



NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
VASSDRAGSDIREKTORATET
HYDROLOGISK AVDELING

FLOMBEREGNING FOR BOTNAVATN

OPPDRAKS RAPPORT
2-86

Rapportens tittel: <i>FLOMBEREGNING FOR BOTNAVATN</i>	Dato: 1986-04-10 Rapporten er: Åpen Opplag: 30
--	--

Saksbehandler/Forfatter: Sverre Krog Kontoret for Overflatehydrologi	Ansvarlig: <i>E. Skofteland</i> E. Skofteland
--	---

Oppdragsgiver: <i>TILSYNSKONTORET VED VASSDRAGSAVDELINGEN I NVE PÅ VEGNE AV SUNNHORDLAND KRAFTLAG</i>
--

Konklusjon:	
<p>Flomberegning er utført for dammen ved utløpet av Botnavatn, beliggende øst for Samnangerfjorden i Hordaland. "Forskrifter for dammer" er lagt til grunn for beregningene, som baseres på metode beskrevet i Hydrologisk avelings rapport nr. 2-83 "Hydrologisk modell for flomberegninger". De benyttede verdier for ekstrem nedbør er angitt av Det Norske Meteorologiske Institutt.</p>	
Flomberegningen ga følgende resultat:	
Dimensjonerende avløpsflom	ca. 35 m ³ /s
Flomstigning	1.83 m
Påregnelig maksimal avløpsflom	ca. 65 m ³ /s
Flomstigning	2.77 m
Flomstigningen refererer seg til vannstand over flomløpsterskel (HRV).	
Eikelandssosen kraftverk forutsettes å være ute av drift under flommen.	


FORORD

"Forskrifter for dammer" ble fastsatt ved kongelig resolusjon av 14. november 1980 og gjort gjeldende fra 1. januar 1981. Kapittel 7 i forskriftene beskriver de flomberegninger som skal utføres i forbindelse med dammer.

Det er Hydrologisk avdeling som utfører de fleste slike flomberegninger. Hydrologisk avdeling vil også kontrollere og godkjenne flomberegninger som er utført av andre.

Foreliggende rapport beskriver fremgangsmåten og gir resultatene av en flomberegning bestilt av Tilsynskontoret ved Vassdragsavdelingen i NVE (VVT) på vegne av Sunnhordland Kraftlag. Beregningen gjelder dam ved utløpet av Botnavatn i Fusa kommune i Hordaland.

Oslo, mars 1986


Øystein Aars
(fung. avd.direktør)

INNHOOLD

	Side
1. OPPDRAG	3
2. BELIGGENHET	3
3. BESKRIVELSE AV REGULERINGSSYSTEMET	7
4. BEREGNINGSFORUTSETNINGER	7
5. DATA	7
6. BEREGNING AV MAKSIMAL TILLATT OVERLØPSLENGDE	7
7. BEREGNING AV DIMENSJONERENDE FLOM	9
7.1 Nedbørverdier	9
7.2 Modellparametre	10
7.3 Beregningens gang	11
7.4 Beregningsresultater	11
8. BEREGNING AV PÅREGNELIG MAKSIMAL FLOM (PMF)	14
8.1 Nedbørverdier	14
8.2 Snøsmelting	14
8.3 Nedbør + snøsmelting	14
8.4 Beregningens gang	15
8.5 Beregningsresultater	15
9. LITTERATUR	18

KVANNDALSVASSDRAGET I FUSA
FLOMBEREGNING FOR BOTNAVATN

1. OPPDRAG

Tilsynskontoret ved Vassdragsavdelingen i NVE (VVT) ber i brev av 13.2.85 om å få angitt følgende:

- a) Maksimal overløpslengde i dam Botnavatn under forutsetning av at skadeflommer ikke skal økes.
- b) Dimensjonerende avløpsflom med tilhørende flomvannstand.
- c) Påregnelig maksimal avløpsflom med tilhørende flomvannstand.

2. BELIGGENHET

Botnavatn ligger i Kvanndalsvassdraget, som har utløp i Samnangerfjorden. Stedet er grovt avmerket på fig. 1.

Fig. 2 viser Botnavatns plassering på kart i større målestokk. Her er også de hydrometriske stasjoner i området avmerket.

På fig. 3 er Botnavatns naturlige og overførte felt inntegnet.

