NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
VASSDRAGSDIREKTORATET
HYDROLOGISK AVDELING

FLOMBEREGNING FOR VINSTERVASSDRAGET

OPPDRAGSRAPPORT
1 - 89

Trykt i 1993 med mindre korreksjoner

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEKET

556(05)

OPPDRAGSRAPPORT 1-89

Rapportens tittel:	Dato: 1989-02-10
FLOMBEREGNING FOR VINSTERVASSDRAGET	Rapporten er: Åpen
	Opplag: 30

Saksbehandler/Forfatter:	Ansvarlig:
Bjarne Krokli Kontoret for Overflatehydrologi	Kjell Hegge

Oppdragsgiver:

GLOMMENS OG LAAGENS BRUKSEIERFORENING

Sammendrag:

Flomberegning er utført for dammene i Vinstravassdraget. Beregningene er utført ved å bruke flommodellen som er beskrevet i Hydrologisk avdelings rapport "Hydrologisk modell for flomberegninger" (1).

Verdier for ekstrem nedbør er gitt i DNMI-rapportene "Påregnelige ekstreme nedbørverdier for Bygdin og Vinsteren" og "Vinstervassdraget (Oppland). Påregnelige ekstreme nedbørverdier" (2).

Resultat av flomberegningen ble:

	Dim. avløps-flom (m^3/s)	Flom-stigning (m)	Påregnelig maks. avløpsflom (m^3/s)	Flom-stigning (m)
Bygdin	144	0.59	310	2.24
Vinsteren	209	0.40	473	1.83
Kaldfjord	240	0.69	532	1.43
Øyangen	90	0.93	130	1.19
Olstappen	658	1.64	1290	3.85

Flomstigninger refererer seg til HRV ved de enkelte dammene.

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEKET

FORORD

"Forskrifter for dammer" (3) 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 framgangsmåten og gir resultatene av en flomberegning bestilt av Glommens og Laagens Brukseierforening. Beregningen gjelder 5 dammer i Vinstravassdraget.

Oslo, februar 1989

Arne Tollan
avdelingsdirektør

INNHOLD

		Side
1.	INNLEDNING	3
2.	BELIGGENHET	3
3.	BEREGNINGSFORUTSETNINGER	4
4.	BYGDIN LOKALFELT	5
5.	VINSTEREN LOKALFELT	11
6.	KALDFJORD LOKALFELT	17
7.	ØYANGEN LOKALFELT	23
8.	TOTALFELT	29
9.	OLSTAPPEN LOKALFELT	29
10.	FREKVENSANALYSE	36
11.	KONKLUSJON	36
12.	LITTERATUR	38

1. INNLEDNING

I brev av 12.06.87 blir VH bedt om å beregne dimensjonerende avløpsflom og påregnelig maksimal avløpsflom med tilhørende flomvannstander for dammen i Vinsteren, Vinstravassdraget. Vinsteren er det nest øverste magasinet i vassdraget, ovenfor ligger Bygdin. I brev av 24.09.87 blir bestillingen utvidet til å gjelde samtlige dammer i Vinstravassdraget.
Oppdragsgiver er Glommens og Laagens Brukseierforening.

Arbeidet ble påbegynt i september 1987, men på grunn av usikkerhet vedrørende ombygging av dammen i Vinsteren forelå det ikke nye avløpskapasiteter før juni 1988. Det ble da beregnet flommer for dam Vinsteren med to forskjellige avløpskapasiteter som ble forelagt Glommens og Laagens Brukseierforening i brev av 22.06.88. Det ble ut fra dette besluttet å gå videre med beregningene ut fra det ene alternativet (alt. 1).

2. BELIGGENHET

Vinstravassdraget er et sidevassdrag til Lågen. Feltet er avmerket kart i figur 1. Grenser til de lokale nedbørfelt, dammer og overføringstunneler er også inntegnet.

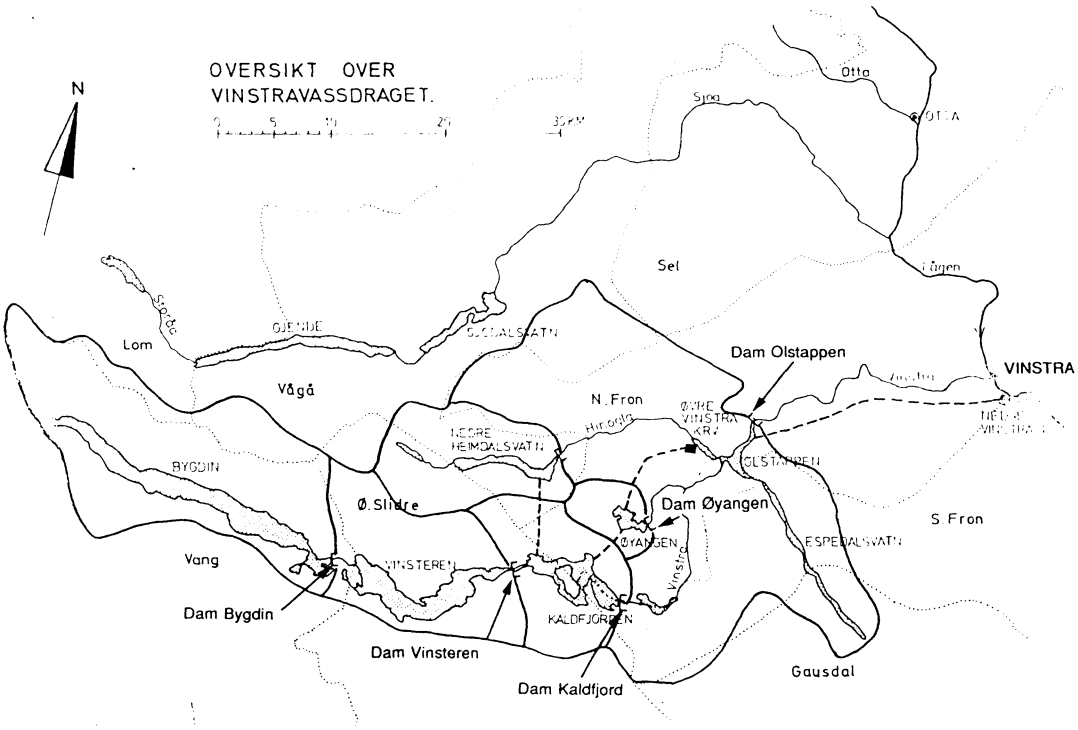


Fig. 1. Vinstravassdraget.

3. BEREGNINGSFORUTSETNINGER

Flomberegningene er gjort ved å benytte flommodell til å beregne tilløpsflom for lokalfeltene og så route flommene gjennom de enkelte magasinene. Flommodellene ble kalibrert ved å benytte feltparametre. Som inngangsdata til modellene er benyttet nedbørtal gitt av DNMI.

Da totalfeltet for den nederste dammen, Olstappen, er ca 1300 km^2, måtte de fleste beregninger utføres med to sett verdier for nedbørtall. Dette fordi et så stort felt krever større arealreduksjon av nedbørtallene enn de enkelt delfelt lenger oppe i vassdraget når en beregner lokalflommer.

Gangen i beregningene har vært:

Tilløpsflom for Bygdin lokalfelt routes gjennom Bygdinmagasinet. Her regner en at luker lar seg manøvrere under alle forhold. Avløpsflom Bygdin tillegges lokal tilløpsflom for Vinsteren. Summen av disse routes gjennom magasinet i Vinsteren og avløpsflom Vinsteren beregnes. Til denne legges så lokalflom for Kaldfjord og overføring fra Heimdalsvatn (12 m^3). En regner overføringstunnelen til Øyangen stengt. Flom for Kaldfjorddammen beregnes ved å route den totale vannføringen gjennom Kaldfjordmagasinet. En regner ikke at luker lar seg manøvrere i en PMF-situasjon ved Kaldfjorddammen. Samtlige beregninger gjentas med andre nedbørverdier (arealredusert for felt på 1300 km^2) for å kunne beregne tilløpsflom for Olstappen.

Det beregnes tilløpsflom for Øyangen lokalfelt som tillegges fast overføring på 50 m^3/s fra Kaldfjorden. Denne flommen routes gjennom Øyangenmagasinet og gir avløpsflommer for dam Øyangen. (En regner at kraftverket står). Også disse beregningene gjentas med nedbørverdier med større arealreduksjon og uten overføring fra Kaldfjordmagasinet. Ny avløpsflom brukes til å beregne tilløpsflom til Olstappen.

Avløpsflommene fra Kaldfjordmagasinet og Øyangenmagasinet tillegges tilløpsflom for Olstappen lokalfelt og routes gjennom Olstappenmagasinet (en regner krafverket står og at luker lar seg manøvrere). Dette gir avløpsflommene fra dam Olstappen.

Som flomskapende sesong er valgt månedene juli, august og september. Under simulering av PMF-tilløpsflom for de to øverste delfelt, Bygdin og Vinsteren, er det lagt til snøsmelting. Det er her benyttet smeltevolum: $S=C_S*T_L=5.0*7.0$ mm/døgn = 35 mm/døgn.

C_S=5.0 mm/^{0}C døgn er hentet fra NVEs publikasjon "Beregning av dimensjonerende og og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer." (4), og gjelder snaufjell. T_L er satt til 7^0C ved å beregne middeltemperaturer under nedbørperioder for høyfjellsfelt i den aktuelle flomperiode.

4. BYGDIN LOKALFELT

4.1 Feltdata

Bygdin nedbørfelt er planimetrert på kart i målestokk 1:50000 (serie M711) til 304 km^2. Bygdins areal ved naturlig vannstand er 40 km^2.

Effektiv sjøprosent for feltet (A_{SE}) er 13.2 % når en tar

Bygdinmagasinet med i beregningen og 0.1 % når det ikke medtas.

Total høydeforskjell i feltet er ca 1280 m.

Feltaksens lengde er 36.5 km.

Relieff-forholdet, H_L = H50/L, hvor H50 er høydeforskjell i meter mellom 25% og 75% passasjen på feltets hypsografiske kurve og L er feltaksens lengde, er 9.3 m/km. Hypsografisk kurve er gjengitt i figur 2.

Normalt spesifikt avløp (Qn) anslås til 42 $l/s \cdot km^2$ ut fra isohydatkart.

4.2 Dam Bygdin

Regulerinsanlegget består av 2 elektrisk drevne segmentluker (2 x 15 m x 2.3 m) med terskel på kote 1055.50. Dessuten en tappetunnel med dypluker (glideluker) og en tappekanal med luke. Da anlegget har nødaggregat som forsyner segmentlukene i en nødsituasjon og dammen er bevoktet, antar en at segmentlukene lar seg manøvrere i alle ekstremsituasjoner.

Reguleringshøydene er: HRV = 1057.40 - LRV = 1048.25.

Følgende avløpsfunksjon er benyttet:

$$Q = 36.80(H - 1055.50)^{1.5} \quad H > 1055.50$$

Magasintabellen er gitt ved følgende punkter:

(1057.00, 320.40) (1057.40, 336.00) (1058.40, 375.80)

Her er første koordinat kotehøyde og den andre volum i mill. m^3.

4.3 Nedbør

Det norske meteorologiske institutt har i rapporten "Påregnelige ekstreme nedbørverdier for Bygdin og Vinsteren" utarbeidet påregnelige nedbørverdier for Bygdins nedbørfelt. Dersom en baserer seg på sommermånedene juni, juli og august, kan følgende n-timers nedbørverdier og snøsmelting gi ekstremflom ved fullt magasin:

Antall timer	6	12	24	48	72	96	120	144
n timer/24 timer	.60	.77	1.00	1.27	1.48	1.69	1.88	2.05
M1000 (mm) (pkt)	90	116	150	191	222	254	282	308
PMP " "	159	206	265	337	392	448	498	543
Areal red. faktor	.87	.90	.92	.94	.95	.96	.96	.97
M1000	78	104	138	180	211	244	272	299
PMP	138	185	244	317	372	430	478	527
PMP + snøsmelt	146	202	279	387	477	570	653	737

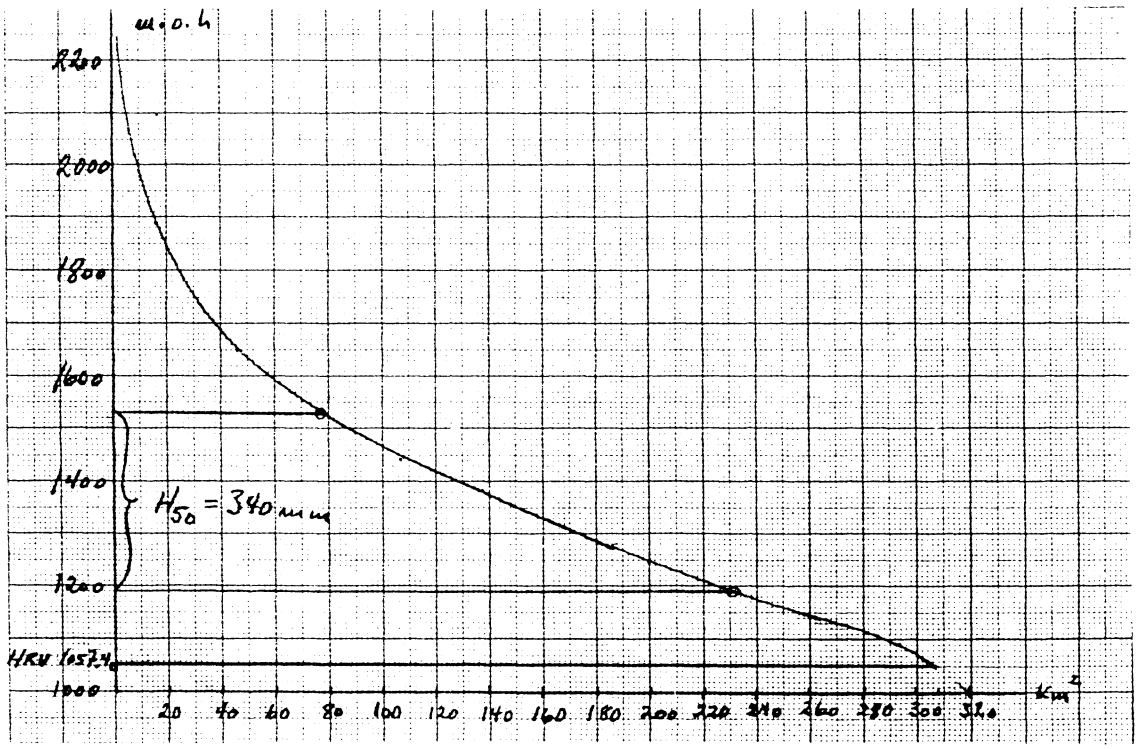


Fig. 2. Hypsografisk kurve for Bygdins nedbørfelt.

