



RIKTLINJER OCH PRAXIS VID DIMENSIONERING AV UTSKOV OCH DAMMAR I USA

Sten Bergström och Ulf Ehlin, SMHI
Per-Eric Ohlsson, VASO

RIKTLINJER OCH PRAXIS VID DIMENSIONERING AV UTSKOV OCH DAMMAR I USA

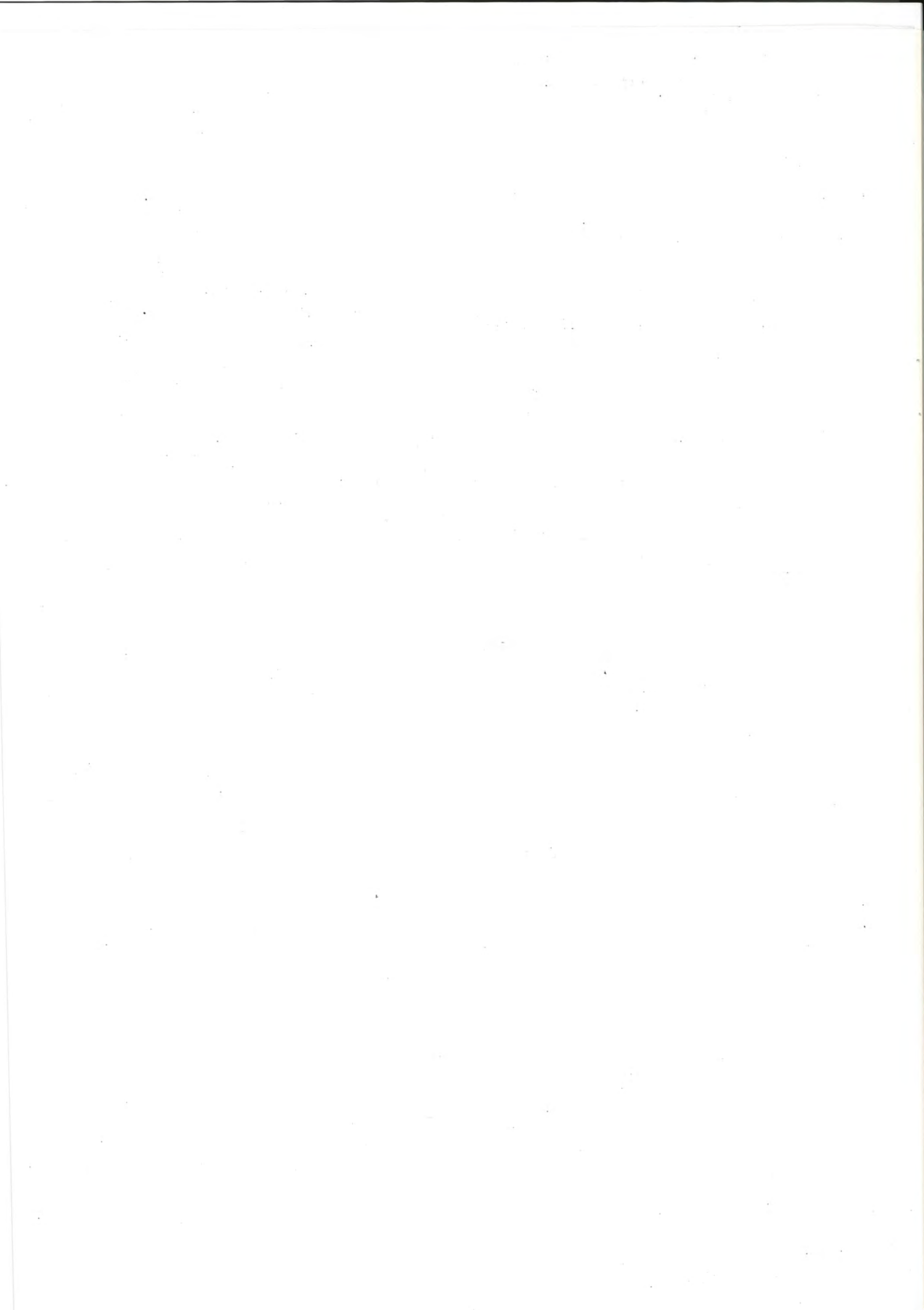
Sten Bergström och Ulf Ehlin, SMHI
Per-Eric Ohlsson, VASO

Rapport från en studieresa i oktober 1985

Flödeskommittén består av representanter för SMHI och vattenkraftindustrin och har till uppgift att ta fram förslag till normer för dimensionering av tappningsanordningarna vid kraftverks- och regleringsdammar. Kommittén bildades i mars 1985. Ordförande är f d vattenrättsdomaren Lennart af Klintberg.

INNEHÅLL

	<u>Sida</u>
INLEDNING	1
NATIONAL WEATHER SERVICE, HUVUDKONTORET I SILVER SPRING	4
Dammbrottsmodeller	4
Extrem nederbörd	4
Hydrologiska prognoser	6
Radar	7
U.S. CORPS OF ENGINEERS, HUVUDKONTORET I WASHINGTON	8
Damminventering	8
Extrem nederbörd	9
Beräkning av PMF och magasinsutveckling	9
Avbemannade anläggningar	11
BUREAU OF RECLAMATION, ENGINEERING AND RESEARCH CENTER I DENVER	12
Beräkning av dimensionerande flöden	12
Modifiering av existerande dammar	13
Visning av det hydrauliska laboratoriet	14
BESÖK VID GLEN CANYON DAM	14
BESÖK VID HOOVER DAM	15
NATIONAL WEATHER SERVICE, CALIFORNIA-NEVADA RIVER FORECAST CENTER OCH DEPARTMENT OF WATER RESOURCES, STATE OF CALIFORNIA I SACRAMENTO	16
Hydrologiska prognoser	16
Datainsamling i realtid	17
Beräkning av dimensionerande flöden och dammsäkerhet	18
HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, CORPS OF ENGINEERS, DAVIS, KALIFORNIEN	20
Beräkning av dimensionerande flöden	21
Kursverksamhet	22
U.S. CORPS OF ENGINEERS, NORTH PACIFIC DIVISION OCH NATIONAL WEATHER SERVICE I PORTLAND	22
Beräkning av dimensionerande flöden	23
Dammbrottsmodeller	25
Datainsamling	25
Hydrologiska prognoser	28
Reglering av Columbia-systemet	28
U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOIL CONSERVATION SERVICE I PORTLAND	30
BUREAU OF RECLAMATION OCH NWS RIVER FORECAST CENTER I SALT LAKE CITY	31
Dimensionerande flöden	31
Hydrologiska prognoser	33
SLUTSATSER OCH SAMMANFATTNING	34
BILAGA 1: Utdrag ur Safety of Dams	
BILAGA 2: Adresslista	



SMHI

Hof

kuy/L/SCR

RIKTLINJER OCH PRAXIS VID DIMENSIONERING

AV UTSKOV OCH DAMMAR I USA

RAPPORT FRÅN EN STUDIERESA I OKTOBER 1985

INLEDNING

Under oktober månad 1985 företog vi en studieresa i USA på uppdrag av Flödeskommittén. Avsikten var att inhämta upplysningar om de riktlinjer, som tillämpas i USA för bestämning av dimensionerande flöden för utskov vid kraftverk och regleringsdammar. Inte minst viktigt var att genom personliga samtal med meteorologer, hydrologer och tekniker få ett grepp om metodernas fördelar och svagheter samt vilka subjektiva bedömningar, som påverkar beräkningsresultaten. Vi kom även att diskutera frågor om hydrologiska prognoser och datainsamlingssystem.

Resan följde nedanstående tidtabell:

- | | |
|---------------|---|
| 11.10.: | National Weather Service, huvudkontoret i Silver Spring utanför Washington D.C. |
| 15.10.: | U.S. Corps of Engineers, huvudkontoret i Washington D.C. |
| 16. - 17.10.: | Bureau of Reclamation, Engineering and Research Center i Denver, Colorado. |
| 18.10.: | Glen-Canyon-dammen i Arizona. |
| 20.10.: | Hooverdammen i Arizona/Nevada. |
| 21.10.: | National Weather Service, California-Nevada River Forecast Center och Department of Water Resources, State of California i Sacramento, Kalifornien. |
| 22.10.: | Hydrologic Engineering Center, Corps of Engineers, Davis, Kalifornien. |
| 23. - 24.10.: | U.S. Corps of Engineers, North Pacific Division, National Weather Service Northwest River Forecast Center och U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service i Portland, Oregon. |
| 25.10.: | Bureau of Reclamation, Upper Colorado Regional Office och National Weather Service River Forecast Center i Salt Lake City, Utah. |

Resan förbereddes tidigare under året bl a med hjälp av kontaktpersoner, vilkas namn erhöles via National Weather Service i Silver Spring. Samtliga tillfrågade myndigheter och institutioner var mycket positiva till vårt besök och hjälpte oss på alla sätt med praktiska arrangemang och givande diskussioner i en mycket öppen atmosfär. Vi erhöles även en stor mängd värdefull litteratur, varav några rapporter är av preliminär karaktär. Denna litteratur finns i sin helhet tillgänglig hos Sten Bergström på SMHI och till en del även hos de övriga deltagarna.

Enligt de uppgifter vi fick finns det totalt ca 70 000 dammar i USA, varav 700 klassificeras som stora federala dammar. De flesta myndigheter och institutioner, som besöktes, representerar den federala regeringen och ansvarar därför för de federala dammanläggningarna. Icke-federala dammar kan antingen vara privata eller ägda av delstaten. Genom den inventering, som genomförts, har de federala myndigheterna dock även överblick över de icke-federala dammarnas status, även om ansvaret för dessa dammar ligger på delstatsnivå. I Kalifornien fick vi tillfälle att samtala med delstatens ansvariga för dammsäkerheten.

I vår framställning använder vi ofta begreppen "Probable Maximum Flood", PMF, och "Probable Maximum Precipitation", PMP. Dessa definieras på följande sätt enligt NRC (1985), vilken är en publikation, som sammanfattar de senaste årens diskussioner om dammsäkerhet i USA:

PROBABLE MAXIMUM FLOOD (PMF): The flood that may be expected from the most severe combination of critical meteorologic and hydrologic conditions that are reasonably possible in the region. This term as used in official documents of the Corps of Engineers identifies estimates of hypothetical flood characteristics (peak discharge, volume, and hydrograph shape) that are considered to be the most severe "reasonably possible" at a particular location, based on relatively comprehensive hydrometeorological analyses of critical runoff-producing precipitation (and snowmelt, if pertinent) and hydrologic factors favorable for maximum flood runoff. (ONE-HALF PMF: That flood with a peak flow equal to one-half of the peak flow of a probable maximum flood.)

PROBABLE MAXIMUM PRECIPITATION (PMP): Theoretically, the greatest depth of precipitation for a given duration that is physically possible over a given size storm area at a particular geographical location at a certain time of the year. (This definition is a 1982 revision and results from mutual agreement among the National Weather Service, the U.S. Army Corps of Engineers, and the Bureau of Reclamation.)

NRC (1985)

Det är viktigt att notera, att man använder begreppet "reasonable possible" i samband med PMF och "physically possible" i samband med PMP. Detta är en följd av att vissa förutsättningar snarare lagts på en rimlig nivå än på de värsta tänkbara vid omräkning från PMP till PMF.

1986-01-15

Sten Bergström
SMHI

Ulf Ehlin
SMHI

Per-Eric Ohlsson
VASO

Litteratur

NRC (1985)
Safety of dams. Flood and earthquake criteria.
National Academy Press, Washington D.C.

NATIONAL WEATHER SERVICE, HUVUDKONTORET I SILVER SPRING
(1985-16-11)

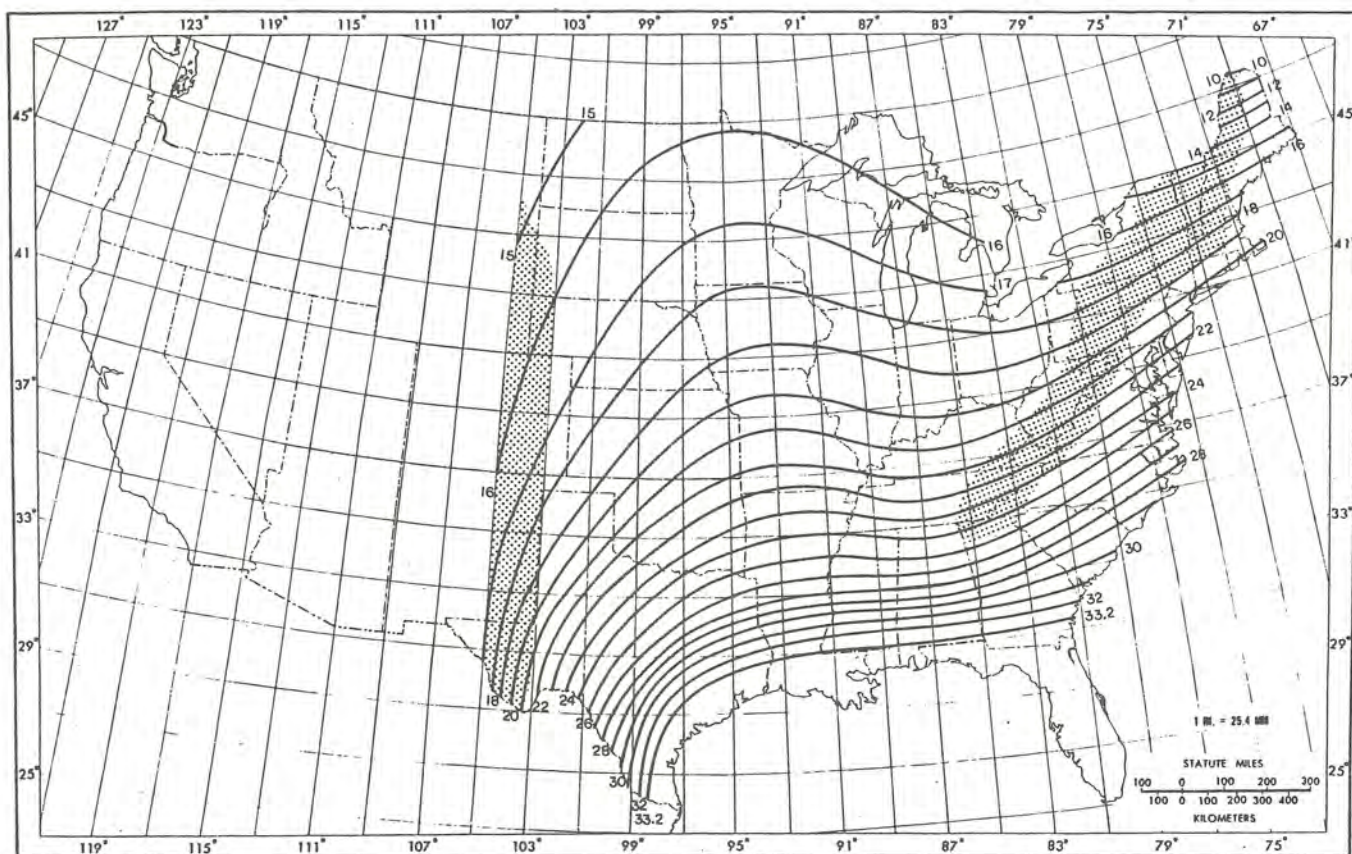
NWS arbetar med både meteorologi och hydrologi. Vid huvudkontoret i Silver Spring utvecklar man bl a hydrologiska modeller och system, som sedan används vid lokala prognoscentra (River Forecast Center, RFC). Det finns 13 st RFC i USA. Vi pratade med Janice Lewis, John Miller, Robert Clark, Eric Anderson, Michael Hudlow, Joe Ostrowski och hade även ett samtal med chefen för NWS, Jack Hallgren.