NORGE

0 100 200 km

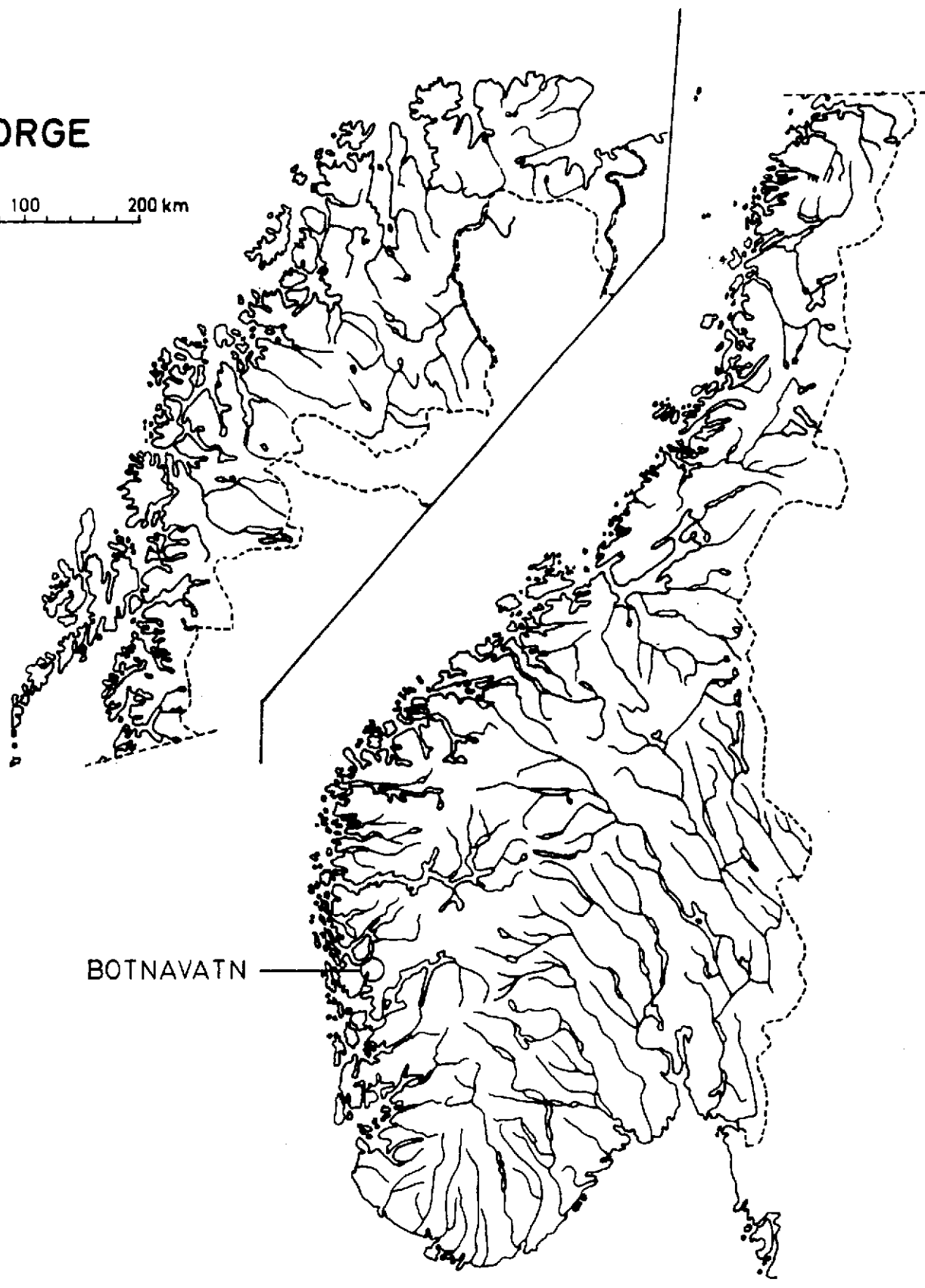


Fig. 1 Botnavatns beliggenhet

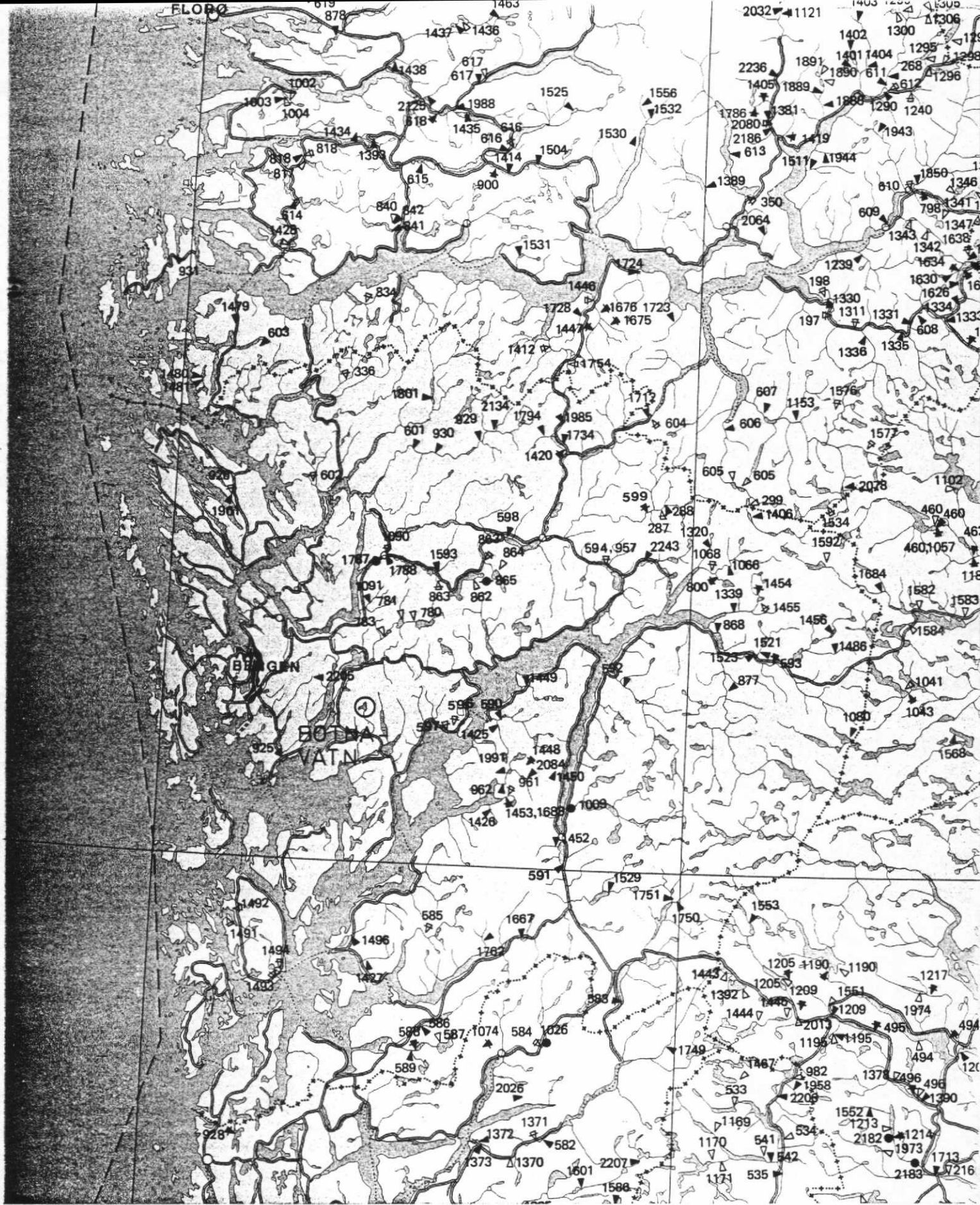


Fig. 2 Hydrologiske målestasjoner i området.