4.4 Kalibrering av flommodell

Da det ikke finnes vannføringsdata for feltet som passer til kalibrering av flommodellen, er dette gjort ved å benytte regressjonsligninger hvor feltparametre inngår.
Resultatet av kalibreringen:

Øvre tømmekonstant : $K_1 = 0.0135 + 0.00268 * H_L - 0.01665 \cdot \ln(A_{SE}) = 0.077 \text{ time}^{-1}$

Nedre tømmekonstant: $K_2 = 0.009 + 0.21 * K_1 - 0.00021 * H_L = 0.023 \text{ time}^{-1}$

Terskelkonstant: $T = -9.0 + 4.4 * K_1^{-0.6} + 0.28 * Qn = 23.3 \text{ mm}$.

Etter kalibrering ble det simulert tilløpsflom med gjentaksintervall på 1000 år og påregnelig maksimal tilløpsflom.
Resultatet ble:

Q1000 (tilløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	333 m^3/s
	Flomtopp:	394 m^3/s
PMF (tilløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	692 m^3/s
	Flomtopp:	797 m^3/s

Nedbørforløp og simulert tilløpsflom er vist i figur 3 og 4.

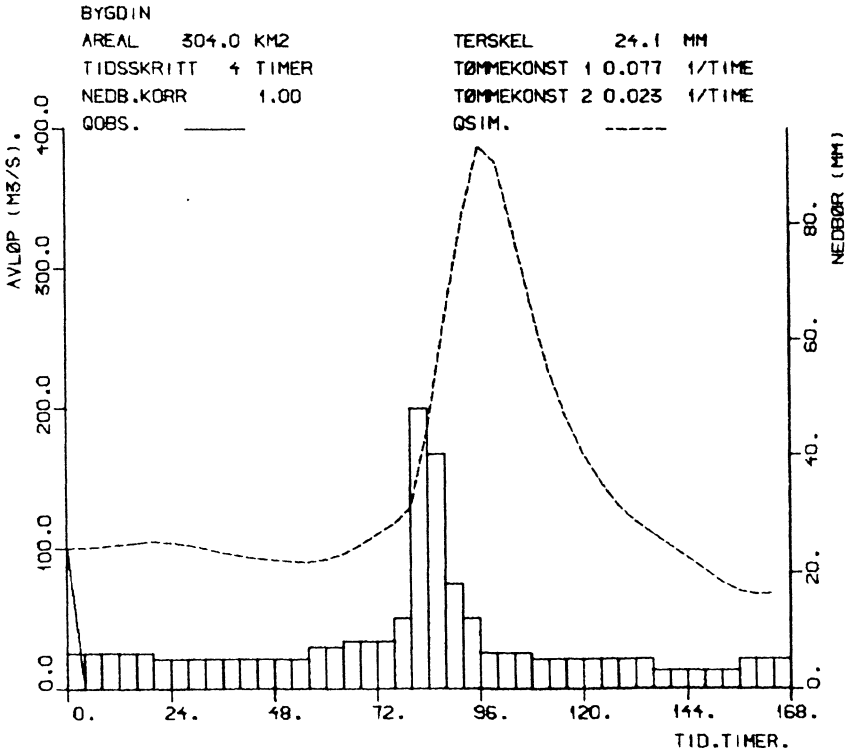


Fig. 3. Tilløpsflom med gjentaksintervall 1000 år.

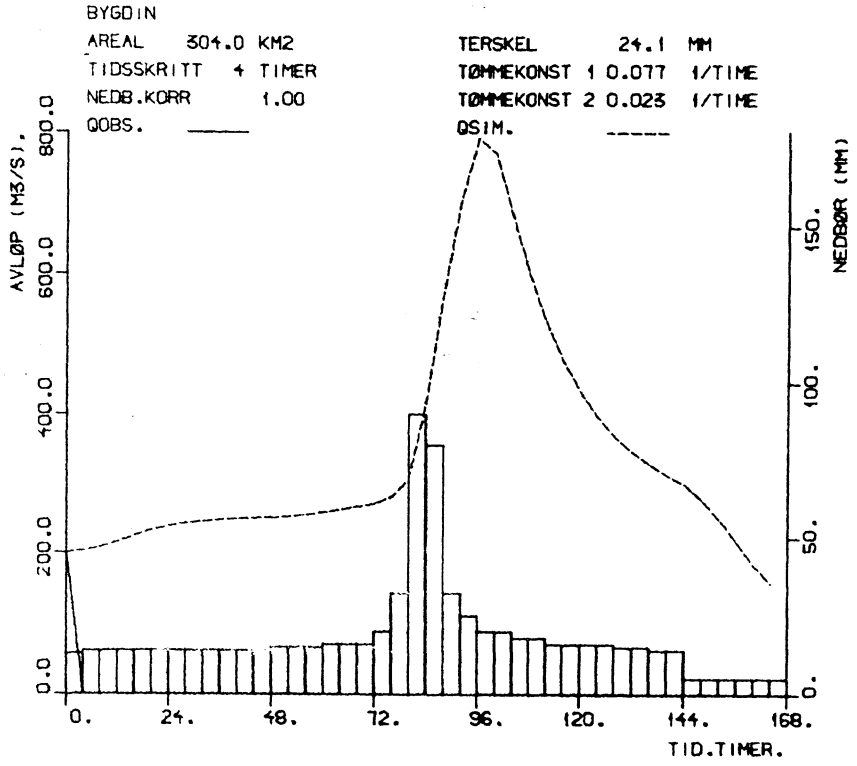
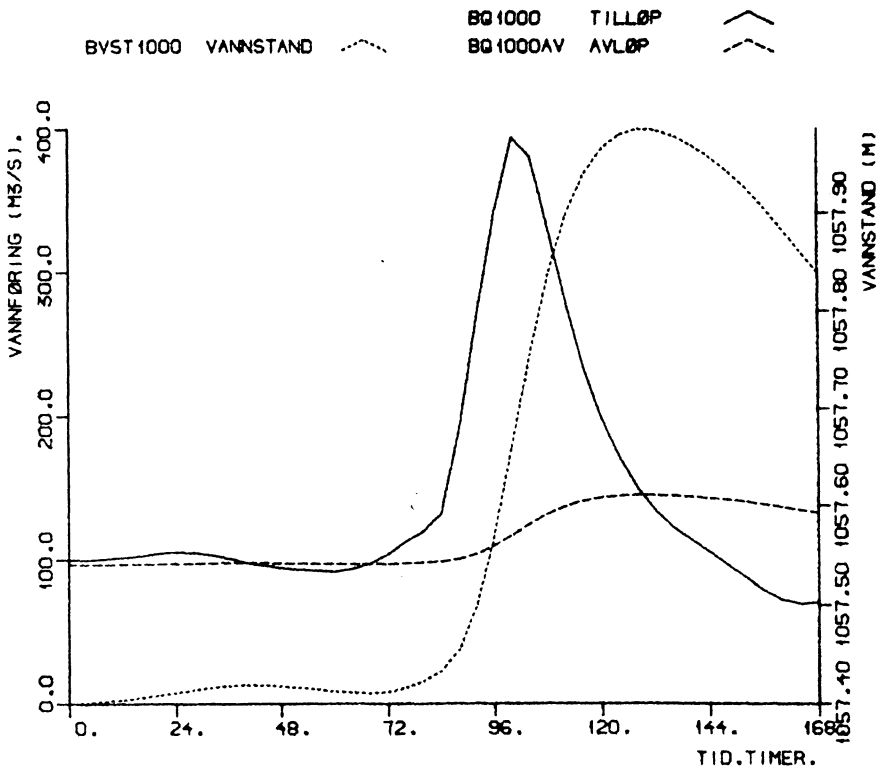


Fig. 4. Påregnelig maksimal tilløpsflom.

4.5 Routing gjennom magasinet

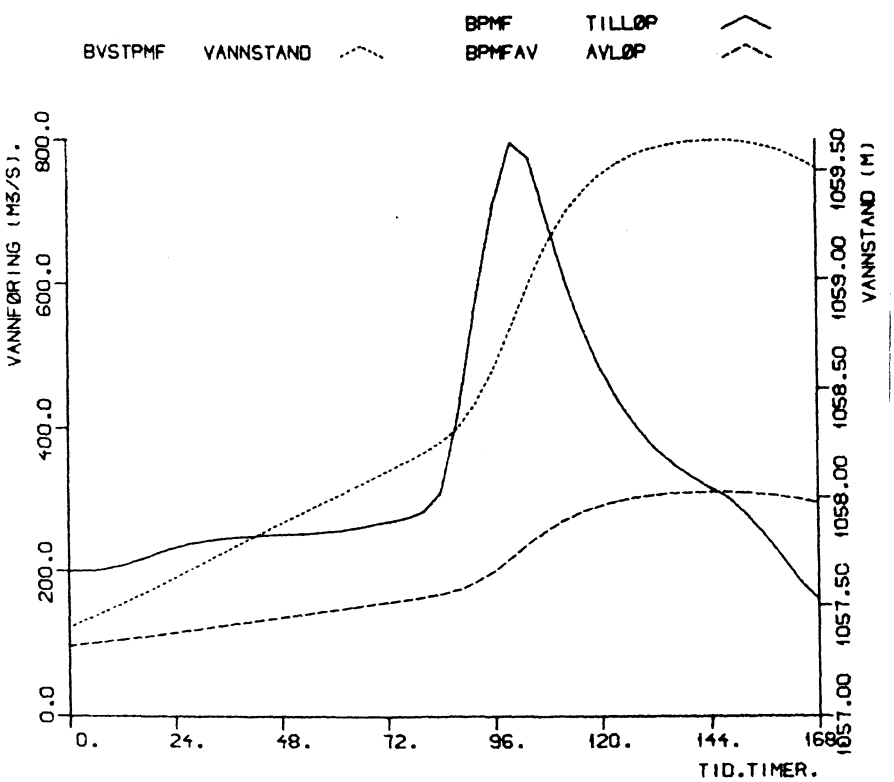
De simulerte tilløpsflommene ble så routet gjennom Bygdin. Resultatet av routingen med 4-timers verdier av vannføring og vannstander er gitt som plott i figur 5 og 6.

Q1000 (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	144 m^3/s
	Flomtopp:	144 m^3/s
	Flomstigning:	0.59 m
PMF (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	309 m^3/s
	Flomtopp:	310 m^3/s
	Flomstigning:	2.24 m



42BQ1000	42BVST1000	42BQ1000AV
100.000	1057.401	96.475
100.558	1057.403	96.577
101.527	1057.404	96.697
102.798	1057.406	96.843
104.290	1057.408	97.023
105.386	1057.411	97.233
104.975	1057.414	97.447
103.457	1057.416	97.629
101.125	1057.418	97.754
98.195	1057.419	97.806
96.043	1057.418	97.787
94.461	1057.418	97.719
93.299	1057.416	97.616
92.445	1057.415	97.488
91.817	1057.413	97.344
93.789	1057.411	97.222
97.671	1057.411	97.182
104.173	1057.412	97.282
112.599	1057.416	97.581
120.008	1057.422	98.085
131.534	1057.432	98.832
188.659	1057.454	100.491
269.560	1057.499	104.004
341.171	1057.570	109.581
393.790	1057.660	116.860
381.366	1057.756	124.663
330.880	1057.837	131.462
279.185	1057.898	136.636
232.685	1057.940	140.230
197.300	1057.966	142.498
170.083	1057.980	143.752
148.867	1057.986	144.232
133.278	1057.985	144.135
121.823	1057.979	143.629
113.406	1057.970	142.837
104.788	1057.958	141.811
96.023	1057.943	140.556
87.150	1057.926	139.076
78.197	1057.906	137.378
71.618	1057.885	135.505
69.217	1057.862	133.562
69.886	1057.839	131.660

Fig. 5. Dimensjonerende flom dam Bygdin.



