier för respektive damm. Kartorna kan användas som exempel på vattenutbredningen i respektive tätort för den specifika damm som man studerar. Det är dock viktigt att notera vilket översvämningsskikt som hör till vilken flödessituation, eftersom detta kan ge stora skillnader i översvämning för dammbrott på en och samma damm.
4. *GIS-verktyg* – redovisar de kompletta översvämningsskikten för samtliga beräkningsscenarier med dammbrott, flöden och vattenstånd i älven och havet. Varje skikt kan "tändas och släckas" i GIS-verktyget, vilket ger användaren möjlighet till detaljerade jämförelser och analyser.
I skikten finns resultaten av beräkningar som visar vattenutbredningen med och utan dammbrott.
5. *Tabellsammanställning* – Detta material är sekretessbelagt och levereras därför separerat från resterande underlagsmaterial.

1. En sammanfattning av beräkningsresultaten för respektive damm
2. En tabell som visar vilka sekundära dammbrott som blir följden av dammbrott i respektive damm.
3. Sammanställningar i tabellform av flodvågens egenskaper för dammbrott i respektive damm i 18 punkter längs med älven. Sammanställningarna visar flodvågens ankomsttid och varaktighet samt beräknat högsta vattenstånd jämfört med normaltillståndet m.m.

Tabellsammanställningen ger ett underlag för att närmare sätta sig in i dammbrottsförloppet för respektive damm.

6. *Teknisk rapport: Terrängmodell och ortofoto* – beskriver omfattningen av den terrängmodell som tagits fram inom projektet och ger en teknisk beskrivning av hur höjddata på land och djupdata under vatten har satts samman till en tredimensionell modell av Klarälvens dalgång.
7. *Teknisk rapport: Hydraulisk modell* – är en teknisk beskrivning av hur den hydrauliska modellen tagits fram med hjälp av terrängmodellen och diverse data på vattenstånd.
8. *Teknisk rapport: Dammbrottsberäkningar och generering av vattenutbredningsskikt* – är en teknisk beskrivning av hur den hydrauliska modellen använts för dammbrottsberäkningar med data på avbördning från dammarna, vilken dammdel som rasar m.m. Rapporten beskriver också vilka resultat som tagits fram och hur de presenteras.

6 SAMMANFATTANDE SLUTSATSER

Nedan följer en sammanfattning av de slutsatser som har dragits av beräkningsresultaten.

- I Klarälven ger dammbrott i Höljes de största vattennivåhöjningarna. I Sysseleback stiger nivån med upp till 15 m och i Skåre-Grava med som mest 3,9 m.
- I Lettan ger dammbrott i Letten-Letafors stora flöden och vattennivåökningar nedströms. Dammbrott i Letten-Bograngen ger stora vattennivåökningar i Bograngsån. Flödet fortsätter på den norska sidan men har i materialet analyserats från dammen till riksgränsen.
- I Tåsan ger dammbrott i Tisjön de största vattennivåhöjningarna och vattnet stiger uppåt 7 m i Klarälven vid Sysseleback.
- I Noret ger dammbrott i Gröcken vattennivåökningar utmed Noret, men inga vattennivåökningar i Klarälvens huvudfåra.
- I Uvån ger dammbrott i Flåsjön de största vattennivåhöjningarna på upp till 2,5 m i Hagfors. Uppströms inflödet från Laggälven orsakar dammbrott i Kvien störst stigning på nivån.
- I Karlstadsområdet fås de största vattenståndshöjningarna till följd av dammbrott i Tisjön, Letten-Letafors och Höljes. Nivån stiger som mest med 1,1 m vid dammbrott i Tisjön, med 1,7 m för Letten-Letafors och med 2,6 m för Höljes.
- Lokalt nedströms de största dammarna kan vattennivåhöjningarna till följd av dammbrott uppgå till mer än 10 m i begränsade områden.