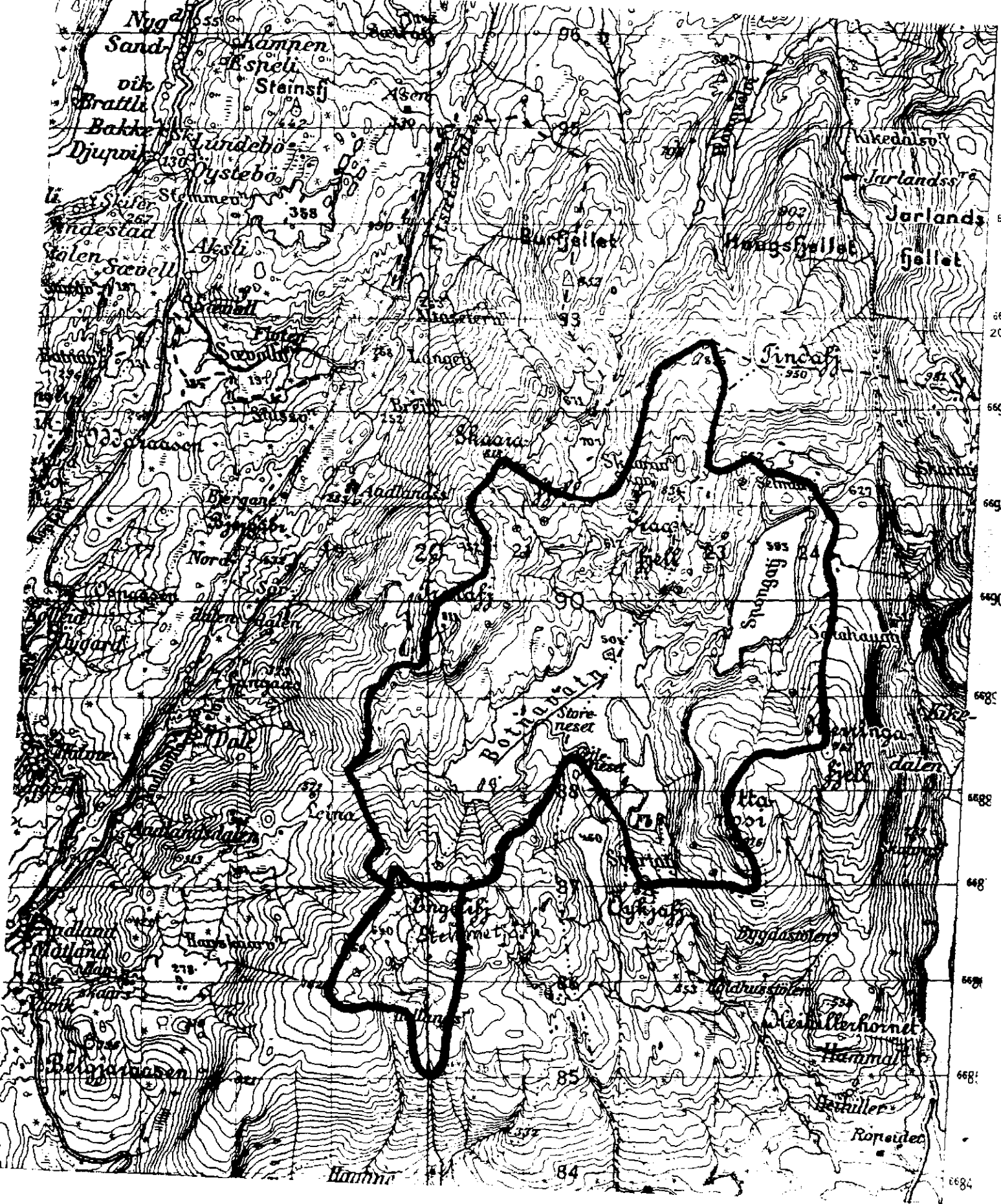


Fig. 3 Kart over Botnavatns nedbørfelt.
M= 1:50 000

3. BESKRIVELSE AV REGULERINGSSYSTEMET

Eikelandssosen kraftverk utnytter fallet fra Botnavatn til sjøen. Nedbørfeltet er 17,2 km². Underveis tas bekken fra Stemmetjønn, med et nedbørfelt på 1,9 km², inn på driftstunnelen. Totalt utnyttet nedbørfelt blir således 19,1 km².

Ved Botnavatns utløp ligger en reguleringsdam. Eventuelt flomvann avledes via dammens faste overløp.

4. BEREGNINGSFORUTSETNINGER

I samsvar med "Forskrifter for dammer" må følgende forutsetninger legges til grunn for flomberegningene:

- a) Kraftverket er ute av drift.
- b) Tilløpet til bekkeinntaket kan overføres til Botnavatn via driftstunnelen.

Det er således totalavløpet fra det utbygde felt som må kunne avledes over dammens flomløp.

5. DATA

Botnavatns nedbørfelt	= 17,2 km ²
Bekkeinntak	<u>1,9</u> "
Totalfelt	<u>19,1</u> km ²

Normalt spesifikt avløp anslås til 112 l/s km².

Botnavatns areal ved HRV = 2,2 km².

Overløpskoeffisient = 2,0 (dvs. at vassføringen i overløpet er lik $2,0 \cdot B h^{3/2}$, der B er overløpets lengde i meter, og h er vannstand over flomløpsterskelen).

Alle ovennevnte verdier, unntatt spesifikt avløp, er angitt av VVT.

6. BEREGNING AV MAKSIMAL TILLATT OVERLØPSLENGDE

Overløpets lengde må ikke være så stor at reguleringen forøker skadeflommen. Som en praktisk beregningsregel er det bestemt at 10-årsflommen skal anses som grense for skadeflommer. I mangel av observasjonsdata kan 10-årsflommen tilnærmet settes lik 1,5 x årlig middelflom.

Sammenligning mellom naturlig og regulert avløpsflom fra Botnavatn fordrer at vi kjenner utløpets vassføringskurve både før og etter reguleringen.

Vassføringskurven etter regulering kan settes til $2,0 \cdot B \cdot h^{3/2}$ (se pkt. 5).