Dammbrottsmodeller (Janice Lewis)

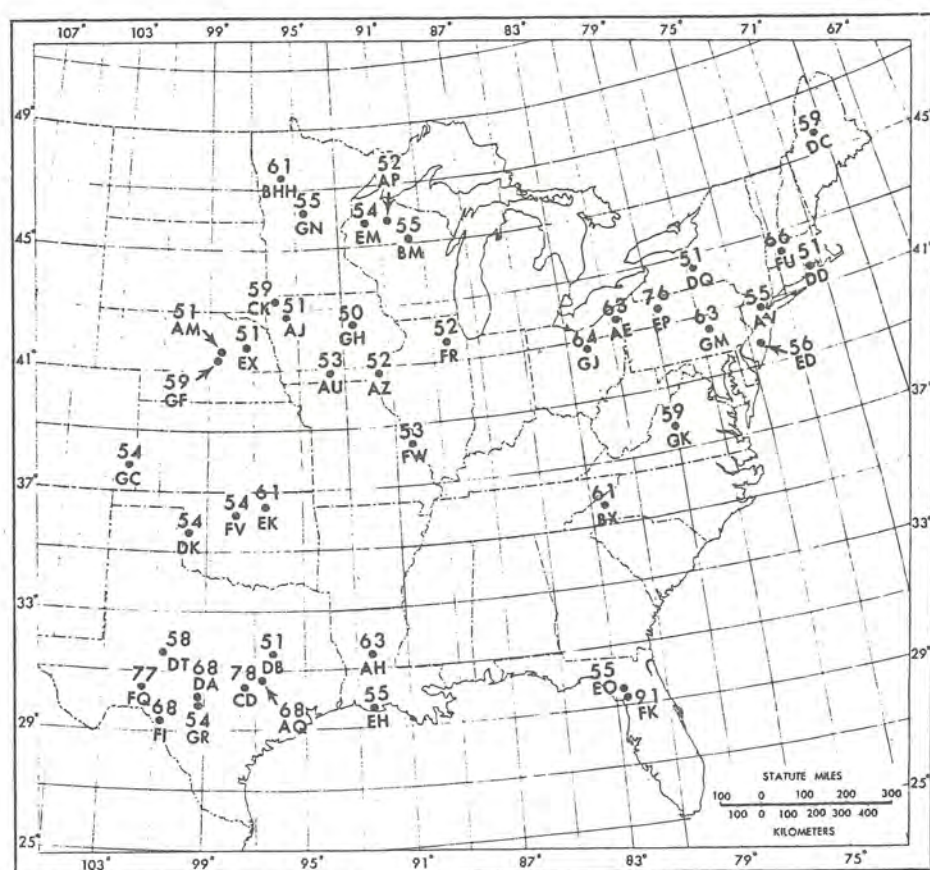
Vid NWS arbetar man med tre olika modeller för att beskriva dammbrott och deras konsekvenser nedströms. DAMBRK är den mest avancerade modellen, medan SMPDBK är en enkel version, som snabbt kan användas i en katastrofsituation. Modellen BREACH beskriver själva dammbrottet i en jorddamm. Efterfrågan på dessa modeller är tydligen stor, och vi fick såväl dokumentation som magnetband. Modellerna har verifierats mot exempelvis Tetondammens haveri med goda resultat.

Extrem nederbörd (John Miller)

Miller har deltagit i en stor del av det arbete med PMP, som gjorts vid NWS. De håller fast vid att beräkna PMP genom analys av extrem nederbörd förstärkt med en justering för luftens daggpunkt vid markytan, som alltså blir en indikation på luftens totala innehåll av fuktighet. Metoden, som är ganska komplicerad, beskrivs bl a av Schreiner och Riedel (1978) och Hansen, Schreiner och Miller (1982). Schwartz och Miller (1983) visar en tillämpning för SO Alaska. I figur 1 visas ett exempel för östra USA. Jämförelser mellan de PMP, som beräknats, och hittills uppmätta extremvärden ansågs rimliga av NWS. (Se Riedel och Schreiner, 1980, och figur 2.)



Figur 1. PMP-beräkningar för östra USA, 24 timmar och 2 590 km² (1000 mile²), gällande för hela året enligt Schreiner och Riedel (1978).



Figur. 2
Förhållandet (%)
mellan uppmätt
extremnederbörd
och beräknade PMP
för 24 timmar och
2 590 km² (1 000
mile²) enligt
Riedel och
Schreiner (1980).

De beräknade PMP-värdena är ofta av en helt annan storleksordning än de, som vi anser kunna vara tänkbara i Sverige, beroende på klimatskillnader. Miller poängterade, att de arealreduktionskurvor, som redovisats av WMO, ursprungligen härstammar från beräkningar i västra USA. Vid dessa beräkningar har åskväder uteslutits, vilket förklarar de höga värdena för stora arealer.

Miller uppgav vidare, att inga av de senaste årens haverier vid federala dammar i USA har berott på underskattning av de dimensionerande flödena, och betonade, att man bör lägga sig på den säkra sidan.

Hydrologiska prognoser (Eric Anderson)

NWS arbetar vidare med ett stort datorsystem för datainsamling, bearbetning och hydrologiska prognoser. Man tycks fortsätta att satsa på stora datorsystem, medan lokalkontoret i Sacramento mer gått in för smådatorer. Tydligen har man fått ge upp tanken på att alla regionala prognoscentraler, RFC, skall köra samma modell, och man har i stället lagt in ett antal modeller som subrutiner. Det innebär, att de lokalkontor, som är inkörda på API-metoden (Antecedent Precipitation Index), kan fortsätta att arbeta med den. Man får intryck av att NWS' system kan bli ganska tungrott genom det stora data-material - ofta heterogent till karaktären - som skall hanteras. Genom att systemet är landsomfattande, är det också svårt att införa ändringar i modellerna, när dessa utvecklas.

Experiment pågår för införande av automatisk uppdatering med Kalman-filterteknik.

Radar (Eric Anderson, Michael Hudlow, Jack Hallgren)

I det hydrologiska prognossystemet finns möjlighet att använda manuellt digitaliserade radardata. Automatisk digitalisering tror man kommer, eftersom man tycks vara ganska säker på att regeringen skall godkänna ett förslag om utbyggnad av radarnätet över USA. Införandet av radar ansågs kunna komma att revolutionera hela nederbörds klimatologin i framtiden.

Litteratur

Fread, D.L. (1981)

Some limitations of dam-breach flood routing models.

Bidrag till 1981 ASCE Fall Convention.

Fread, D.L. (1984)

DAMBRK: The NWS dam-break flood forecasting model.

Stencil

Fread, D.L. (1985)

BREACH: An erosion model for earthen dam failures.

Stencil

Hansen, E.M., Schreiner, L.C., and Miller, J.F. (1982)

Application of probable maximum precipitation estimates - United States east of the 105th meridian.

NOAA Hydrometeorological Report No. 52, Washington, D.C.

Riedel, J.T., and Schreiner, L.C. (1980)

Comparison of generalized estimates of probable maximum precipitation with greatest observed rainfalls.

NOAA Technical Report NWS 25, Washington, D.C.

Schreiner, L.C., and Riedel, J.T. (1978)

Probable maximum precipitation estimates - United States east of the 105th meridian.

NOAA Hydrometeorological Report No. 51, Washington, D.C.

Schwartz, F.K., and Miller, J.F. (1983)

Probable maximum precipitation and snowmelt criteria for southeast Alaska.

NOAA Hydrometeorological Report No. 54, Silver Spring, Md.

Witmore, J.N., and Fread, D.L.

The NWS simplified dam break flood forecasting model for desk-top and hand-held microcomputers.

Stencil, odaterat manus

U.S. CORPS OF ENGINEERS, HUVUDKONTORET I WASHINGTON
(1985-10-15)

U.S. Corps of Engineers sorterar under USAs Försvarsdepartement och är den federala regeringens viktigaste myndighet för utveckling av vattenresurserna i USA. Man arbetar bl a med frågor rörande navigation, flödeskontroll, vattenkraft, erosion, rekreation och fiske samt vattenförsörjning. Uppdelningen av Corps of Engineers i divisioner och distrikt framgår av figur 3. Vi samtalade med Earl Eickert under vårt besök på Corps of Engineers.

DIVISIONS AND DISTRICTS FOR CIVIL WORKS ACTIVITIES



Figur 3. Corps of Engineers' divisioner och distrikt.

Damminventering

I början av 1970-talet fick Corps of Engineers i uppdrag att se över alla icke-federala dammar i USA, större än 25 feet. Det blev nästan 70 000 st, varav nästan 9 000 inspekterades och nära 3 000 förklarades osäkra, till följd av åldrande byggnadsmaterial men även beroende på de hydrologiska

beräkningarna. Projektet beskrivs i U.S. Army Corps of Engineers (1982).

Extrem nederbörd

Debatten om PMP har stundtals varit livlig i USA, men det tycks som om de värden, som beräknats av NWS, numer accepteras av alla, när det gäller nybyggnader. När det gäller existerande dammar, som granskats i efterhand, så försöker Corps of Engineers räkna med PMP utom i speciella fall, exempelvis om den väntade skadan vid ett dammras är liten. Delstaterna är själva ansvariga för de dammar, som inte administreras av federala myndigheter (non-federal dams), såsom exempelvis Corps of Engineers eller Bureau of Reclamation, och här är det mer tveksamt vilka regler, som tillämpas för befintliga dammar. En hel del av de osäkra dammar, som hittades vid inventeringen, är uppenbarligen inte förbättrade ännu.

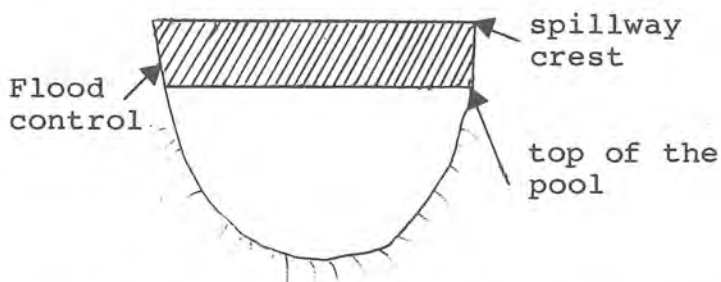
Det görs vissa försök att samordna normerna mellan olika myndigheter, som arbetar med dammbyggnad (se exempelvis Stallings m fl, 1985).

Beräkning av PMF och magasinsutveckling

Vid beräkning av det dimensionerande flödet använder man vanligen enhetshydrografmetoden. Man startar från ett basflöde och lägger in halva PMP för att få igång flödet, där-
efter lägger man in PMP efter ett uppehåll på 5 - 6 dagar. PMP reduceras med ett mindre belopp för att man skall kunna ta hänsyn till eventuellt markfuktighetsunderskott. Detta görs subjektivt av den, som utför beräkningarna. Man kan både räkna med en snösmältningssituation och med regn.

Vid beräkningen av magsinsutvecklingen anser man sig ibland kunna anta, att magasinet inte är fyllt till dämningssgränsen, om det finns en klar årstidsvariation i magasinet. Vanligen

utgår man dock från ett toppläge och har därefter en buffert, som utnyttjas för flödeskontroll nedströms. Därefter vidtar själva överfallsdammen, som alltså bara nyttjas i extrem-situationer, se figur 4.



Figur 4.
Principen för utnyttjandet av Corps of Engineers' ca 300 dammar.

Beslut om att utnyttja flödeskontrollmagasinet fattas av delstaten.

Fribord för vågor och vindpåverkan beräknas med standardiserade kurvor enligt McCartney (1976). Beräkningarna utgår från viss statistisk bedömning av vindstyrka och riktning. Ett minsta fribord på 5 feet läggs på vid jorrdammar.

Principerna finns sammanfattade av Federal Emergency Management Agency (odaterade), men de är inte föreskrivna i lag. Dock känner sig de federala myndigheterna bundna av dessa riktlinjer, både vad beträffar nya och gamla dammar, medan de på delstatsnivå enbart tycks tillämpas på nya dammar.

Vi noterade, att man arbetar lite inkonsekvent genom att blanda PMP med mera subjektiva bedömningar, framför allt av flödets utgångsläge och markfuktigheten. Vi noterade vidare, att man inte alls använder sig av frekvensanalys utan har valt begreppet PMF i sina beräkningar utan att försöka sig på att bedöma dess återkomsttid.

F n pågår ett försök att jämföra PMF med uppmätta flöden på samma sätt som med PMP i figur 2. Resultat väntas om ungefär ett år.

Avbemannade anläggningar

Corps of Engineers undviker att avbemanna anläggningar utrustade med luckor, dels av dammsäkerhetsskäl och dels därför att man är rädd för att skapa för kraftiga flöden, om luckorna okontrollerat öppnas för mycket.