42BPMF	42BVSTPMF	42BPMFAV
200.000	1057.436	99.167
202.443	1057.472	101.939
207.899	1057.509	104.768
215.567	1057.546	107.726
224.861	1057.586	110.865
232.907	1057.627	114.190
238.820	1057.670	117.651
243.164	1057.714	121.193
246.357	1057.757	124.776
248.703	1057.800	128.368
250.426	1057.843	131.947
251.693	1057.884	135.495
252.624	1057.925	139.000
254.524	1057.966	142.470
257.137	1058.005	145.930
260.274	1058.045	149.399
265.011	1058.085	152.909
269.709	1058.125	156.483
274.377	1058.165	160.118
283.890	1058.207	163.891
310.342	1058.254	168.147
419.793	1058.323	174.501
578.069	1058.436	185.136
708.967	1058.596	200.501
796.636	1058.789	219.531
775.908	1058.987	239.626
687.692	1059.159	257.530
605.842	1059.294	271.979
537.183	1059.399	283.269
481.866	1059.477	291.894
436.354	1059.535	298.322
400.479	1059.577	302.966
371.685	1059.606	306.193
349.311	1059.625	308.308
331.654	1059.636	309.563
316.246	1059.641	310.125
302.492	1059.641	310.095
280.222	1059.634	309.364
251.693	1059.619	307.671
219.783	1059.594	304.873
185.388	1059.559	300.908
160.114	1059.514	295.964

Fig. 6. Påregnelig maksimal flom dam Bygdin.

5. VINSTEREN LOKALFELT

5.1 Feltdata

Vinsteren nedbørfelt er planimetrert på kart i målestokk 1:50000 (serie M711) til 161 km^2. Vinsterens areal ved naturlig vannstand er 28 km^2.

Effektiv sjøprosent for feltet (A_{SE}) er 17.7 % når en tar

magasin Vinsteren med i beregningen og 0.1 % når det ikke medtas.

Total høydeforskjell i feltet er ca 750 m.

Feltaksens lengde er 17.0 km.

Relieff-forholdet, H_L = H50/L, hvor H50 er høydeforskjell i meter mellom 25% og 75% passasjen på feltets hypsografiske kurve og L er feltaksens lengde, er 10.0 m/km. Hypsografisk kurve er gjengitt i figur 7.

Normalt spesifikt avløp (Qn) anslås til 25 $l/s \cdot km^2$ ut fra isohydatkart.

5.2 Dam Vinsteren

Regulerinsanlegget består i dag av 2 segmentluker (2 x 4 m x 3 m) med terskel på kote 1028.50, 7 nåleløp (7 x 8 m x 2 m) med terskel på kote 1029.50 og tappeløp med 2 dypluker (2 x 2 m x 2.5 m) med terskel på kote 1023.00. Lukene er elektrisk drevne. Da dammen skal bygges om, er avløpsfunksjonen valgt for å gi tilstrekkelig avløpskapasitet for en ny dam.

Reguleringshøydene er: HRV = 1031.50 - LRV = 1027.50.

Følgende avløpsfunksjon er benyttet:

$$Q = 45.80*(H - 1029.50)^{1.7380} \qquad H > 1029.50$$

Magasintabellen er gitt ved følgende punkter:

(1031.00, 88.60) (1031.50, 102.50) (1032.50, 130.80)

Her er første koordinat kotehøyde og den andre volum i mill. m^3.

5.3 Nedbør

Det norske meteorologiske institutt har i rapporten "Påregnelige ekstreme nedbørverdier for Bygdin og Vinsteren" utarbeidet påregnelige nedbørverdier for Vinsteren nedbørfelt. Dersom en baserer seg på sommermånedene juni, juli og august, kan følgende n-timers nedbørverdier og snøsmelting gi ekstremflom ved fullt magasin:

Antall timer	6	12	24	48	72	96	120	144
n timer/24 timer	.67	.81	1.00	1.23	1.37	1.52	1.65	1.78
M1000 (mm) (pkt)	90	110	135	165	185	205	225	240
PMP " "	170	205	255	315	350	390	420	455
Areal red. faktor	.89	.92	.94	.96	.96	.97	.97	.98
M1000	80	101	127	158	178	199	219	235
PMP	151	189	240	303	336	378	408	446
PMP + snøsmelt	160	207	275	373	441	518	583	656

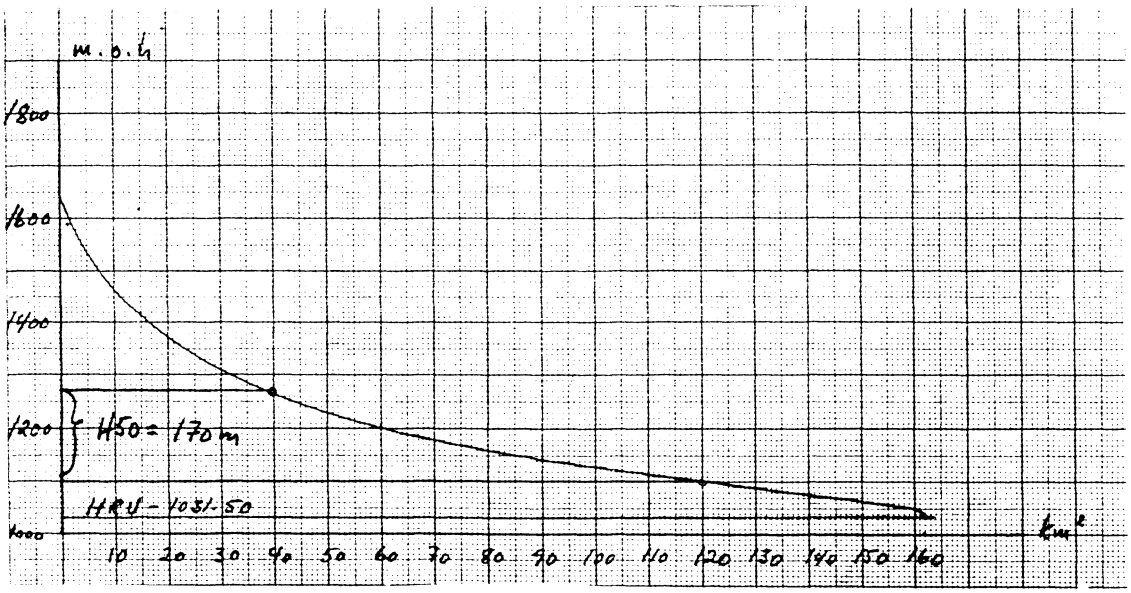


Fig. 7. Hypsografisk kurve for Vinsteren nedbørfelt.

5.4 Kalibrering av flommodell

Da det ikke finnes vannføringsdata for feltet som passer til kalibrering av flommodellen, er dette gjort ved å benytte regressjonsligninger hvor feltparametre inngår.
Resultatet av kalibreringen:

Øvre tømmekonstant : $K_1 = 0.078$ time^{-1}

Nedre tømmekonstant: $K_2 = 0.023$ time^{-1}

Terskelkonstant: T = 18.3 mm

Etter kalibrering ble det foretatt simulering (Vinsteren lokalfelt) av tilløpsflom med gjentaksintervall på 1000 år og påregnelig maksimal tilløpsflom. Resultatet ble:

Q1000 (tilløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	183 m^3/s
	Flomtopp:	221 m^3/s
PMF (tilløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	409 m^3/s
	Flomtopp:	479 m^3/s

Nedbørforløp og simulert tilløpsflom er vist i figur 8 og 9.

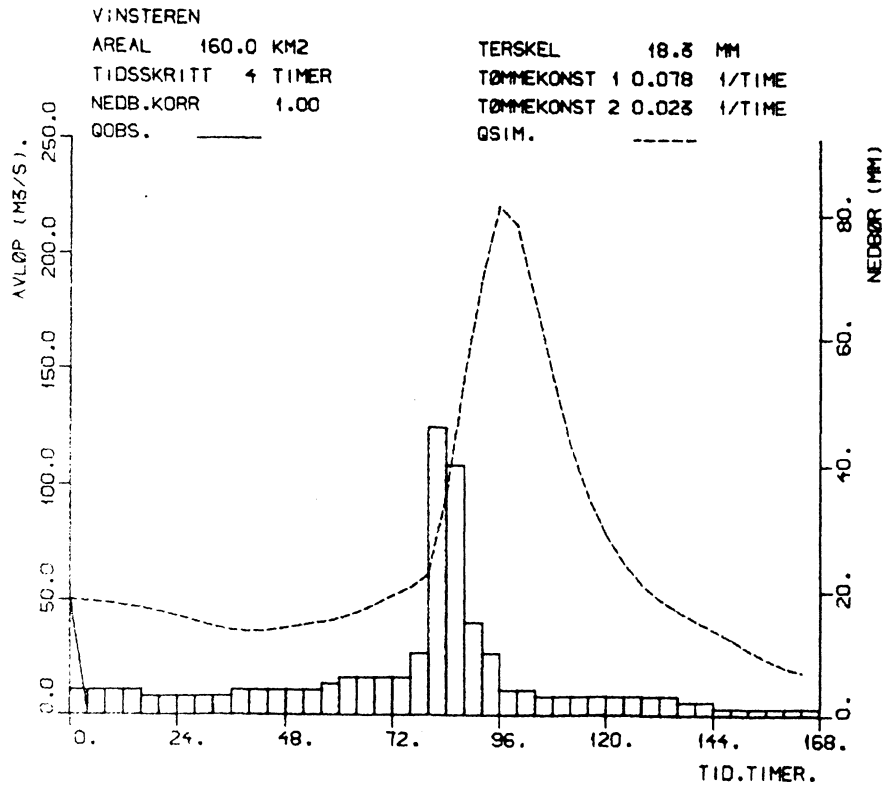


Fig. 8. Tilløpsflom med gjentaksintervall 1000 år.

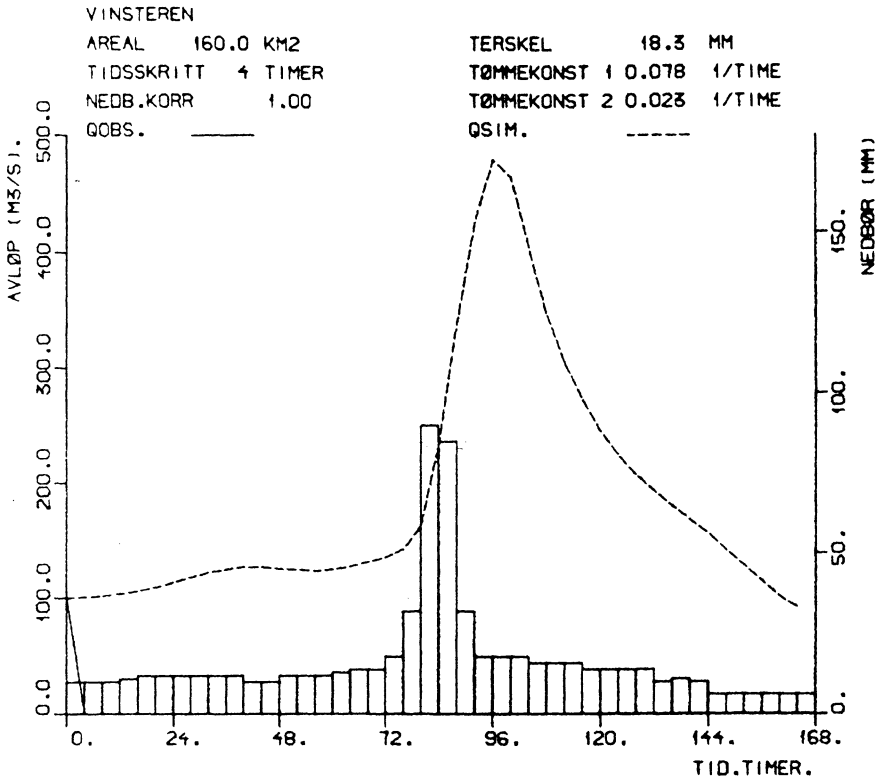


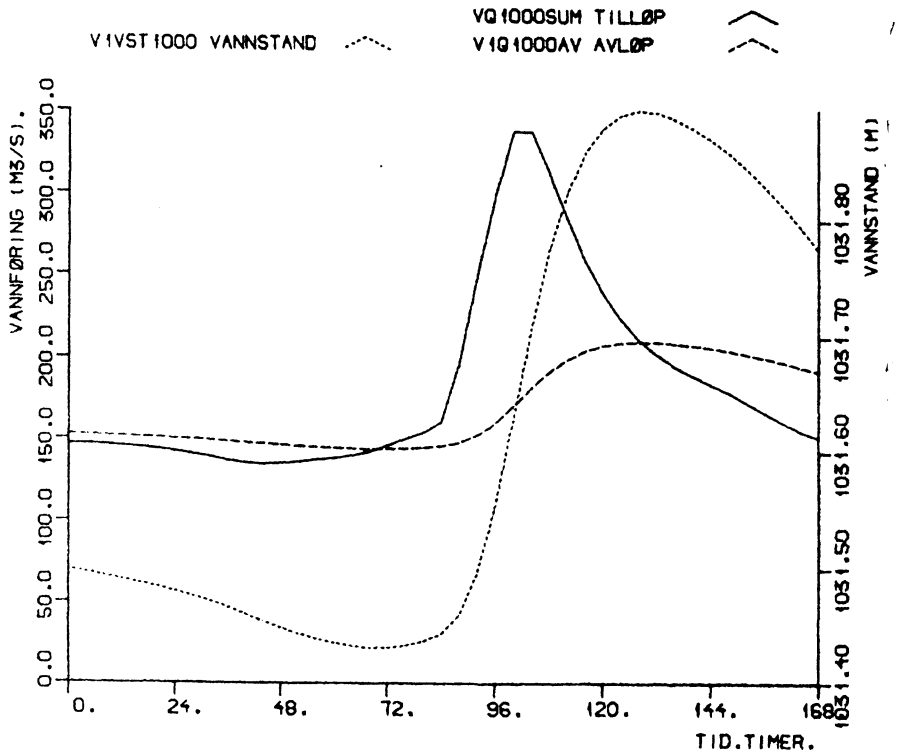
Fig. 9. Påregnelig maksimal tilløpsflom.