Vassføringskurven før regulering er konstruert ved hjelp av avløpsstasjonen 2333 Svartatjønn, som ligger like nedenfor Botnavatn. Det mellomliggende nedbørfelt er bare $1,2 \text{ km}^2$. Det er en rekke ganger avlest samtidig vannstand i Svartatjønn og Botnavatn. Ved å redusere Svartatjønns vassføring med feltforholdet finner en således et tilsvarende antall punkter på Botnavatns vassføringskurve. Som sluttresultat er det funnet at Botnavatns utløp før reguleringen hadde følgende vassføringskurve:

$$q = 1,4950 (h-0,97)^{2,6885} \quad h \leq 2,39$$

$$q = 3,7976 (h-1,39)^{3,1480} \quad h \geq 2,40$$

Vannstandene refererer seg til en bolt i fjell nær utløpet.

For å avgjøre hvilke flommer som ikke skal forøkes, må middelflommen fra Botnavatn finnes. Da nevnte avløpsstasjon i Svartatjønn har vært i drift i bare fire år, velger vi å beregne middelflommen ved hjelp av de regionale flomformler i vår rapport nr. 2-78 "Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag". Egentlig bør disse formler ikke benyttes for så små nedbørfelt, men vi antar likevel at nøyaktigheten er tilstrekkelig for det formål det her gjelder.

Nevnte formler gir som resultat at årlig middelflom fra Botnavatn kan settes til $6,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Denne verdi gjelder imidlertid flommens døgnmiddelverdi. Selv om Botnavatn har betydelig utjevning virkning, vil toppverdien være noe høyere. Ut fra observasjonene ved Svartatjønn finner vi at årlig middelfloms toppverdi kan settes ca. 11 % høyere enn døgnverdien, dvs. til $6,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Settes 10-årsflommen til 1,5 ganger årlig middelflom, slik som foran nevnt, finner vi at den avløpsflom som ikke skal forøkes ved reguleringen blir lik $10,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Den videre beregningsgang blir som følger:

- a) Det velges en naturlig tilsigsflom til Botnavatn. Denne routes gjennom sjøen, med naturlig utløpsprofil, og avløpsflommen finnes. Tilsigsflommen tilpasses slik at avløpsflommen blir lik $10,4 \text{ m}^3/\text{s}$.
- b) Tilsigsflommen under pkt.a forøkes med faktoren $19,1/17,2$ pga. bekkeinntaket og routes gjennom Botnavatn med rektangulært overløp i dammen (angående overløpets vassføringskurve, se pkt. 5). Overløpslengden tilpasses slik at avløpsflommen blir som i uregulert tilstand ($10,4 \text{ m}^3/\text{s}$).

Beregningene gir som resultat at flomløpslengden kan settes til maksimalt 7 m, uten at 10-årsflommen (eller høyere flommer) forøkes.

7. BEREGNING AV DIMENSJONERENDE FLOM

7.1 Nedbørverdier

Da avløpsmålingene i vassdraget startet så sent som i 1980, og da det gjelder et lite felt som formlene i "Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag" ikke bør benyttes på, finner vi at beregningene må baseres på metode beskrevet i Hydrologisk avdelings rapport nr. 2-83 ("Hydrologisk modell for flomberegninger").

Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI) oppgir på forespørsel følgende nedbørverdier for et fiktivt representativt punkt i Botnavatns nedbørfelt:

Normal årsnedbør : $PN \approx 3200$ mm

M5 (24 timer)/ $PN \approx 4,4$ %.

Påregnelige n-timers nedbørverdier:

Antall timer (n)	12	24	48	72	96	120
M 1000 (mm)	205	275	380	440	505	565
PMP (mm)	285	385	530	615	710	790
Arealreduksjonsfaktor	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99

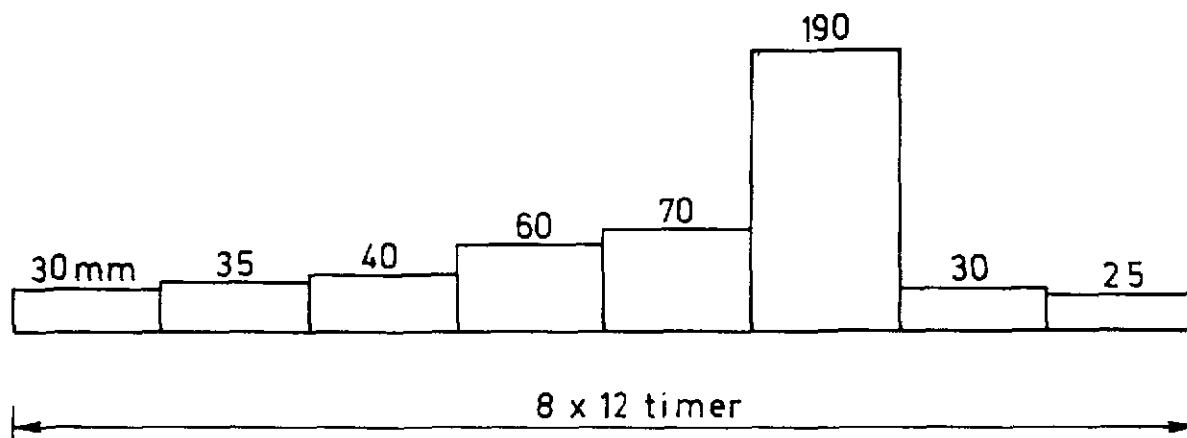
M 1000 er nedbørverdier med 1000 års gjentaksintervall, mens PMP er påregnelig maksimal nedbør.

Arealreduksjonsfaktoren er den faktor punktverdiene må multipliseres med for å få arealnedbøren over feltet.

Vi velger å basere beregningen av dimensjonerende flom på høstnedbør uten snøsmelting. Ifølge DNMI kan de påregnelige n-timers nedbørverdier for høstnedbør settes til følgende verdier:

Antall timer (n)	12	24	48	72	96	120
Nedbørforholdstall						
n timer/24 timer	0,74	1,00	1,38	1,60	1,84	2,05
M 1000 (mm)	190	260	360	415	480	535

Ut fra dette velger vi å basere dimensjonerende flom på følgende nedbørforløp:



Under beregningen reduseres nedbørtallene med arealreduksjonsfaktoren 0,98, slik som angitt av DNMI.

Startvassføringen settes til $4,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (middelvassføring høst).

7.2 Modellparametre

Som foran nevnt velger vi å utføre flomberegningen etter metode beskrevet i Hydrologisk avdelings rapport nr. 2-83. Herunder benyttes programmet "PQRUT". Dette er et omfattende og velanvendelig program som kan nyttes til en rekke oppgaver, f.eks. beregning av flomavløp ut fra nedbørforløp, routing av tilløpsflommer gjennom sjøer med naturlig eller kunstig utløpsprofil, skalering av tilløpsserier, routing av flommer gjennom tunneler med begrenset kapasitet, samt en rekke andre oppgaver.

Når program "PQRUT" skal benyttes, må felt- og modellparametre beregnes (se rapport nr. 2-83). Vi får:

$$H_L = \frac{H_{50}}{L_F} = \frac{742-563}{4,9} = 36,5 \text{ m/km}$$

$$A_{SE} = \frac{0,15}{39,1} 100 = 0,38 \%$$

$$K_1 = 0,0952 \text{ time}^{-1}$$

$$T = 37,0 \text{ mm}$$

$$K_2 = 0,0212 \text{ time}^{-1}$$

7.3 Beregningens gang

Ved hjelp av program PQRUT gjennomføres følgende beregninger:

- a) Botnavatns nedbørfelt tilføres det valgte nedbørforløp, og tilløpsflommen til Botnavatn finnes.
- b) Tilløpsflommen routes derpå gjennom Botnavatn, og flomstigning og avløpsflom beregnes. Det er herunder forutsatt at kraftverket er ute av drift, slik at hele tilløpsflommen må avledes over dammens faste flomløp (med bredde 7,0 m).

I samsvar med "Forskrifter for dammer" antas vannstanden å være høyeste regulerte vannstand (HRV) ved flommens begynnelse.

Alle beregninger gjennomføres med timeverdier for nedbør, tilløp og avløp. Resultatet av beregningene er vist i fig. 4 (utskrift av timeverdier) og fig. 5 (diagram over tilløps- og avløpsflom, samt vannstand).

7.4 Beregningsresultater

Beregningene gir (se fig. 4 og 5) følgende resultater:

Maks. avløpsflom = 34,5 m³/s
Maks. flomstigning over HRV = 1,83 m

A	B	C	D
mm	m ³ /s	m	m ³ /s
2.500	4.000	.007	.007
2.500	4.423	.014	.023
2.500	5.200	.022	.046
2.500	5.907	.032	.079
2.500	6.550	.042	.121
2.500	7.134	.054	.174
2.500	7.666	.066	.236
2.500	8.149	.079	.309
2.500	8.589	.092	.391
2.500	8.988	.106	.483
2.500	9.352	.120	.584
2.500	9.682	.135	.694
2.900	9.983	.150	.813
2.900	10.447	.166	.943
2.900	10.864	.182	1.083
2.900	11.246	.198	1.233
2.900	11.594	.215	1.392
2.900	11.909	.232	1.560
2.900	12.197	.249	1.736
2.900	12.458	.266	1.920
2.900	12.693	.283	2.110
2.900	12.911	.301	2.307
2.900	13.108	.318	2.510
2.900	13.286	.335	2.717
3.300	13.449	.352	2.929
3.300	13.785	.370	3.149
3.300	14.091	.387	3.376
3.300	14.369	.405	3.608
3.300	14.621	.423	3.846
3.300	14.851	.440	4.089
3.300	15.060	.458	4.336
3.300	15.250	.475	4.587
3.300	15.423	.493	4.840
3.300	15.581	.510	5.095
3.300	15.724	.527	5.351
3.300	15.854	.543	5.609
5.000	15.972	.560	5.867
5.000	16.880	.578	6.145
5.000	17.707	.596	6.441
5.000	18.458	.615	6.754
5.000	19.141	.635	7.082
5.000	19.763	.655	7.423
5.000	20.328	.676	7.774
5.000	20.841	.696	8.136
5.000	21.309	.717	8.506
5.000	21.734	.738	8.883
5.000	22.120	.759	9.265
5.000	22.471	.780	9.651
5.800	22.791	.801	10.041
5.800	23.458	.823	10.444
5.800	24.066	.844	10.858
5.800	24.618	.866	11.282
5.800	25.120	.888	11.713
5.800	25.576	.910	12.151
5.800	25.991	.932	12.593
5.800	26.369	.954	13.038
5.800	26.712	.975	13.484
5.800	27.024	.997	13.931
5.800	27.308	1.018	14.377
5.800	27.566	1.039	14.821
15.800	27.801	1.059	15.262
15.800	32.727	1.087	15.862
15.800	37.206	1.121	16.606
15.800	41.279	1.159	17.479
15.800	44.983	1.203	18.469
15.800	48.352	1.250	19.565
15.800	51.415	1.300	20.755
15.800	54.200	1.353	22.028
15.800	56.733	1.407	23.375
15.800	59.037	1.463	24.785
15.800	61.132	1.521	26.249
15.800	63.037	1.578	27.758
2.500	64.769	1.636	29.303
2.500	60.077	1.684	30.608
2.500	55.811	1.724	31.690
2.500	51.931	1.756	32.568
2.500	48.402	1.780	33.259
2.500	45.194	1.799	33.784
2.500	42.276	1.812	34.159
2.500	39.623	1.821	34.401
2.500	37.210	1.825	34.525
2.500	35.016	1.826	34.547
2.500	33.020	1.824	34.479
2.500	31.206	1.819	34.334
2.100	29.556	1.811	34.123
2.100	27.867	1.801	33.847
2.100	26.331	1.790	33.516
2.100	24.934	1.776	33.139

Fig. 4 Dimensjonerende flom i Botnavatn

Utskrift av timeverdier

Kolonne A: 1000-års nedbør

Kolonne B: Tilløpsflom til Botnavatn, beregnet ut fra nedbør under kolonne A.

Kolonne C: Vannstand i Botnavatn under flommen.

Kolonne D: Avløpsflom fra Botnavatn

$$q = 2,0 \cdot 7,0 \cdot h^{3/2}$$

(Overløpslengde = 7,0 m).

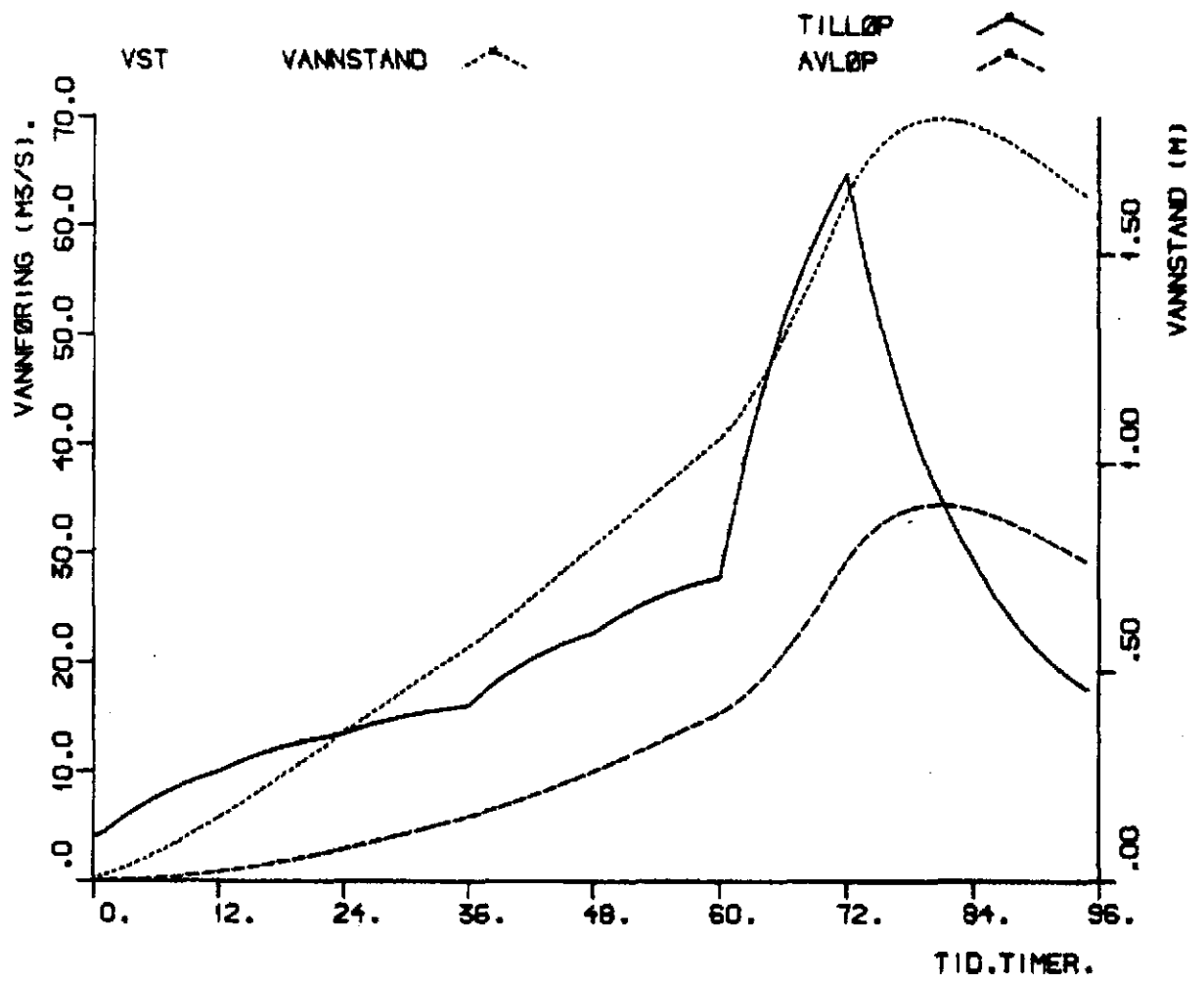
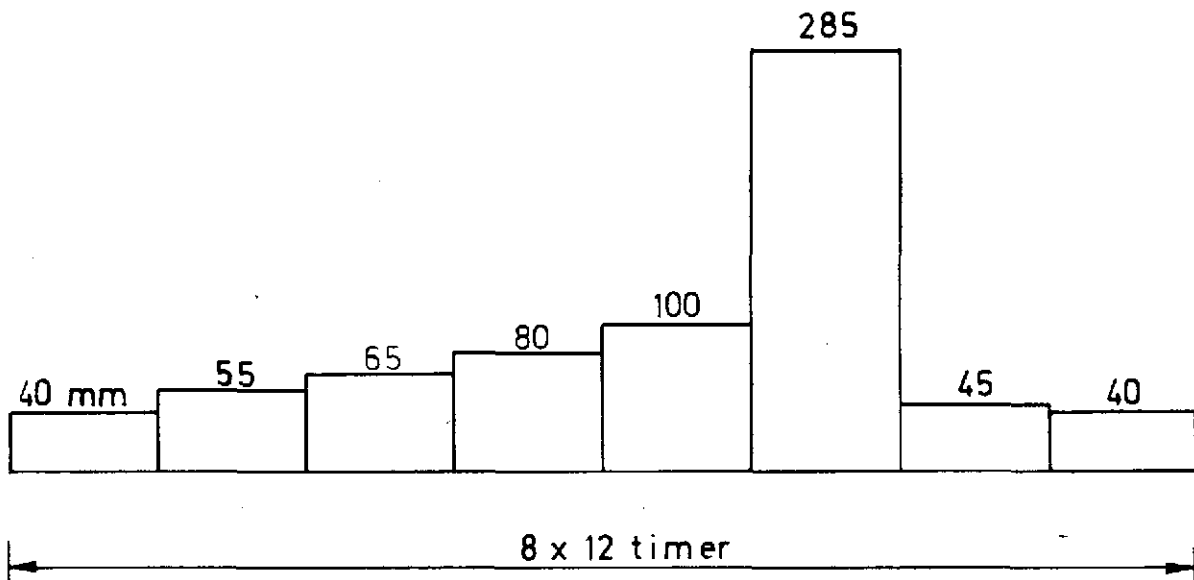


Fig. 5 Dimensjonerende flom Botnavatn

8. BEREGNING AV PÅREGNELIG MAKSIMAL FLOM (PMF).

8.1 Nedbørverdier

DMNI har som nevnt også angitt verdier for påregnelig maksimal nedbør (PMP). Som for 1000-årsnedbøren lager vi et skjønsmessig formet nedbørforløp som inneholder DMNI;s verdier for alle varigheter fra 12 til 96 timer. Følgende forløp er valgt:



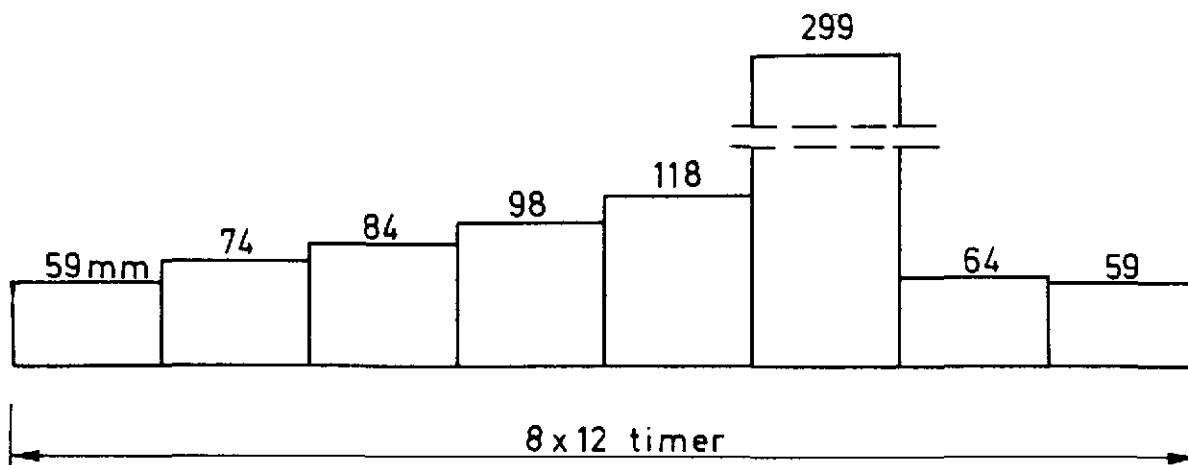
8.2 Snøsmelting

Samtidig med maksimal nedbør må en regne med snøsmelting. I samsvær med Hydrologisk avdelings interne rettledning baseres smelteanslaget på en graddagsfaktor. I vårt tilfelle settes denne til 5 mm/grad døgn (snaufjell og regn).

Temperaturen under nedbørens passasje anslås skjønsmessig til 8 °C, som en middelvei for hele feltet (feltets medianhøyde er ca. 650 m.o.h.). Dette gir en snøsmelting på 40 mm/døgn.

8.3 Nedbør + snøsmelting

Nedbørtallene reduseres med arealreduksjonsfaktoren 0,98. Kombinert med snøsmeltingen (40 mm/døgn) får feltet følgende belastning:



Også i dette tilfelle settes startvassføringen til $4 \text{ m}^3/\text{s}$.

8.4 Beregningens gang

Beregningen gjennomføres v.h.a. program "PQRUT", på samme måte som ved dimensjonerende flom (beskrevet under pkt. 7.3).

Også i dette tilfelle forutsettes at kraftverket står, samt at tilløpet til bekkeinntaket overføres til Botnavatn. Alt tilløp fra totalfeltet må således avledes over det faste flomløp.

Resultatet av beregningene er vist i fig. 6 (utskrift av timeverdier) og fig. 7 (diagram over tilløps- og avløpsflom, samt vannstand).

8.5 Beregningsresultater

Beregningene gir (se fig. 6 og 7) følgende resultater:

Maks. avløpsflom = $64,5 \text{ m}^3/\text{s}$
 Maks. flomstigning over HRV = $2,77 \text{ m}$

A	B	C	D
mm	m ³ /s	m	m ³ /s
4.900	4.000	.007	.007
4.900	5.601	.016	.027
4.900	7.450	.028	.065
4.900	9.131	.042	.123
4.900	10.659	.060	.204
4.900	12.049	.079	.310
4.900	13.313	.100	.442
4.900	14.463	.123	.601
4.900	15.508	.147	.786
4.900	16.457	.172	.998
4.900	17.323	.198	1.236
4.900	18.109	.225	1.499
6.200	18.824	.253	1.785
6.200	20.099	.283	2.105
6.200	21.259	.314	2.458
6.200	22.313	.345	2.842
6.200	23.272	.378	3.256
6.200	24.144	.412	3.697
6.200	24.937	.446	4.164
6.200	25.658	.480	4.655
6.200	26.314	.515	5.168
6.200	26.911	.549	5.699
6.200	27.453	.584	6.248
6.200	27.946	.619	6.811
7.000	28.394	.653	7.387
7.000	29.187	.688	7.983
7.000	29.908	.723	8.598
7.000	30.563	.757	9.229
7.000	31.159	.792	9.872
7.000	31.701	.827	10.527
7.000	32.194	.861	11.190
7.000	32.642	.895	11.859
7.000	33.049	.929	12.533
7.000	33.420	.962	13.208
7.000	33.757	.994	13.884
7.000	34.064	1.026	14.557
7.000	34.342	1.058	15.228
8.200	35.173	1.089	15.913
8.200	35.928	1.121	16.611
8.200	36.615	1.152	17.318
8.200	37.239	1.184	18.031
8.200	37.807	1.215	18.749
8.200	38.323	1.246	19.467
8.200	38.793	1.276	20.185
8.200	39.220	1.306	20.901
8.200	39.609	1.336	21.612
8.200	39.962	1.365	22.316
8.200	40.283	1.393	23.013
9.800	40.575	1.420	23.701
9.800	41.610	1.449	24.409
9.800	42.551	1.477	25.133
9.800	43.407	1.506	25.869
9.800	44.185	1.535	26.613
9.800	44.893	1.563	27.363
9.800	45.536	1.592	28.115
9.800	46.122	1.620	28.866
9.800	46.654	1.648	29.615
9.800	47.138	1.675	30.358
9.800	47.570	1.702	31.094
9.800	47.978	1.729	31.821
24.900	48.342	1.755	32.538
24.900	55.934	1.791	33.562
24.900	62.837	1.837	34.857
24.900	69.115	1.891	36.392
24.900	74.824	1.951	38.139
24.900	80.015	2.016	40.072
24.900	84.736	2.086	42.167
24.900	89.030	2.159	44.401
24.900	92.934	2.234	46.753
24.900	96.484	2.312	49.202
24.900	99.713	2.390	51.730
24.900	102.648	2.469	54.319
5.300	105.318	2.548	56.951
5.300	98.322	2.612	59.115
5.300	91.960	2.663	60.852
5.300	86.174	2.703	62.201
5.300	80.913	2.732	63.204
5.300	76.128	2.752	63.900
5.300	71.777	2.764	64.325
5.300	67.821	2.769	64.514
5.300	64.223	2.769	64.498
5.300	60.951	2.763	64.307
5.300	57.975	2.753	63.965
5.300	55.270	2.740	63.496
4.900	52.809	2.723	62.922
4.900	50.379	2.704	62.250
4.900	48.170	2.682	61.498
4.900	46.160	2.658	60.683

Fig. 6 Påregnelige maksimal flom i Botnavatn.

Utskrift av timeverdier

Kolonne A: PMP-nedbør, redusert med arealreduksjonsfaktor 0,98 og tillagt snøsmelting.

Kolonne B: Tilløpsflom til Botnavatn, beregnet ut fra nedbør og smelting under kolonne A.

Kolonne C: Vannstand i Botnavatn under flommen.

Kolonne D: Avløpsflom fra Botnavatn
 $q = 2,0 \cdot 7,0 \cdot h^{3/2}$

(Overløpslengde = 7,0 m).

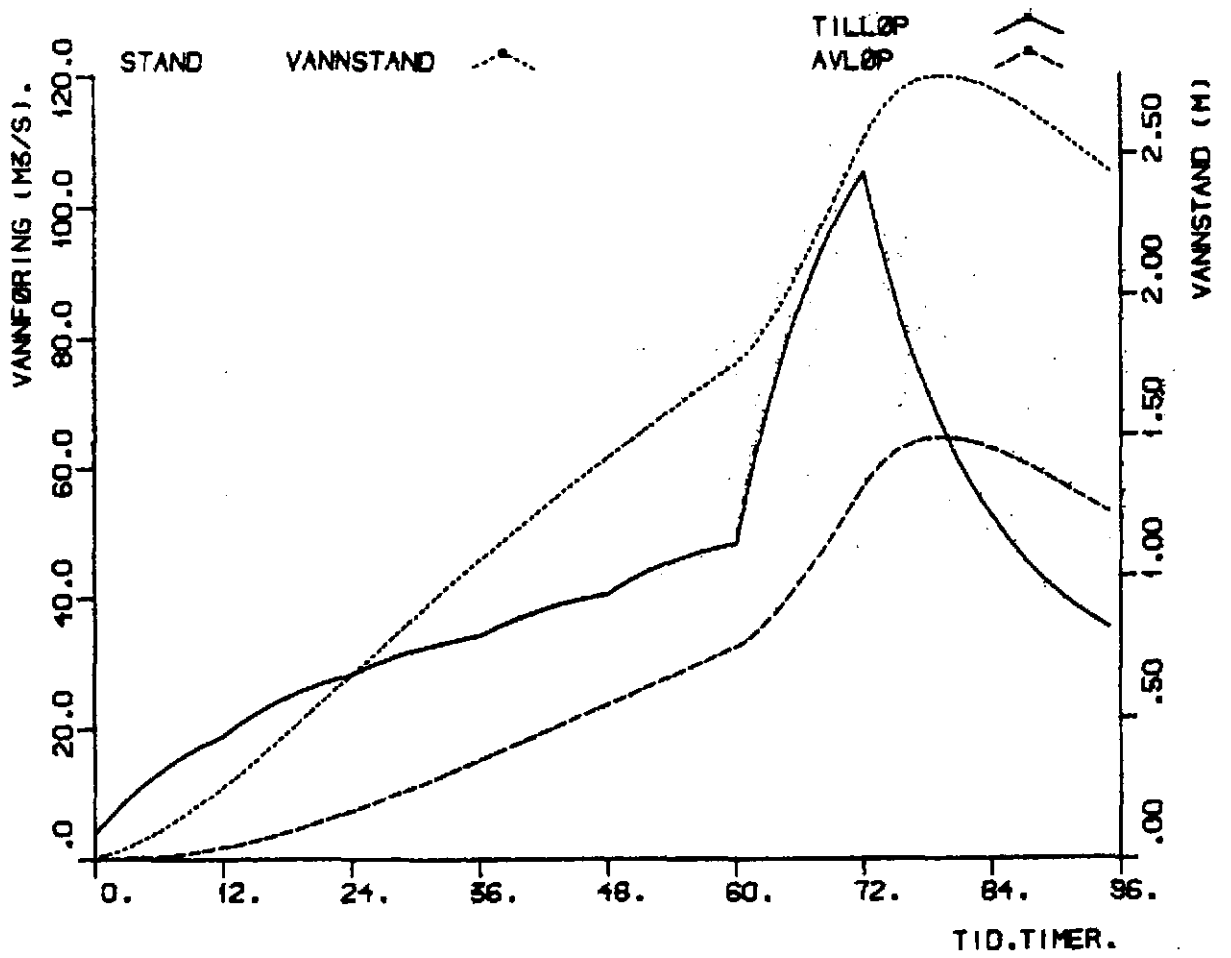


Fig. 7 Påregnelig maksimal flom i Botnavatn.

9. LITTERATUR

OED/NVE 1981: Forskrifter for dammer. Universitetsforlaget 1981.

Andersen, J. m.fl. 1983: Hydrologisk modell for flomberegninger.
Rapport nr. 2, Hydrologisk avdeling, NVE.

Førland, E. 1984: Påregnelige ekstreme nedbørverdier. DNMI, 1984.

VH/NVE 1985: Beregning av dimensjonerende flom og påregnelig
maksimal flom. Intern veiledning.