Litteratur

Federal Emergency Management Agency:
Federal guidelines for selecting and accommodating inflow design floods for dams.
The Working Group on Inflow Design Floods, Subcommittee 1,
Interagency Committee on Dam Safety
(Odaterat manus)

McCartney, L.B. (1976)
Wave runoff and wind setup on reservoir embankments.
Department of the Army, Office of the Chief of Engineers,
ETL 1110-2-221

Stallings, E.A., Cudworth, A.G., Hansen, E.M., and Styner, W.A. (1975)
Evolution of PMP cooperation studies.
Insänt för publicering av ASCE

Tseng, M.T., Stallings, E.A., and Eiker, E.E.
Development and implementation of the U.S. Army Corps of Engineers' water control data system.
(Odaterat manus)

U.S. Army Corps of Engineers (1979)
Hydropower. The Role of the U.S. Army Corps of Engineers.
Broschyr

U.S. Army Corps of Engineers (1982)
National program of inspection of non-federal dams.

U.S. Army Corps of Engineers (1985)
Policy for evaluating modifications of existing dams related to hydrologic deficiencies.

BUREAU OF RECLAMATION, ENGINEERING AND RESEARCH CENTER
I DENVER (1985-10-16--17)

Bureau of Reclamation sorterar under USAs inrikesdepartement och är ansvarig för utveckling och bevarande av landets vattenresurser i västra USA. Ursprungligen arbetade man mest med bevattningsprojekt i de torra områdena i väst (därav namnet Bureau of Reclamation), men idag är verksamheten mycket bredare och omfattar exempelvis vattenförsörjning, vattenkraft, bevattning, vattenkvalitet, vattenreglering och flödeskontroll, fiske och rekreation, atmosfäriska frågor (exempelvis "cloud seeding") och alternativa energikällor. Vi samtalade huvudsakligen med Vern Resler, Bill Lane, Steve Higinbotham och Clark Buyalski under vårt besök.

Beräkning av dimensionerande flöden (Bill Lane)

Även Bureau of Reclamation accepterar i huvudsak de beräkningar av PMP, som gjorts av NWS. Vid beräkningen av PMF använde man i huvudsak samma metod som Corps of Engineers. Grunden för beräkningen är enhetshydrografmetoden. För att starta flödet använder man vanligen P_{100} (nederbörd med 100 års återkomsttid) i stället för halva PMP, som föreslagits av Corps of Engineers. Skillnaden blir dock liten enligt Bill Lane. Efter att ha lagt in P_{100} gör man ett uppehåll på 2 - 4 dagar innan flödets vidare utveckling beräknas med PMP. Man använder vidare en exponentiellt avklingande "loss-rate", som innebär, att viss hänsyn tas till infiltration under hela flödet. Snösmältningsbidraget beräknas med en återkomsttid på 100 år.

Bill Lane var mycket tveksam till att använda frekvensanalys för utskovsdimensionering, dels därför att konfidensgränserna för varje enskild fördelningsfunktion blir så vida vid höga återkomsttider och dels därför att det finns en hel familj av fördelningsfunktioner att välja på, vilket ger orimligt stor spridning. Han påpekade också, att det var viktigt att hålla ögonen på reservoarer, som sällan fylls.

För närvarande arbetar Bureau of Reclamation med en jämförelse mellan PMF och uppmätta flöden på samma sätt som gjorts med PMP. Vi fick se preliminära resultat, som i mycket liknade resultaten med PMP. Man skall dock hålla i minnet, att PMF definieras annorlunda än PMP (se sid. 3).

Modifiering av existerande dammar (Steve Higinbotham)

Steve Higinbotham betonade, att man inte använder riskbaserade beslut vid dimensioneringsberäkningarna. Man vill alltså inte slå fast, att ett visst antal människor med viss sannolikhet kommer att omkomma under ett projekts livstid. Däremot har man arbetat en del med kurvor, som visar den marginella nyttan av att dimensionera för högre säkerhet (se Clark, 1985). Man accepterar inte heller varningssystem som alternativ till hög dammsäkerhet.

Det är klart, att det ofta blir tal om mycket omfattande studier vid genomgången av dimensioneringsunderlaget för existerande dammar. Det är också en långvarig process att fatta beslut om ombyggnad. Ett av de största problemen tycks vara icke-federala dammar. Där beror det på hur aktiv delstaten är, om dammarna skall kunna byggas om till större dammsäkerhet.

Det förekommer, att Bureau of Reclamation har obemannade stationer med luckor. Då är det oftast i samband med bevattnings- och vattenresursanläggning och vanligen inte tal om flödeskontroll. De obemannade stationerna har reservkraftsaggregat.

Visning av det hydrauliska laboratoriet (Engineering Laboratories, Clark Buyalski)

Laboratoriet bedriver omfattande försök med modeller av olika utskovsutformningar. Sedan flödena 1983, då stora kavitationsproblem uppstod i tunneln från Glen Canyon, har man experimenterat med luftinblandning i utloppstunneln från utskoven.

Litteratur

Clark, P. (1985)
Salt River Project Dams. Salt River Project, Arizona. Safety of Dams Program.
Amendment to Modification Report, U.S. Bureau of Reclamation

Jansen, R.B. (1983)
Dams and public safety.
A Water Resources Publication, U.S. Bureau of Reclamation

U.S. Bureau of Reclamation (1985)
1984 Annual Report

BESÖK VID GLEN CANYON DAM (1985-10-18)

Glen Canyon Dam i Coloradofloden byggdes under perioden 1956-66. Syftet med dammen är bl a att åstadkomma ett flerårsmagasin för bevattning, minska sedimenttransporten, kontrollera flöden och producera elektrisk energi. Dammen, som är av betong, är 475 m lång, 8 m bred vid krönet och 90 m vid basen samt 178 m hög. Dammen har två stora utskov för spillvatten, byggda som tunnlar genom berget vid dammfästena. Vi talade med ingenjör Richard Fehr.

Förutom genom kraftstationen kan vatten dessutom framläppas genom fyra ståltuber, parallella med kraftstationens vattenvägar. Kraftstationen med 8 turbiner har en maxeffekt 1 320 MW. Regleringsmagasinet, benämnt Lake Powell, är 299 km långt, har en yta av 653 km² och rymmer 33 900 millioner m³. Det började fyllas 1963 och har sedan dess varit helt fyllt

endast 1980 och 1983. Vid prov, som genomfördes med spillvattentunnlarna (1980), upptäcktes att kavitationsproblem kunde uppstå. Man gjorde dock inte något åt saken.

Våren 1983 erhöles ett mycket kraftigt flöde på grund av stort snömagasin och sen vår. Magasinet fylldes, och tappning fick påbörjas genom spillvattentunnlarna. Snart uppstod stora kavitationsproblem, vilket ledde till att en serie stora kratrar bildades i den ena tunnelbotten, den största mer än 10 meter djup och några tiotal meter lång. Man tvingades stänga den trasiga tunneln och vågade ej heller öppna den andra. För förhindrande av att vattnet rann över utskovsluckorna och in i tunneln förhöjdes dessa, först med plywoodskivor (jfr Vässinkoski) och därefter med snabbt konstruerade nya kompletteringsluckor. Den krisartade situationen varade i tre månader, och personalen vid anläggningen kände stor olust och oro inför att arbeta i utrymmen inom dammanläggningen. Hela dammanläggningen vibrerade, när vatten tappades genom spillvattentunneln.

Tunneln reparerades under tiden fram till nästa vårflod, och anordningar för uppblandning av vattnet med luft utfördes. Risker för kavitation minskade därmed. Erfarenheterna från Glen Canyon säger, att luckor och utskovsanordningar bör provas omsorgsfullt under kontrollerade förhållanden, så att de verkligen fungerar, när det extrema flödet är ett faktum.

BESÖK VID HOOVER DAM (1985-10-20)

Hooverdammen ligger nedströms Grand Canyon i Coloradofloden. Syftet med dammen är detsamma som för Glen Canyon Dam, d v s flerårsmagasin för vattenförsörjning, bevattning, kraftproduktion m m. Hooverdammen började byggas så tidigt som 1931. 1936 startade den kommersiella elproduktionen. Dammen är 379 m lång, 221 m hög och 14 m bred vid krönet. Den har liksom Glen-Canyon-dammen en spillvattentunnel på vardera sidan av dammen. Dessa testades 1941 och användes sedan dess inte

förrän 1983. Några skador uppstod inte då, men man har ändå beslutat att bygga luftningsanordningar i tunnlarna av samma typ som i Glen Canyon.

Reservoaren uppströms kallas Lake Mead. Den sträcker sig 177 km uppströms, har en yta av 639 km² och innehåller totalt 35.200 millioner m³, när den är full.

NATIONAL WEATHER SERVICE, CALIFORNIA-NEVADA RIVER FORECAST CENTER OCH DEPARTMENT OF WATER RESOURCES, STATE OF CALIFORNIA
I SACRAMENTO (1985-10-21)

Dessa två myndigheter representerar den federala regeringen respektive delstaten Kalifornien och samarbetar, när det gäller hydrologiska prognoser. DWR har dessutom ett övergripande ansvar, när det gäller vattenresurser i Kalifornien, vilket bl a innebär ansvar för säkerheten för statens 1 200 icke federala dammar. Vi talade med Larry Ferral, NWS, och Stein Buer, Craig Trombly samt James Fitzpatrick vid DWR.

Hydrologiska prognoser (Larry Ferral och Stein Buer)

Bilden är mycket splittrad, när det gäller hydrologiska prognoser i Kalifornien. NWS i Sacramento gör en del övergripande prognoser för större floder, utfärdar varningar samt utvecklar prognossystem för lokalkontor i delstaten. Prognoser göres även av DWR, Bureau of Reclamation, kraftbolag och NWS' lokalkontor. På NWS-Sacramento satsar man på utveckling av små decentraliserade system, baserade på IBM, PC, XT eller AT-maskiner, vilket står i motsats till policyn hos NWS-Washington. En svårighet har varit att behålla kvalificerade programmerare, som ofta söker sig till den privata sektorn efter en tid. För närvarande består prognosgruppen av 7 personer.

Sacramento-modellen används av NWS i några områden runt Sacramento samt av lokalkontor för prognoser över snabba flöden

(flash-floods) längs kusten söderut. I övriga Kalifornien utnyttjar man den betydligt enklare API-metoden, som är en enkel beräkningsmetod, för att ta hänsyn till en föregående torrperiods längd. Modellutvecklingsarbetet tycks ha avstannat och syftar nu enbart till att få Eric Andersons snömodell i operationellt skick.

Datainsamling i realtid (Larry Ferral)

Även när det gäller insamling av realtidsdata, finns det en hel del överlappande verksamhet, även om samarbete förekommer. NWS använder mest radiolänk eller mikrovågor. Data, som överförs, är nederbörd (mätare med anti-freeze vintertid), vindhastighet och vindväg, relativ fuktighet, temperatur samt lufttryck. Nederbördsstationsnätet är tätare än övriga nät. Man överför även data från snökuddar av metall, kopplade fyra och fyra. Meteorburst-tekniken, som utnyttjar joniseringen kring meteoriter som reflektor, användes inte, eftersom den ansågs dra för mycket energi, och satellitöverföring ansågs för dyr. Användningen av radiolänk för dataöverföring innebär, att stationsnätet ibland får anpassas till sändningsförhållandena. Maximalt används två relästationer vid dataöverföring till Sacramento.

Satellitbilder utnyttjar man enbart för att få ett snabbt intryck av snöförhållandena, eftersom korrelationen mellan snötäckt yta och mängden snö ansågs dålig. Man har en äldre väderadar, som utnyttjas kvalitativt i flödessituationer. Eftersom relationen mellan radarekott och regnintensiteten inte är entydig, försöker man inte beräkna arealnederbörden med hjälp av radarn, men däremot får man hjälp att analysera nederbördsområdets utbredning och förflyttning.

Kvantitativa nederbördsprognoser kan fås två gånger per dag och används i de hydrologiska modellerna. Dessa är korta för flödesvarningar (storleksordningen några timmar) och betydligt längre för hantering av reservoarerna. Man varnar aldrig

för flöden enbart på grund av de kvantitativa nederbördsprognoser, utan flödet måste ha startat. Nedan visas en flödesprognos för norra Kaliforniens kust.

NORTH COAST RIVER FORECAST

CALIFORNIA NEVADA RIVER FORECAST CENTER, NATIONAL WEATHER SERVICE
WITH THE COOPERATION OF THE CALIFORNIA DEPT. OF WATER RESOURCES
SACRAMENTO, CA SAT FEB 9 1985 700AM PST

ATTENTION ... THE FOLLOWING STAGES OF PARTICULAR SIGNIFICANCE
HAVE OCCURRED OR ARE EXPECTED TO OCCUR

WARNING STAGE

EEL RIVER AT FERNBRIDGE

NORTH COAST STREAMS ARE RECEDING. SOME SCATTERED SHOWERS MAY CAUSE
MINOR FLUCTUATIONS IN RIVER LEVELS TODAY.

FORECASTS ARE BASED ON PRESENT AND FORECASTED METEOROLOGICAL
AND HYDROLOGIC CONDITIONS AT TIME OF ISSUANCE.

SMITH RIVER AT

JEDEDIAH SMITH SP 7AM STAGE 14.3 FT
FORECAST TO RECEDE THRU SUNDAY MORNING
DR FINE BRIDGE 7AM STAGE 20.2 FT
FORECAST TO RECEDE THRU SUNDAY MORNING

EEL RIVER AT

FERNBRIDGE 7AM STAGE 11.2 FT
A CREST OCCURRED OF ABOUT 14.5 FT EARLY FRIDAY EVENING
FORECAST TO RECEDE THRU SUNDAY MORNING
WARNING STAGE 14.0 FT, FLOOD STAGE 20.0 FT

THIS IS THE LAST SCHEDULED MESSAGE OF THIS SERIES.

Figur 5. Flödesprognos från NWS för norra Kalifornien.

Beräkning av dimensionerande flöden och dammsäkerhet

Dimensioneringsberäkningar och dammsäkerhet diskuterades vid DWRs Division of Flood Management (Stein Buer och Craig Trombly) och vid DWRs Division of Safety of Dams (James Fitzpatrick).

Man ansåg, att Kalifornien har bättre kontroll på sina dammar än andra delstater genom den jordbävningsfara man lever med, och sedan 1928 pågår en kontinuerlig översyn av dammarna. Den sysselsätter för närvarande 50 ingenjörer, som inspekterar alla dammar över en viss storlek minst en gång per år. Hög-

riskdammar (high hazard dams) inspekteras upp till fyra gånger om året. Översynen innebär även en genomgång av de hydrologiska dimensioneringsberäkningarna. I Kalifornien finns ca 1 200 icke-federala dammar.