5.5 Routing gjennom magasinet

De simulerte tilløpsflommene ble lagt til avløpsflommmene fra Bygdin og routet gjennom Vinsteren.

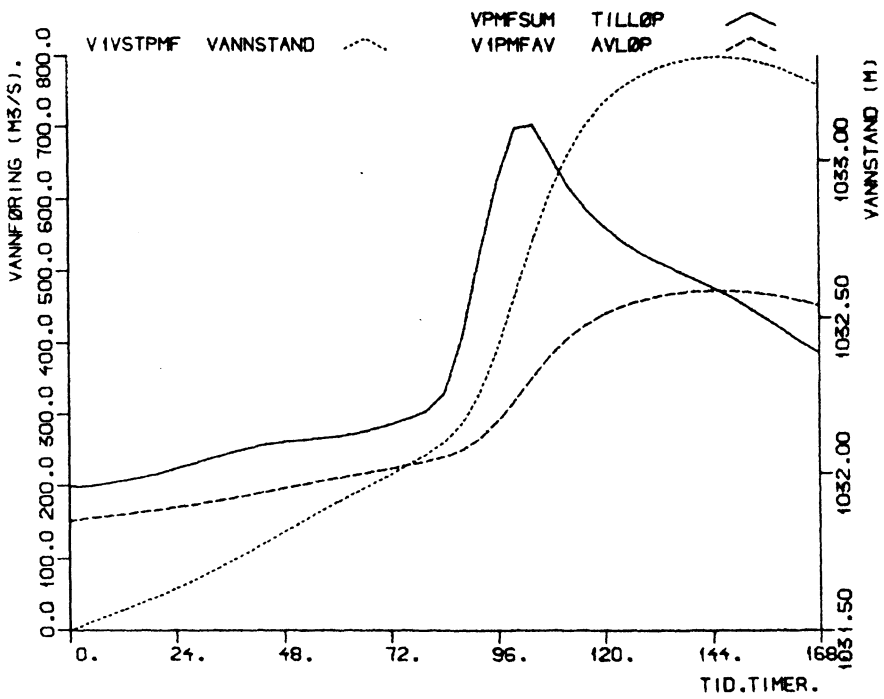
Resultatet av routingen med 4-timers verdier av vannføring og vannstander er gitt som plott i figur 10 og 11.

Q1000 (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	208	m^3/s
	Flomtopp:	209	m^3/s
	Flomstigning	0.40	m
PMF (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	472	m^3/s
	Flomtopp:	473	m^3/s
	Flomstigning	1.83	m



42VQ1000SUM	42V1VST1000	42V1Q1000AV
146.475	1031.497	152.371
146.150	1031.494	151.982
145.531	1031.491	151.588
144.709	1031.488	151.173
143.754	1031.485	150.728
142.388	1031.481	150.239
140.704	1031.477	149.683
138.752	1031.472	149.049
136.571	1031.466	148.324
134.935	1031.460	147.525
134.426	1031.454	146.711
134.743	1031.448	145.944
135.668	1031.443	145.266
137.036	1031.439	144.704
137.988	1031.435	144.252
139.412	1031.432	143.903
141.994	1031.431	143.702
145.502	1031.431	143.705
149.785	1031.433	143.952
153.950	1031.437	144.450
160.355	1031.443	145.250
195.948	1031.459	147.331
249.620	1031.495	152.147
298.610	1031.553	159.941
337.662	1031.629	170.263
337.436	1031.708	181.456
311.545	1031.776	191.249
283.857	1031.826	198.668
258.186	1031.861	203.775
238.292	1031.882	206.938
222.581	1031.893	208.618
210.645	1031.896	209.190
201.462	1031.895	208.966
194.306	1031.890	208.172
188.647	1031.882	206.979
183.314	1031.872	205.483
178.162	1031.860	203.725
172.341	1031.847	201.710
165.976	1031.831	199.415
159.960	1031.814	196.859
154.633	1031.795	194.098
150.619	1031.776	191.221

Fig. 10. Dimensjonerende flom dam Vinsteren.



42VPMFSUM	42V1VSTPMF	42V1PMFAV
199.167	1031.522	155.723
202.630	1031.544	158.614
206.654	1031.566	161.581
211.178	1031.588	164.656
216.898	1031.612	167.887
223.601	1031.636	171.341
231.024	1031.663	175.064
238.956	1031.691	179.085
246.496	1031.722	183.394
252.984	1031.753	187.930
258.683	1031.785	192.618
262.293	1031.817	197.349
264.354	1031.849	201.991
266.767	1031.879	206.503
269.453	1031.908	210.914
273.846	1031.936	215.299
280.266	1031.966	219.794
287.459	1031.996	224.495
295.234	1032.027	229.442
306.504	1032.061	234.775
330.399	1032.100	241.083
407.733	1032.160	250.858
523.197	1032.261	267.588
625.711	1032.405	292.238
698.094	1032.577	323.044
703.610	1032.753	355.755
660.941	1032.904	385.000
619.142	1033.022	408.458
587.777	1033.112	426.753
563.694	1033.180	440.937
543.205	1033.232	451.766
526.659	1033.270	459.836
512.890	1033.298	465.686
501.075	1033.317	469.732
489.156	1033.328	472.226
477.842	1033.334	473.336
466.142	1033.333	473.203
450.911	1033.326	471.759
435.627	1033.313	468.962
419.158	1033.294	464.891
402.209	1033.269	459.603
387.762	1033.239	453.329

Fig. 11. Påregnelig maksimal flom dam Vinsteren.

6. KALDFJORD LOKALFELT

6.1 Feltdata

Kaldfjord nedbørfelt er planimetrert på kart i målestokk 1:50000 (serie M711) til 103 km^2. Det totale magasinareal er ca 19 km^2.

Effektiv sjøprosent for feltet (A_{SE}) er 18.5 % når en tar

magasin Kaldfjord med i beregningen og 0.1 % når det ikke medtas.

Total høydeforskjell i feltet er ca 760 m.

Feltaksens lengde er 15.5 km.

Relieff-forholdet, H_L = H50/L, hvor H50 er høydeforskjell i meter mellom 25% og 75% passasjen på feltets hypsografiske kurve og L er feltaksens lengde, er 7.7 m/km. Hypsografisk kurve er gjengitt i figur 12.

Normalt spesifikt avløp (Qn) anslås til 24 $l/s \cdot km^2$ ut fra isohydatkart.

6.2 Dam Kaldfjord

Regulerinsanlegget består av 2 segmentluker (2 x 6 m x 3.3 m) med terskel på kote 1016.00, fast overløp (15 x 4.5 m) med terskel på kote 1019.00 og tappeløp med 2 dypluker (2 x 2.5 m x 2.5 m) med terskel på kote 1010.00. De siste er elektrisk drevne. Under flomberegningen har en regnet med at segmentlukene lar seg manøvrere under en Q1000-flom, men ikke under en PMF-situasjon.

Reguleringshøydene er: HRV = 1019.00 - LRV = 1013.10.

Følgende avløpsfunksjoner er benyttet:

$$Q = 15.200(H - 1017.00)^{2.7915} \quad H > 1017.00$$
$$Q = 260.00(H - 1019.00)^{2.0000} \quad H > 1019.00$$

Magasintabellen er gitt ved følgende punkter:

(1018.00, 57.00) (1019.00, 75.70) (1020.00, 95.70)

Her er første koordinat kotehøyde og den andre volum i mill. m^3.

6.3 Nedbør

Det norske meteorologiske institutt har i rapporten "Vinstravassdraget (Oppland) Påregnelige ekstreme nedbørverdier" utarbeidet nedbørverdier for feltet.
Dersom en baserer seg på sommermånedene juni, juli og august, kan følgende n-timers nedbørverdier gi ekstremflom ved fullt magasin:

Antall timer	6	12	24	48	72	96	120	144
n timer/24 timer	.69	.84	1.00	1.21	1.32	1.45	1.56	1.67
M1000 (mm) (pkt)	70	90	105	125	140	155	165	175
PMP " "	140	170	205	250	275	300	320	340
Areal red. faktor	.90	.92	.94	.96	.97	.97	.97	.98
M1000	63	83	99	120	136	150	160	171
PMP	126	166	193	240	267	291	310	333

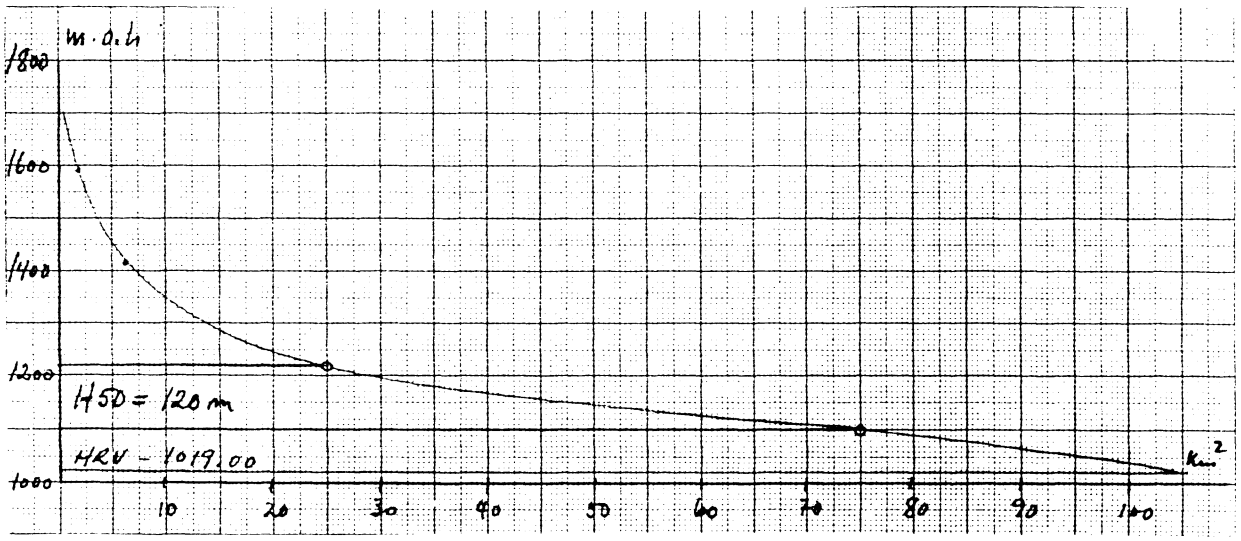


Fig. 12. Hypsografisk kurve for Kaldfjord nedbørfelt.

6.4 Kalibrering av flommodell

Da det ikke finnes vannføringsdata for feltet som passer til kalibrering av flommodellen, er dette gjort ved å benytte regressjonsligninger hvor feltparametre inngår.
Resultatet av kalibreringen:

Øvre tømmekonstant : $K_1 = 0.072$ time^{-1}

Nedre tømmekonstant: $K_2 = 0.023$ time^{-1}

Terskelkonstant: T = 19.0 mm.

Etter kalibrering ble det foretatt simulering (Kaldfjord lokalfelt) av tilløpsflom med gjentaksintervall på 1000 år og påregnelig maksimal tilløpsflom. Resultatet ble:

Q1000 (tilløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	72 m^3/s
	Flomtopp:	88 m^3/s
PMF (tilløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	141 m^3/s
	Flomtopp:	169 m^3/s

Nedbørforløp og simulert tilløpsflom er vist i figur 13 og 14.

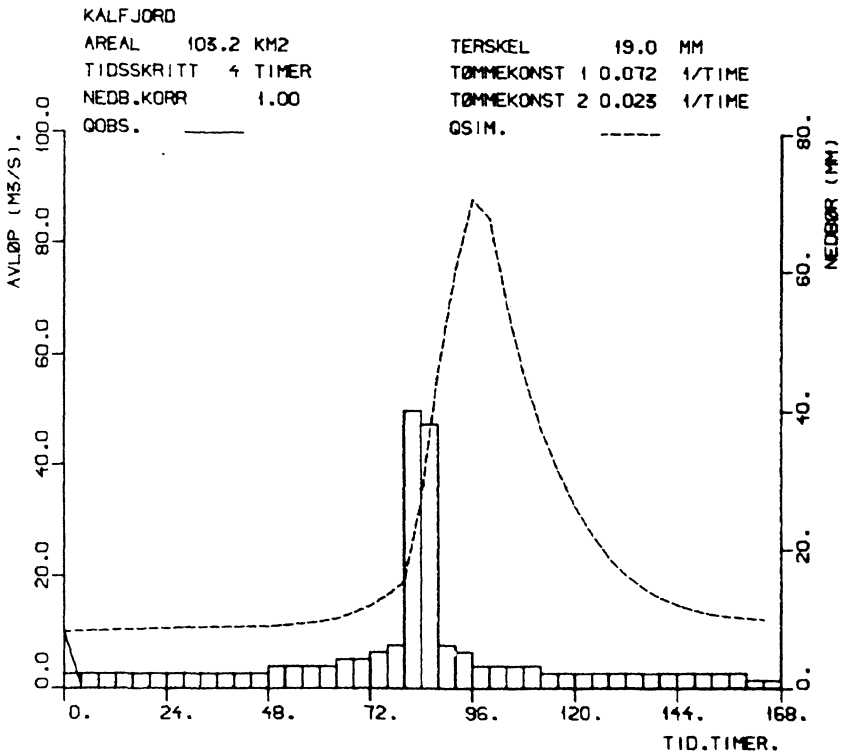


Fig. 13. Tilløpsflom med gjentaksintervall 1000 år.