Noggrannheten i beräknade maximala vattennivåer beror av flera faktorer såsom höjdmodellens noggrannhet, kalibreringsunderlagets kvalitet och den endimensionella hydrauliska modellens förmåga att beskriva förloppet. Beskrivningen av dammbrottets utveckling görs utifrån en förenklad modell, vilket ger osäkerheter i hur vattnet frisläpps i beräkningarna, förutom osäkerheten som det faktiska scenarieantagandena utgör. Det ska också beaktas att det i ett realistiskt fall kan uppkomma drivgoods, erosion, ras och skred som orsakar tillfälliga fördämningar, att vattnet bryter ny väg etc, vilket inte har beaktas här.

7 VAD HÄNDER NU?

Som beskrivits ger det nu framtagna materialet ett gemensamt underlag för utveckling av samordnad beredskapsplanering för dammbrott. De medverkande parterna kommer nu att fortsätta planeringen med detta som grund.

Dammägarna kommer att vidare att analysera hur dammbrott kan förhindras och möjligheter att mildra resulterande konsekvenser samt revidera nuvarande beredskapsplaner med hänsyn till det framtagna underlaget.

Länsstyrelserna och Kommunerna kommer att var för sig utveckla och dokumentera sin beredskapsplanering för dammbrott med det framtagna materialet som underlag.

Den samordnade beredskapsplaneringen knyts framöver till älvsamordningsgruppen där parterna möts årligen.

I sammanhanget förtjänar det att nämnas ett nyligen genomfört utvecklingsprojekt i samverkan mellan dammägare och myndigheter som utmynnat i rapporten "Varning av allmänheten vid dammbrott – En studie av behov och möjligheter kompletterad version 2011" (Elforsk Rapport 11:81). Rapporten ger en vägledning för under vilka omständigheter ett särskilt varningssystem bör finnas och vilka system för varning som bäst motsvarar kraven med hänsyn till varningsbehov och tillförlitlighet. En pilotstudie av ett helt vattendrag (Ljungan) har genomförts.

8 ORDLISTA

Nedan följer en förklaring av vanliga termer som förekommer i denna rapport.

Teknisk term:	Förklaring:
Ankomsttid	Den tid det tar för flodvågen att nå en specifik plats. Tiden räknas från det att dammbrottet konstaterats tills att vattennivån börjar stiga på den specifika platsen.
Damm	Den konstruktion som dämmer vatten. Det finns flera typer men de dominerande är stenfyllningsdamm, jordfyllningsdamm och betongdamm.
Dammbrott	När en del av dammkonstruktionen rasar och öppnar upp för okontrollerat utflöde av vatten.
Dimensionerande vattenstånd	Det högsta magasinivattenstånd som uppkommer vid dimensioneringsberäkningen i enlighet med riktlinjer för dimensionerande flöden för dammanläggningar.
Flodvåg	Den vattenståndshöjning som rör sig nedåt i älven, orsakad av t.ex. ett dammbrott.
Hydraulisk modell	En matematisk modell över ett vattendrag som beskriver vattnets rörelse i rummet och tiden.
Primärt dammbrott	Det dammbrott som initierar flodvågen.
Sekundärt dammbrott	Ett dammbrott på en damm som är en följd av ett dammbrott i en annan damm uppströms i älven.
Snedställning	Den vattenståndshöjning som sker på grund av att vindens friktion mot vattenytan trycker upp och därmed snedställer vattenytan.
Terrängmodell	En modell som beskriver hur terrängen i ett område ser ut i tre dimensioner, d.v.s. både dess utsträckning i plan och i höjdded.
Q normal	För flödessituationen Q normal antas att stationära flödesförhållanden råder i hela systemet. Q normal har i detta material utgjorts av medelvattenföringen.
Q 100	För flödessituationen Q 100 antas att stationära flödesförhållanden motsvarande ett 100-årsflöde råder i hela systemet.
Q klass I	En tillrinningssekvens även kallad dimensionerande klass-I flöde och en extrem flödessituation. Flödet tas generellt fram av SMHI, som gör hydrologiska simuleringar där bl a snösmältning, markens mätnad

och stor nederbörd kombineras på ett mycket ogynnsamt sätt. Tillrinningssekvensen som är en mycket osannolik händelse blir specifik för varje magasin. I övriga delar av vattensystemet har antagits att stationära flödesförhållanden motsvarande medelhögvattenföring, MHQ, råder.