Samtliga representanter från DWR var mycket kritiska till användandet av frekvensanalys för flöden, om återkomsttiden överstiger 100 - 200 år. Då har man ändå serier på upp till 60 år.

Vi fick intrycket, att delstaten Kalifornien tillämpar något mildare regler än Corps of Engineers och Bureau of Reclamation, även om det var svårt att få inblick i alla detaljer, eftersom beräkningstekniken inte är fullständigt dokumenterad. Huvudprincipen är dock, att man beräknar det dimensionerande flödet med nederbördsuppskattningar och enhetshydrografmetoden. För högriskdammar accepteras NWS beräkningar av PMP, men man har mindre stränga regler för dammar i mindre utsatta lägen. Ibland accepterar man t ex en extrapolering av nederbörden till P_{1000} och anser, att P_{1000} ger Q_{1000} via enhetshydrografen. P_{1000} bestäms via Pearson III-fördelningen genom en regional analys av nederbördsdata. Enhetshydrografens parametrar är bestämda genom ett empiriskt samband med hjälp av områdeskaraktistika, om avrinningsdata saknas. Hänsyn tas till icke-lineariteten vid höga flöden genom att koncentrationstiden förkortas vid enhetshydrografberäkningen. I södra Kalifornien tas hänsyn till att vissa områden kan brännas av helt vid skogsbränder, vilket ger betydligt större flöden (jfr kalavverkning i Sverige).

Vi hade en mycket intressant diskussion om tilltron till de beräkningar av PMP, som NWS svarat för. Det verkar helt klart, att de hydrologer, som tillämnar dessa beräkningar, endast i undantagsfall förstår hur de tagits fram.

I de fall dammarna befanns dåliga vid den inventering, som genomfördes i Corps of Engineers' regi, tillskrevs dammägaren, som beordrades vidtaga åtgärder. Några dammar fick rivas och byggas om.

DWR verkade speciellt oroliga för förhållandena kring Los Angeles, där det finns många äldre dammar i tätbefolkade områden, och där jordbävningsfaran anses stor.

När det gäller luckor och utskov, försöker DWR undvika fjärrmanövrerade luckor på jorddammar. Man accepterar inte heller automatiska system utan reservkraft och tar särskild hänsyn till att tillfartsvägarna till dammarna skall vara framkomliga även i en flödessituation.

Metoden för beräkning av fribord föreföll betydligt enklare än den, som redovisats av Corps of Engineers. Man tycks mest utnyttja erfarenheter från tidigare konstruktioner och saknar uppenbarligen en i detalj utarbetad metodik. Dock har man som tumregel vid nya jorddammar i mindre utsatta lägen 4 feet fribord från utskovets krön till dammkrönet och 1.5 feet från högsta högvatten vid flöde till dammkrön.

Litteratur:

Meixner, G.D. (1984)
Probable Maximum Flood for Castaic Dam and Reservoir.
State of California, Department of Water Resources, Division
of Flood Management, Memorandum Report.

HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, CORPS OF ENGINEERS, DAVIS,
KALIFORNIEN (1985-10-22)

Hydrologic Engineering Center, HEC, bedriver i huvudsak forskning, undervisning och teknisk assistans inom Corps of Engineers' verksamhetsområden. Man har även viss uppdragsverksamhet. Inriktningen går mot datorsystem, som lämnas ut till en hanteringskostnad av ca \$ 200 per styck och som kan utnyttjas fritt även av utomstående. Personalen består av ca 50 personer, som även ställer upp med rådgivning. Övergången till persondatorer (vanligen IBM eller IBM-kompatibla) innebär, att allt fler börjar utnyttja HECs datorsystem, och

antalet kontakter uppgavs till drygt 5 000 (se figur 6). Vi samtalade med Arlen Feldman under besöket på HEC.



US Army Corps
of Engineers

HEC Major Products

1. Development and Support of Computer Programs Library (FY 1984)

- 88 Generalized Computer Programs
- Distributed 1681 Computer Programs to Corps Offices
- Distributed 800 Computer Programs to Non-Corps Offices
- Distributed 300 Micro Computer Versions in First Half of FY 1985
- Estimated Corps Use of HEC Programs—50,000 Execution/Yr or 25 Per Hour
- Offices on HEC Computer Program Mailing List—5,056

Figur 6. Sammanfattning av produkter från HEC under 1984.

Beräkning av dimensionerande flöden

Feldman ansåg, att frekvensanalys inte bör användas vid längre återkomsttider än 50 - 100 år. Anledningen är den spridning, som orsakas av konfidensintervallen och valet av fördelningsfunktion. Han stödde idén att analysera hela nederbördsområden, som nu görs på SMHI i anslutning till Flödeskommitténs arbete. I stort sett ansåg Feldman NWS' beräkningar av PMP vara rimliga, men han menade, att vissa beräkningsmoment var tillkrånglade i överkant. Vid flödesberäkningar används HEC-1, vilket är ett datorsystem med ett antal olika flödesmodeller av enhetshydrografteryp, dock ingen för kontinuerlig simulering av vattenföring.

HEC har utarbetat en handbok för den dammbrottsmodell, som utarbetats av NWS. Modellen finns nu tillgänglig på IBM - PC. Man har dock inga beräkningsrutiner för vågor och vindeffekter på regleringsmagasin.

Feldman bekräftade, att de incidenter man haft vid nyare federala dammar inte berott på underskattade flöden utan snarare på att vattenvägarna inte fungerat eller på geotekniska problem. F n pågår en del arbete med riskanalys och kostnadsnytta vid HEC.

Kursverksamhet

HEC bedriver en omfattande kursverksamhet med en- till två-veckorskurser ungefär en gång per månad. Det är främst Corps of Engineers' personal, som utbildas. Man har bl a till sin hjälp ett omfattande videobibliotek (HEC, 1984).

Litteratur

DAMBRK - The NWS dam-break flood forecasting model. Users manual.

Feldman, D.F. (1981)

HEC models for water resources system simulation: Theory and experience. Advances in hydroscience. Vol. 12

HEC (1982)

Video Tape Loan Library (katalog över videoband som utlånas)

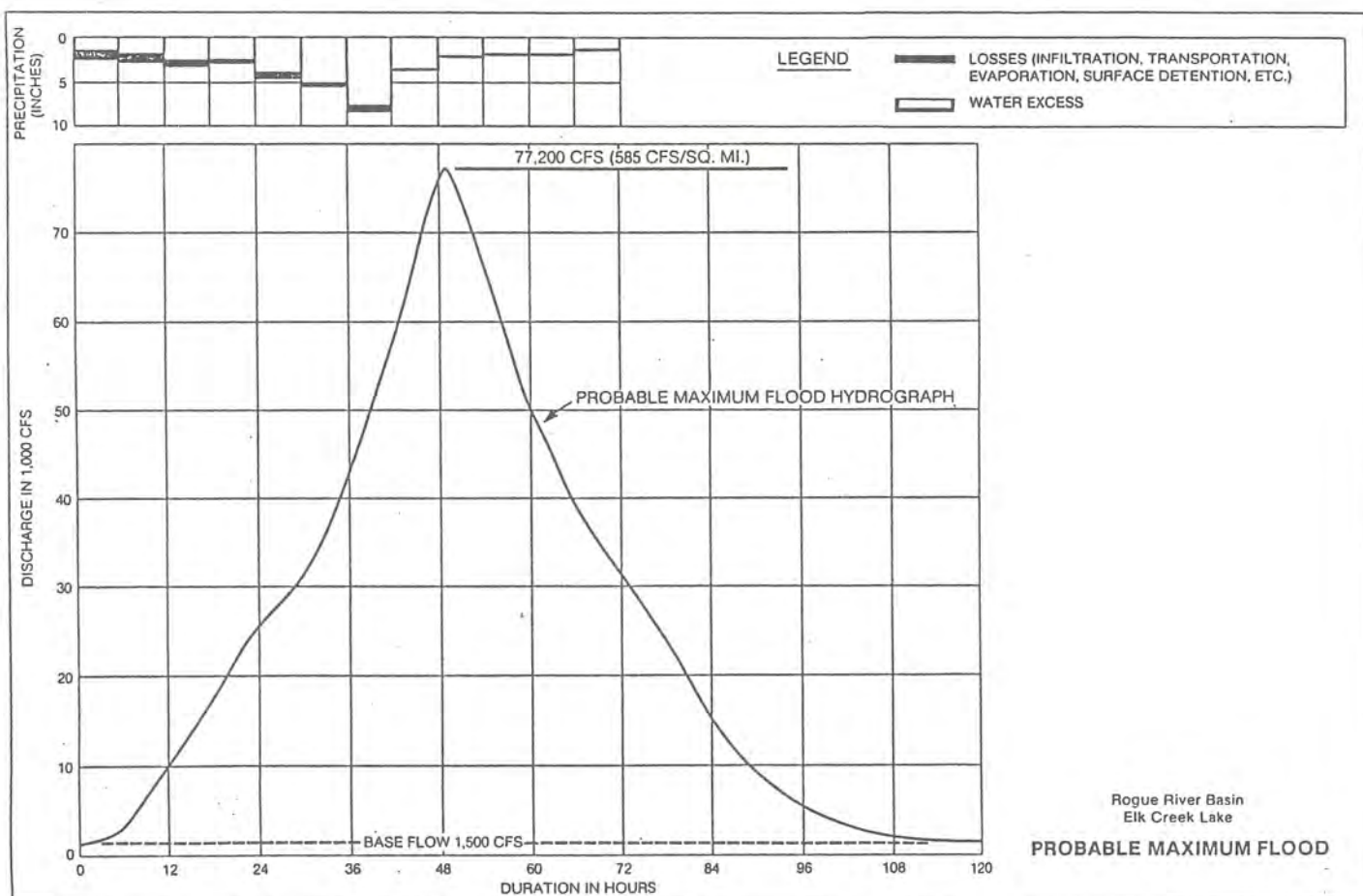
U.S. CORPS OF ENGINEERS, NORTH PACIFIC DIVISION OCH NATIONAL WEATHER SERVICE I PORTLAND (1985-10-23--24)

North Pacific Division av COE svarar för den federala delen av vattenresurserna i nordvästra USA inklusive Alaska. En av huvuduppgifterna är regleringen av Columbiafloden, som sker i samarbete med Bonneville Power Administration (BPA) och NWS River Forecast Center. NWS håller till i samma lokaler som COE i Portland. Vi talade med Douglas Speers, Edward Davis, Roger Ross, George Holmes, Randal Wortman, Gordon Green och David Rockwood vid COE samt med Charles Orwig vid NWS. Vi träffade även chefen för North Pacific Division, general Robertson.

Beräkning av dimensionerande flöden (Douglas Speers, Roger Ross och George Holmes)

COE fungerar som kontrollerande myndighet av dimensioneringsberäkningar i Pacific NW (inkl. Alaska). Man har i princip accepterat NWS' PMP-beräkningar, men dessa är f n under omarbetning i denna region. Man har konstaterat, att PMP är ett något oklart begrepp och att det då och då dyker upp värden, som överstiger PMP. En viss kritik uttrycktes över en del detaljer i NWS' beräkningar, men det tycktes som om man inte heller här hade satt sig fullständigt in i beräkningsgången.

Ett snösmältningsbidrag adderas till PMP vid beräkningen av PMF. Det grundar sig på statistik över höga lufttemperaturer



B-12

R-3 APR 85 Chart 4

Figur 7. Exempel på beräkning av dimensionerande flöde för Elk Creek.

under regniga dagar och på graddagsmetoden för beräkning av snösmältning. Vid fördelning av nederbörden i tiden använder man ingen föreskriven metod utan tillämpar rimliga antaganden från fall till fall. Nederbörden och snösmältningen omräknas till PMF genom enetshydrografen. Ett sådant exempel visas i figur 7.

Vi hade en ingående diskussion om principerna med Douglas Speers. Det framkom då, att PMP-PMF-ansatsen främst accepteras för nya dammar och stora existerande dammar. (Dock har man inte klart definierat begreppet stor damm.) De största problemen har man med existerande icke-federala dammar, men det har visat sig, att även dammar designade av federala myndigheter, exempelvis Soil Conservation Service, kan vara underdimensionerade. Detta beror på att man förutsatt alltför stort markfuktighetsunderskott vid beräkningen. Speers ansåg vidare, att det faktum, att man kopplar ihop olika samvarierande förutsättningar, var och en med liten sannolikhet, gör att det är omöjligt och meningslöst att försöka beräkna en sannolikhet för PMF. Frekvensanalys ansågs utsiktslös för längre återkomsttider, bl a på grund av att extremflödena kommer från en blandning av populationer. Det tycks vidare, som om COE är beredda att acceptera vissa avsteg från PMF-beräkningarna, om ett dammas vid en flödes- och översvämningssituation inte märkbart ökar skadorna nedströms. Så är exempelvis fallet för små kraftverksmagasin.

Speers hänvisade till NRC (1985) såsom varande den bästa sammanfattningen av dammsäkerhetsproblem och dimensioneringsfrågor i USA för närvarande. Det kapitel, som sammanfattar den splittrade bilden av dimensioneringsnormerna i USA, redovisas som bilaga 1.

