
RAPPORT

LJUSNANS VATTENREGLERINGSFÖRETAG

Underlag för samordnad beredskapsplanering avseende dammbrott i Ljusnan och Voxnan



Länsstyrelsen
Gävleborg



Söderhamns kommun



Ljusdals kommun



Härjedalens kommun



Bollnäs kommun

VATTENREGLERINGSFÖRETAGEN
UMEÄLVEN • ÅNGERMANÄLVEN • INDALSÄLVEN • LJUNGAN • LJUSNAN • DALÄLVEN

Stockholm 2016-04-26

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	3
2	PROJEKTETS ORGANISATION	5
3	FÖR VILKA DAMMAR HAR ANALYSER UTFÖRTS?	6
3.1	Tillägg av Voxnans avrinningsområde	7
4	FÖR VILKA SITUATIONER HAR BERÄKNINGAR UTFÖRTS?	9
5	UNDERLAGET OCH DESS ANVÄNDNING	11
6	SAMMANFATTANDE SLUTSATSER	13
7	ORDLISTA	14
8	REFERENSER	15

UNDERLAGET FÖR SAMORDNAD BEREDSKAPSPLANERING OMFATTAR

PÅ DVD SKIVA

1	DENNA RAPPORT
2	ÖVERSIKTSKARTA
3	DETALJKARTOR
4	GIS-VIEWER
5	RÅFILER GIS

SOM UTSKRIFT

6	TABELLSAMMANSTÄLLNING
---	-----------------------

TEKNISKA RAPPORTER

Utöver ovanstående underlag finns Elforsks tekniska rapport, nr. 05:38, tillgänglig på www.elforsk.se.

1 INLEDNING

Rapporten beskriver underlaget till samordnad beredskapsplanering vid dammbrott som tagits fram för Ljusnan under 2003-2005.

Projektet har finansierats av Svenska Kraftnät och kraftindustrin genom Elforsk AB. Medverkande aktörer har varit Fortum Generation AB, länsstyrelsen i Gävleborgs län samt räddningstjänsten i Ljusdals kommun. Dessutom har Vattenregleringsföretagen, länsstyrelsen i Jämtlands län och övriga berörda kommuners räddningstjänster deltagit. För framtagning av det gemensamma planeringsunderlaget har SwedPower AB anlåtats. 2012 har Sweco Infrastructure AB sedermera Sweco Energuide AB övertagit förvaltningen av planeringsunderlaget.

Arbetet med Ljusnan var det första i sitt slag i Sverige och arbetsmodellen har legat som grund för projekt för utveckling av samordnad beredskapsplanering för dammbrott och höga flöden även i övriga stora kraftverksälvar i landet. Vissa förbättringar i presentationsmaterialet (GIS-Viewer, kartor och beskrivningar) har arbetats fram i efterföljande beredskapsplaneringsprojekt. Sweco har 2012 uppdaterat presentationsmaterialet för Ljusnan så att det nu följer samma standard som planeringsunderlaget från de senare beredskapsplaneringsprojekten.

Under 2014 utökades projektet med beräkningar på de dammar i Ljusnans huvudfåra som inte var inkluderade i pilotprojektet samt dammarna i Voxnan. Beräkningar har därtill utförts för Kvarnsjön som är lokaliserad i Ångerån, vilket är ett biflöde till Ljusnan. Inga dammar tillhörande konsekvensklass 3 har inkluderats i studien. Under 2016 utfördes kompletterande beräkningar för Övre Särvsjön (i Särvån) och Smedjemorasjön (i Blädjan/Härjeån). Särvån och Blädjan/Härjeån är båda biflöden till Ljusnan. Under 2016 uppdaterades därtill beräkningarna för de dammar som var med i pilotprojektet och därmed är modellen fullt uppdaterad.

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

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

De huvudsakliga regelverk som reglerar dammsäkerheten i Sverige är 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 försiktighetsåtgärder som behövs för att förebygga, hindra eller motverka skada eller olägenhet för människors hälsa och miljö. I LSO finns bl.a. bestämmelser om skyldigheten att analysera risker med dess konsekvenser och att hålla eller bekosta beredskap för dessa.