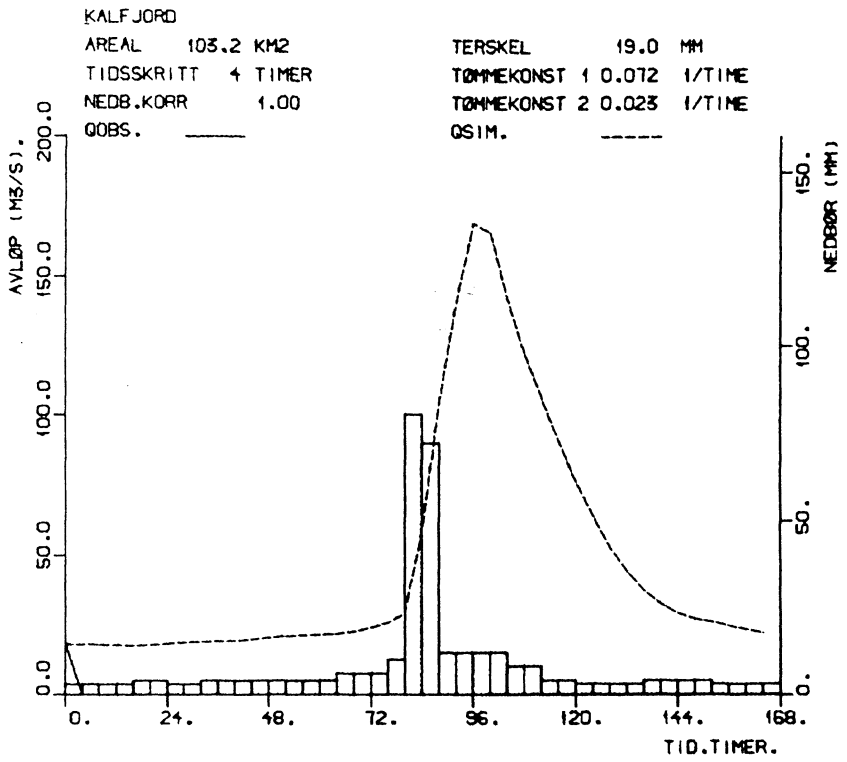


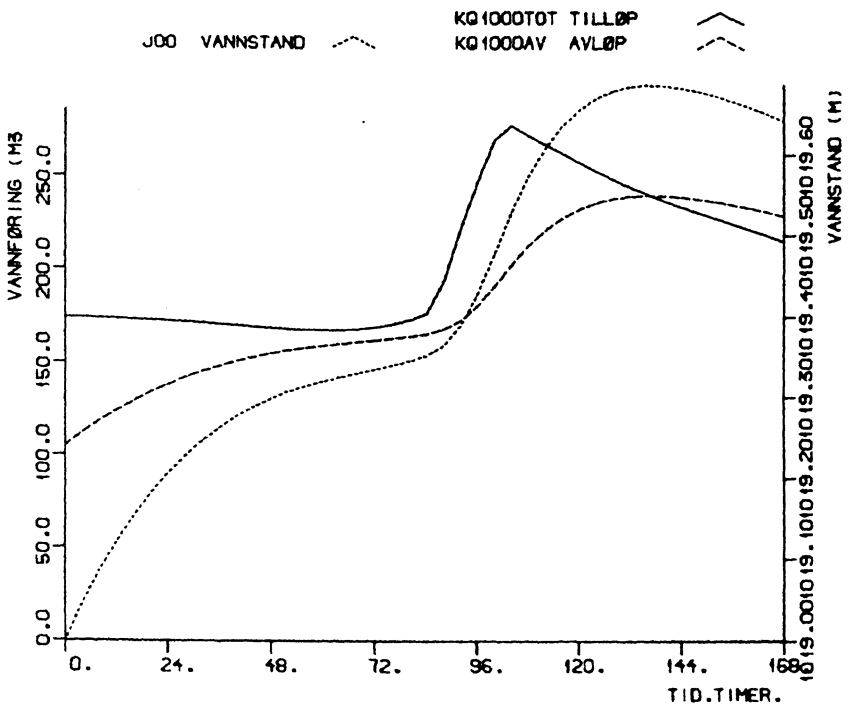
Fig. 14. Påregnelig maksimal tilløpsflom.

6.5 Routing gjennom magasinet

De simulerte tilløpsflommene ble lagt til avløpsflommmene fra Vinsteren og routet gjennom Kaldfjordmagasinet.

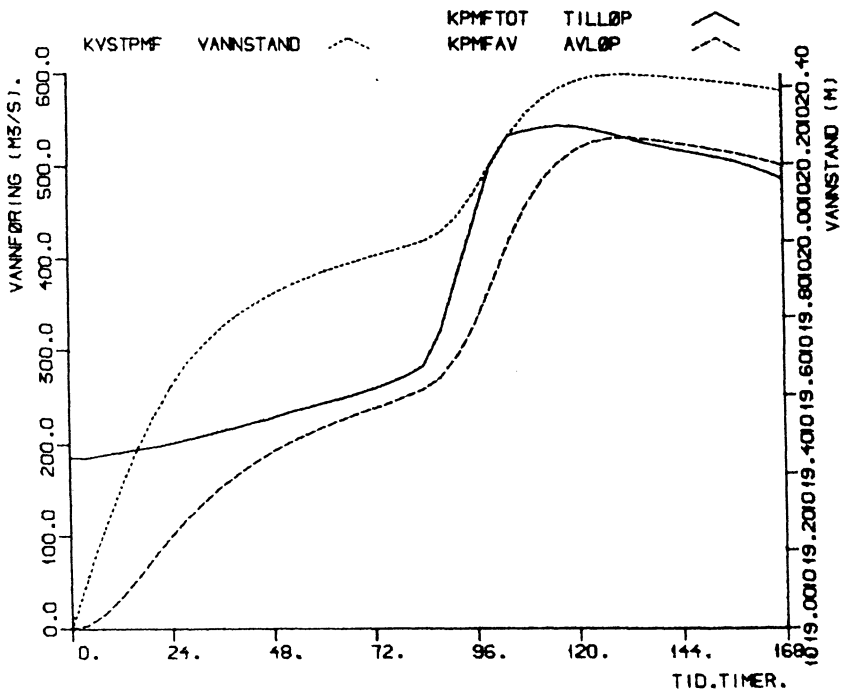
Resultatet av routingen med 4-timers verdier av vannføring og vannstander er gitt som plott i figur 15 og 16.

Q1000 (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	239 m^3/s
	Flomtopp:	240 m^3/s
	Flomstigning	0.69 m
PMF (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	529 m^3/s
	Flomtopp:	532 m^3/s
	Flomstigning	1.43 m



42KQ1000TOT	42KVST1000	42KQ1000A\
174.371	1019.045	111.970
174.017	1019.085	118.237
173.691	1019.121	124.006
173.372	1019.153	129.277
173.049	1019.181	134.057
172.671	1019.206	138.362
172.214	1019.228	142.208
171.669	1019.247	145.612
171.024	1019.263	148.595
170.296	1019.277	151.180
169.546	1019.289	153.395
168.836	1019.299	155.277
168.208	1019.307	156.864
167.816	1019.315	158.208
167.644	1019.321	159.360
167.674	1019.326	160.369
168.065	1019.331	161.283
169.085	1019.335	162.175
170.644	1019.340	163.118
173.012	1019.345	164.191
176.315	1019.352	165.485
193.129	1019.364	167.878
221.221	1019.389	172.826
246.847	1019.427	180.694
270.202	1019.476	190.982
277.962	1019.528	202.317
272.602	1019.573	212.568
267.577	1019.608	220.847
262.630	1019.635	227.334
257.893	1019.656	232.228
253.289	1019.670	235.735
248.788	1019.679	238.047
244.400	1019.685	239.344
240.481	1019.686	239.815
236.942	1019.686	239.647
233.684	1019.683	238.989
230.602	1019.679	237.950
227.592	1019.673	236.611
224.607	1019.667	235.027
221.606	1019.660	233.237
218.582	1019.652	231.272
215.451	1019.643	229.151

Fig. 15. Dimensjonerende flom dam Kaldfjord.



42KPMFTOT	42KVSTPMF	42KPMFAV
185.723	1019.131	4.430
188.551	1019.253	16.677
191.405	1019.365	34.656
194.330	1019.464	55.906
197.379	1019.548	78.198
201.052	1019.620	99.916
205.295	1019.680	120.122
209.700	1019.729	138.360
214.291	1019.771	154.507
219.030	1019.805	168.669
223.863	1019.835	181.066
229.057	1019.859	191.994
234.401	1019.881	201.758
239.432	1019.900	210.548
244.227	1019.917	218.486
248.894	1019.932	225.703
253.596	1019.945	232.345
259.161	1019.958	238.659
265.467	1019.971	244.934
272.530	1019.983	251.378
282.275	1019.997	258.417
321.228	1020.020	270.292
383.776	1020.062	293.346
444.988	1020.124	328.496
503.985	1020.197	372.719
533.432	1020.269	418.834
538.488	1020.326	457.131
542.351	1020.366	485.038
544.496	1020.394	504.925
543.670	1020.412	518.409
540.344	1020.423	526.591
535.990	1020.429	530.620
530.715	1020.430	531.572
526.054	1020.428	530.461
521.655	1020.425	528.161
517.951	1020.421	525.255
514.562	1020.417	522.133
511.031	1020.413	518.900
507.023	1020.408	515.488
501.682	1020.403	511.649
495.081	1020.397	507.087
487.461	1020.389	501.666

Fig. 16. Påregnelig maksimal flom dam Kaldfjord.

7. ØYANGEN LOKALFELT

7.1 Feltdata

Øyangen nedbørfelt er planimetrert på kart i målestokk 1:50000 (serie M711) til 44 km^2. Det totale magasinareal er ca 4.3 km^2.

Effektiv sjøprosent for feltet (A_{SE}) er 9.8 % når en tar

magasin Øyangen med i beregningen og 0.01 % når det ikke medtas.

Total høydeforskjell i feltet er ca 591 m.

Feltaksens lengde er 10.0 km.

Relieff-forholdet, H_L = H50/L, hvor H50 er høydeforskjell i meter mellom 25% og 75% passasjen på feltets hypsografiske kurve og L er feltaksens lengde, er 8.5 m/km. Hypsografisk kurve er gjengitt i figur 17.

Normalt spesifikt avløp (Qn) anslås til 24 $l/s \cdot km^2$ ut fra isohydatkart.

7.2 Dam Øyangen

Regulerinsanlegget består av en betongdam som er utformet som en hestesko. Terskelen er 51 m lang og og ligger på kote 998.00. En overføringstunnel fra Kaldfjord har kapasitet på 50 m^3. Øyangen er inntaksmagasin for Øvre Vinstra kraftverk. Under flomberegningen har en regnet med at overføringstunnelen fra kalfjord er åpen og at krafverket står (ingen tapping).

Reguleringshøydene er: HRV = 998.00 - LRV = 996.00.

Følgende avløpsfunksjon er benyttet:

$$Q = 100(H - 998.00)^{1.5} \qquad H > 998.00$$

Magasintabellen er gitt ved følgende punkter:

(998.00, 7.90) (999.00, 12.20)

Her er første koordinat kotehøyde og den andre volum i mill. m^3.

7.3 Nedbør

Det norske meteorologiske institutt har i rapporten "Vinstravassdraget (Oppland) Påregnelige ekstreme nedbørverdier" utarbeidet nedbørverdier for feltet.
Dersom en baserer seg på sommermånedene juni, juli og august, kan følgende n-timers nedbørverdier gi ekstremflom ved fullt magasin:

Antall timer	6	12	24	48	72	96	120	144
n timer/24 timer	.69	.84	1.00	1.21	1.32	1.45	1.56	1.67
M1000 (mm) (pkt)	70	90	105	125	140	155	165	175
PMP " "	140	170	205	250	275	300	320	340
Areal red. faktor	.90	.92	.94	.96	.97	.97	.97	.98
M1000	63	83	99	120	136	150	160	171
PMP	126	166	193	240	267	291	310	333

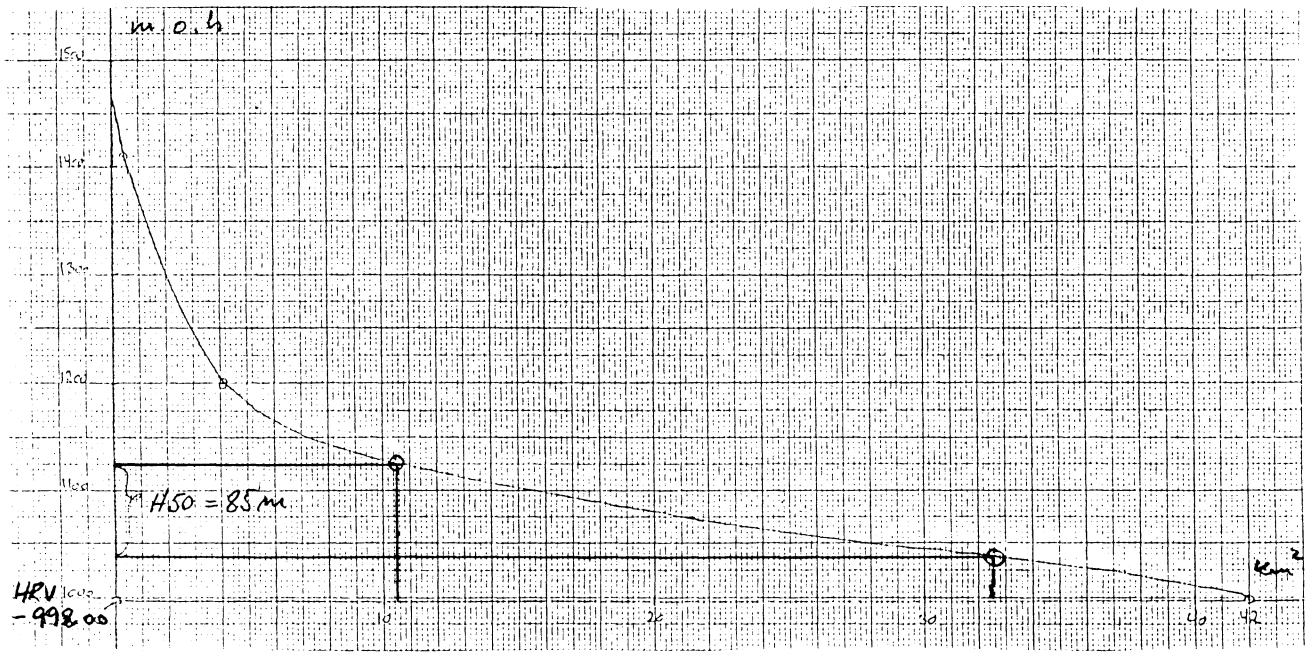


Fig. 17. Hypsografisk kurve for Øyangen nedbørfelt.