Dammbrottsmodeller (Randal Wortman)

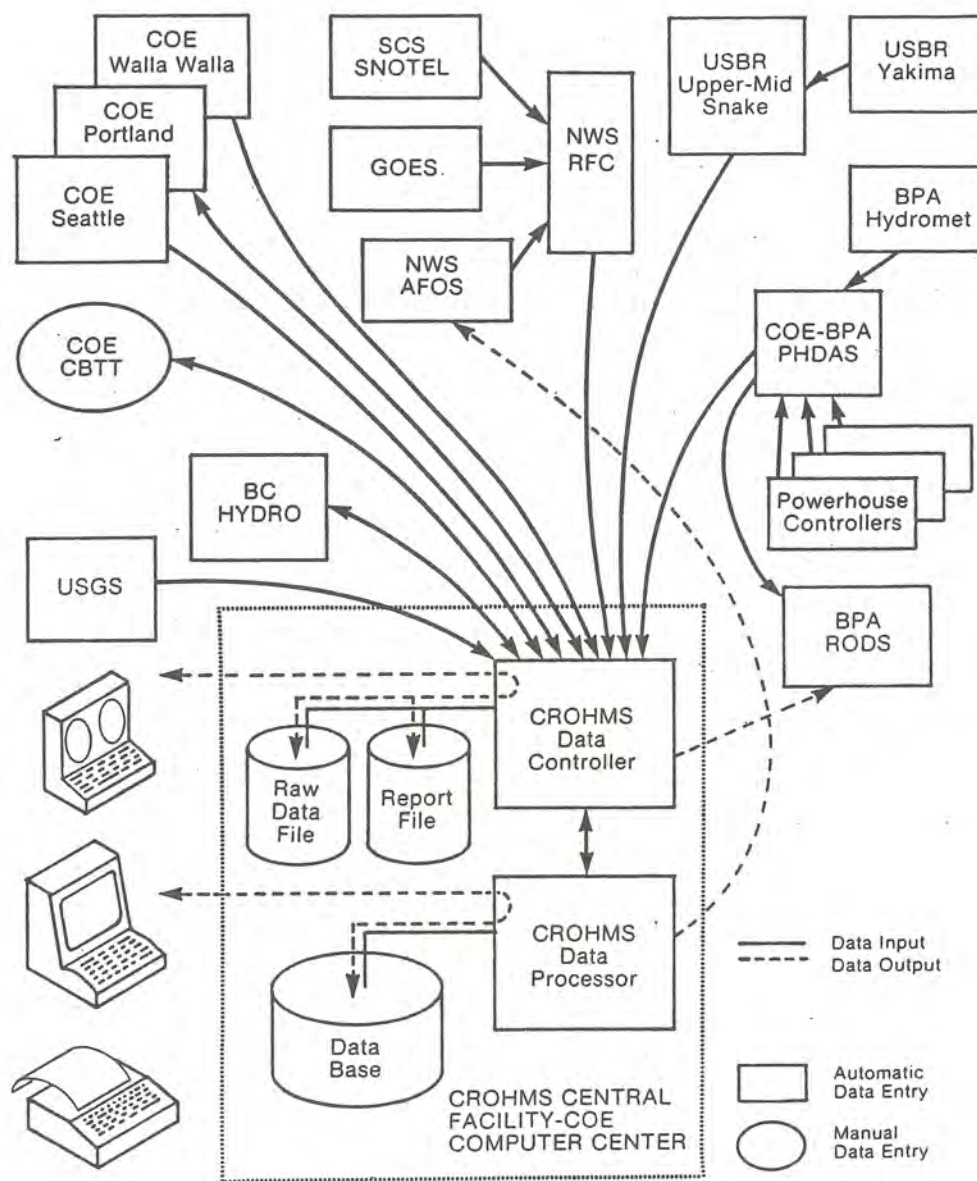
Randal Wortman har använt NWS' DAMBRK-modell för att studera situationen vid olika dammbrott i Columbiafloden (Wortman). Arbetet omfattade 10 dammar och 600 miles (ca 1000 km) flodsträcka. Sektioner och djup hämtades in från topografiska kartor och sjökort. Bl a simulerades ras i en serie av dammar till följd av en olycka uppströms. Arbetet tog ca 2 månår, vilket inkluderar inläring och en del programändringar. Det skulle ta mindre än ett månår, om det gjordes idag.

Det var intressant att notera, att dammbrottsberäkningarna offentliggörs, ibland på offentliga möten, och sedan ligger till grund för katastrofplaner. Man hade ibland svårigheter med att få lokala myndigheter att ta beräkningarna på allvar, eftersom de av dem ofta ansågs vara alltför osannolika.

Datainsamling (Roger Ross)

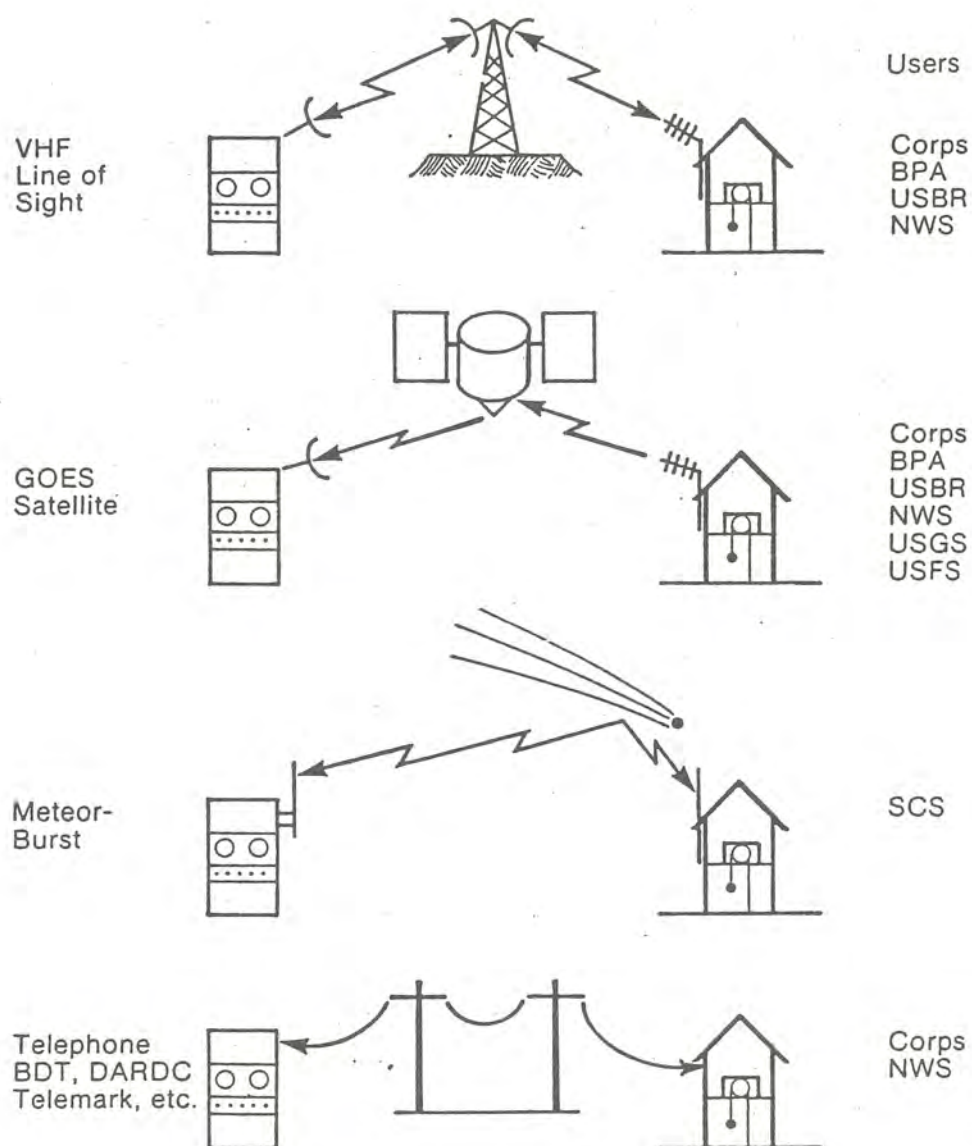
Columbia River Operational Hydromet Management System, CROHMS, är ett datainsamlingssystem, som används gemensamt av flera myndigheter och företag i regionen (se Speers). Data samlas in via radiolänk, satellit, meteorburst och teleledning via ett dubblerat datorsystem. Radiolänk ansågs vara bäst lämpad för COEs behov, eftersom man behöver tillförlitliga data med kort fördröjning. Man hanterar ca 30 000 uppgifter per dag, vilket omfattar såväl hydrologiska som meteorologiska data (se fig. 8 och 9).

CROHMS Data Collection System



Figur 8. CROHMS datainsamlingssystem.

CROHMS Methods of Data Transmission



Figur 9. CROHMS dataöverföringsmetoder.

Hydrologiska Prognoser (Charles Orwig)

NWS arbetar i samma byggnad som COE och svarar för de hydrologiska prognoserna. Sammanlagt 14 hydrologer arbetar vid denna prognoscentral, som är öppen mellan 6 och 18 varje dag. Vid översvämningssituationer arbetar man dygnet runt. Verksamheten finansieras över den statliga budgeten. Huvudsakligen används SSARR-modellen (Orwig och Fodrea). Uppgifter om snötäckta ytor från flygplan och satelliter användes subjektivt men däremot inte radaruppgifter. Kvantitativa nederbördsprognoser 3 dygn framåt och femdygns temperaturprognoser utnyttjas regelbundet (Orwig, 1984). För prognoser på längre sikt använder man några typiska klimatserier men arbetar på att gå över till att simulera med hjälp av alla tillgängliga serier på det sätt, som är rutin vid SMHI.

Reglering av Columbia-systemet (Gordon Green)

Columbiaflodens system av dammar och kraftverk utnyttjas främst för flödeskontroll och elkraftproduktion. Det består av 33 dammar, varav 27 skötes från Portland genom ett samarbete mellan COE, BPA och NWS. 21 av dammarna är utrustade med kraftverk. Ca 75 % av elkraftproduktionen i området kommer från vattenkraft. Man håller ett visst årstidsberoende buffertmagasin i dammarna för flödesdämpning.

Vi fick vara med om en daglig genomgång (briefing) av den hydrologiska situationen, där berörda hydrologer, meteorologer och kraftproducenter deltar.

Litteratur

Bissell, V.C., and Orwig, C.E. (1984)
 Making observations and models agree in spring snowmelt forecasting.
 Western Snow Conference, Sun Valley, Idaho, April 17 - 20, 1984

NRC (1985)
 Safety of Dams, Flood and Earthquake Criteria.
 National Academy Press, Washington D.C.

Orwig, C.E. (1984)
 Use of QPF for water management and flood forecasting in the Columbia River Basin.
 AGU Fall Meeting, San Fransisco, Dec. 3 - 7, 1984

Orwig, C.E., and Fodrea, D.J.
 Real-time operations in the Willamette river system using the SSARR model with meteorological uncertainty.
 (Odaterat manus)

Speers, D.D.
 CROHMS - An example of successful interagency coordination in data collection.
 (Odaterat manus)

Wortman, R.T.
 Dominoes of the Colombia: Chief Joseph Dambreak Model.
 (Odaterat manus)

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, SOIL CONSERVATION SERVICE I
PORTLAND (1985-10-23) (David Johnson, Don Jensen och Laurel
Grimsted)

SCS gör hydrologiska prognoser huvudsakligen för jordbruks-
ändamål. Kontoret i Portland svarar ungefär för området väst-
er om Klippiga Bergen och norr om Kalifornien. Man har varit
drivande vid utvecklingen av ett SNOTEL-system för insamling
av snödata via meteorburst-tekniken. Data samlas in med snö-
kuddar, nederbördsräknare och vanliga snötaxeringar. Även
lufttemperatur rapporteras. Stationerna försörjes ibland med
solpaneler. Kostnaden per station beräknades till 16 - 20 000
dollar per styck. Se Shafer (odaterat), Schaefer och Shafer
(odaterat) samt Barton och Crook, 1980.

Hydrologiska prognoser göres för 575 punkter, vanligen en
gång i månaden men även veckovis ibland. I de flesta punkter-
na används enkla regressionssamband, men i en del vattendrag
av speciellt intresse tillämpar man avrinningsmodeller (PRMS,
SSARR, SRM eller NWSRFS).

Litteratur

Barton, M., and Crook, A.G. (1980)
Operational experience with the SNOTEL system.
ASCE Annual Convention, Hollywood-by-the-Sea, Florida, October
30, 1980.

Schaefer, G.L., and Shafer, B.A.
A critical analysis of five years of SNOTEL. Performance in
the Rocky Mountains.
(Odaterat manus)

Shafer, B.A.
SNOTEL.
(Odaterat manus)

BUREAU OF RECLAMATION OCH NWS RIVER FORECAST CENTER I SALT LAKE CITY (1985-10-25)

Bureau of Reclamation hade tillsammans med National Weather Service River Forecast Center i Salt Lake City samlat till ett möte, där vi fick förmånen att ingående diskutera damm-dimensioneringsfrågor och hydrologiska prognoser. Med på mötet var från Bureau of Reclamation Wes Hirschi, Brent Taylor, John Billings, Lee Morrison, Randy Peterson och Paul Davidson sam från NWS Tom Bowers, Tony Hafer, John Schaaake och Dave Westnedge.

Dimensionerande flöden

Brent Taylor inledde med att påpeka, att dammolyckor under senare år genomsnittligt kostat 15 människor livet per år i USA, vilket han ansåg vara en mycket låg siffra jämfört med antalet döda p g a andra riskfaktorer i samhället. Han exemplifierade detta med tabell 1. Taylor hänvisade även han till NRC (1985) och betonade, att där finns uttalanden av följande slag:

"It is not possible to provide absolute safety against all hazards and especially from events produced by 'mother nature'. The objective should be to balance the benefits of making dams safer against the cost of the increased safety and to reduce any risks to acceptable proportions." (Page 11)

"The responsibility for the general welfare requires that when government considers a level of protection (or safety) for its facilities, it must simultaneously consider the cost of providing that level of safety. It is forced with choosing whether an additional investment in reducing the risk to those who would be directly affected is of greater benefit to society than would be obtained by expending those funds for some other activity." (Page 13)

Den enda stora federala dammolyckan var Teton 1976, som krävde 11 liv. Det största problemet idag rör befintliga icke-federala dammar, där exempelvis staten Utah föreslagit 1/2 PMP, medan vissa privata dammar inte ens klarar Q_{100} . Staten Utah har uppenbarligen ganska små möjligheter att påverka dammägarna till att förbättra dammarna.

Brent Taylor hävdade vidare, att det pågår en utveckling mot att mjuka upp kraven på PMF i Bureau of Reclamation. Man börjar resonera mer om riskanalys och varningssystem som alternativ till 100 % säkerhet, när man ser kostnaderna för förbättring av befintliga dammar. (Se Bureau of Reclamation, Salt Lake City, 1985.) Det är dock oklart, hur långt denna utveckling gått.

Tabell 1.

Table 1 - APPROXIMATE ANNUAL LOSS OF LIFE IN THE UNITED STATES

Cause	DURING RECENT YEARS			Economic Property Damage per Event	Nationwide Annual Prob. of Loss of Life
	Nationwide Population at Risk	Potential Loss of Life per Event	Annual Loss of Life		
All Causes	---	---	1,900,000	---	1 in 100
Heart and Artery Disease	10^8	1	800,000	---	1 in 300
Cancer	10^8	1	400,000	---	1 in 600
Smoking	$10^7 - 10^8$	1	346,000	---	1 in 600
Result of Alcohol	$10^7 - 10^8$	1	205,000	---	1 in 1,200
Stroke	10^8	1	170,000	---	1 in 1,300
Violence (Homocide and Suicide)	10^8	1-10	48,000	---	1 in 5,000
Child Abuse	$10^7 - 10^8$	1	5,000	---	1 in 40,000
All Accidents	---	---	106,000	---	1 in 2,000
Motor Vehicles	10^8	1-10	52,000	$\$10^3 - 10^6$	1 in 4,000
(Alcohol Related)	10^8	1-10	26,000	$\$10^3 - 10^6$	1 in 9,000
Falls	10^8	1	14,000	---	1 in 16,000
Fires	10^8	1-100	6,200	$\$10^3 - 10^7$	1 in 40,000
Drowning	$10^7 - 10^8$	1	5,800	---	1 in 40,000
Air Transportation Accidents	$10^7 - 10^8$	1-100	1,500	$\$10^4 - 10^7$	1 in 150,000
Water Transportation Accidents	$10^7 - 10^8$	1-10	1,500	$\$10^3 - 10^7$	1 in 150,000
Rail Transportation Accidents	$10^7 - 10^8$	1-100	300	$\$10^4 - 10^7$	1 in 750,000
Flash Flood	$10^7 - 10^8$	1-100	200	$\$10^4 - 10^7$	1 in 1,000,000
Lightning	10^8	1	150	---	1 in 2,000,000
Tornadoes	$10^7 - 10^8$	1-100	120	$\$10^5 - 10^7$	1 in 2,000,000
All Dam Failures *	$10^7 - 10^8$	1-10,000	15	$\$10^5 - 10^8$	1 in 15,000,000
(Average since 1960)					
Large Federal Dams**	$10^7 - 10^8$	10-10,000	<1	$\$10^6 - 10^{10}$	1 in 200,000,000
(Average since 1960)					

* 100 failures during last 50 years

** 1 failure during last 50 years

Från Taylor (1985)

Under diskussionen, som följde, framgick att man trots alla normer ofta accepterar ett avsevärt mått av yrkesmässiga bedömningar i beräkningarna. Vidare tycktes gruppen vara ense om att riktlinjer av detta slag måste göras flexibla, så att de kan omprövas efter hand som erfarenheter flyter in.

Hydrologiska prognoser

NWS i Salt Lake City var ansvariga för de stora felprognoserna för Coloradofloden våren 1983. Dessa avslöjade svagheter med de hittills använda regressionssambanden och ledde till en stor satsning på nya datainsamlingssystem (ca 40 automatstationer) och hydrologiska modeller. Denna satsning bekostades med 3 millioner dollar av federala medel. Man ansåg bestämt, att de hydrologiska modellerna (NWSRFS) i efterhand visat sig klara situationen 1983 genom sin markvattenberäkning och större flexibilitet vid sent snöfall och sen vårflod. Man betonade även vikten av goda relationer mellan prognoscentralen och dem, som svarar för driften av regleringsmagasinen. Som kuriosa kan nämnas, att den förlorade elkraften p g a spill våren 1983 kostade mer än renoveringen av Glen-Canyon-dammens utskov.

Vi besökte NWS River Forecast Center vid flygplatsen i Salt Lake City. Anläggningen liknade i mycket den i Portland. För 10 år sedan hade man ett fåtal automatstationer, idag är antalet 1 300.

Litteratur

Bureau of Reclamation, Salt Lake City (1985)
Safety analysis (risk-based approach) for Hyrum Dam (Hyrum Project Utah).
Preliminär rapport under omarbetning.

Taylor, D.T. (1985)
Design flood: Risk-based evaluation.
Diskussionsinlägg vid vårt sammanträde 1985-10-25

SLUTSATSER OCH SAMMANFATTNING

Förhållandena när det gäller dammsäkerhetsfrågor skiljer sig väsentligen mellan USA och Sverige på flera punkter. Medan de svenska dammarna huvudsakligen används för vattenkraftändamål, används dammarna i USA dessutom för bevattning, flödeskontroll, vattenförsörjning, navigation och rekreation. Klimatet i USA är också mer dramatiskt med betydligt intensivare extremnederbörd än i Sverige, vilket leder till snabba svår-
bemästrade flöden och översvämningar. Dessutom ligger jordbävningsrisken ständigt som ett hot i bakgrunden i USA. Medan vi i Sverige sällan upplever dödsolyckor på grund av dammbrott, så har i genomsnitt 15 personer per år omkommit i ca 100 dammolyckor i USA under de senaste 50 åren. Trots skillnaderna finns det dock likheter och erfarenheter i USA, som kan få stor betydelse för frågan om dimensionering av utskov och dammar i Sverige. I USA har man exempelvis genomfört en omfattande damminventering och därvid funnit, att ett stort antal av landets dammar hydrologiskt sett är underdimensionerade.

Vid diskussionen om dammar i USA är det viktigt att skilja mellan federala och icke-federala dammar. De federala dammarna, som i huvudsak byggs och administreras av U.S. Corps of Engineers eller Bureau of Reclamation, är dimensionerade efter betydligt strängare regler än de icke-federala. Som en följd av detta har man under modern tid inte haft något dammbrott eller tillbud, orsakade av för låga dimensionerade flöden, vid de federala dammarna. Det omtalade dammbrottet i Tetondammen 1976 - det enda, som drabbat en större federal damm på 50 år - orsakades av läckage, och problemen i Glen Canyon 1983 orsakades av kavitation och erosion i utloppstunneln. Risken för dammbrott tycks vara betydligt större för icke-federala dammar. Här är delstatsregeringarna ansvariga, och det finns uppenbarligen olika förutsättningar och vilja att rätta till upptäckta problem i olika delstater. Det finns även en tendens att tillämpa något lägre krav vid ombyggnad av existerande dammar än vid nykonstruktioner för såväl federala som icke-federala dammar.

Beräkning av det dimensionerande flödet, PMF, med hjälp av de värden på högsta tänkbara nederbörd, PMP, som beräknats av National Weather Service, accepteras för närvarande i princip av alla hydrologer, även om diskussion om metoderna ständigt pågår. Normalt tycks de som tillämpar metoderna inte förstå alla detaljer i PMP-beräkningen. Det finns kvar ett ganska stort mått av teknisk-vetenskaplig bedömning vid omräkningen till PMF, som man lämnar till den som utför beräkningen. Det kan röra frågor om beräkningsmodellens initialtillstånd, nederbördens fördelning i tiden, snösmältningsbidrag och magasinet nivå till exempel. Vi fann även vissa nyanser mellan Corps of Engineers och Bureau of Reclamation och även mellan dessas olika kontor, men betydelsen av olikheterna är troligen liten.

Alla, som vi talade med, var överens om att ett begrepp som PMP är svårtolkat och endast får ses som en bästa gissning. Det händer exempelvis då och då, att PMP överträffas, vilket ju strider mot definitionen. Det är därför viktigt, att de PMP-värden, som används, omvärderas efter hand som nya erfarenheter flyter in, vilket naturligtvis kan orsaka problem genom att riktlinjerna för dimensioneringsberäkningarna då ändras.

Genomgående vill man inte acceptera frekvensanalys för att räkna fram flöden med längre återkomsttid än 50 - 200 år. Anledningen är den stora spridning, som man får mellan olika fördelningsfunktioner, samt de vida konfidensgränserna för varje enskild fördelning. Det pågår dock en diskussion om möjligheterna att använda någon sorts riskanalys i relation till kostnaden i stället för PMF i vissa fall. Den diskussionen upplevde vi mest påtagligt vid Bureau of Reclamation i Salt Lake City.

Vid Corps of Engineers i Portland diskuteras om man inte borde sänka kraven på dammar, som vid ett brott i en översvämningssituation knappast skulle öka skadorna nedströms. Så är exempelvis fallet med vissa kraftverksmagasin med liten

volym. I det sammanhanget har man stor glädje av den dammbrottsmodell, DAMBRK, som utvecklats vid National Weather Service och som ansågs vara den bästa för beräkning av konsekvenserna nedströms i ett system av ett dammbrott. Såväl Corps of Engineers som Bureau of Reclamation tycks acceptera avsteg från PMF-beräkningar, om skadorna nedströms kan visas bli små vid ett dammras, exempelvis i mycket avlägsna obebbyggda områden eller nära havet. Man tycks dock på de flesta håll vara obenägen att ersätta höga dimensioneringskrav med ett utbyggt varningssystem.

Många magasin handhas med en speciell volym avsatt för flödeskontroll. Vid beräkning av utskovskapaciteten räknar man normalt inte med att turbinerna kan ta något flöde. Vid beräkning av fribord utnyttjas i vissa fall nomogram för våghöjd och snedställning, i andra fall enkla schabloner.

Man var i allmänhet skeptisk till automatisering och fjärrmanövrering av avlägsna stationer, och i de fall detta system utnyttjas är man noga med att det har någon form av "back-up" vid eventuella fel.

De svårbemästrade flödena har inneburit en stor satsning på hydrologiska prognoser med ett flertal välutrustade prognoscentraler. Problemen 1983 har påskyndat övergången från enkla regressionsprognoser till hydrologiska avrinningsmodeller. En viss stagnation kan dock märkas, när det gäller modellutveckling, medan man satsar stort på automatiska mätstationer och dataöverföringssystem. Speciellt imponerande är realtidsöverföringssystemen, som kombinerar satellit-, radiolänk-, tele- och meteorburst-tekniker.

Diskussionen om dammsäkerhet tycks bedrivas med stor öppenhet i USA, vilket till en del kan bero på att dammbrott är en realitet, som man lever med i flera delstater. Denna öppenhet präglade även de diskussioner vi hade förmånen att få deltaga i under vårt besök.

BILAGA 1.

Utdrag ur: Safety of Dams
Flood and Earthquake Criteria

Committee on Safety Criteria for Dams
Water Science and Technology Board
Commission on Engineering and
Technical Systems
National Research Council

NATIONAL ACADEMY PRESS
Washington, D.C. 1985

KAPITEL 3

3

SUMMARY OF PRESENT PRACTICES ON DAM SAFETY STANDARDS

INVENTORY OF CURRENT PRACTICES

In preparation for this study, inquiries regarding current practices relating to safety provisions for the hazards to dams from extreme floods and earthquakes were directed to the federal agencies most concerned with dams, the appropriate unit of each state government, several private engineering firms with worldwide prominence in the dam design field, other professional organizations with interests in dam safety, and a cross section of utility firms and other organizations that own dams. Also, there have been reviews of a number of standards or policy statements, issued by technical societies relating to the safety of dams against extreme floods and earthquake hazards. Responses to these inquiries and the pertinent actions of the technical societies are summarized in Appendixes A and B.

The data from 10 federal organizations, 35 state and local agencies, 9 private firms, and 4 professional engineering societies provide a comprehensive overview of current practices in the United States and, to a great extent, in foreign countries. Because U.S. engineering firms are active in engineering for dams in other countries and because U.S. engineers play a prominent role in such organizations as the International Commission on Large Dams (ICOLD), many practices followed in the United States, particularly those of major federal dam-building agencies, have been adopted in other countries. However, there is considerable variation in the criteria adopted in the United States for evaluating the ability of dams to withstand extreme floods, especially in criteria for the smaller, less hazardous dams.

CLASSIFICATION OF DAMS

Basic to all safety standards relating to hydrologic and seismic events are systems for classifying dams according to the probable damages caused by dam failure. As indicated by material in Appendixes A and B, there is considerable variety in the classification systems that have been adopted, and this variety often makes difficult any precise comparisons between criteria used by different agencies.

Most systems for classifying dams specifically utilize dam height, volume of water impounded, and character of the development in the relevant downstream area as parameters in regard to probable effects of dam failure. The classifications used by the U.S. Army Corps of Engineers in the National Dam Inspection Program are typical of such systems, and for ease of reference, the tables used in that system are shown below (Table 3-1). Although the committee has not specifically recommended a system for classifying hazard potentials, usage of the terms "low," "significant," and "high" in this report when referring to hazards generally conforms to Table 3-1, with the term "intermediate" being used interchangeably with "significant."

A number of federal and state agencies (e.g., U.S. Forest Service, Alaska, Illinois, South Carolina, and Virginia) have adopted a classification system either identical to or essentially the same as that displayed below. Other agencies and states (e.g., U.S. Soil Conservation Service, Arizona, Kansas, Missouri, and Pennsylvania) have systems that are similar but use the product of dam height (in feet) and storage volume (in acre-feet) as a size criterion. A number of states (e.g., Arizona, Arkansas, Georgia, Kansas, North Carolina, North Dakota, and South Carolina) have four or more categories of size. Arkansas appears to base its dam classification entirely on storage capacities and drainage areas, while Georgia and North Dakota utilize only height of dam and reservoir storage in their systems. New Jersey has three categories based on "hazard potential" and one labeled "small dams." The classification systems of the Tennessee Valley Authority, the State of Utah, and the Institution of Civil Engineers of the United Kingdom in general refer only to the level of hazards that would be created by failure of the dam.

TABLE 3-1 Terms for Classifying Hazard Potentials

Category	Impoundment (acre-feet)	Height of Dam (feet)
<u>SIZE OF DAM*</u>		
Small	50 to 1,000	25 to 40
Intermediate	1,000 to 50,000	40 to 100
Large	Over 50,000	Over 100

Category	Loss of Life (Extent of Development)	Economic Loss
----------	---	---------------

HAZARD POTENTIAL CLASSIFICATION

Low	None expected (No permanent structures for human habitation)	Minimal (undeveloped to occasional structures agriculture)
Significant	Few (No urban developments and no more than a small number of inhabitable structures)	Appreciable (notable agriculture, industry, or structures)
High	More than few	Excessive (extensive community, industry, or agriculture)

*Criterion that places project in largest category governs.

In some systems for classifying dams, overall evaluation of the factors affecting downstream hazards is implied, but criteria for such evaluation are not set out. The following types of classification criteria, described in Appendix A, are such systems:

- "loading conditions" as used by the U.S. Bureau of Reclamation,

- "functional design standards" as used by the U.S. Army Corps of Engineers, and
- "security standards" as used by the U.S. Committee on Large Dams (1970).

While it appears that many of the differences in dam classification systems are the result of arbitrary choices of regulatory authorities, it also appears that most of the classification systems have been structured to meet the perceived needs of the issuing agency or state government.

SPILLWAY CAPACITY CRITERIA

Table 3-2 shows all the spillway capacity criteria as stated in agency standards in terms of either design rainfall or design floods reported to be in current use by the entities responding to the committee's inquiries. Criteria based on estimates of probable maximum precipitation (PMP) and probable maximum flood (PMF) are widely used. In fact there is some indication that corresponding values (e.g., 0.50 PMP and 0.50 PMF) are used more or less interchangeably by some engineers. The mixed criteria are listed by the Soil Conservation Service and by West Virginia. The California Division of Safety of Dams allows use of the one-in-1000-year flood as the required minimum flood for spillway design for low hazard dams. Michigan's criteria call for use of a 200-year flood. Those two are the only references to any average return period greater than 100 years in any criteria in use in the United States. The 10,000-, 1000-, and 150-year frequency floods are listed in the criteria of the Institution of Civil Engineers, London.

Table 3-3 gives an approximate comparison (based on the classifications used for the National Dam Inspection Program) of the various criteria more fully described in Appendix A. As noted above, differences in systems for classifying dams make precise general comparison of this type difficult. Although not set out in many published criteria, there appears to be growing use of dam safety evaluation procedures based on estimating effects in relevant downstream areas of a dam being overtopped and failing during various size floods. By such procedures, the dam safety evaluation flood selection is based on

TABLE 3-2 Spillway Capacity Criteria Reported to be in Current Use by Various Agencies

Deterministic Criteria	Mixed Criteria	Probabilistic Criteria
---------------------------	-------------------	---------------------------

Criteria Specifying Rainfalls

PMP	P ₁₀₀ + 0.40 (PMP-P ₁₀₀)	2.25 P ₁₀₀
0.90 PMP	P ₁₀₀ + 0.26 (PMP-P ₁₀₀)	1.50 P ₁₀₀
0.80 PMP	P ₁₀₀ + 0.12 (PMP-P ₁₀₀)	P ₁₀₀
0.75 PMP	P ₁₀₀ + 0.06 (PMP-P ₁₀₀)	P 50
0.50 PMP		P 10
0.45 PMP		
0.40 PMP		
0.33 PMP		
0.30 PMP		
0.25 PMP		
0.225 PMP		
0.20 PMP		
0.10 PMP		

Criteria Specifying Floods

PMF	10,000
0.75 PMF	1,000
0.50 PMF	200
0.40 PMF	150
0.30 PMF	100
0.25 PMF	50
0.20 PMF	

Notes: This is simply a listing of reported criteria. Position of entries in adjacent columns does not imply any relationship. PMP, probable maximum precipitation; PMF, probable maximum flood; P (with subscripts), precipitation having average return period in years indicated by subscript; 10,000 year, etc., flood having indicated average return period.

TABLE 3-3 Comparison of Indicated Spillway Capacity Criteria in Use or Proposed

Hazard Class:	High			Significant			Low			
Size of Dam:	Large	Inter- mediate	Small	Large	Inter- mediate	Small	Large	Inter- mediate	Small	
<u>Federal Agencies</u>										
Ad Hoc ICODS of FCCSET	PMF	PMF	PMF	PMF	PMF	PMF	*	*	*	
Bureau of Reclamation	PMF	PMF	PMF	*	*	*	*	*	*	
FERC	PMF	PMF	PMF	PMF	PMF	PMF	*	*	*	
Forest Service ICODS	(	See Corps criteria for National Dam Inspection Program							)	
National Weather Service	PMF	PMF	PMF	*	*	*	*	*	*	
SCS	(	Does not establish criteria for dams							)	
TVA	PMF	PMP	PMF	(	$P_{100} + 0.4(PMP - P_{100})$		*	*	*	
Corps of Engrs. (Corps Projects)	PMF	PMF	PMF	(	TVA Max. Prob. Fld.		*	*	*	
Corps of Engrs. (Nat. Insp. Program)	PMF	PMF	1/2 PMF to PMF	PMF	1/2 PMF to PMF	100 yr. to 1/2 PMF	1/2 PMF to PMF	100 yr. to 1/2 PMF	50 yr. to 100 yr.	
Nuclear Regulatory Comm	PMF	PMF	PMF	(	See Corps criteria for National Dam Inspection Program				)	
<u>State Agencies</u>										
Alaska	(	See Corps criteria for National Dam Inspection Program							)	
Arizona	PMF	1/2 PMF to PMF	1/2 PMF	1/2 PMF to PMF	1/2 PMF	100 yr. to 1/2 PMF	1/2 PMF	100 yr. to 1/2 PMF	100 yr.	
Arkansas	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
California	PMF	PMF	*	*	*	*	*	*	1,000 yr.	
Colorado	PMF	*	*	*	*	*	*	*	100 yr.	
Georgia	PMP	50% of PMP	33% of PMP	*	*	*	*	*	*	
Hawaii	(	Does not have authorized dam safety program							)	
Illinois	PMF	PMF	1/2 PMF to PMF	PMF	1/2 PMF to PMF	100 yr. to 1/2 PMF	1/2 PMF to PMF	100 yr. to 1/2 PMF	100 yr.	
Indiana	(	No criteria for dams furnished							)	
Kansas	0.4 PMP	0.3 PMP	0.25 PMP	0.4 PMP	0.3 PMP	100 yr.	0.4 PMP	0.25 PMP	100 yr.	
Louisiana	(	Proposed, see Corps criteria for National Dam Inspection Program							)	
Maine	(	Regulations to be developed							)	
Michigan	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Mississippi (new dams)	(	See SCS criteria							)	
Mississippi (existing dams)	0.5 PMP	0.5 PMP	0.5 PMP	*	*	*	*	*	*	
Missouri	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Nebraska	(	"Relatively same as used by Federal agencies"							)	
New Jersey	PMP	PMP	PMP	1/2 PMP	1/2 PMP	1/2 PMP	100 yr.	100 yr.	100 yr.	
New Mexico	(	See SCS criteria							)	
New York (new dams)	PMF	*	0.5 PMP	0.4 PMP	*	225% of 100 yr. RF	150% of 100 yr. RF	*	100 yr.	
New York (existing dams)	1/2 PMF	1/2 PMF	1/2 PMF	(	150% of 100 yr.		100 yr.	100 yr.	100 yr.	
North Carolina	PMP	3/4 PMP	1/2 PMP	3/4 PMP	1/2 PMP	1/3 PMP	1/2 PMP	1/3 PMP	100 yr.	
North Dakota	(	Being developed--anticipate use of Corps criteria for National Dam Inspection Program							)	
Ohio	PMF	PMF	PMF	0.5 PMP	0.5 PMP	0.5 PMP	0.25 PMP	0.25 PMP	0.25 PMP	
Pennsylvania	(	See Corps criteria for National Dam Inspection Program							)	
South Carolina	(	See Corps criteria for National Dam Inspection Program							)	
South Dakota	(	No state dam safety program							)	
Texas	(	Corps and SCS criteria have been used. New criteria being developed							)	
Utah	(	1/2 PMF to PMF	(	100 yr. to 1/2 PMF		100 yr.	100 yr.	100 yr.	100 yr.	
Virginia	(	See Corps criteria for National Dam Inspection Program							)	
Washington	(	Criteria based on rainfall frequencies under development							)	
West Virginia	PMP	PMP	PMP	(	$P_{100} + 0.4(PMP - P_{100})$		(	$P_{100} + 0.12(PMP - P_{100})$		)

TABLE 3-3 Comparison of Indicated Spillway Capacity Criteria in Use or Proposed (continued)

Hazard Class:	High			Significant			Low			
Size of Dam:	Large	Inter- mediate	Small	Large	Inter- mediate	Small	Large	Inter- mediate	Small	
<u>Other Government Agencies</u>										
City of Los Angeles (				See criteria of State of California						)
East Bay Municipal Utility District, California (				Uses "state-of-the-art criteria"						)
Salt River Project, Arizona (				See Bureau of Reclamation criteria						)
South Carolina Public Service Authority (				See FERC criteria						)
<u>Technical Societies</u>										
American Society of Civil Engineers (ASCE)	PMF	PMF	PMF	PMF	PMF	PMF	*	*	*	
International Commission on Large Dams (ICOLD) (draft guidelines)	PMF	PMF	*	PMF	PMF	*	*	*	*	
U.S. Committee on Large Dams (USCOLD) (				Has not promulgated criteria						)
<u>U.S. Firms</u>										
Acres American, Inc. (	Designs spillways for 10,000-year flood, checks design with maximum probable flood									)
Alabama Power Co. (	See FERC criteria									)
R. W. Beck and Assoc. (	Generally follows Corps of Engineers criteria									)
Central Main Power Co. (	See FERC criteria									)
Duke Power Co. (	See FERC criteria									)
Charles T. Main, Inc. (	Uses PMF for major dams									)
Planning Research Corporation (	Uses PMF for significant and high hazard projects. Has based spillway design on dam break analyses.									)
Yankee Atomic Electric, Co. (	See criteria of Nuclear Regulatory Commission									)
<u>Other U.S. Entities</u>										
Illinois Association of Lake Communities (	Furnish no standards, but protested any requirement that existing dams meet new dam safety criteria. Questioned legality of such requirement.									)
<u>Foreign</u>										
Institution of Civil Engineers, London	PMF	PMF	PMF	(0.5 PMF or 10,000 yr. fld, take larger)			(0.3 PMF or 1,000 yr., take larger)			

*Not specifically defined, or agency criteria not comparable to classifications used in this table.

NOTE: Criterion shown in parenthesis applies to all classifications within the parentheses.

these estimated effects. Thus, fixed criteria, such as illustrated in Tables 3-2 and 3-3, are not used.

This inventory of current practices in providing dam safety during extreme floods shows considerable diversity in approach by various federal, state, and local government agencies, professional societies, and privately owned firms. There is a fair consensus on the spillway requirements for large, high-hazard dams. But the results of the inventory show widespread uncertainty as to what might be appropriate hydrologic criteria for safety of other classes of dams. From study of the inventory results, the following observations can be made:

- Use of PMP estimates for evaluating spillway capacity requirements for large, high-hazard dams predominates, although a number of state agencies have indicated that their standards do not require that such dams pass the full estimated PMF based on the PMP.
- The influence of the practices of the principal federal dam-building agencies is evident in the majority of the standards for large, high-hazard dams, but the practices of those agencies have had less effect on current state standards for small dams in less hazardous situations.
- Apparently as a result of the National Dam Inspection Program for nonfederal dams carried out by the Corps of Engineers in the 1977-1981 period, several state dam safety agencies have adopted the spillway capacity criteria used in those inspections.
- Several states have adapted the standards used by the Soil Conservation Service for the design of the tens of thousands of smaller dams constructed under that agency's programs.
- Current practices include use of arbitrary criteria (such as 150 percent of the 100-year flood, fractions of the PMF, and combinations of the PMF with probability based floods) for which there is no apparent scientific rationale.
- Practices of the major federal dam-building agencies for large, high-hazard dams have been adopted by most U.S. companies owning dams and by U.S. engineering firms designing dams for domestic and foreign clients. (The regulations of the Federal Energy Regulatory Commission have required such standards for licensed hydroelectric projects.)

- It appears that only three agencies (the Federal Energy Regulatory Commission, the Mississippi Department of Natural Resources, and the New York State Department of Environmental Conservation) have issued explicit standards for existing dams that differ from the requirements for new dams. (However, other responses did not specifically state whether different standards were applicable to existing dams.)

ADRESSLISTA

NOAA, National Weather Service
8060 - 13th Street
SILVER SPRING, MD 20901
USA

U.S. Army Corps of Engineers
Office of the Chief of Engineers
20 Mass Ave., N.W.
WASHINGTON; D.C. 20314
USA

U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation
Engineering and Research Center
Denver Federal Center
DENVER, Colorado 80225
USA

NOAA, National Weather Service
River Forecast Center
1416 - 9th Street
SACRAMENTO, Ca 95814
USA

State of California
The Resources Agency
Department of Water Resources
1416 - 9th Street
P.O.Box 388
SACRAMENTO, Ca 95802
USA

Hydrological Engineering Center
U.S. Army Corps of Engineers
609 - 2nd Street
DAVIS, Ca 95616
USA

U.S. Army Corps of Engineers
North Pacific Division
P.O. Box 2870
PORTLAND, Or 97208
USA

NOAA, National Weather Service
Northwest River Forecast Center
220 N.W. 8th St.
PORTLAND, Or 97209
USA

USDA - Soil Conservation Service
West National Technical Center
511 N.W. Broadway
PORTLAND, Or 97209
USA

U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation
Upper Colorado Regional Office
P.O. Box 11568
SALT LAKE, Utah 84147
USA

HB-RAPPORTER

- | | | | |
|----|---|----|--|
| Nr | Titel | | |
| 1 | Hydrologiska undersökningar i Kasejåns representativa område
Meddelande nr III: Vattenomsättningen i Lilla Tivsjöns område 1966/67 - 1972/73
av A Waldenström
Stockholm 1974 | 26 | Strömmätningar i Himmerfjärden 1976
av E Bergstrand
Norrköping 1977 |
| 2 | Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område
Meddelande nr IV: Nederbörd och vattenomsättning
av M Persson
Stockholm 1974 | 27 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1977 med kustbevakningens båtar
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1978 |
| 3 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1973 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare
av U Ehlin och B Juhlin
Stockholm 1974 | 28 | Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Velens representativa område
av A Waldenström
Norrköping 1977 |
| 4 | Oceanografiska undersökningar i Ålands hav
Meddelande nr I: Mätningar juni - september 1973
av U Ehlin och C Ambjörn
Stockholm 1974 | 29 | Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Kasejåns representativa område
av A Waldenström
Norrköping 1977 |
| 5 | SMHI-rapport
Verification of heated water jet numerical model
by James G Weil
Stockholm 1974 | 30 | Oceanografiska undersökningar i Ålands hav
Meddelande nr 5: Mätresultat 1977, vatten- och materialtransportberäkningar ur 1974 och 1975 års mätningar
av C Ambjörn
Norrköping 1978 |
| 6 | Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område
Meddelande nr V: Markvattenstudier
av T Milanov
Stockholm 1975 | 31 | Basnät för vattentemperatur
Stationsförteckning 1978-01-01
av O Cabelis och A Moberg
Norrköping 1978 |
| 7 | Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område
Meddelande nr VI: Vattenomsättningen 1968-73 med feluppskattning
av M Persson
Stockholm 1975 | 32 | Operational Hydrological Forecasting by Conceptual Models
av S Bergström, M Persson och B Sundqvist
Norrköping 1978 |
| 8 | Hydrologiska undersökningar i Kasejåns representativa område
Meddelande nr IV: Snötaxering 1974 och vattenomsättning 1969-73
av A Waldenström
Stockholm 1975 | 33 | Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område
av M Persson
Norrköping 1978 |
| 9 | Snösmältningen i en punkt som funktion av meteorologiska data
av S Jönsson
Stockholm 1975 | 34 | Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1979 |
| 10 | Oceanografiska undersökningar i Ålands hav
Meddelande nr 2: Mätningar okt-dec 1973 och juli - sept 1974
av U Ehlin och C Ambjörn
Stockholm 1975 | 35 | Utvärdering av 1979 års vårflödesprognoser
av S Bergström och S Jönsson
Norrköping 1979 |
| 11 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1974 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare
av U Ehlin och B Juhlin
Stockholm 1975 | 36 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1979 med kustbevakningens båtar
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1980 |
| 12 | Vattenomsättning och flöde i Stormyra-området
av L Liljequist och L Sterner
Stockholm 1975 | 37 | Vårflödesvolymprognoser baserade på analys av nederbördeskartor
av S Jönsson
Norrköping 1980 |
| 13 | Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område
Meddelande nr VII: Avrinningen och dess variationer inom området
av M Persson
Norrköping 1976 | 38 | Resultat och erfarenheter av försöksverksamhet med utökad vattenprovtagning från kustbevakningens båtar
av B Juhlin och B Carlsson
Norrköping 1980 |
| 14 | Vattenomsättningsstudier m m i Velens och Kasejåns representativa områden
av A Waldenström
Norrköping 1976 | 39 | Sedimenttransport i svenska vattendrag 1979
av M Brandt
Norrköping 1980 |
| 15 | Strömmätningar i sundet mellan Värmlandssjön och Dalbojön, Väneren
Vänerundersökningen. Meddelande nr I
av B Carlsson och M Brandt
Norrköping 1976 | 40 | Sluttransport till Miljödatanämnden över projekt MI - 01:2. Systemutredning rörande samordnade uttag av information ur MI och SMHIs maskinella register
av T Milanov och B Sundqvist
Norrköping 1980 |
| 16 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1975 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1976 | 41 | Användning av vädersatellitdata för att studera ytvattentemperatur
av G Wennerberg
Norrköping 1980 |
| 17 | Oceanografiska undersökningar i Ålands hav 1975
Meddelande nr 3: Mätningar 1974-75. Vattentransporter
av U Ehlin och C Ambjörn
Norrköping 1976 | 42 | Nordisk hydrologi i utveckling. Tillägnad Ragnar Melin
av A Foraman, J Otnes, M Falkenmark, E Kuusisto, R Lemmälä och J Lundager-Jensen
Norrköping 1980 |
| 18 | Tillämpning av HBV-2 modeller på regleringsmagasin i Ångermanälven
av S Bergström och S Jönsson
Norrköping 1976 | 43 | Beräkning av en föroreningstransport och blandning i en grund istökt sjö
av U Ehlin, I Bork och J Svensson
Norrköping 1980 |
| 19 | Grundvattenståndsmätningar i Ångermanälvens övre tillrinningsområde
av T Milanov
Norrköping 1976 | 44 | Utvärdering av 1980 års vårflödesprognoser
av S Bergström, M Häggström och M Persson
Norrköping 1980 |
| 20 | Beräkning av frekvenser av torrår
av L Gottschalk
Norrköping 1976 | 45 | Mätningar av sjötemperatur vid SMHI
av A Moberg
Norrköping 1981 |
| 21 | Hydrografi och sandsugning
av M Brandt
Norrköping 1976 | 46 | Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1980
av B Juhlin
Norrköping 1981 |
| 22 | Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område
Meddelande nr VIII: Vattenomsättning och avdunstning under perioden 1968-76
av M Persson
Norrköping 1976 | 47 | Temperaturmätningar vid Visby
av B Broman
samt
Spridning av utsläppt vatten
av B Vasseur
Norrköping 1981 |
| 23 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1976 med kustbevakningens båtar
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1977 | 48 | Användning av satellitdata från Landsat för studium av vattengrunlingar
av G Wennerberg
Norrköping 1981 |
| 24 | Oceanografiska undersökningar i Ålands hav
Meddelande nr 4: Mätningar 1975-76, vatten-, värme- och materialtransportberäkningar
av U Ehlin och C Ambjörn
Norrköping 1977 | 49 | Utvärdering av 1981 års vårflödesprognoser
av S Bergström, M Häggström och M Persson
Norrköping 1981 |
| 25 | Ström- och vattentransportstudier i norra Öresund, sydöstra Kattegatt och i Skälderviken
av M Brandt
Norrköping 1977 | 50 | Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1981
av B Juhlin
Norrköping 1982 |
| | | 51 | Sedimenttransport i svenska vattendrag 1980
av M Brandt
Norrköping 1982 |
| | | 52 | The areal precipitation index method - A simple method to forecast the spring flood volume
by M Häggström
Norrköping 1982 |
| | | 53 | Vågdata från svenska kustvatten 1981
av J Svensson
Norrköping 1982 |

HO-RAPPORTER

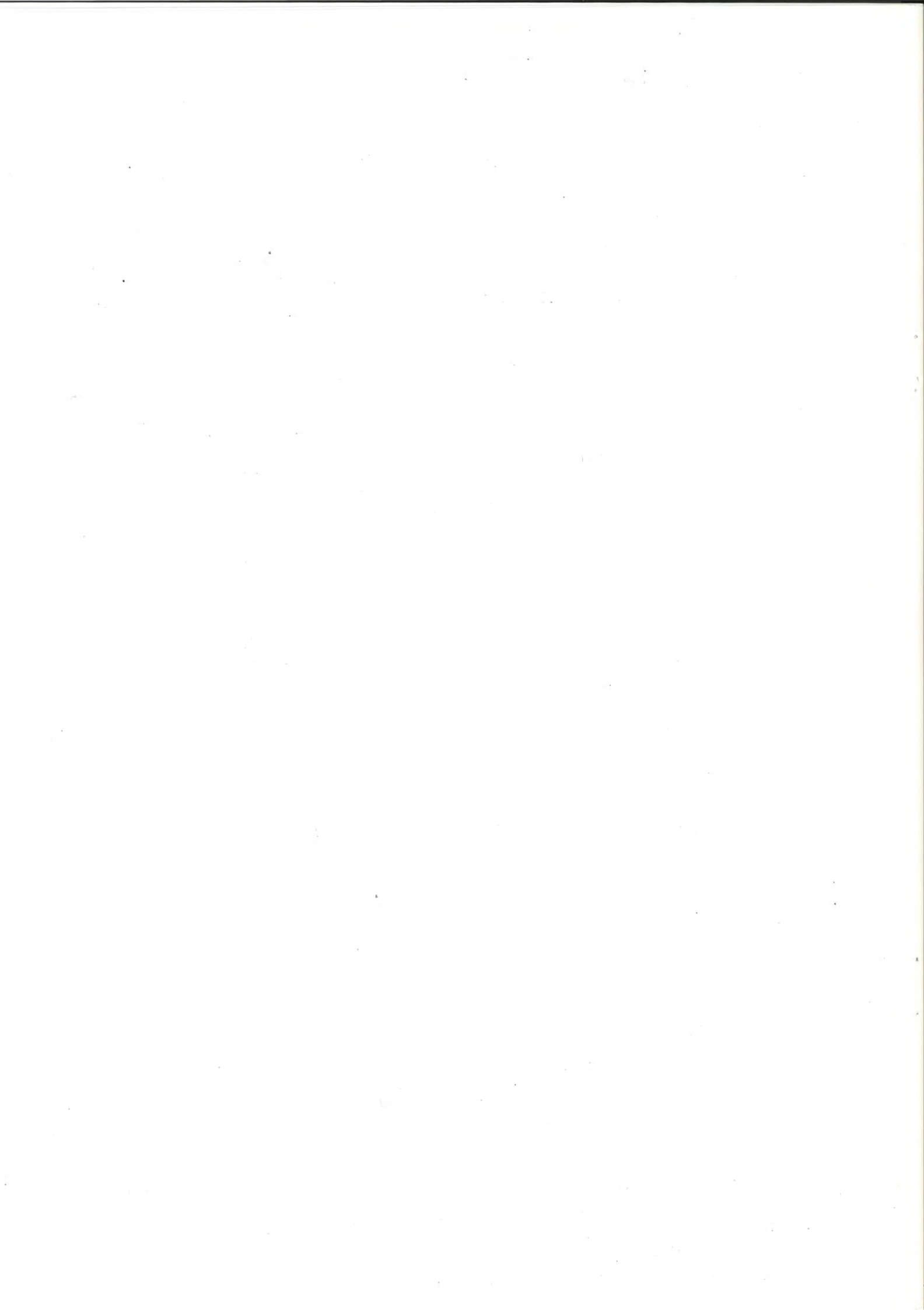
- 1 Metod för homogenitetskontroll av meteorologiska och hydrologiska observationsserier av Sven-Erik Westman Norrköping 1982
- 2 Utvärdering och modellsimulering av grundvattenmätningarna i Ångermanälvens övre tillrinningsområde av G Sandberg Norrköping 1982
- 3 Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1982 av B Juhlin Norrköping 1983
- 4 Utvärdering av 1982 års vårflödesprognoser av M Häggström och M Persson Norrköping 1983
- 5 Vågdata från svenska kustvatten 1982 av Jonny Svensson Norrköping 1983
- 6 The new harbour in Landskrona - oceanographic investigations by Jonny Svensson Norrköping 1983
- 7 Operational hydrological forecasting in Sweden by Magnus Persson Norrköping 1983
- 8 Vattenutbyte mellan Bottniska Viken och Östersjön av Cecilia Ambjörn Norrköping 1983
- 9 Var vintern 1982/83 extrem? En jämförande studie av vattentemperatur i några mellansvenska sjöar av Gun Zachrisson Norrköping 1983
- 10 Sedimenttransport i svenska vattendrag 1981. Resultat från sedimenttransportnätet av Maja Brandt Norrköping 1983
- 11 Försök med automatisk vattenprovtagning i Marviken av Bo Juhlin Norrköping 1983
- 12 Värmeuttag ur Helgasjön - Möjligheter och konsekvenser av Gun Zachrisson och Barry Broman Norrköping 1984
- 13 Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1983 av Bo Juhlin Norrköping 1984
- 14 Åtgärder mot förorening i Velen. Erfarenheter från utförd behandling med kalk och soda samt förslag till fortsatta åtgärder. En utredning för Töreboda kommun av Ingemar Holmström Norrköping 1984
- 15 Vågdata från svenska kustvatten 1983 av Jonny Svensson Norrköping 1984
- 16 Beräkning av daglig vattenförlösning vid Ulva kvarn i Fyrisån 1951-82 av Magnus Persson och Sven-Erik Westman Norrköping 1984
- 17 Utvärdering av 1983 års vårflödesprognoser av Martin Häggström och Magnus Persson Norrköping 1984
- 18 Vattenståndsprognoser för Hammarajön - Helge å. En utredning för Kristianstad län av Barbro Johansson
- 19 Utvärdering av 1984 års vårflödesprognoser av Martin Häggström Norrköping 1984
- 20 Svenskt Sjöregister - Uppdatering av Torbjörn Lindkvist och Christina Thoms-Rjärpe Norrköping 1984
- 21 Snömätning med flygburen gammaspektrometer i Kultsjöns avrinningsområde 1980 - 1984 av Sten Bergström och Maja Brandt
- 22 PROBE - An Instruction Manual by Urban Svensson Norrköping 1984
- 23 Kartläggning av ytvattentemperaturen med satellitdata av Thomas Thompson Norrköping 1985
- 24 Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg av Bo Juhlin Norrköping 1985
- 25 Vindförluster vid mätning av snönederbörd med SMHI-nederbördsmätaren av Bengt Carlsson Norrköping 1985
- 26 Svenskt Vattendragsregister av Torbjörn Lindkvist Norrköping 1985
- 27 Svenskt Sjöregister av Kurt Ehlert (projektledare) Norrköping 1983
- 28 Aplicación del modelo HBV a la cuenca del Lago de Arenal en Costa Rica av Barbro Johansson, Magnus Persson, Göran Sandberg och Edgar Robles (ICE) Norrköping 1985
- 29 Beräknat markvattenunderskott i Simlångens avrinningsområde 1934-83 av Gun Grahn, Barbro Johansson och Barbro Norlander Norrköping 1985
- 30 Beräknat markvattenunderskott i Emåns avrinningsområde 1934-83 av Gun Grahn, Barbro Johansson och Barbro Norlander Norrköping 1985
- 31 Application of the HBV-model to pilot basins in Burma av Ohn Gyaw och Magnus Persson Norrköping 1985
- 32 Vattenbalanskartor över Sverige - månadsmedelvärden för 1931 - 1960 av nederbörd, avdunstning och avrinning av Todor Milanov Norrköping 1985
- 33 Vågdata från svenska kustvatten 1984 av Jonny Svensson Norrköping 1985

H-RAPPORTER

- 1 Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena av Bengt Carlsson Norrköping 1985
- 2 Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser av Martin Häggström och Magnus Persson Norrköping 1986
- 3 Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober 1985 av Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och Per-Eric Ohlsson, VASO Norrköping 1986

O-RAPPORTER

- 1 En hydrodynamisk modell för spridnings- och cirkulationsberäkningar i Östersjön av Lennart Funkquist Norrköping 1985
- 2 Spridningsundersökningar i yttre fjärden Piteå av Barry Broman och Carsten Pettersson Norrköping 1985
- 3 Utbyggnad vid Malmö hamn: effekter för Lommabuktens vattenutbyte av Cecilia Ambjörn Norrköping 1986





Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping. Tel 011-15 80 00. Telex 64400 smhi s.