Mot bakgrund av gällande lagstiftning avseende dammsäkerheten i Sverige har detta projekt utförts med syfte att ta fram underlag för samordnad beredskapsplanering för dammbrott i Ljusnan och Voxnan. Underlaget beskriver konsekvenser av dammbrott (flodvågens 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 skall vidtas för att hindra eller begränsa allvarliga skador på människor, miljö m.m. vid 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 vid händelse av dammbrott.

Dammsäkerhetsarbetet 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 i en enskild damm är i storleksordningen en gång per 10 000 år (en tiondels promille/år). Den allmänna bedömningen är därtill att sannolikheten för dammbrott i en enskild damm minskar, p.g.a. kunskapsutveckling och på grund av att förstärkning av befintliga dammar utförs. I världen finns totalt ca 50 000 stora dammar vilket betyder att i genomsnitt någon eller några få av dessa dammar havererar varje år. De två huvudsakliga orsakerna till inträffade dammbrott är bristande avbördningsförmåga vid höga flöden (som leder till överströmning) respektive läckageproblem i dammkroppen eller grundläggningen. En stor andel av dammbrotten har inträffat under byggtiden, vid första dämningen eller under åren närmast efter idrifttagningen.

I Sverige har endast en stor vattenkraftsdamm (Noppikoski 1985) gått till brott med begränsade konsekvenser som följd. Härutöver har dammbrott inträffat i ett antal mindre dammar. Vid ett av dessa (Sysseleback 1973) omkom en person.

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

2 PROJEKTETS ORGANISATION

Sweco övertog år 2012 förvaltningen av planeringsunderlaget för Ljusnan, inklusive höjdmodell och hydraulisk modell. Kontaktperson hos Sweco Energuide AB är Anders Söderström.

Uppdatering av beredskapsprojektet har utförts under 2014-2016. Sweco har under 2014 svarat för projektledning genom Per-Martin Palm, projektledare Ljusnan, samt Joakim Holmbom, projektledare Voxnan. Under 2016 har Per-Martin Palm och Lisa Carlsson fortsatt uppdateringen genom att räkna om pilotprojektets samtliga scenarier. Dammägarnas representation har skett under ledning av Peter Calla, VRF med stöd av Sezar Moustafa, Fortum Generation AB och Magnus Holmgren, VRF. Älvgruppen, i vilken kommunernas och länsstyrelsens beredskapsplaner hanteras, sammankallas endast till slutmötet där överlämning av uppdaterat material sker. I övrigt sköts kontakten med älvgruppens representanter via Peter Calla, VRF.

Modellering, systemutveckling och GIS-arbete under projektet har utförts av Per-Martin Palm, Joakim Holmbom och Lisa Carlsson, Sweco Energuide AB. Granskning och projektstöd har utförts av Anders Söderström, Sweco Energuide AB.

3 FÖR VILKA DAMMAR HAR ANALYSER UTFÖRTS?

I projektets inledning genomfördes en behovsanalys för att fastställa för vilka dammar primärt dammbrott skulle beräknas. Utgångspunkten var att primärt dammbrott skulle beräknas för alla dammar vid vilka ett eventuellt dammbrott skulle medföra betydande konsekvenser. Beräkningar kunde emellertid uteslutas vid sådana platser där flera likvärdiga dammar finns intill varandra, eftersom resultaten från beräkningarna vid en damm är representativt även för de övriga liknande dammarna. Alla sådana dammar är dock inkluderade i modellen för beräkning av sekundärt dammbrott. Under uppdateringsarbetet 2014-2016 har samtliga scenarier beräknats och karterats om.

Beräkningar har utförts för följande dammar i enlighet med behovsanalysen:

- Lossen
- Grundsjöarna
- Övre Särvsjön
- Halvfari
- Lofssjön
- Smedjemorasjön
- Svegssjön
- Byarforsen
- Krokströmmen valvdamm
- Krokströmmen fyllningsdamm
- Långströmmen
- Storåströmmen
- Öjeforsen
- Laforsen
- Norränge
- Lottefors
- Dönje
- Landafors
- Bergvik
- Höljebro
- Ljusne Strömmar
- Ljusnefors
- Kvarnsjön

För nedanstående dammanläggningar har primärt dammbrott inte beräknats eftersom dammbrott vid dessa anläggningar inte medför några ytterligare konsekvenser än naturliga höglöden till följd av nederbörd och/eller snösmältning. Dammarna ingår emellertid i beräkningsmodellen över älven men beaktas enbart som sekundära dammbrott till följd av överströmning p.g.a. dammbrott i uppströms belägna dammar.