7.4 Kalibrering av flommodell

Da det ikke finnes vannføringsdata for feltet som passer til kalibrering av flommodellen, er dette gjort ved å benytte regressjonsligninger hvor feltparametre inngår.
Resultatet av kalibreringen:

Øvre tømmekonstant : $K_1 = 0.113$ time^{-1}

Nedre tømmekonstant: $K_2 = 0.031$ time^{-1}

Terskelkonstant: T = 14.0 mm.

Etter kalibrering ble det foretatt simulering (Øyangen lokalfelt) av tilløpsflom med gjentaksintervall på 1000 år og påregnelig maksimal tilløpsflom. Resultatet ble:

Q1000 (tilløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	42 m^3/s
	Flomtopp:	54 m^3/s
PMF (tilløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	83 m^3/s
	Flomtopp:	106 m^3/s

Nedbørforløp og simulert tilløpsflom er vist i figur 18 og 19.

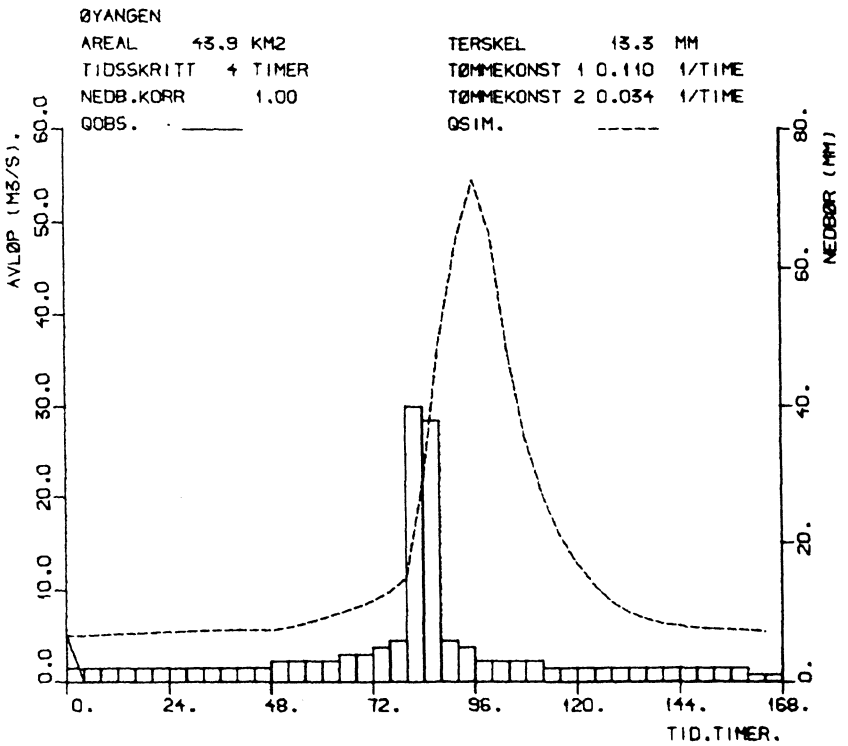


Fig. 18. Tilløpsflom med gjentaksintervall 1000 år.

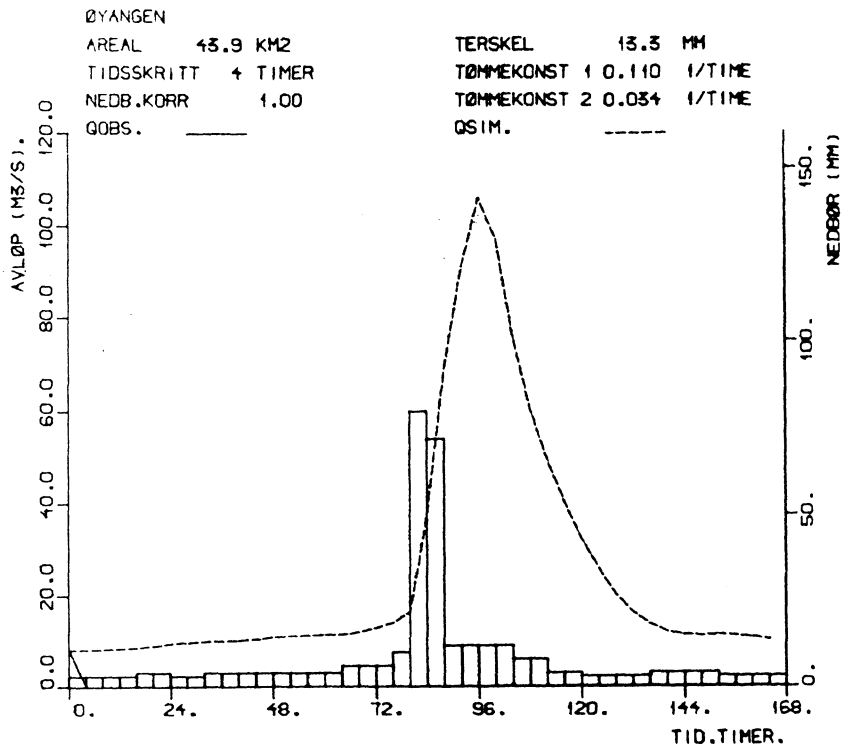


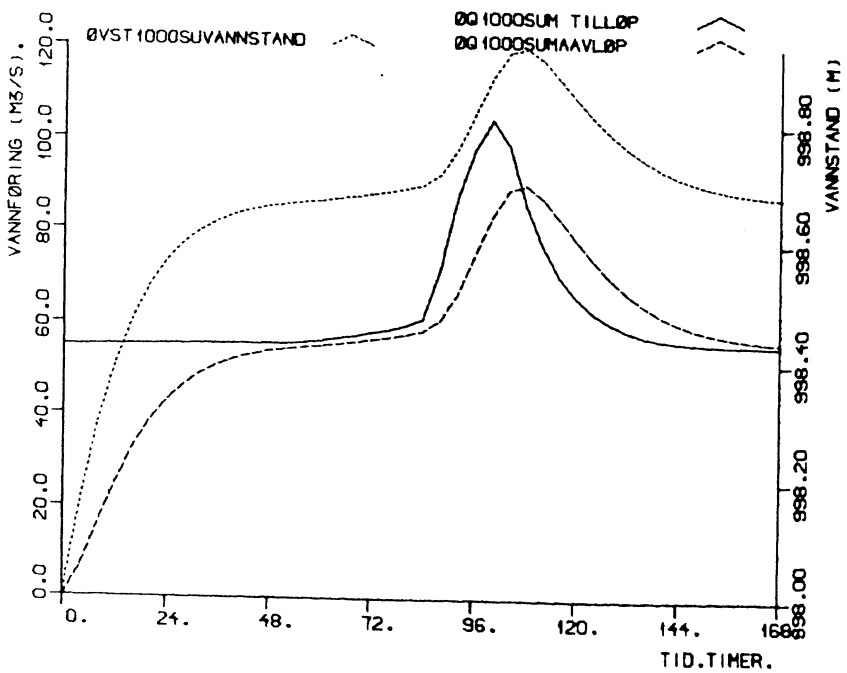
Fig. 19. Påregnelig maksimal tilløpsflom.

7.5 Routing gjennom magasinet

De simulerte tilløpsflommene ble lagt til overføring 50 m^3 fra Kaldfjord og routet gjennom Øyangenmagasinet.

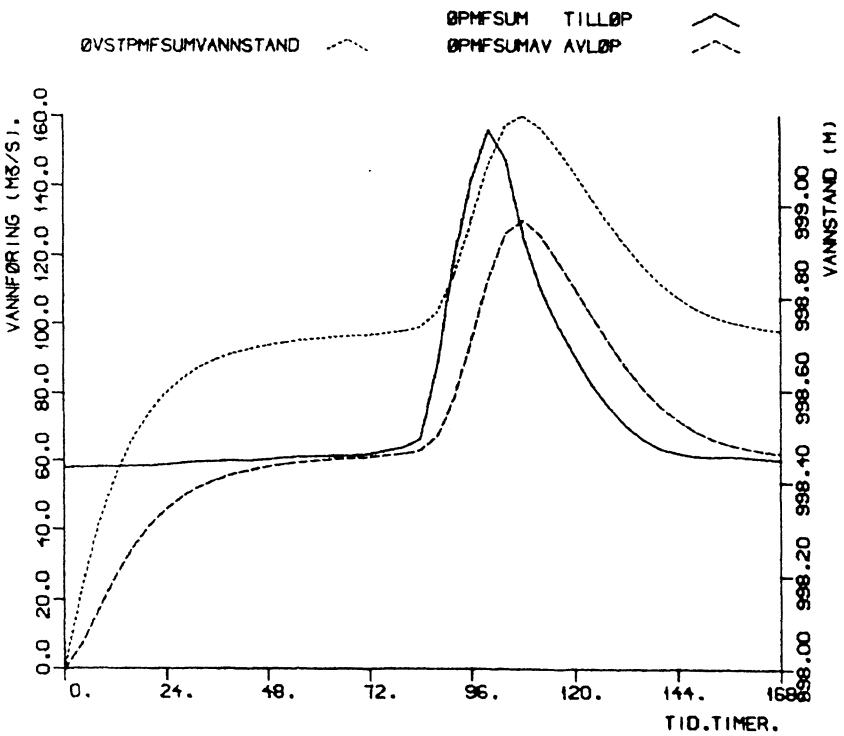
Resultatet av routingen med 4-timers verdier av vannføring og vannstander er gitt som plott i figur 20 og 21.

Q1000 (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	85 m^3/s
	Flomtopp:	90 m^3/s
	Flomstigning	0.93 m
PMF (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	121 m^3/s
	Flomtopp:	130 m^3/s
	Flomstigning	1.19 m



42ØQ1000SUM	42ØVST1000SU	42ØQ1000SUMA
55.000	998.162	6.538
55.034	998.293	15.887
55.097	998.395	24.797
55.186	998.471	32.333
55.296	998.528	38.334
55.384	998.569	42.945
55.451	998.599	46.405
55.508	998.621	48.962
55.553	998.637	50.834
55.589	998.648	52.194
55.620	998.656	53.178
55.636	998.662	53.888
55.642	998.666	54.397
55.908	998.670	54.798
56.341	998.673	55.185
56.882	998.676	55.601
57.491	998.680	56.065
58.144	998.684	56.579
58.824	998.689	57.139
59.787	998.694	57.777
61.196	998.700	58.579
71.647	998.719	60.911
87.477	998.762	66.539
97.956	998.823	74.627
104.459	998.884	83.051
98.847	998.926	89.065
85.879	998.933	90.141
76.722	998.913	87.263
70.286	998.882	82.827
65.873	998.848	78.131
62.762	998.817	73.790
60.490	998.788	70.015
58.758	998.764	66.827
57.639	998.744	64.206
56.916	998.728	62.119
56.447	998.715	60.493
56.142	998.705	59.244
55.943	998.698	58.296
55.812	998.692	57.582
55.725	998.688	57.048
55.666	998.685	56.651
55.532	998.682	56.342

Fig. 20. Dimensjonerende flom dam Øyangen.



42ØPMFSUM	42ØVSTPMFSUM	42ØPMFSUMAV
58.000	998.171	7.048
58.072	998.308	17.076
58.189	998.413	26.584
58.334	998.493	34.586
58.494	998.551	40.931
58.859	998.594	45.819
59.357	998.626	49.564
59.672	998.650	52.413
59.869	998.668	54.544
59.988	998.680	56.116
60.059	998.690	57.264
60.366	998.697	58.133
60.825	998.702	58.862
61.116	998.707	59.487
61.298	998.711	59.998
61.410	998.715	60.402
61.478	998.717	60.713
62.048	998.719	61.026
62.941	998.723	61.465
64.043	998.728	62.073
66.342	998.735	63.010
87.606	998.768	67.246
119.130	998.851	78.487
141.076	998.968	95.202
155.793	999.086	113.157
147.127	999.170	126.481
125.354	999.191	129.926
110.248	999.164	125.649
99.435	999.119	118.381
90.313	999.067	110.286
82.281	999.014	102.158
75.762	998.963	94.452
70.217	998.914	87.427
66.374	998.871	81.269
63.627	998.834	76.115
62.120	998.803	71.978
61.411	998.780	68.824
61.216	998.762	66.525
61.352	998.750	64.932
61.171	998.741	63.822
60.785	998.735	62.964
60.268	998.729	62.232

Fig. 21. Påregnelig maksimal flom dam Øyangen.