- Lofsån
- Nedre Särvsjön
- Härjeåsjön
- Kvarnforsen

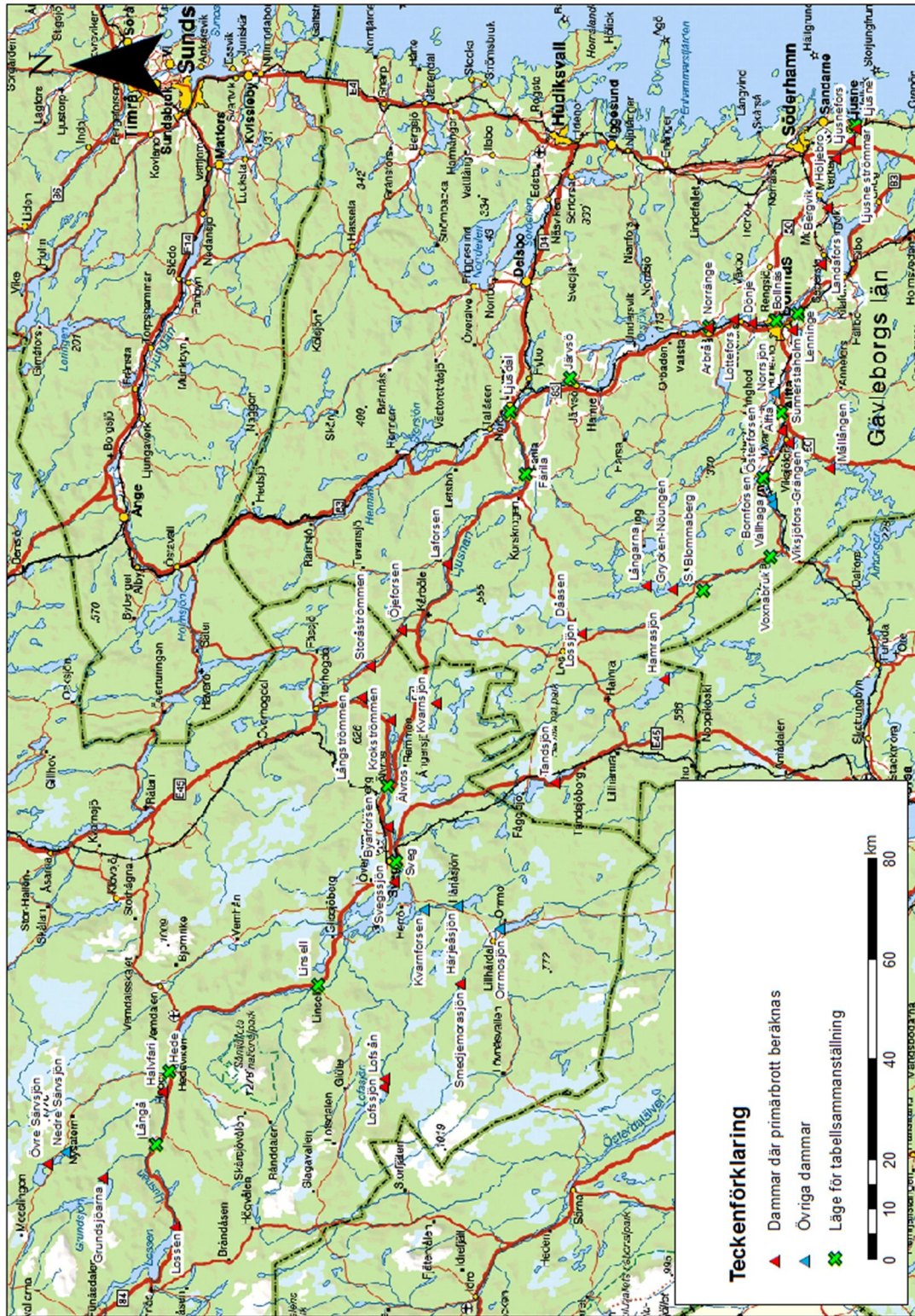
3.1 Tillägg av Voxnans avrinningsområde

För Voxnan har primärbrott beräknats vid följande anläggningar:

- Tandsjön (Ingick trots konsekvensklass 3 p.g.a. lämpligt testområde)
- Hamrasjön
- Dåasen
- Lossjön
- Långarna
- Grycken-Nöungen
- Mållången
- Grängen-Viksjöfors
- Alfta
- Sunnerstaholm
- Lenninge

För följande anläggningar har inga primärbrott beräknats. För de tre första beror det på att de tillhör Edsbyn Kraft som inte är med i föreliggande projekt och för Norrsjön beror det på att fallhöjden är så låg att ett dammbrott inte medför några ytterligare konsekvenser än naturliga höglöden till följd av nederbörd och/eller snösmältning.

- Vallhaga
- Bornforsen
- Österforsen
- Norrsjön



4 FÖR VILKA SITUATIONER HAR BERÄKNINGAR UTFÖRTS?

Underlaget avser dammarnas nuvarande utformning

Det framtagna underlaget avser anläggningarnas nuvarande utformning enligt ritningar tillhandahållna av beställaren. För de fall där ombyggnationer redan är påbörjade eller långt planerade ex. Långströmmen används dammens framtida utformning.

Beräkningarna utförs för både normala och extrema flödessituationer

Beräkningar har utförts för både normala och extrema flöden i älven. De extrema flödessituationer som studerats är 100-årsflöde och klass I-flöde. Sammanlagt har tre scenarier utan dammbrott och tre scenarier med dammbrott beräknats för varje damm där konsekvenserna av primärdammbrott har studerats.

För att analysera konsekvenserna av dammbrott för **normala situationer** har följande förutsättningar legat till grund vid beräkningarna:

- Flödena motsvarar utbyggnadsvattenföring i älven
- Magasinen ligger vid dämningens gräns
- Medelvattenstånd i havet, enligt (Elforsk, 2005)
- Dammbrottet antas bero på inre erosion, läckage eller liknande genom den dammdel vid anläggningen som kan ge störst konsekvenser

Vid beräkningar för **100-årsflöde** har följande förutsättningar legat till grund vid beräkningarna:

- Flödena i älven motsvarar beräknade 100-årsflöden, vilket i många fall är i nivå med vad som hittills uppmätts
- Invid dammar i konsekvensklass 1 och 2 ligger vattenytan vid dämningens gräns då utskoven vid dessa dimensioneras för att kunna släppa förbi 100-årsflöden vid denna nivå
- Medelvattenstånd i havet, enligt (Elforsk, 2005)
- Dammbrottet antas bero på inre erosion och läckage genom den dammdel vid anläggningen som kan ge störst konsekvenser

Vid beräkningar för **klass I-flöde** har följande förutsättningar legat till grund vid beräkningarna:

- Klass I-flöde vid den anläggning där dammbrott analyseras
- Lokala tillrinningar nedströms, vilka ungefär motsvarar medelhög vattenföringen (MHQ)
- Medelvattenstånd i havet, enligt (Elforsk, 2005)
- Dammbrottet antas antingen bero på överströmning eller, om dammen inte överströmmas, inre erosion, läckage eller liknande genom den dammdel vid anläggningen som kan ge störst konsekvenser
- Invid dammar som inte överströmmas ligger vattenytan vid dimensionerande vattenstånd för klass I-flöde

Vid beräkningar för **klass I-flöde** har samma förutsättningar som ovan använts i uppdateringsprojektet förutom att det antas att vattenföringen i älven innan klass I-flödet ankommer motsvarar 100-årsflödet, vilket är praxis i de övriga beredskapsprojekten.

Regleringsstrategier

Den grundläggande strategin för avbördning och magasinshantering innebär att:

- Magasinen hålls vid dämningssgränsen och tillrinningen avbördas så länge som möjligt genom utskoven
- Om tillrinningen överstiger avbördningsförmågan stiger vattenståndet i magasinet (med passiv dämpning som följd)

Olika regleringsstrategier kan leda till stora skillnader avseende konsekvenser till följd av dammbrott. Ställningstagande i projektet har varit att använda beräkningsantaganden som ger konservativa resultat med avseende på de översvämmade områdenas omfattning, vilket innebär att:

- Förtappning och avsänkning av magasin inför eventuellt dammbrott ej tillämpas
- Utskovsluckor behåller sina lägen efter inträffat dammbrott. Detta gäller både anläggningar uppströms där strypning kan visa sig vara möjlig och anläggningar nedströms där öppning av luckor och förtappning kan vara möjlig.

De valda förutsättningarna ger därför de "maximala" snarare än de "realistiska" konsekvenserna.

Övriga beräkningsförutsättningar

Utöver vad som ovan nämnts avseende beräkningsscenarier och regleringsstrategier har följande beräkningsförutsättningar tillämpats:

- RIDAS (Ref 1) med tillhörande vägledningar och Flödeskommitténs riktlinjer (Ref 2) har väglett i tillämpliga delar
- Älvfåran påverkas ej av erosion och behåller sin geometri under beräkningarna
- Vattnet i älven är "rent" och bär ej med sig sediment och flytgods
- Broar dämmer intill dess att vattenytan når överkanten då de går till brott (I Ljusnan finns inga broar inlagda)
- Dammbrott antas inträffa vid den fyllningsdamm vid anläggningen som kan ge den största bräschan och utflödet.
- Vindförhållanden påverkar inte beräkningarna vad avser snedställning och vågor
- Havsytan ligger vid medelvattenståndet

Koordinat- och höjdsystem

Koordinatsystem i plan: **RT90 2,5 gon V 0:-15**

Höjdsystem: **RH70**

5 UNDERLAGET OCH DESS ANVÄNDNING

Detta material är framtaget för att ge underlag till samordnad beredskapsplanering för dammbrott. Underlaget bygger på kombinationer av osannolika händelser och konservativa antaganden om dammbrottsutvecklingen.

Upplägg

För att hjälpa användaren ges nedan en kort beskrivning av underlaget. Mer information finns i Elforsk rapport 05:38.

1. *Denna rapport* – syftar till att ge en översiktlig beskrivning av det underlag för samordnad beredskapsplanering som tagits fram.
2. *Översiktskarta* – ger en samlad överblick över det genomförda projektet och de områden som kan översvämmas vid händelse av dammbrott vid någon av dammanläggningarna i Ljusnan och Voxnan.
3. *GIS-viewer* – redovisar de kompletta översvämningsskikten för samtliga beräkningsscenarier. 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 vid de olika flödessituationerna.

4. *Tabellsammanställning* – Detta material är sekretessbelagt och levereras därför endast på papper och separat från resterande underlagsmaterial.
 - Läge för dammanläggningar och tabellpunkter.
 - En sammanfattning av beräkningsresultaten för respektive damm.
 - En tabell som visar vilka sekundära dammbrott som blir följden av dammbrott i respektive damm.
 - Sammanställningar i tabellform av flodvågens egenskaper i 11 punkter längs Ljusnan och 5 punkter längs Voxnan. Sammanställningarna visar flodvågens ankomsttid, kulmination och varaktighet samt beräknat högsta vattenstånd, beräknad högsta vattenhastighet samt beräknat högsta flöde.

Tabellsammanställningen kan användas som underlag för att närmare studera konsekvenserna av dammbrott i respektive damm.

Osäkerheter

När planeringsunderlaget används i beredskapsplaneringen bör det hållas i åtanke att även om redovisningen av vattenutbredning och flodvågens egenskaper är detaljerad så innehåller planeringsunderlaget osäkerheter. Materialet beskriver scenarier som är baserade på flera antaganden.

En osäkerhet utgörs av att vattnet antas vara rent, d.v.s. utan drivgods i form av nedfallna träd, bryggor, båtar och annat som kan föras med vattnet vid höga flöden. En annan osäkerhetsfaktor är att älvfåran och älvstränder kan eroderas vid höga flöden och medföra förändrad geometri i älven vilket kan påverka vattennivåer i älven.

En annan viktig osäkerhet är hur ett dammbrott skulle utvecklas i verkligheten. I och med att dammbrotten i denna studie beräknas för den högsta dammdelen samt att en liten materialstorlek i dammkroppen ansatts torde beräkningarnas resultat vara konservativa.

Noggrannheten i beräknade maximala vattennivåer beror också av flera andra faktorer:

- Höjdmodellens noggrannhet
- Placeringen av beräkningssektioner
- Kalibreringsunderlagets omfattning och kvalitet
- Beskrivningen av älvens bottenrâhet
- Den hydrauliska modellens förmåga att beskriva flodvågens utbredning (routingen)

Sammantaget bedöms det för dammbrottsscenarierna vara möjligt att åstadkomma en noggrannhet i beräknade maximala vattennivåer på ca $\pm 0,5$ m givet att dammbrottet sker på det sätt och i det läge som har antagits i beräkningarna, att effekterna från drivgods och erosion på vattennivåerna generellt är liten samt att den beräknade utflödeshydrografen är riktig.

Generellt gäller att användaren ansvarar för att de osäkerheter som finns i underlaget beaktas vid nyttjandet.

6 SAMMANFATTANDE SLUTSATSER

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

- Dammbrott i Lossen, Grundsjöarna, Svegsjön och Krokströmmen kan frambringa ett dammbrottsflöde som är så kraftigt att det orsakar flera påföljande dammbrott i anläggningar nedströms, både vid normala och extrema flöden.
- Dammbrott i Laforsen, Krokströmmens fyllningsdamm, Smedjemorasjön, Lofssjön och Halvfari kan frambringa ett dammbrottsflöde som orsakar ett till flera påföljande dammbrott i anläggningar nedströms mestadels vid extrema flöden men även i enstaka fall vid normala flöden.
- Dammbrott i övriga dammar bör ej frambringa ett dammbrottsflöde som är kraftigt nog att orsaka påföljande dammbrott i anläggningar nedströms.
- I Voxnan finns inga dammar för vilka ett dammbrott kan medföra lika allvarliga konsekvenser som för de stora dammarna i Ljusnan.
- Konsekvenserna efter dammbrott i Voxnan blir mest påtagliga lokalt, direkt nedströms dammarna.
- Längre ner i vattendraget blir dammbrottsflödet mer likt ett högflöde eller om dammbrottet sker i samband med ett extremt flöde som en procentuell ökning av högflödet i storleksordningen 10-100 procent, beroende på vilken damm som brister.
- Dammbrott i Hamrasjön och Målången kan frambringa ett dammbrottsflöde som orsakar flera påföljande dammbrott i anläggningar nedströms i samband med extrema flöden.
- Dammbrott i Dåasen, Målången och Sunnerstaholm kan, vid normala flödesförhållanden, frambringa ett dammbrottsflöde som orsakar påföljande dammbrott nedströms p.g.a. att gångtiden till nedströmsliggande anläggningar är kort (några timmar eller kortare än 12 timmar) och det således är osäkert om utskovsluckor hinner öppnas för att släppa förbi dammbrottsflödet.

7 ORDLISTA

Nedan följer en förklaring av vanliga termer som förekommer i planeringsunderlaget.

Teknisk term:	Förklaring:
Ankomsttid	Den tid det tar för flodvågen att nå en specifik plats. Tiden räknas från det att dammbrottet sker (vid fyllningsdamm från det att utflödet är 10 m ³ /s) till dess att vattenståndet höjts med 0,5 m på den specifika platsen.
Damm	Den konstruktion som dämmer vatten. Huvudtyperna är stenfyllningsdamm, jordfyllningsdamm och betongdamm.
Dammbrott	När en del av dammkonstruktionen kollapsar så att det sker ett okontrollerat utflöde av vatten.
Dimensionerande vattenstånd	Det högsta magasinsvattenstånd som uppkommer vid dimensioneringsberäkningen i enlighet med riktlinjer för dimensionerande flöden för dammanläggningar.
Flodvåg	Den vattenståndshöjning som rör sig nedåt i älven, orsakad av ett dammbrott.
Hydraulisk modell	En matematisk modell över en flod eller älv som beskriver vattnets rörelse i rummet och tiden.
Primärt dammbrott	Det dammbrott som initierar flodvågen.
Sekundärt dammbrott	Ett dammbrott i en damm som är en följd av ett dammbrott i en annan damm uppströms.
Terrängmodell	En digital modell som beskriver hur terrängen i ett område ser ut i tre dimensioner, d.v.s. dess utsträckning i plan och i höjddled.

8 REFERENSER

Ref 1. RIDAS Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet. Svensk Energi AB. 2002.

Ref 2. Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar.
Slutrapport från Flödeskommittén. 2007.