8. TOTALFELT

Ved beregning av flommene ved den nederste dam, Olstappen, må det tas hensyn til totalfeltets størrelse ved arealskalering.

En gikk derfor ved beregningen tilbake til øverste dam (Bygdin) og gjenntok alle beregningene med nedbørverdier arealskalert etter feltstørrelse på 1300 km^2.

Det ble nå antatt at overføringstunnelen fra Heimdalsvann er stengt. Det samme blir antatt for tunnelene til og fra Øyangen.

Ut fra dette ble det beregnet nye avløpsserier fra Kaldfjord og Øyangen. Resultatet ble:

Kaldfjordmagasinet:

Q1000 (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	189 m^3/s
	Flomtopp:	189 m^3/s
	Flomstigning	0.47 m
PMF (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	407 m^3/s
	Flomtopp:	408 m^3/s
	Flomstigning	1.25 m

Øyangenmagasinet:

Q1000 (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	28 m^3/s
	Flomtopp:	31 m^3/s
	Flomstigning	0.46 m
PMF (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	61 m^3/s
	Flomtopp:	67 m^3/s
	Flomstigning	0.77 m

9. OLSTAPPEN LOKALFELT

9.1 Feltdata

Olstappen nedbørfelt er planimetrert på kart i målestokk 1:50000 (serie M711) til 688 km^2 (inklusivt Heimdalsvatnet). Magasinarealet for Olstappen er 3.3 km^2.

Effektiv sjøprosent for feltet (A_{SE}) er 1.0 % når en tar

magasin Olstappen i beregningen og 0.5 % når det ikke medtas.

Total høydeforskjell i feltet er ca 1180 m.

Feltaksens lengde er 34.0 km.

Relieff-forholdet, H_L = H50/L, hvor H50 er høydeforskjell i meter mellom 25% og 75% passasjen på feltets hypsografiske kurve og L er feltaksens lengde, er 8.8 m/km. Hypsografisk kurve er gjengitt i figur 22.

Normalt spesifikt avløp (Qn) anslås til 22 $l/s \cdot km^2$ ut fra isohydatkart.

9.2 Dam Olstappen

Regulerinsdammen består av en 140m lang betongdam. 45 m av denne kan betraktes som fast overløp med terskel på kote 668.20. Dammen har en sektorluke (9.00m x 5.20m) og en segmentluke (10.00m x 5.50m), begge med terskel på kote 663.00. Disse avløpsorganene regnes å være manøvrerbare i flomsituasjoner. Et bunnløp med diameter 1.20m regnes stengt.

Reguleringshøydene er: HRV = 668.00 - LRV = 663.00.

Følgende avløpsfunksjoner er benyttet:

$$Q = 31.519*(H - 663.00)^{1.4997} \quad H>663.00$$

$$Q = 10.390*(H - 663.30)^{2.2468} \quad H>668.20$$

Magasintabellen er gitt ved følgende punkter:

(667.00, 27.90) (668.00, 31.10) (669.00, 35.40)

Her er første koordinat kotehøyde og den andre volum i mill. m^3.

9.3 Nedbør

Det norske meteorologiske institutt har i rapporten "Vinstravassdraget (Oppland) Påregnelige ekstreme nedbørverdier" utarbeidet nedbørverdier for feltet.
Dersom en baserer seg på sommermånedene juni, juli og august, kan følgende n-timers nedbørverdier gi ekstremflom ved fullt magasin:

Antall timer	6	12	24	48	72	96	120	144
n timer/24 timer	.67	.82	1.00	1.20	1.32	1.45	1.56	1.67
M1000 (mm) (pkt)	80	97	118	142	156	171	184	198
PMP " "	151	186	224	268	296	325	350	374
Areal red. faktor	.85	.89	.91	.92	.93	.94	.95	.96
M1000	68	86	108	131	145	160	175	190
PMP	128	166	204	246	275	305	333	359

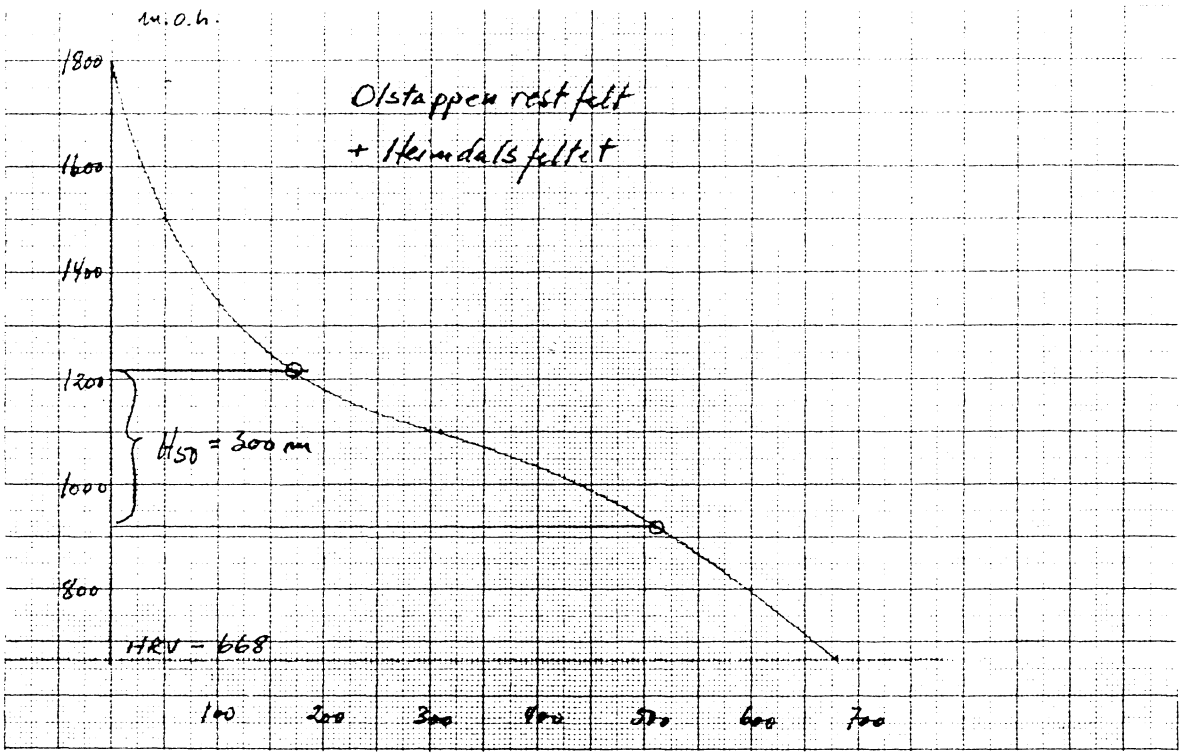


Fig. 22. Hypsografisk kurve for Olstappen nedbørfelt.

9.4 Kalibrering av flommodell

Da det ikke finnes vannføringsdata for feltet som passer til kalibrering av flommodellen, er dette gjort ved å benytte regressjonsligninger hvor feltparametre inngår.
Resultatet av kalibreringen:

Øvre tømmekonstant : $K_1 = 0.048$ time^{-1}

Nedre tømmekonstant: $K_2 = 0.017$ time^{-1}

Terskelkonstant: T = 24 mm.

Etter kalibrering ble det foretatt simulering (Olstappen lokalfelt) av tilløpsflom med gjentaksintervall på 1000 år og påregnelig maksimal tilløpsflom. Resultatet ble:

Q1000 (tilløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	480 m^3/s
	Flomtopp:	534 m^3/s
PMF (tilløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	931 m^3/s
	Flomtopp:	1049 m^3/s

Nedbørforløp og simulert tilløpsflom er vist i figur 23 og 24.

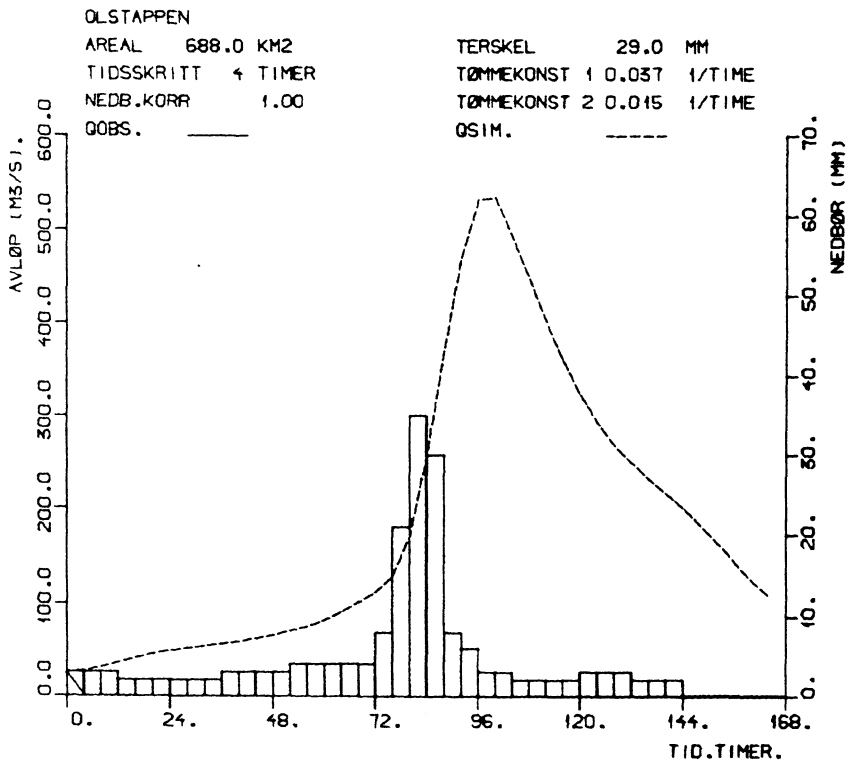


Fig. 23. Tilløpsflom med gjentaksintervall 1000 år.

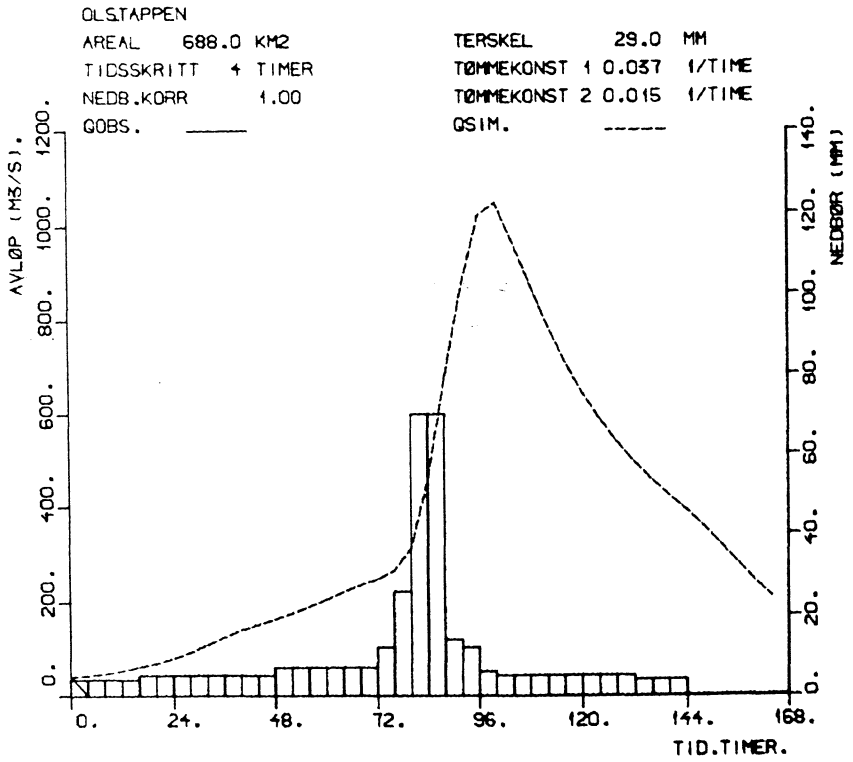


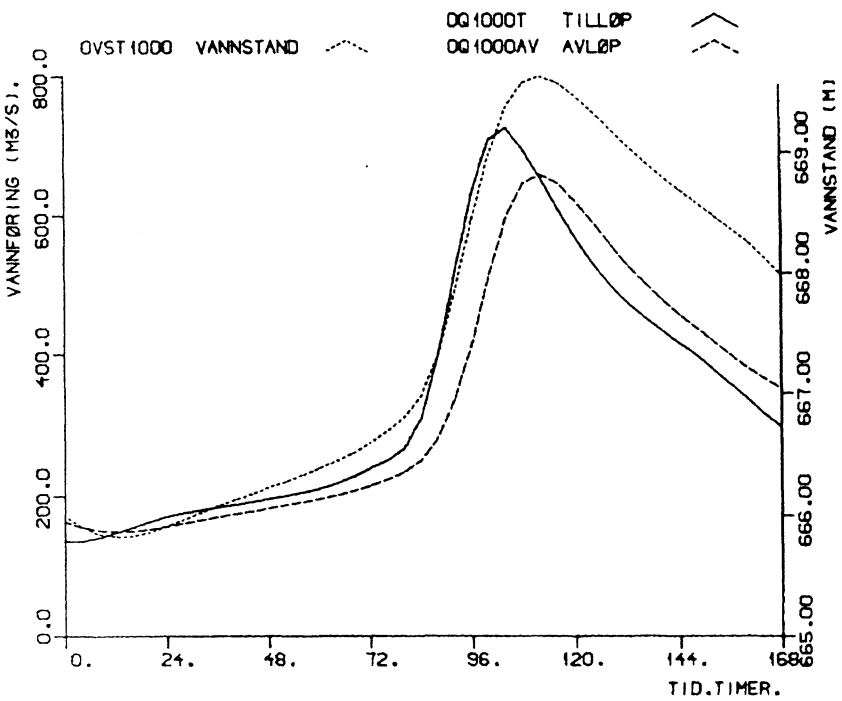
Fig. 24. Påregnelig maksimal tilløpsflom.

9.5 Routing gjennom magasinet

De simulerte tilløpsflommene ble lagt til avløpene fra Øyangen og Kaldfjord og routet gjennom Olstappenmagasinet.

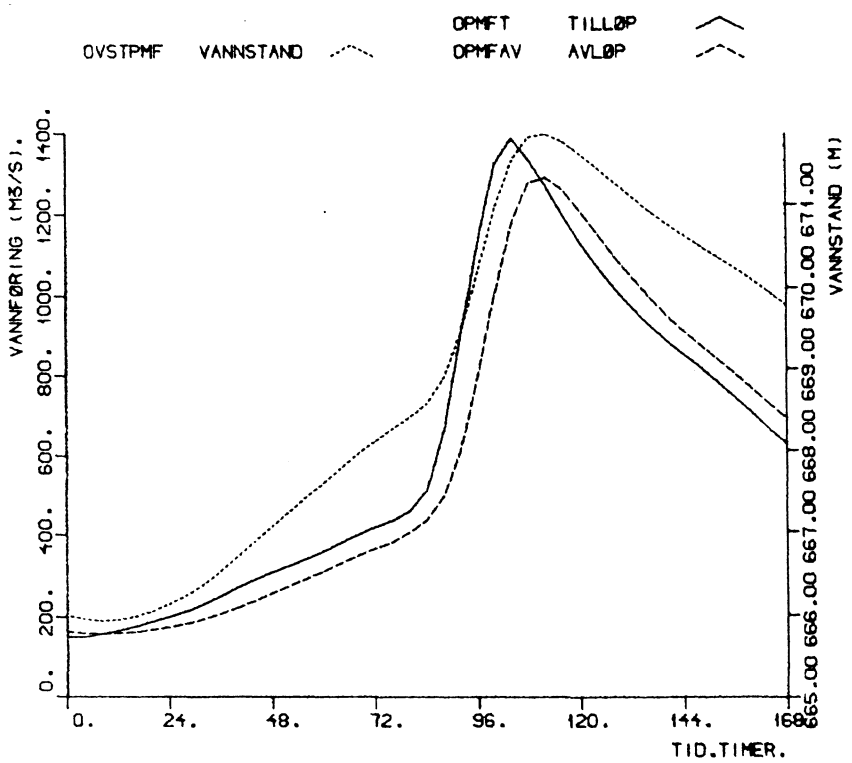
Resultatet av routingen med 4-timers verdier av vannføring og vannstander er gitt som plott i figur 25 og 26.

Q1000 (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	626 m^3/s
	" 2døgnmiddel:	560 m^3/s
	Flomtopp:	658 m^3/s
	Flomstigning	1.64 m
PMF (avløpsflom);	Høyeste døgnmiddel:	1230 m^3/s
	Flomtopp:	1290 m^3/s
	Flomstigning	3.85 m



420Q1000T	420VST1000	420Q1000AV
134.864	665.905	156.001
140.732	665.845	151.177
147.634	665.822	149.334
155.538	665.829	149.927
163.739	665.861	152.490
170.552	665.910	156.379
176.084	665.965	160.904
180.430	666.023	165.571
184.365	666.078	170.128
187.931	666.130	174.494
191.841	666.180	178.714
196.086	666.230	182.918
200.659	666.280	187.203
205.562	666.332	191.639
210.808	666.386	196.278
218.194	666.444	201.419
227.585	666.514	207.516
238.677	666.596	214.846
250.534	666.691	223.438
267.610	666.805	233.829
309.906	666.979	250.060
398.055	667.305	281.446
520.573	667.855	337.065
631.813	668.443	411.732
708.399	668.970	512.671
724.857	669.370	597.376
693.273	669.583	645.488
653.063	669.635	657.592
609.740	669.585	646.138
569.328	669.478	621.600
531.905	669.342	591.256
500.524	669.196	559.711
474.481	669.054	529.890
453.161	668.923	503.077
434.432	668.804	479.416
416.404	668.694	458.198
399.016	668.590	438.655
379.188	668.488	419.759
358.864	668.381	400.713
338.117	668.271	381.432
317.002	668.139	367.013
298.574	667.991	351.283

Fig. 25. Dimensjonerende flom dam Olstappen.



420PMFT	420VSTPMF	420PMFAV
150.318	665.956	160.125
157.244	665.935	158.429
165.856	665.945	159.263
176.104	665.984	162.403
187.965	666.048	167.698
199.945	666.134	174.843
214.495	666.240	183.752
231.775	666.368	194.730
251.271	666.519	207.969
271.848	666.691	223.381
290.809	666.875	240.334
307.802	667.061	257.880
323.157	667.242	275.291
340.321	667.418	292.605
358.999	667.595	310.349
378.932	667.776	328.823
399.919	667.962	348.175
418.689	668.120	364.966
435.711	668.272	381.653
459.372	668.411	406.039
511.606	668.577	436.134
663.501	668.885	495.486
908.416	669.454	616.116
1137.150	670.206	798.262
1324.506	670.957	1006.610
1388.761	671.532	1184.705
1335.342	671.814	1277.841
1269.023	671.853	1290.767
1197.028	671.762	1260.159
1130.834	671.609	1209.581
1071.449	671.434	1153.250
1018.193	671.257	1097.653
970.547	671.086	1045.399
928.159	670.925	997.444
889.164	670.775	953.681
853.437	670.633	913.576
820.804	670.500	876.800
784.710	670.370	841.606
747.230	670.236	806.094
708.367	670.095	769.815
668.025	669.947	732.534
632.423	669.795	695.512

Fig. 26. Påregnelig maksimal flom dam Olstappen.

10. FREKVENSANALYSE

Det er gjort frekvensanalyse på vannføringer registrert ved Olstappen vannmerke 1908 - 1954.

Resultatet fra analysen for flommer med gjentaksintervall på 1000 år:

Periode: jan.- des.:	1-døgnmiddel:	Gumbel:	590 m^3/s
		Lognorm:	610 "
	2-døgnmiddel:	Gumbel:	476 "
		Lognorm:	452 "
Periode: jul.- sep.:	1-døgnmiddel:	Gumbel:	436 m^3/s
		Lognorm:	519 "
	2-døgnmiddel:	Gumbel:	416 "
		Lognorm:	496 "

Glommens og Laagens Brukseierforening har gjort frekvensanalyse på tilsigsdata 1909 - 1975.

Resultatet fra analysen for flommer med gjentaksintervall på 1000 år:

Periode: jul.- sep.:	1-døgnmiddel:	Gumbel:	490 m^3/s
		Lognorm:	530 "
	2-døgnmiddel:	Gumbel:	435 "
		Lognorm:	450 "

Frekvensanalysen gir under ett en spredning på 1-døgnsmidlene på 436 m^3/s - 610 m^3/s og for 2-døgnsmidlene 416 m^3/s - 496 m^3/s

11. KONKLUSJON

Flomberegningens resultatat når det gjelder dimensjonerende flom ved det nederste magasin, Olstappen, er høyeste 1-døgnsmiddel på ca 620 m^3/s og høyeste 2-døgnsmiddel på ca 560 m^3/s. Dette ligger i overkant av hva en frekvensanalyse gir. Det har i flomberegningen ikke vært antatt at manøvrering av dypluker har vært mulig. Dette forhold vil gi noe forøkte flommer ved Olstappen. En bør også ta i betraktning at materialet for frekvensanalysen ikke inneholder ekstremsituasjoner av størrelsesorden slik de som inntraff i slutten av juli 1789 og i juli 1860. Slike situasjoner ville uten tvil påvirke frekvensfordelingene.

Det vil også ha betydning om magasinene er fulle eller ikke ved de flomsituasjoene som ligger bak flomfrekvensanalysen. Ved routingberegningene er det antatt at magasinene har vært fulle. En del av flommene i frekvensanalysen kan stamme fra situasjoner hvor Bygdin ikke har hatt fullt magasin. En frekvensanalyse på vannføringer ved Olstappen kan påvirkes av dette og gi mindre flommer enn en beregning som bygger på modell/routing.

Når det gjelder total tilløpsflom til Olstappen er høyeste 1-døgnsmiddel ca 670 $l/s \cdot km^2$ og høyeste 2-døgnsmiddel ca 450 $l/s \cdot km^2$. Dersom en antar at tilløpsflommen er tilnærmet lik det tilløpet en ville ha i uregulert felt, ligger disse tallene innenfor hva hva en kan forvente i dette området.

Flommoddellen ble også kalibrert for å skulle kunne simulere flommer i hele feltet slik det ville ha vært uten inngrep. Det ble her benyttet regndata som for Vinsteren lokalfelt . Resultatet fra simuleringen er vist i figur 27 (Q1000) og figur 28 (PMF). Disse flommene er plottet sammen med de respektive avløpsflommene fra Olstappen dam. Sammenstilling viser noe mindre flomtopper men lengre varighet for flommer i feltet uten inngrep. Simuleringen er gjort hovedsaklig for se om den ga flommer av samme størrelsesorden som i flomberegningen for dammene.

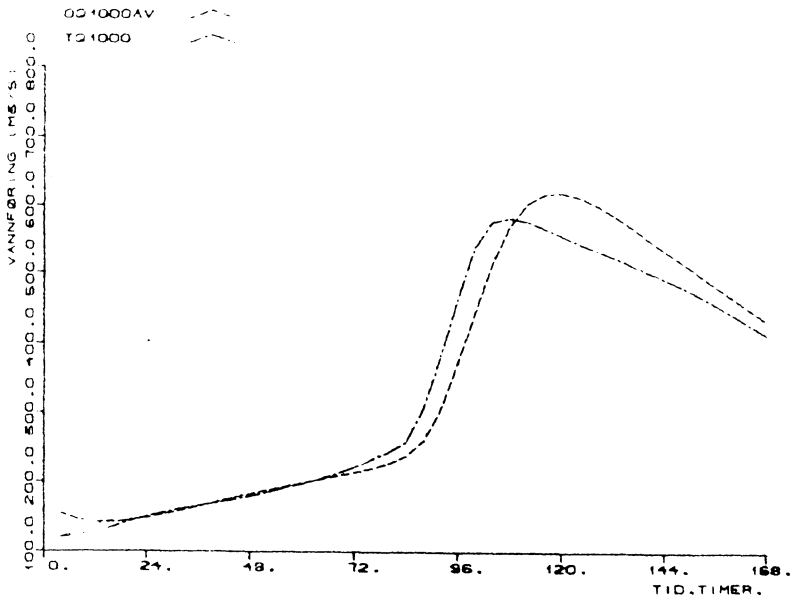


Fig. 27. Dimensjonerende flommer. Kurven med laveste flomtopp gjelder feltet uten inngrep.

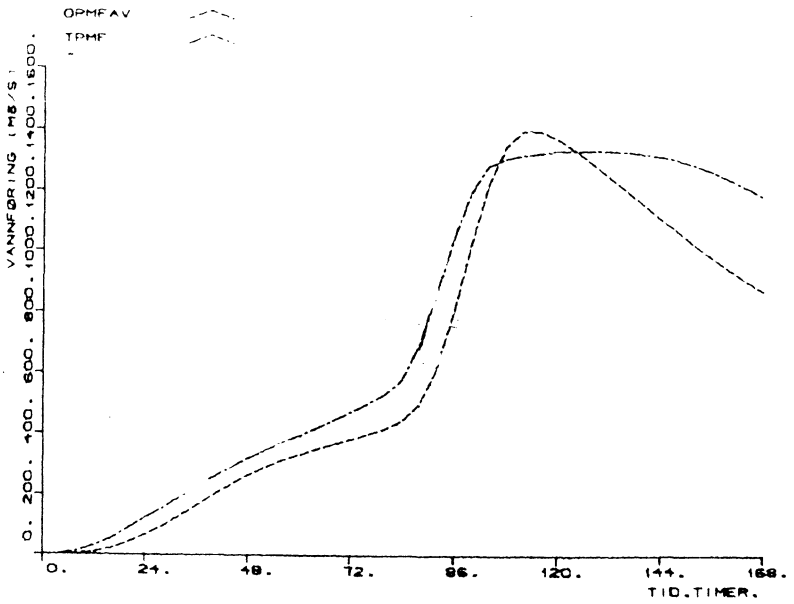


Fig. 28. Påregnelige maksimale flommer. Kurven med laveste flomtopp gjelder feltet uten inngrep.

12. LITTERATUR

(1) Andersen, J. m. fl.
1983: Hydrologisk modell for flomberegninger.

(2) Kristoffersen, D.
1987 og 1988: Påregnelige ekstreme nedbørverdier for Bygdin og Vinsteren. Rapport nr 32/87. Klima DNMI.
Vinstravassdraget (Oppland). Påregnelige ekstreme nedbørverdier. Rapport nr 1/88. Klima DNMI.

(3) OED/NVE
1981: Forskrifter for dammer.

(4) NVE/V-informasjon nr. 1
1986: Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer.