NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
HYDROLOGISK AVDELING

FLOMBEREGNING AURLANDSVASSDRAGET

OPPDRAGSRAPPORT
4 - 91

556(05)

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEKET

OPPDRAGSRAPPORT 4-91

Rapportens tittel:	Dato: 1991-08-01
FLOMBEREGNING AURLANDSVASSDRAGET	Rapporten er: Åpen
	Opplag: 15

Saksbehandler/Forfatter:	Ansvarlig:
Lars-Evan Pettersson Seksjon Vannbalanse	Dan Lundquist

Oppdragsgiver:

OSLO LYSVERKER

Sammendrag:

Flomberegning etter bestemmelsene i "Forskrifter for dammer" er utført for seks dammer i Aurlandsvassdraget i Sogn og Fjordane. Resultatene av beregningen ble:

Dimensjonerende flom:

	Avløpsflom	Flomvann-stand	Flomstigning over HRV
	m^3/s	m o.h.	m
Viddalsvatn	68.0	931.03	1.03
Langavatn	5.1	1415.48	0.48
Katla	23.7	1340.58	0.58
Vestredalstjern	103.0	1152.86	0.86
Veslebotnvatn	231.8	1026.40	1.40
Nyhellervatn	58.5	1438.52	0.52

Påregnelig maksimal flom:

	Avløpsflom	Flomvann-stand	Flomstigning over HRV
	m^3/s	m o.h.	m
Viddalsvatn	68.0	932.64	2.64
Langavatn	10.0	1415.79	0.79
Katla	36.0	1341.08	1.08
Vestredalstjern	162.0	1154.13	2.13
Veslebotnvatn	330.4	1027.03	2.03
Nyhellervatn	119.2	1438.83	0.83

NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEKET

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. Hydrologisk avdeling utfører selv slike flomberegninger, og kontrollerer og godkjenner flomberegninger som er utført av andre.

Foreliggende rapport beskriver fremgangsmåten og gir resultatene av en flomberegning bestilt av Oslo Lysverker for dammer i Aurlandsvassdraget i Sogn og Fjordane.

Oslo, august 1991

Arne Tollan
avdelingsdirektør

INNHOLD

		Side
1.	INNLEDNING	3
2.	DIMENSJONERENDE TILLØPSFLOM	3
2.1	Flomfrekvensanalyser	4
2.2	Hydrologisk modell	6
2.3	Sammenfatning	8
3.	MAGASIN, AVLØPSKURVER, OVERFØRINGER	9
3.1	Magasin	9
3.2	Avløpskurver	9
3.3	Overføringer	10
4.	DIMENSJONERENDE AVLØPSFLOM	11
4.1	Viddalsvatn	11
4.2	Langavatn	11
4.3	Katla	11
4.4	Vestredalstjern	12
4.5	Veslebotnvatn	12
4.6	Nyhellervatn	12
4.7	Sammenfatning	13
5.	PÅREGNELIG MAKSIMAL FLOM	13
5.1	Påregnelig maksimal tilløpsflom	13
5.2	Påregnelig maksimal avløpsflom	14
5.3	Sammenfatning	15
6.	LITTERATUR	16

VEDLEGG 1. Notat fra Tilsyns- og beredskapsavdelingen

1. INNLEDNING

Dimensjonerende og påregnelig maksimal flom med tilhørende vannstander skal beregnes for dammer i Aurlandsvassdraget. Kartet i figur 1 gir en oversikt over vassdraget og de enkelte felt. I tabell 1 er dammene/feltene i vassdraget listet sammen med de viktigste feltparametrene. Ettersom det er tilløpsflom som i første omgang skal beregnes, er det ved beregning av effektiv sjøprosent ikke regnet med magasinenes sjøarealer. Flomdempningen i disse taes det hensyn til ved ruting av tilløpsflommer gjennom disse magasin. Flere av magasinene har så stort areal i forhold til feltet at nedbør/snøsmelting på magasinene regnes direkte om til vannføring når nedbør-avløpsmodell benyttes. Feltparametrene er derfor beregnet både inklusive og eksklusive magasinene.

Felt	Feltareal A (km2)	Normal-avløp Q_N (l/s*km^2)	Eff.sjø prosent A_{SE} (%)	Snaufjell prosent A_{SF} (%)	Felt-lengde L_F (km)	Relief forho H_L (m/k
Viddalsvatn						
,inkl. mag.	48.5	52	0.03	100	10.8	?
,ekskl.mag.	44.75	52	0.04	100	3	1
Langavatn						
,inkl.mag.	7.0	57	0.02	100	3.5	
,ekskl.mag.	4.98	57	0.04	100	0.7	
Katla ,inkl.mag.	16.5	54	0.21	100	5.5	
,ekskl.mag.	15.0	54	0.25	100	2	
Vestredalstjern	121.9	57	0.46*	100	12.	
Veslebotnvatn	161.0	55	0.27*	100	1	
Nyhellervatn						
,inkl.mag.	92.5**	48	0.61	100		
,ekskl.mag.	72.8**	48	0.98	100		

* ekskl. Svartavatn (A=19.3 km^2) og Vargevatn (A=3
** inkl. overføring fra Veslebotnvatns naturlige f

Tabell 1. Dammer/felt i Aurlandsvassdraget med feltparametre.

2. DIMENSJONERENDE TILLØPSFLOM

Tilløpsflom er flom til magasinet fra et felt, når det er tatt hensyn til flomdempningen i ovenforliggende magasiner og eventuelle overføringer. Dimensjonerende tilløpsflom er

den tilløpsflom som har et gjentaksintervall på 1000 år, Q1000. Denne beregnes enten i hovedsak ut fra frekvensanalyser av observerte flommer, eller ut fra nedbør-snøsmeltedata ved bruk av en nedbør-avløpsmodell.

2.1 Flomfrekvensanalyser

Aktuelle hydrologiske målestasjoner i området er vist på kartet i figur 2.

Analyser av observerte flommer i og rundt Aurlandsvassdraget viser at det er vårflommer som er de største i området. Resultatene fra flomfrekvensanalyser for vårflommer er vist i tabell 2.

Avløpsstasjon	Felt-areal km^2	Antall obs.år	Antall døgn	Middelflom, QM m^3/s	$l/s*km^2$	Q1000/QM
288 Rjoande	139	22	1	83.5	600	3.40
			3	66.8	480	2.94
			5	57.3	412	2.70
606 Brekke bru	265	45	1	90.8	343	2.01
607 Vassbygdvatn	762	62	1	289.4	380	2.57
			3	253.6	333	2.41
			5	232.8	306	2.34
1153 Aurdalsvatn	399	18	1	143.3	359	2.10
1335 Dilma	135	10	1	46.8	347	(3.03)
1336 Nivla	164	11	1	66.0	403	(2.88)
460 Strandefjord, tilløp	267	21	1	90.7	340	2.96
			3	74.7	280	2.37
			5	65.2	244	2.17

Tabell 2. Flomfrekvensanalyser for sesongen januar-juli.

Middelflom for et felt uten avløpsobservasjoner kan beregnes ut fra regionale formler basert på feltparametre. Disse flomformler er utledet i "Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag".
Formelen for vårflommer i det aktuelle området, V2, er:

$$QM = 51.5 * Q_N^{0.451} * L_F^{-0.223} * (A_{SF}+1)^{0.197} * (A_{SE}+0.01)^{-0.107}$$

Denne formel benyttes for feltene i Aurlandsvassdraget og gir som resultat midlere flom over ett døgn uttrykt i

$l/s*km^2$. Formelen gjelder ikke for felter mindre enn ca. 50 km^2, slik at for Langavatn og Katla benyttes samme flomtall som for Viddalsvatn. Videre benyttes samme flomtall for Veslebotnvatns totale felt, som for Vestredalstjern. Resultatene etter flomformelen er vist i tabell 3.

Viddalsvatn (Langavatn, Katla)	630 $l/s*km^2$
Vestredalstjern (Veslebotnvatn)	486 $l/s*km^2$
Nyhellervatn	429 $l/s*km^2$

Tabell 3. Middelflom, QM, etter flomformel.

Disse flomverdier vurderes som rimelige sammenlignet med de flomverdier som er fremkommet ved beregning for avløpsstasjoner i området, se tabell 2, tatt i betraktning at de aktuelle feltene i Aurlandsvassdraget er mindre enn avløpsstasjonenes felter. Mindre felt har generelt høyere spesifikke flommer enn større felt.

Ut fra flomfrekvensanalysene anslås forholdstallet mellom Q1000 og QM å være 2.6 for Viddalsvatn og 2.7 for Vestredalstjern og Nyhellervatn.

Det foreligger ikke formler for å beregne flomstørrelser over flere døgns varighet. For dette formål benyttes Q1000-verdier av lengre varigheter for avløpsstasjonen 288 Rjoande for Viddalsvatn og for 460 Strandefjord, tilløp for Vestredalstjern og Nyhellervatn. Q1000-verdiene for 288 Rjoande er i følge tabell 2:

1 døgns varighet: 3.40 * 600 = 2040 $l/s*km^2$
3 " " : 2.94 * 480 = 1411 "
5 " " : 2.70 * 412 = 1112 "

Dette betyr at Q1000, 3 døgn er 69 % og Q1000, 5 døgn er 55 % av Q1000, 1 døgn.

Q1000-verdiene for 460 Strandefjord, tilløp er i følge tabell 2:

1 døgns varighet: 2.96 * 340 = 1006 $l/s*km^2$
3 " " : 2.37 * 280 = 664 "
5 " " : 2.17 * 244 = 529 "

Dette betyr at Q1000, 3 døgn er 66 % og Q1000, 5 døgn er 53 % av Q1000, 1 døgn.

Ut fra disse tall beregnes Q1000 for forskjellige varigheter for feltene i Aurlandsvassdraget. Resultatene er vist i tabell 4.

Viddalsvatn (Langavatn, Katla)

1 døgn :	2.6	*	630	=	1638	l/s*km^2
3 " :	0.69	*	1638	=	1130	"
5 " :	0.55	*	1638	=	901	"

Vestredalstjern (Veslebotnvatn)

1 døgn :	2.7	*	486	=	1312	l/s*km^2
3 " :	0.66	*	1312	=	866	"
5 " :	0.53	*	1312	=	695	"

Nyhellervatn

1 døgn :	2.7	*	429	=	1158	l/s*km^2
3 " :	0.66	*	1158	=	764	"
5 " :	0.53	*	1158	=	614	"

Tabell 4. Flomvolumer, Q1000, i følge flomformler og flomfrekvensanalyser.

2.2 Hydrologisk modell

Q1000 kan som nevnt også beregnes ved bruk av en nedbør-avløpsmodell, nærmere beskrevet i "Hydrologisk modell for flomberegninger". Det antas at Q1000 forårsakes av nedbør med gjentaksintervall 1000 år om våren tillagt et bidrag fra snøsmelting. Modellparametrene er beregnet ut fra formler basert på feltparametrene A_{SE}, H_L og Q_N. Resultatene er vist i tabell 5.

	Øvre tømme-konstant K_1	Nedre tømme-konstant K_2	Terskelverdi T
Viddalsvatn	0.343	0.059	13.9
Langavatn	0.335	0.058	15.4
Katla	0.144	0.031	20.2
Vestredalstjern	0.058	0.019	31.2
Veslebotnvatn	0.061	0.020	30.0
Nyhellervatn	0.059	0.018	28.5

Tabell 5. Modellparametre.

For Viddalsvatn,Langavatn, Katla og Nyhellervatn er parametrene beregnet eksklusive magasinene. Dette beror på at magasinene er relativt store i forhold til hele feltet, slik at nedbør og snøsmelting på magasinene regnes direkte om til vannføring.

Det Norske Meteorologiske Institutt har beregnet ekstreme nedbørverdier for Aurlandsvassdraget og disse benyttes for alle feltene unntatt Nyhellervatn. For dette felt, som ligger i et strøk med noe mindre nedbør, er de ekstreme nedbørtallene revidert og noe lavere. Nedbørtallene må også arealkorrigeres forskjellig mye. I tabell 6 vises areal-redusert nedbør med gjentaksintervall 1000 år og areal-

redusert påregnelig maksimal nedbør om våren.

Antall timer	6	12	24	48	72	96	120
Viddalsvatn, Langavatn, Katla							
M1000	67	88	115	151	173	198	221
PMP	129	168	221	290	330	378	423
Vestredalstjern, Veslebotnvatn							
M1000	65	86	112	148	171	196	219
PMP	125	163	214	284	326	374	419
Nyhellervatn							
M1000	67	84	108	140	159	180	202
PMP	128	161	209	271	307	349	389

Tabell 6. Ekstreme nedbørverdier for forskjellige felt og forskjellige varigheter i mm. Verdier for mai-juli.

Snøsmeltingen kan beregnes ut fra en grad-dagsmodell, hvor middeltemperaturen skaleres med en grad-dagsfaktor. For de aktuelle feltene, som består av snaufjell, benyttes en grad-dagsfaktor på 5 mm snøsmelting/°C*døgn under perioder med nedbør. Snøsmeltingen blir uttrykt som mm vann/tidsenhet.

Det vil alltid være vanskelig å riktig kombinere nedbør og snøsmelting for å bestemme en situasjon med gjentaksintervall 1000 år. Snøsmeltingen anslås ut fra middeltemperaturen i feltene i juni-juli, 4-6°C. For Viddalsvatn, hvor feltets middelhøyde er ca. 1340 m o.h., anslås snøsmeltingen til 6 * 5 = 30 mm/døgn. For Nyhellervatn, hvor feltets middelhøyde er ca. 1500 m o.h., blir snøsmeltingen 4 * 5 = 20 mm/døgn og for de øvrige feltene, hvor middelhøyden er ca. 1450 m o.h., blir snøsmeltingen 5 * 5 = 25 mm/døgn.

Basert på nedbørtallene fra tabell 6 konstrueres nedbørforløp med gjentaksintervall 1000 år over 5 døgn, hvilket antas være tilstrekkelig lang varighet for å ta hensyn til flomdempningen i alle magasiner. I tillegg kommer snøsmelting, som antas være jevnt fordelt over 5-døgnsperioden.

Ut fra de konstruerte nedbør-snøsmelteforløpene simuleres tilløpsflom i de forskjellige nedbør-avløpsmodellene. Som eksempel på simuleringene vises den for Viddalsvatn i figur 3. I figur 4 vises simulert flom for Viddalsvatn og flom når nedbør/snøsmelting direkte på magasinet er medregnet. Resultatene av simuleringene er sammenfattet i tabell 7. I tabellen er også resultatene ved flomformler/flomfrekvensanalyser vist.

Varighet	1 døgn		3 døgn		5 døgn	
	m^3/s	$l/s*km^2$	m^3/s	$l/s*km^2$	m^3/s	$l/s*km^2$
Viddalsvatn						
Modell	77.7	1602	47.0	969	39.1	806
Flomformel	79.4	1638	54.8	1130	43.7	901
Langavatn						
Modell	10.8	1543	6.4	914	5.3	757
Flomformel	11.5	1638	7.9	1130	6.3	901
Katla						
Modell	24.2	1466	15.3	927	12.6	764
Flomformel	27.0	1638	18.6	1130	14.9	901
Vestredalstjern						
Modell	149.3	1225	108.9	893	92.1	755
Flomformel	159.9	1312	105.6	866	84.7	695
Veslebotnvatn						
Modell	200.3	1244	144.3	896	121.9	757
Flomformel	211.2	1312	139.4	866	111.9	695
Nyhellervatn						
Modell	103.1	1115	73.9	799	61.5	665
Flomformel	107.1	1158	70.7	764	56.8	614

Tabell 7. Q1000, tilløpsflom etter nedbør-avløpsmodell og etter flomformler/frekvensanalyser.

2.3 Sammenfatning

Det er en hel del usikkerhet knyttet til de forskjellige metodene å beregne tilløpsflom med gjentaksintervall 1000 år på. Når det gjelder nedbør-avløpsmodellmetoden er det særlig det å riktig kombinere nedbør og snøsmelting som er beheftet med usikkerhet. Når det gjelder metoden å bruke flomformler/frekvensanalyser er det særlig flomverdiene over flere døgn som vil bli usikre. For de små feltene Langavatn og Katla er flomformlene ikke mulige å benytte, og derfor er resultatene for disse to felt spesielt usikre.

Avviket mellom de to metodene er ikke altfor stort, ca. 5%, for 1-døgnsverdiene, modellmetoden gir lavere verdier. Modellmetoden gir også lavere 3- og 5-døgnsverdier for de minste feltene, mens den gir høyere verdier for de største feltene, Vestredalstjern, Veslebotnvatn og Nyhellervatn.

For den videre beregning av avløpsflommer benyttes de tilløpsflommer som er simulert ved bruk av nedbør-avløps-modellene. Flomforløpene beskrives av vannføringer hver 6. time.

3. MAGASIN, AVLØPSKURVER OG OVERFØRINGER

For å beregne avløpsflommene rutes tilløpsflommene, tillagt eventuelle overføringer, gjennom magasinene. Flomdempningen avhenger bl.a. av magasinets størrelse og flomavlednings-organenes kapasiteter, dvs. avløpskurvene. Ved rutingen, som utføres ved bruk av et dataprogram ved Hydrologisk avdeling, forutsettes magasinvannstanden ligge på HRV ved flommens begynnelse.

3.1 Magasin

Den magasinstørrelse som er interessant ved flomberegning er volumet over HRV. Magasinet beskrives av volumet ved to forskjellige vannstander. Verdiene kan tas ut fra en magasinkurve eller beregnes ut fra sjøarealet ved HRV. I tabell 8 vises benyttede HRV-verdier og sjøarealer.

	HRV m o.h.	Sjøareal km^2
Viddalsvatn	930.0	3.75
Langavatn	1415.0	2.02
Katla	1340.0	1.50
Svartavatn	1440.5	2.64
Vargevatn	1432.0	4.96
Vestredalstjern	1152.0	2.20
Veslebotnvatn	1025.0	0.75
Nyhellervatn	1438.0	19.7

Tabell 8. HRV-verdier og magasinarealer.

3.2 Avløpskurver

Damkarakteristika er oppgitt av Tilsyns- og beredskaps-avdelingen, TT, ved NVE, blant annet i notat datert 25.04.91. Se vedlegg 1.

Flomløpet ved Viddalsvatn består av et fast overløp med lengde 59.7 m og overløpskoeffisient 2.12. Flomvann over overløpet har avløp gjennom en sjakt med kapasitet 68 m^3/s (VHL-rapport 23.1.1970). Avløpskurven for Viddalsvatn blir:

$$Q = 126.564\ (H - 930)^{1.5} \qquad 930 < H < 930.67$$
$$Q = 68\ (H - 930)^{0} \qquad 930.67 \leq H$$

Flomløpet ved Langavatn består av et fast overløp med lengde 7.4 m og overløpskoeffisient 2.09. Flomvann over overløpet har avløp gjennom en sjakt med kapasitet 10 m^3/s (opplysning fra TT). Avløpskurven for Langavatn blir:

$Q = 15.466\ (H - 1415)^{1.5}$ $\quad 1415 < H < 1415.75$
$Q = 10\ (H - 1415)^{0}$ $\quad 1415.75 \leq H$

Flomløpet ved Katla består av et fast overløp med lengde 25.0 m og overløpskoeffisient 2.17. Flomvann over overløpet har avløp gjennom en sjakt med kapasitet 36 m^3/s (opplysning fra TT). Avløpskurven for Katla blir:

$Q = 54.25\ (H - 1340)^{1.5}$ $\quad 1340 < H < 1340.77$
$Q = 36\ (H - 1340)^{0}$ $\quad 1340.77 \leq H$

Flomløpet ved Svartavatn består av et fast overløp med lengde 17.0 m og overløpskoeffisient 2.15. Avløpskurven for Svartavatn blir:

$Q = 36.55\ (H - 1440.5)^{1.5}$ $\quad 1440.5 < H$

Flomløpet ved Vargevatn består av et fast overløp med lengde 7.5 m og overløpskoeffisient 2.03. Avløpskurven for Vargevatn blir:

$Q = 15.225\ (H - 1432)^{1.5}$ $\quad 1432 < H$

Flomløpet ved Vestredalstjern består av et fast overløp med lengde 62.3 m og overløpskoeffisient 2.09. Flomvann over overløpet har avløp gjennom en sjakt med kapasitet 162 m^3/s (opplysning fra TT). Avløpskurven for Vestredalstjern blir:

$Q = 130.207\ (H - 1152)^{1.5}$ $\quad 1152 < H < 1153.16$
$Q = 162\ (H - 1152)^{0}$ $\quad 1153.16 \leq H$

Flomløpet ved Veslebotnvatn består av et fast overløp med lengde 71.75 m. På grunnlag av en avløpskurve utarbeidet av VHL i april 1976 er følgende formel beregnet:

$Q = 136.4983\ (H - 1025)^{1.5767}$ $\quad 1025 < H < 1026.3$
$Q = 298.6023\ (H - 1025.8)^{0.4948}$ $\quad 1026.3 \leq H$

Flomløpet ved Nyhellervatn består av et fast overløp med total lengde på 72.0 m. Sidekontraksjonen er beregnet til $0.63 * H_0$, og effektiv overløpslengde anslås til 71.5 m. Overløpskoeffisienten er 2.20. Avløpskurven for Nyhellervatn blir:

$Q = 157.3\ (H - 1438)^{1.5}$ $\quad 1438 < H$

3.3 Overføringer

I Aurlandsvassdraget er det et komplisert overføringssystem. Ved denne beregning regnes det kun med overføringer til Viddalsvatn og til Veslebotnvatn. Videre regnes det ikke med at noen kraftverk er i drift.

Til Viddalsvatn regnes det med overføring fra Rausmesdal med maksimal kapasitet 1 m^3/s og med full overføring fra det 6.5 km^2 store feltet til Tvinna.

Til Veslebotnvatn regnes det med overføring gjennom Furedølatunnelen med maksimal kapasitet 85 m^3/s (oppgitt av TT).

I ugunstige situasjoner kan det være muligheter også for overføringer i forskjellige retninger i tunnelsystemet mellom Vargevatn, Svartavatn, Langavatn, Berdalsvatn og Katla.

4. DIMENSJONERENDE AVLØPSFLOM

4.1 Viddalsvatn

Den i avsnitt 2 beregnede tilløpsflommen med gjentaksintervall 1000 år til Viddalsvatn, tillagt overføringer fra Rausmesdal og Tvinna, tilsvarer dimensjonerende tilløpsflom og rutes gjennom magasinet, og avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 5. Dimensjonerende avløpsflom blir 68.0 m^3/s med dimensjonerende flomvannstand 931.03 m o.h., dvs flomstigningen blir 1.03 m.

4.2 Langavatn

Den i avsnitt 2 beregnede tilløpsflommen med gjentaksintervall 1000 år til Langavatn, uten overføringer, tilsvarer dimensjonerende tilløpsflom og rutes gjennom magasinet, og avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 6. Dimensjonerende avløpsflom blir 5.1 m^3/s med dimensjonerende flomvannstand 1415.48 m o.h., dvs flomstigningen blir 0.48 m.

4.3 Katla

Den i avsnitt 2 beregnede tilløpsflommen med gjentaksintervall 1000 år til Katla, uten overføringer, tilsvarer dimensjonerende tilløpsflom og rutes gjennom magasinet, og avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 7. Dimensjonerende avløpsflom blir 23.7 m^3/s med dimensjonerende flomvannstand 1340.58 m o.h., dvs flomstigningen blir 0.58 m.

4.4 Vestredalstjern

Beregningen av tilløpsflom med gjentaksintervall 1000 år i avsnitt 2, ga praktisk talt samme resultat i spesifikke verdier for Vestredalstjern og for Veslebotnvatn. Tilløpsflommen for Veslebotnvatn benyttes derfor i begge tilfeller. Denne fordeles etter relativ areal på de forskjellige delfeltene etter tabell 9.

Felt	Areal km^2	Relativ areal
Svartavatn lokalfelt	19.3	0.120
Vargevatn lokalfelt	38.7	0.240
Vestredalstjern lokalfelt	63.9	0.397
Veslebotnvatn lokalfelt	39.1	0.243
Veslebotnvatn totalfelt	161.0	1.000

Tabell 9. Delfelter til Veslebotnvatn.

Tilløpsflommene til Svartavatn og Vargevatn rutes gjennom magasinene og avløpsflommer beregnes. Disse avløpsflommer, tillagt flommen i Vestredalstjerns lokalfelt tilsvarer dimensjonerende tilløpsflom til Vestredalstjern. I figur 8 vises de forskjellige bidragene til denne tilløpsflom. Denne rutes gjennom magasinet og avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 9. Dimensjonerende avløpsflom blir 103.0 m^3/s med dimensjonerende flomvannstand 1152.86 m o.h., dvs flomstigningen blir 0.86 m.

4.5 Veslebotnvatn

Dimensjonerende avløpsflom fra Vestredalstjern, tillagt flommen i Veslebotnvatns lokalfelt og overføringen fra Furedølatunnelen, tilsvarer dimensjonerende tilløpsflom til Veslebotnvatn. I figur 10 vises de forskjellige bidragene til denne tilløpsflom. Denne rutes gjennom magasinet og avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 11. Dimensjonerende avløpsflom blir 231.8 m^3/s med dimensjonerende flomvannstand 1026.40 m o.h., dvs flomstigningen blir 1.40 m.

4.6 Nyhellervatn

Den i avsnitt 2 beregnede tilløpsflommen med gjentaksintervall 1000 år til Nyhellervatn, uten overføringer, tilsvarer dimensjonerende tilløpsflom og rutes gjennom magasinet, og

avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 12. Dimensjonerende avløpsflom blir 58.5 m^3/s med dimensjonerende flomvannstand 1438.52 m o.h., dvs flomstigningen blir 0.52 m.

4.7 Sammenfatning

Resulterende avløpsflommer, flomvannstander og flomstigninger over HRV er sammenfattet i tabell 10.

Dam	Avløpsflom m^3/s	Flomvannstand m o.h.	Flomstigning m
Viddalsvatn	68.0	931.03	1.03
Langavatn	5.1	1415.48	0.48
Katla	23.7	1340.58	0.58
Vestredalstjern	103.0	1152.86	0.86
Veslebotnvatn	231.8	1026.40	1.40
Nyhellervatn	58.5	1438.52	0.52

Tabell 10. Dimensjonerende flom.

5. PÅREGNELIG MAKSIMAL FLOM

5.1 Påregnelig maksimal tilløpsflom

Påregnelig maksimal tilløpsflom kan ikke knyttes til noe bestemt gjentaksintervall. Den fastsettes på grunnlag av en analyse av ugunstige kombinasjoner av meteorologiske og hydrologiske forhold. Nedbør-avløpsmodellen, som er beskrevet tidligere, benyttes.

Påregnelig maksimal nedbør, PMP, i Aurlandsvassdraget er større om høsten enn om våren, ca. 40 mm større ved 2 døgns varighet. Imidlertid må en regne med betydelig større bidrag fra snøsmelting om våren enn om høsten, slik at forskjellen jevner ut seg.
Summen av nedbør/snøsmelting blir omtrent lik ved varighet 2 døgn, men dess lengre varighet som betraktes dess større betydning får verdiene om våren. Ved beregning av påregnelig maksimal tilløpsflom benyttes derfor vårverdiene for PMP, som vist i tabell 6.

Snøsmeltingen anslås ut fra samhørende temperatur- og nedbørobservasjoner ved 2584 Finse, som ligger 1224 m o.h. Temperaturen under stor nedbør i mai-juli antas ut fra observasjonene å kunne være ca. 8°C ved Finse, og 6-7°C i

feltene i Aurlandsvassdraget. Med samme grad-dagsfaktor som ved dimensjonerende flom, anslås snøsmeltingen under PMF til 35 mm/døgn i Viddalsvatn, 31 mm/døgn i Nyhellervatn og 33 mm/døgn i øvrige felt.

Nedbør/snøsmelteforløp over 5 døgn konstrueres ut fra PMP-verdiene i tabell 6 og de nevnte snøsmelteintensitetene. Ved bruk av nedbør-avløpsmodellene simuleres deretter påregnelig maksimal flom i de forskjellige feltene på samme måte som tidligere beskrevet for dimensjonerende flom. Som eksempel på simuleringene vises den for Viddalsvatn, se figur 13. I figur 14 vises simulert flom og flom når nedbør/snøsmelting direkte på Viddalsmagasinet er medregnet. Resultatene ved simuleringene er sammenfattet i tabell 11.

Varighet	1 døgn			3 døgn		
	m^3/s	$l/s*km^2$	PMF Q1000	m^3/s	$l/s*km^2$	PMF Q1000
Viddalsvatn	139.2	2870	1.79	79.6	1640	1.69
Langavatn	19.9	2850	1.85	11.4	1626	1.78
Katla	44.3	2683	1.83	26.3	1593	1.72
Veslebotnvatn	359.9	2235	1.80	251.1	1560	1.74
Nyhellervatn	192.8	2085	1.87	135.8	1468	1.84

Tabell 11. PMF, tilløpsflom, etter nedbør-avløpsmodell.

5.2 Påregnelig maksimal avløpsflom

Den i avsnitt 5.1 beregnede påregnelige maksimale flommen til Viddalsvatn, tillagt overføringer fra Rausmesdal og Tvinna, tilsvarer påregnelig maksimal tilløpsflom, og rutes gjennom magasinet, og avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 15. Påregnelig maksimal avløpsflom blir 68.0 m^3/s med maksimal flomvannstand 932.64 m o.h., dvs flomstigningen blir 2.64 m.

Den i avsnitt 5.1 beregnede påregnelige maksimale flommen til Langavatn, uten overføringer, tilsvarer påregnelig maksimal tilløpsflom, og rutes gjennom magasinet, og avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 16. Påregnelig maksimal avløpsflom blir 10.0 m^3/s med maksimal flomvannstand 1415.79 m o.h., dvs flomstigningen blir 0.79 m.

Den i avsnitt 5.1 beregnede påregnelige maksimale flommen til Katla, uten overføringer, tilsvarer påregnelig maksimal tilløpsflom og rutes gjennom magasinet, og avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 17. Påregnelig maksimal avløpsflom blir 36.0 m^3/s med maksimal flomvannstand 1341.08 m o.h., dvs flomstigningen blir 1.08 m.

Som ved beregning av dimensjonerende avløpsflom i avsnitt 4.4, fordeles den i avsnitt 5.1 simulerte påregnelige maksimale flommen til Veslebotnvatn etter relativ areal på de forskjellige delfeltene, se tabell 9. Tilløpsflommene til Svartavatn og Vargevatn rutes gjennom magasinene og avløpsflommer beregnes. Disse avløpsflommer, tillagt flommen i Vestredalstjerns lokalfelt, tilsvarer påregnelig maksimal tilløpsflom til Vestredalstjern. I figur 18 vises de forskjellige bidragene til denne tilløpsflom. Denne rutes gjennom magasinet og avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 19. Påregnelig maksimal avløpsflom blir 162.0 m^3/s med maksimal flomvannstand 1154.13 m o.h., dvs flomstigningen blir 2.13 m.

Påregnelig maksimal avløpsflom fra Vestredalstjern, tillagt flommen i Veslebotnvatns lokalfelt og overføringen fra Furedølatunnelen, tilsvarer påregnelig maksimal tilløpsflom til Veslebotnvatn. I figur 20 vises de forskjellige bidragene til denne tilløpsflom. Denne rutes gjennom magasinet og avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 21. Påregnelig maksimal avløpsflom blir 330.4 m^3/s med maksimal flomvannstand 1027.03 m o.h., dvs flomstigningen blir 2.03 m.

Den i avsnitt 5.1 beregnede påregnelige maksimale flommen til Nyhellervatn, uten overføringer, tilsvarer påregnelig maksimal tilløpsflom og rutes gjennom magasinet, og avløpsflom og flomvannstand beregnes, se figur 22. Påregnelig maksimal avløpsflom blir 119.2 m^3/s med maksimal flomvannstand 1438.83 m o.h., dvs flomstigningen blir 0.83 m.

5.3 Sammenfatning

Resulterende avløpsflommer, flomvannstander og flomstigninger over HRV er sammenfattet i tabell 12.

Dam	Avløpsflom m^3/s	Flomvannstand m o.h.	Flomstigning m
Viddalsvatn	68.0	932.64	2.64
Langavatn	10.0	1415.79	0.79
Katla	36.0	1341.08	1.08
Vestredalstjern	162.0	1154.13	2.13
Veslebotnvatn	330.4	1027.03	2.03
Nyhellervatn	119.2	1438.83	0.83

Tabell 12. Påregnelig maksimal flom.

6. LITTERATUR

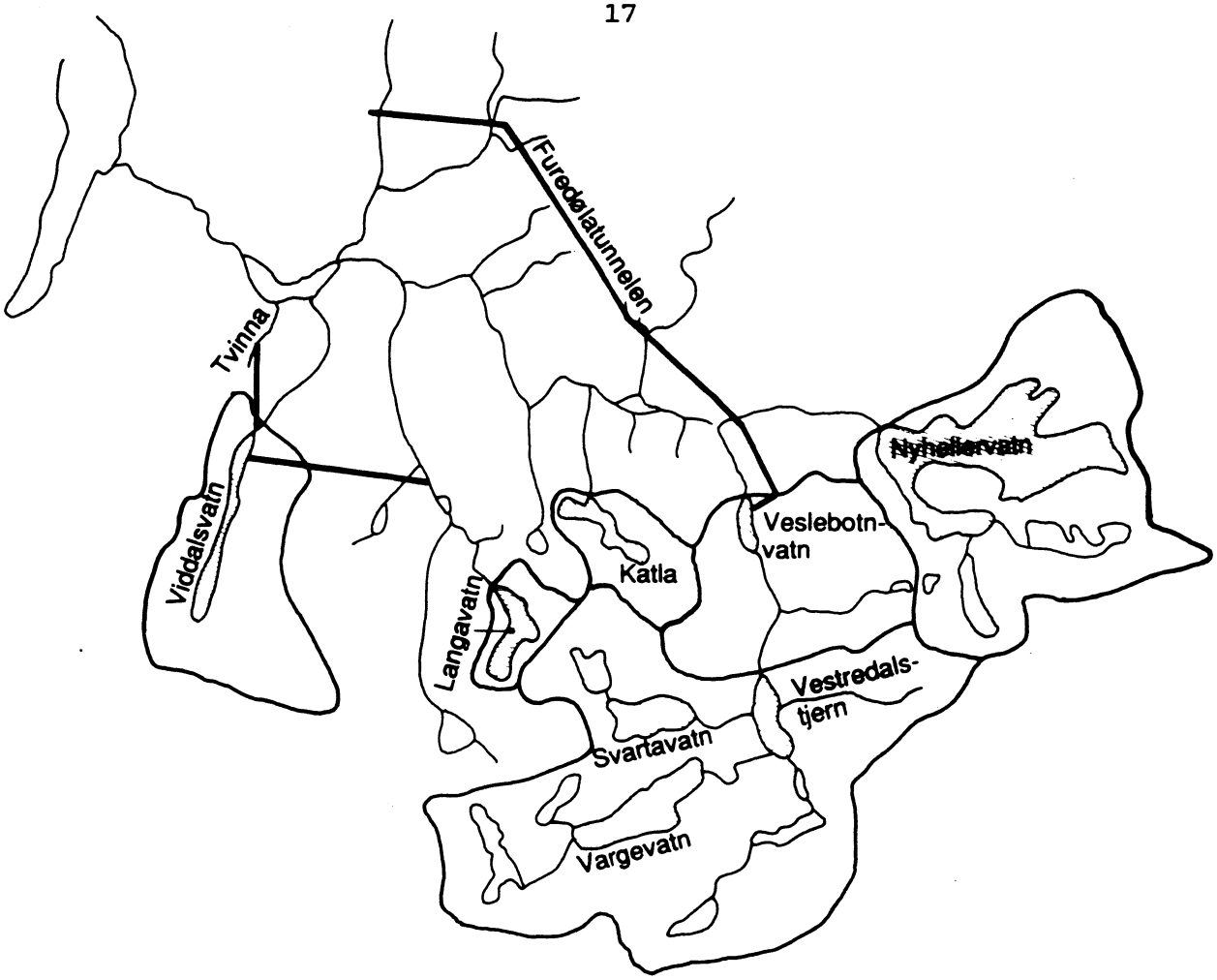
OED/NVE:
1981: Forskrifter for dammer. Universitetsforlaget.

DNMI:
1986: Påregnelige ekstreme nedbørverdier i Aurlandsvassdraget. Rapport nr. 62. KLIMA.

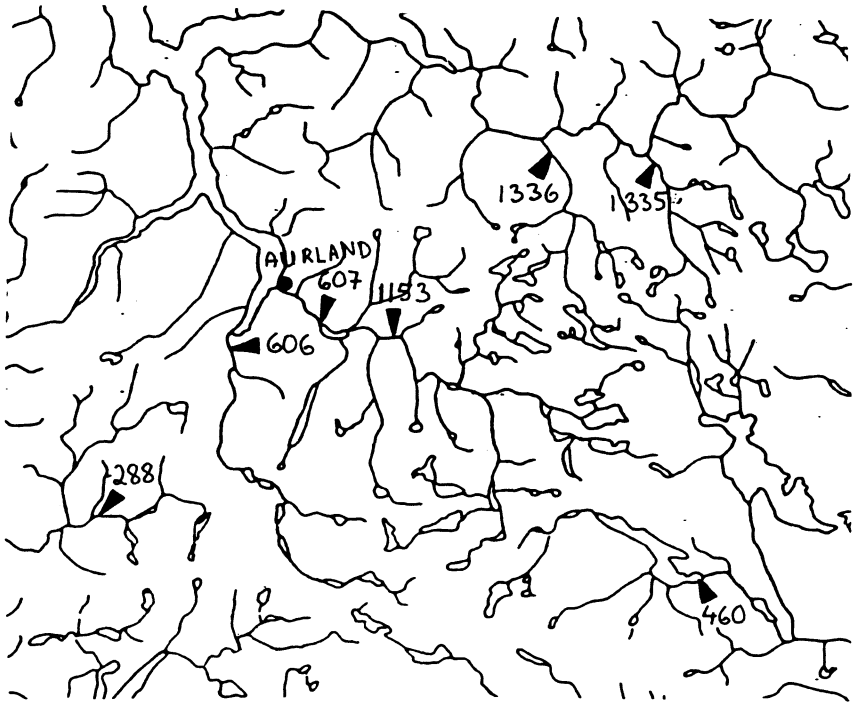
NVE:
1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 2, Hydrologisk avdeling.

NVE:
1983: Hydrologisk modell for flomberegninger. Rapport nr. 2, Hydrologisk avdeling.

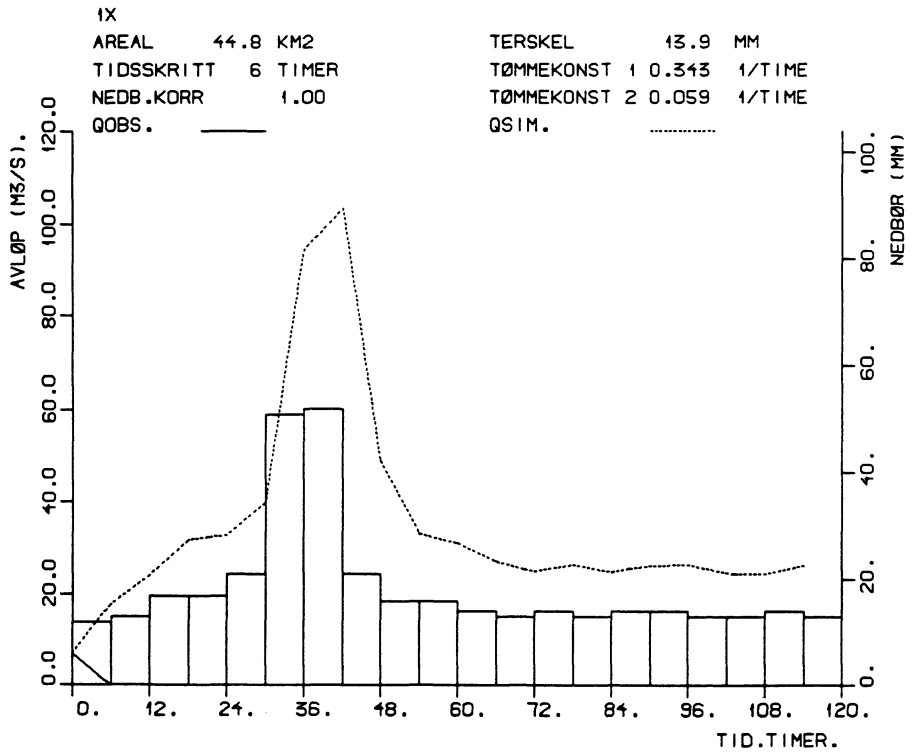
NVE:
1986: Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer. V-publikasjon nr. 1, Vassdragsdirektoratet.



Figur 1. Aurlandsvassdraget

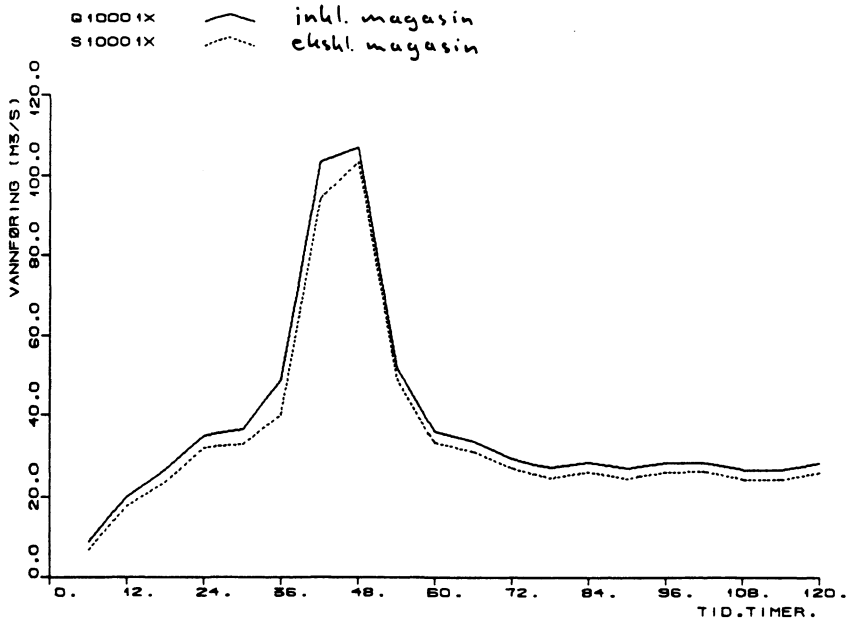


Figur 2. Avløpsstasjoner

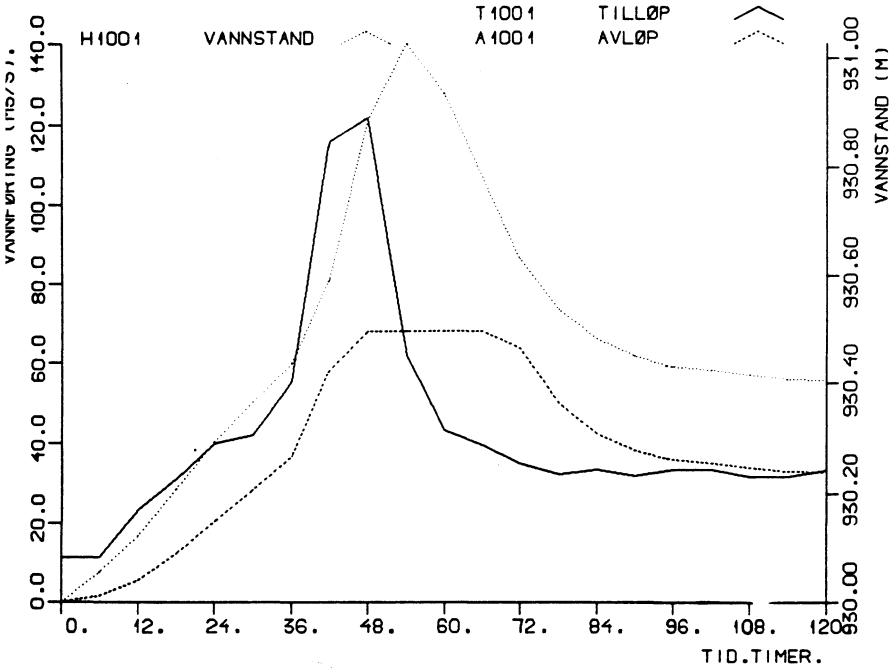


Nedbør Snøsmelting	Vannføring
20PS1000	20S10001X
12.000	7.000
13.000	17.819
17.000	24.022
17.000	31.849
21.000	32.730
51.000	39.892
52.000	94.381
21.000	103.302
16.000	48.917
16.000	33.086
14.000	31.025
13.000	27.148
14.000	24.833
13.000	26.261
14.000	24.635
14.000	26.159
13.000	26.325
13.000	24.564
14.000	24.320
13.000	26.028

Figur 3. Simulering av Q1000 for Viddalsvatn, ekskl. magasin. Tidsskritt 6 timer.

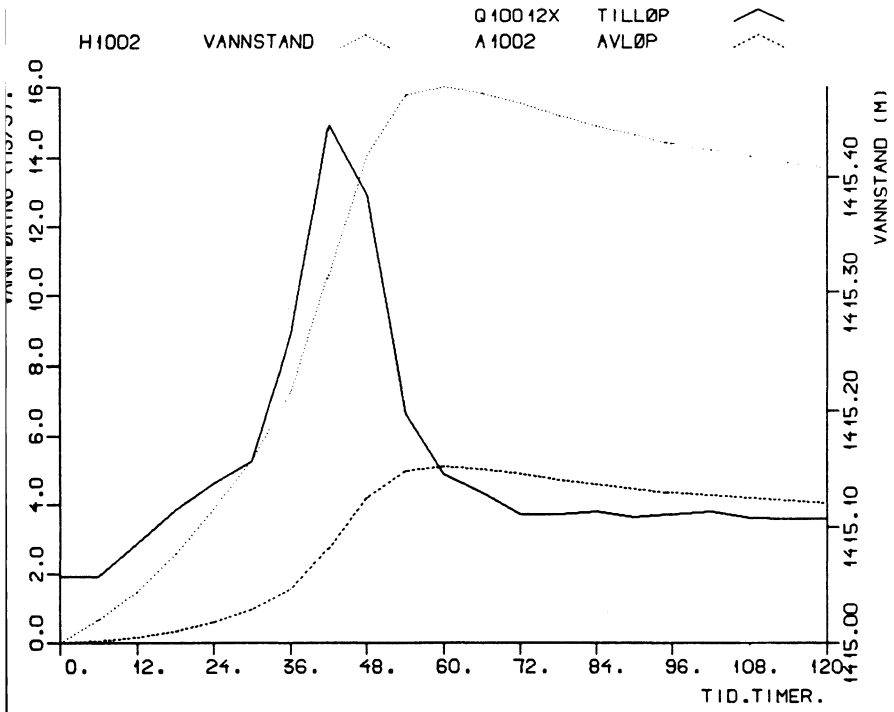


Figur 4. Q1000 Viddalsvatn, ekskl. og inkl. magasin.



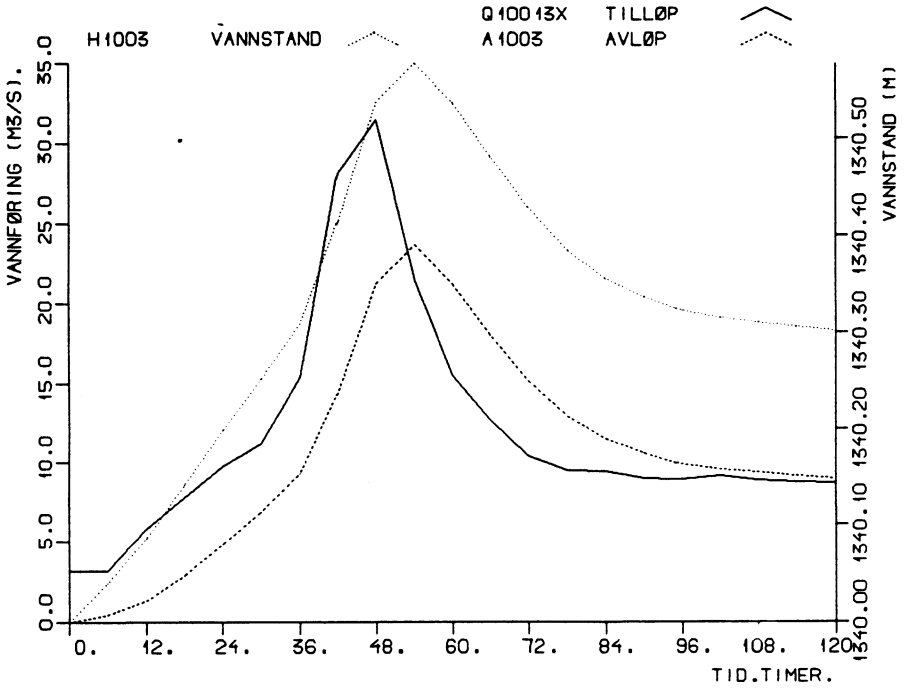
20T1001	20H1001	20A1001
11.093	930.055	1.615
23.309	930.122	5.422
31.168	930.209	12.132
40.085	930.297	20.464
42.065	930.370	28.437
55.327	930.438	36.743
115.836	930.596	58.231
121.803	930.889	68.000
61.763	931.026	68.000
43.185	930.936	68.000
39.725	930.783	68.000
34.902	930.632	63.590
32.279	930.538	49.929
33.527	930.483	42.462
31.887	930.451	38.291
33.517	930.432	35.939
33.547	930.424	34.935
31.617	930.416	33.959
31.480	930.408	32.965
33.167	930.406	32.701

Figur 5. Dimensjonerende flom Viddalsvatn. Tidsskritt 6 timer.



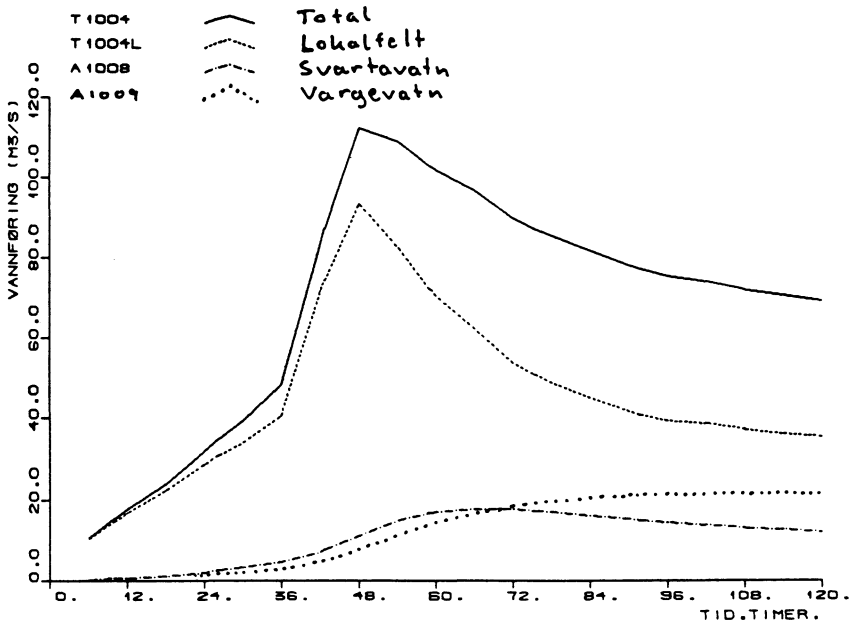
20Q10012X	20H1002	20A1002
1.934	1415.020	.044
2.897	1415.044	.145
3.841	1415.077	.330
4.603	1415.116	.608
5.254	1415.158	.971
8.889	1415.217	1.562
14.913	1415.315	2.733
12.919	1415.419	4.193
6.627	1415.470	4.984
4.866	1415.477	5.096
4.343	1415.473	5.024
3.716	1415.463	4.880
3.721	1415.453	4.713
3.805	1415.444	4.577
3.630	1415.436	4.456
3.697	1415.429	4.345
3.790	1415.423.	4.261
3.618	1415.418	4.184
3.593	1415.413	4.104
3.587	1415.408	4.034

Figur 6. Dimensjonerende flom Langavatn. Tidsskritt 6 timer.

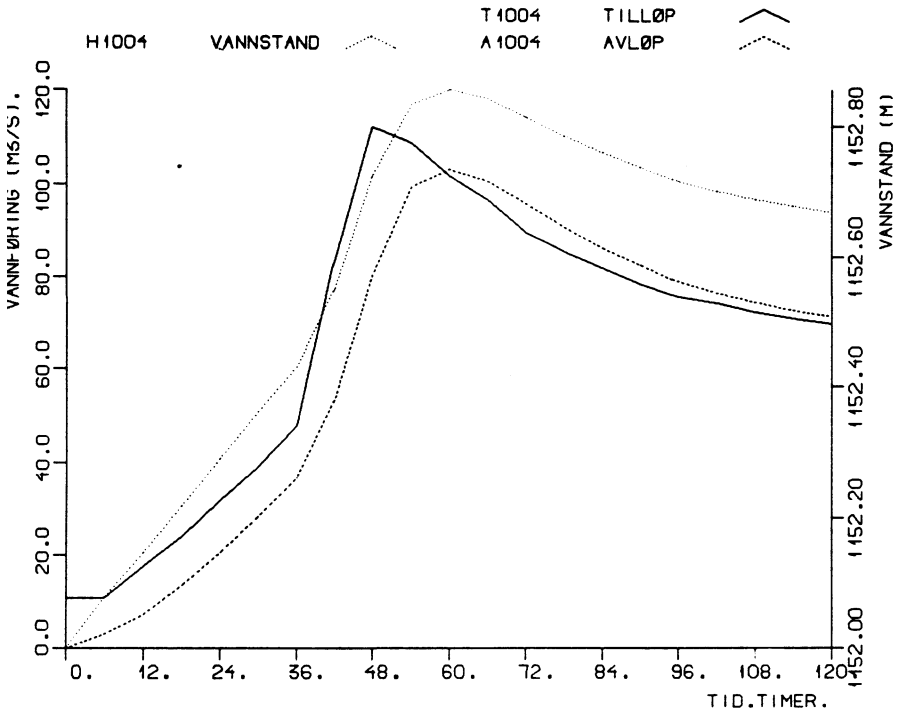


20Q10013X	20H1003	20A1003
3.159	1340.039	.424
5.792	1340.085	1.335
7.794	1340.141	2.874
9.786	1340.199	4.799
11.246	1340.251	6.840
15.377	1340.309	9.317
28.119	1340.414	14.452
31.486	1340.536	21.309
21.523	1340.576	23.732
15.474	1340.536	21.291
12.704	1340.480	18.014
10.429	1340.428	15.170
9.527	1340.385	12.951
9.431	1340.356	11.506
9.019	1340.336	10.575
8.907	1340.322	9.927
9.144	1340.314	9.568
8.879	1340.310	9.348
8.762	1340.305	9.140
8.708	1340.302	8.981

Figur 7. Dimensjonerende flom Katla. Tidsskritt 6 timer.

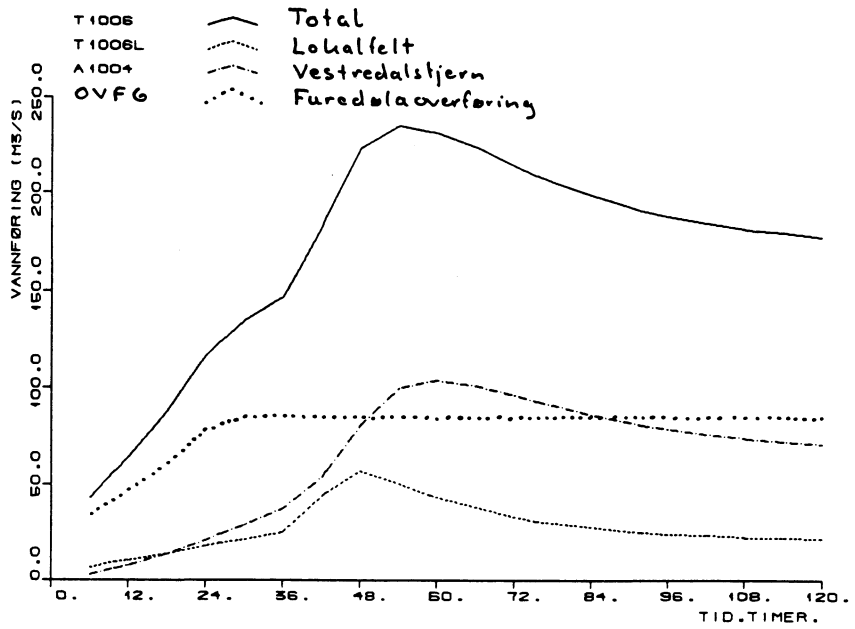


Figur 8. Dimensjonerende tilløpsflom til Vestredalstjern med forskjellige bidrag.

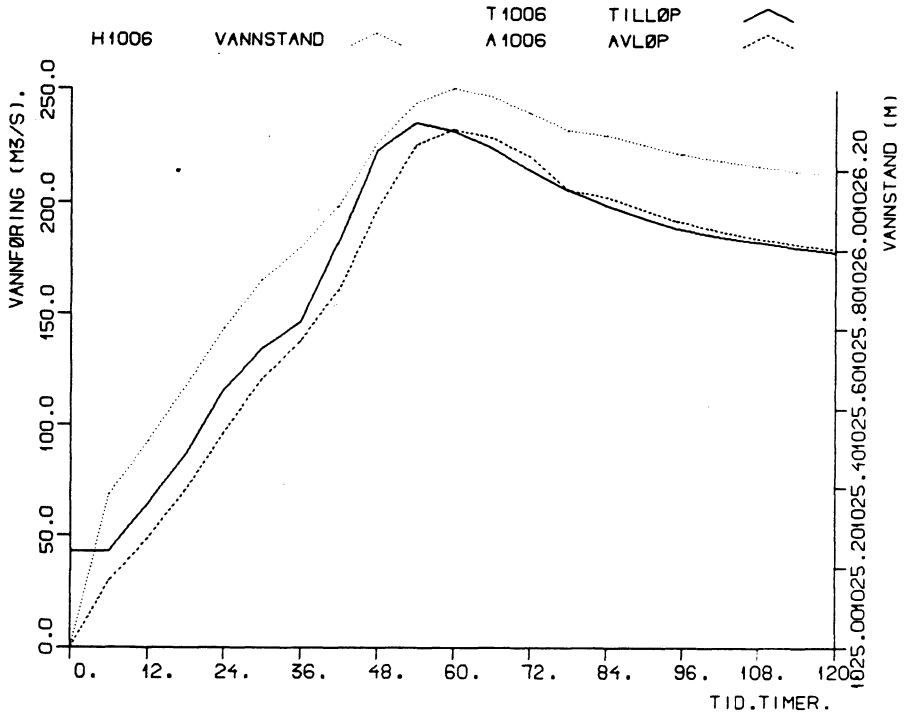


20T1004	20H1004	20A1004
10.773	1152.078	2.834
17.733	1152.146	7.288
24.130	1152.220	13.432
31.990	1152.293	20.635
39.251	1152.363	28.477
48.035	1152.430	36.773
83.408	1152.552	53.366
112.196	1152.724	80.242
108.660	1152.834	99.216
101.755	1152.856	103.039
96.539	1152.842	100.554
89.704	1152.815	95.829
85.294	1152.785	90.567
81.871	1152.759	86.184
78.277	1152.737	82.372
75.465	1152.716	78.959
74.201	1152.701	76.411
72.297	1152.689	74.466
70.797	1152.678	72.676
69.608	1152.668	71.164

Figur 9. Dimensjonerende flom Vestredalstjern. Tidsskritt 6 timer.

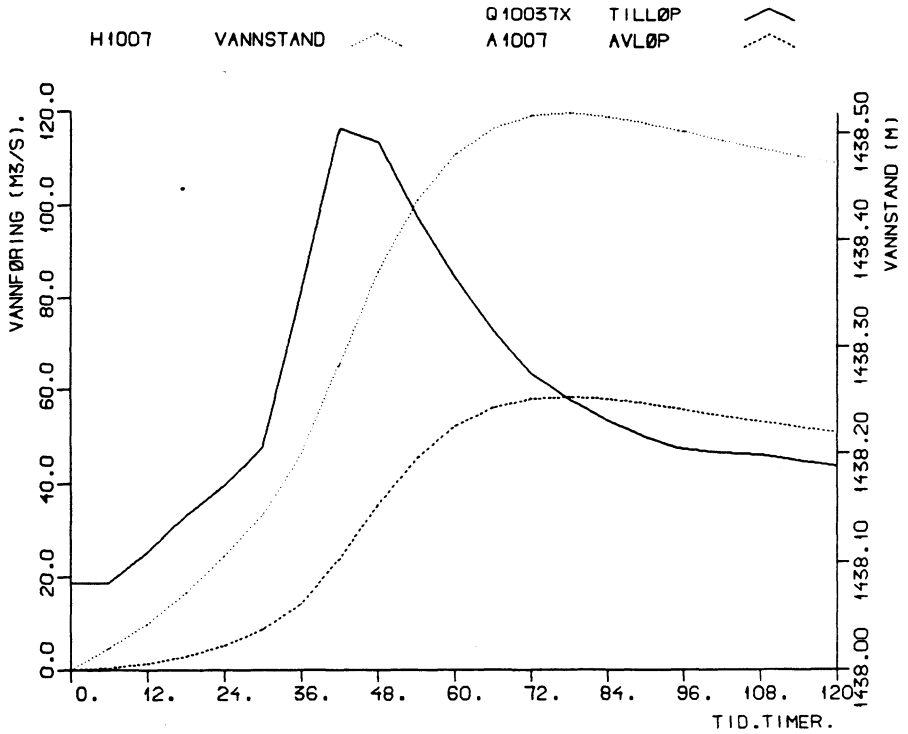


Figur 10. Dimensjonerende tilløpsflom til Veslebotnvatn med forskjellige bidrag.



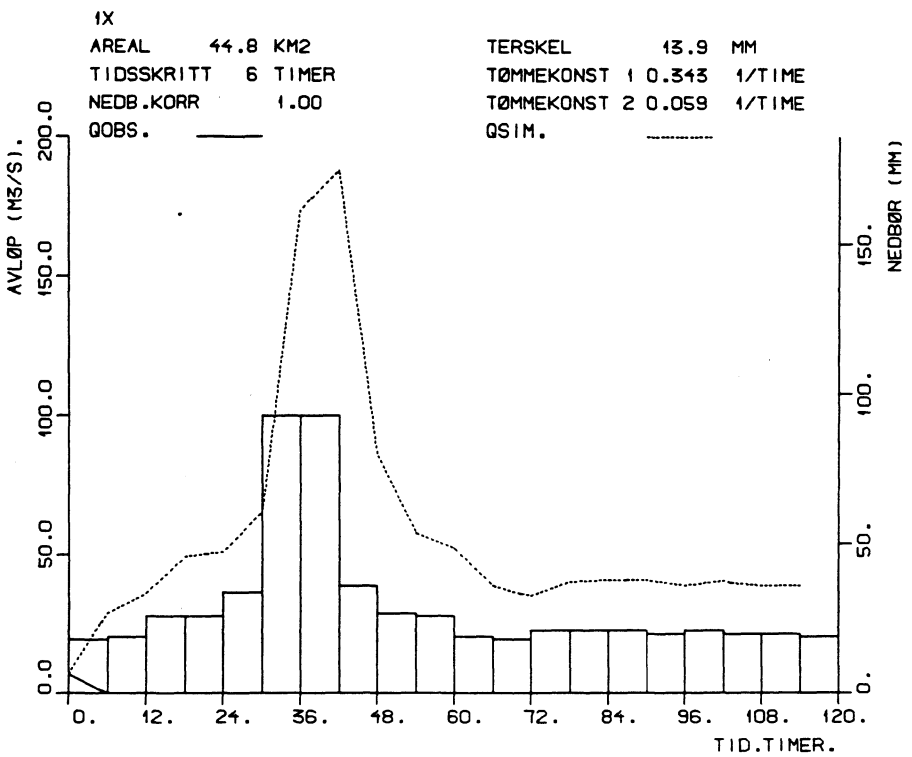
20T1006	20H1006	20A1006
43.027	1025.381	29.800
64.117	1025.520	48.731
87.330	1025.660	70.878
116.257	1025.804	96.788
134.413	1025.927	121.075
146.569	1026.006	137.747
182.221	1026.109	160.794
222.414	1026.262	197.019
234.743	1026.365	225.021
231.195	1026.399	231.764
223.575	1026.380	228.053
213.638	1026.339	220.015
205.286	1026.296	205.334
198.746	1026.284	202.422
192.885	1026.260	196.629
188.040	1026.238	191.229
185.028	1026.221	187.122
182.216	1026.209	184.063
179.818	1026.198	181.403
177.878	1026.188	179.173

Figur 11. Dimensjonerende flom Veslebotnvatn. Tidsskritt 6 timer.



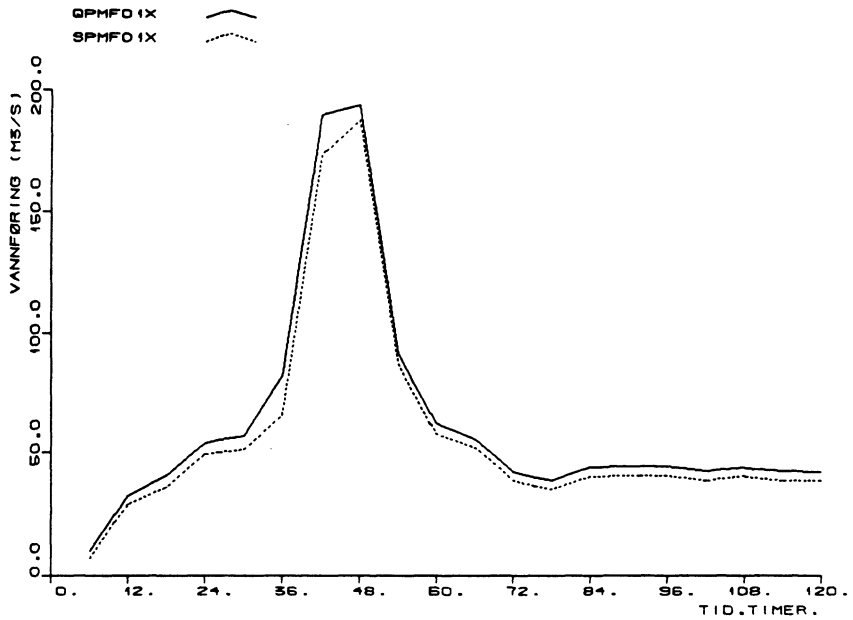
20Q10037X	20H1007	20A1007
18.708	1438.020	.446
25.404	1438.043	1.387
33.142	1438.071	3.006
39.577	1438.105	5.386
47.690	1438.144	8.584
82.084	1438.200	14.031
116.630	1438.283	23.639
113.704	1438.370	35.417
97.499	1438.436	45.316
84.683	1438.479	52.133
72.912	1438.504	56.226
63.590	1438.515	58.100
57.929	1438.517	58.517
53.353	1438.515	58.066
49.785	1438.509	57.052
47.260	1438.501	55.728
46.382	1438.492	54.354
46.079	1438.485	53.110
44.944	1438.478	51.954
43.810	1438.471	50.808

Figur 12. Dimensjonerende flom Nyhellervatn. Tidsskritt 6 timer.

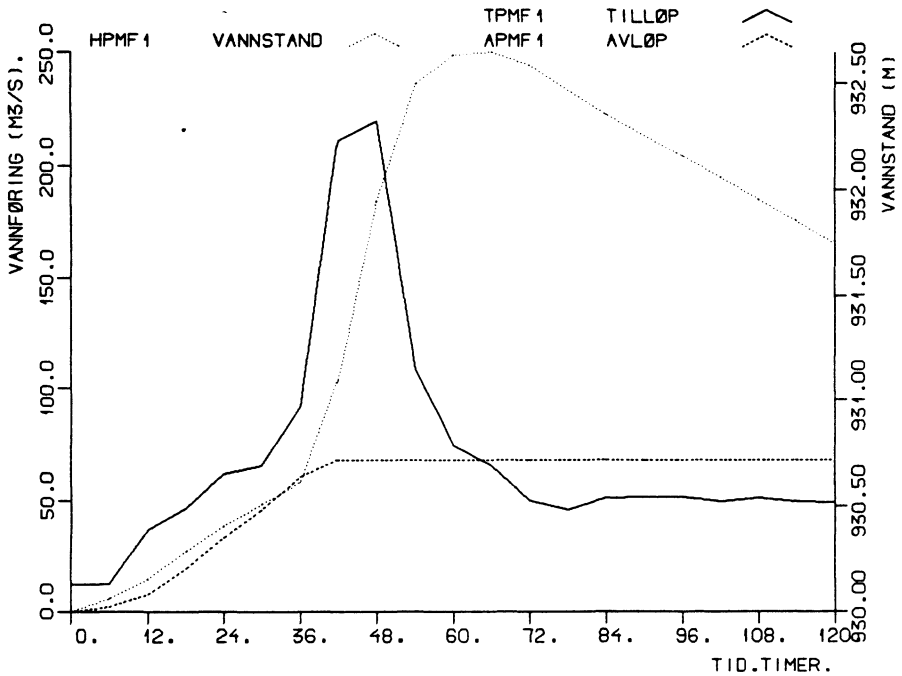


Nedbør + snøsmelting	Vannføring
20PMPS0	20SPMF01X
18.000	7.000
19.000	29.314
26.000	36.252
26.000	49.537
34.000	51.102
93.000	65.553
93.000	173.543
36.000	187.632
27.000	86.662
26.000	57.701
19.000	52.170
18.000	38.873
21.000	35.344
21.000	40.181
21.000	40.751
20.000	40.795
21.000	39.002
20.000	40.533
20.000	38.938
19.000	38.724

Figur 13. Simulering av PMF for Viddalsvatn, ekskl. magasin. Tidsskritt 6 timer.

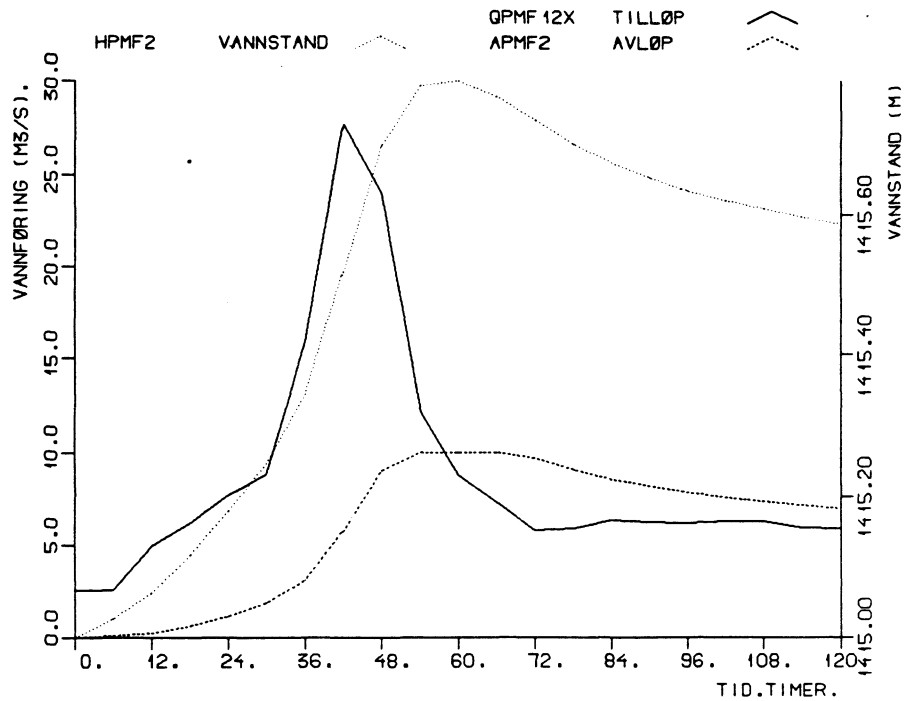


Figur 14. PMF Viddalsvatn, ekskl. og inkl. magasin.



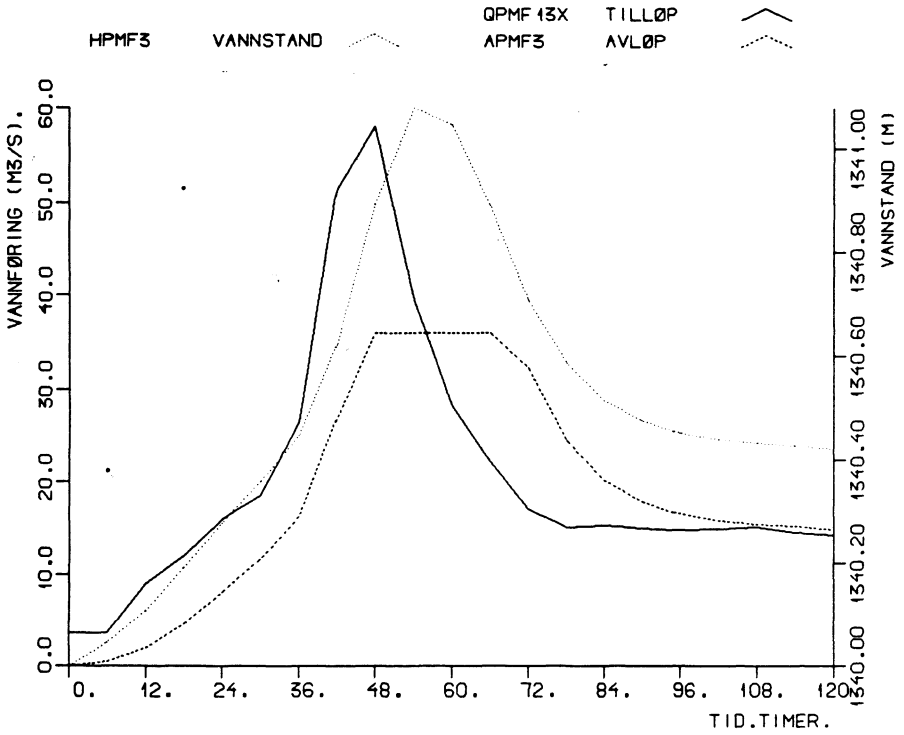
20TPMF1	20HPMF1	20APMF1
12.137	930.059	1.831
36.985	930.156	7.794
46.507	930.285	19.287
61.588	930.407	32.886
65.218	930.508	45.859
91.657	930.611	60.517
211.222	931.092	68.000
219.857	931.942	68.000
108.444	932.496	68.000
74.256	932.630	68.000
65.391	932.641	68.000
49.819	932.581	68.000
45.821	932.465	68.000
50.825	932.351	68.000
51.455	932.254	68.000
51.345	932.159	68.000
49.548	932.057	68.000
51.018	931.955	68.000
49.282	931.853	68.000
48.839	931.743	68.000

Figur 15. Påregnelig maksimal flom Viddalsvatn. Tidsskritt 6 timer.



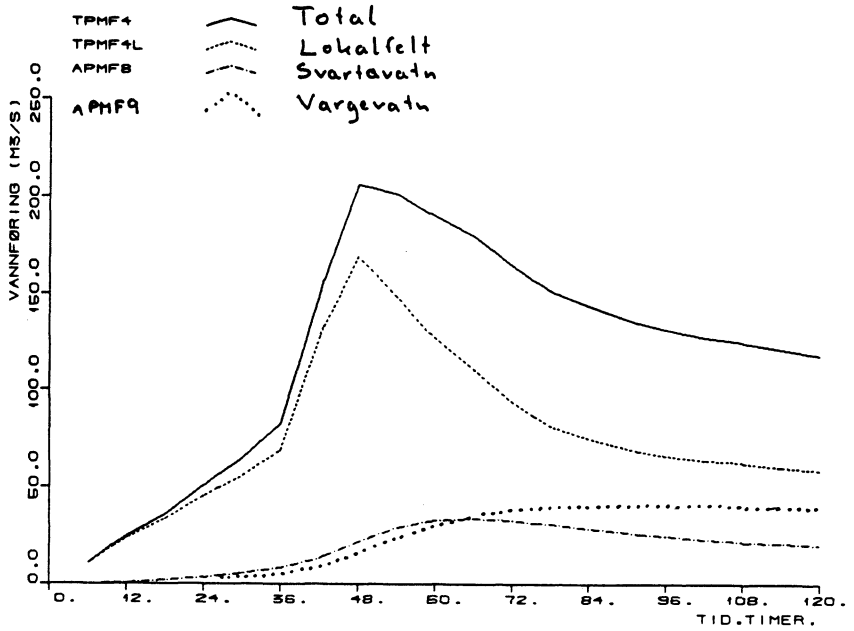
20QPMF12X	20HPMF2	20APMF2
2.592	1415.027	.069
4.949	1415.065	.254
6.169	1415.117	.622
7.708	1415.179	1.172
8.837	1415.247	1.901
15.914	1415.346	3.146
27.658	1415.517	5.754
24.002	1415.697	9.004
12.218	1415.784	10.000
8.788	1415.789	10.000
7.296	1415.768	10.000
5.793	1415.734	9.732
5.869	1415.700	9.055
6.331	1415.674	8.551
6.204	1415.653	8.167
6.183	1415.636	7.839
6.272	1415.621	7.574
6.278	1415.610	7.363
5.910	1415.598	7.158
5.859	1415.587	6.953

Figur 16. Påregnelig maksimal flom Langavatn. Tidsskritt 6 timer.

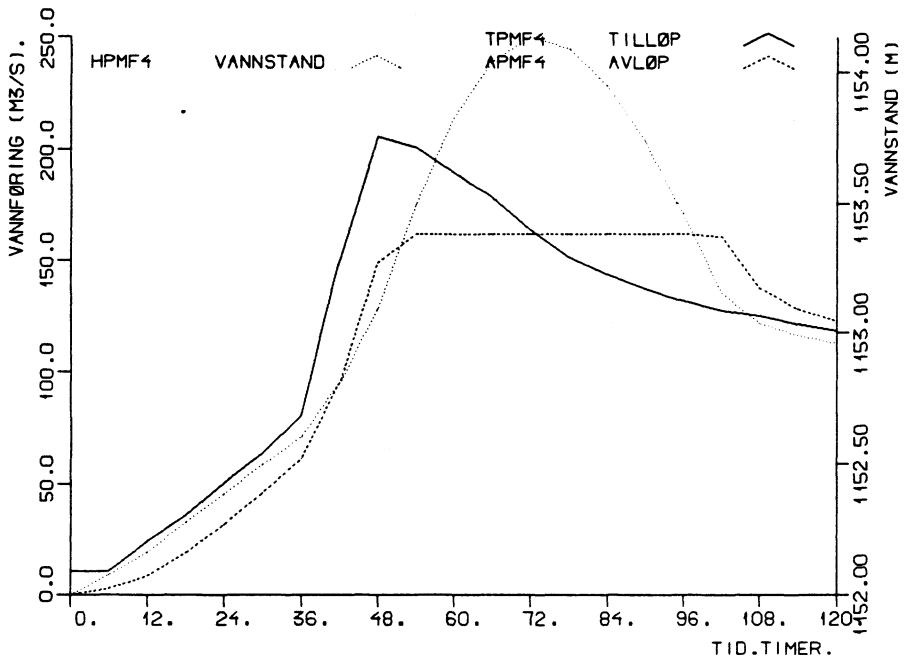


20QPMF13X	20HPMF3	20APMF3
3.642	1340.045	.518
9.031	1340.108	1.935
12.068	1340.194	4.624
15.966	1340.280	8.032
18.505	1340.360	11.699
26.504	1340.449	16.311
51.324	1340.624	26.744
58.050	1340.893	36.000
39.502	1341.077	36.000
28.196	1341.046	36.000
22.191	1340.891	36.000
17.070	1340.708	32.312
15.104	1340.588	24.438
15.291	1340.517	20.138
14.996	1340.477	17.879
14.865	1340.454	16.569
14.873	1340.440	15.822
15.099	1340.433	15.457
14.463	1340.427	15.163
14.191	1340.421	14.801

Figur 17. Påregnelig maksimal flom Katla. Tidsskritt 6 timer.

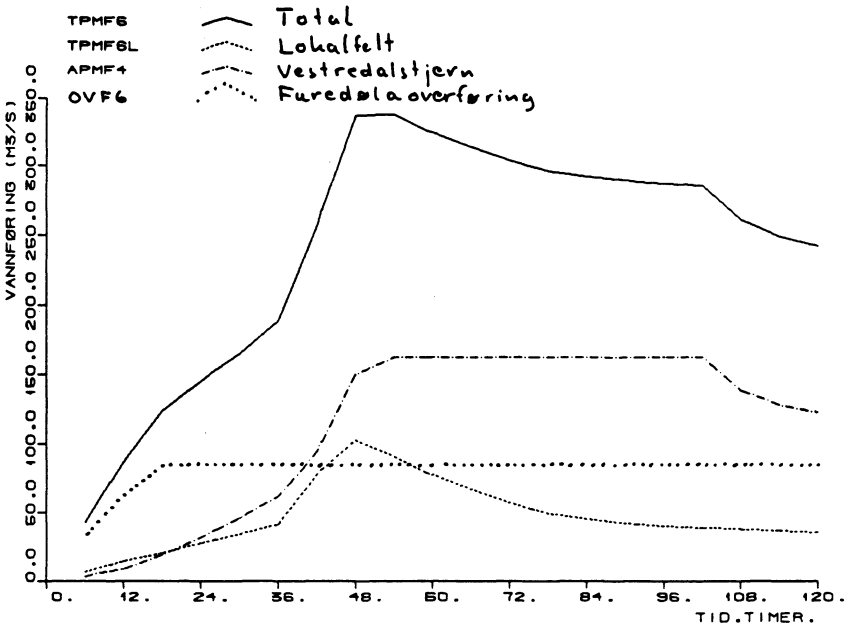


Figur 18. Påregnelig maksimal tilløpsflom til Vestredalstjern med forskjellige bidrag.

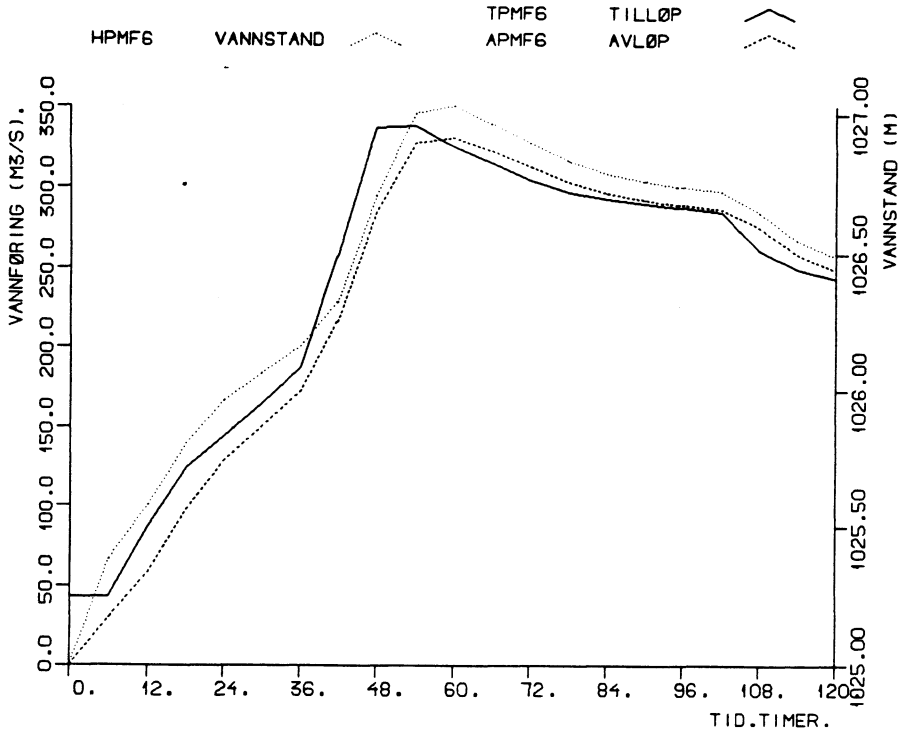


20TPMF4	20HPMF4	20APMF4
10.773	1152.078	2.834
24.207	1152.164	8.682
35.507	1152.274	18.686
50.135	1152.387	31.334
63.917	1152.498	45.730
81.071	1152.606	61.454
149.665	1152.809	94.724
205.614	1153.093	148.730
200.714	1153.497	162.000
189.601	1153.822	162.000
178.687	1154.040	162.000
164.036	1154.132	162.000
151.175	1154.089	162.000
143.715	1153.946	162.000
136.887	1153.733	162.000
131.487	1153.460	162.000
127.224	1153.151	160.785
124.813	1153.037	137.585
121.022	1152.988	127.924
117.969	1152.960	122.410

Figur 19. Påregnelig maksimal flom Vestredalstjern.
Tidsskritt 6 timer.

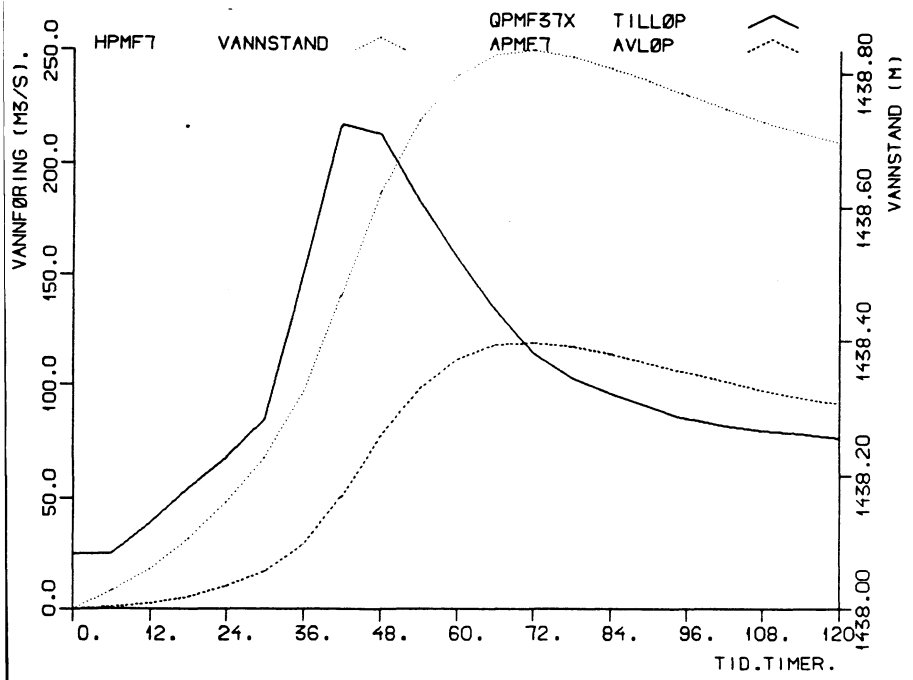


Figur 20. Påregnelig maksimal tilløpsflom til Veslebotnvatn
med forskjellige bidrag.



20TPMF6	20HPMF6	20APMF6
43.027	1025.381	29.800
86.646	1025.581	57.906
123.994	1025.808	97.438
144.066	1025.963	128.630
164.674	1026.065	150.819
187.975	1026.162	172.966
257.869	1026.326	217.237
336.923	1026.705	284.225
337.773	1027.002	327.043
324.710	1027.027	330.377
314.517	1026.963	321.815
304.136	1026.891	311.821
296.366	1026.827	302.505
292.594	1026.783	296.010
289.423	1026.755	291.948
287.213	1026.736	288.993
284.459	1026.719	286.419
260.729	1026.647	275.093
249.611	1026.548	258.621
243.080	1026.489	248.381

Figur 21. Påregnelig maksimal flom Veslebotnvatn. Tidsskritt 6 timer.



20QPMF37X	20HPMF7	20APMF7
25.092	1438.027	.688
38.804	1438.059	2.271
54.168	1438.104	5.310
67.912	1438.160	10.096
84.235	1438.225	16.819
151.005	1438.323	28.826
217.568	1438.469	50.563
213.247	1438.621	76.983
182.865	1438.731	98.211
157.700	1438.795	111.493
134.149	1438.826	117.996
114.558	1438.831	119.208
103.154	1438.822	117.237
96.150	1438.806	113.909
90.302	1438.788	110.028
84.925	1438.768	105.863
81.704	1438.748	101.718
79.769	1438.729	97.902
78.402	1438.712	94.514
76.523	1438.697	91.472

Figur 22. Påregnelig maksimal flom Nyhellervatn. Tidsskritt 6 timer.

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK
Tilsyns- og
beredskapsavdelingen

DOKUMENTTYPE; NOTAT

Tittel: Flomberegninger Aurlandsvassdraget		Tilgj.het: Offentlig
Stikkord/emneord: Avløpsforhold		Dato: 25.04.91
Ansvarlig: Alf V. Adeler	Adm.enhet: TT	Sign.:
Saksbehandler: Kjell Molkersrød	Adm.enhet: TT	Sign.:
Dokumentet sendes til: H v/Petterson		

På grunn av usikre data om lengde på og dybde foran overløpstersklene ved Oslo Lysverkers dammer i Aurland ble lysverkene i 1990 bedt om å måle opp disse forholdene. Dette ble gjort høsten 1990 og tallene ble oversendt NVE i skriv datert 23.10.90. Ut fra dybden oppstrøms tersklene er det angitt nye C-verdier herfra. Tallene er:

DAM	OVERLØPS-LENGDE (M)	DYBDE OPPSTRØMS (M)	C-VERDI
Viddalsdammen	59,70	0,6	2,12
Langavatn	7,40	0,4	2,09
Katla	25,00	1,0	2,17
Svartavatn	17,00	0,3	-
Vargevatn *	7,50	0,3	-
Vestredalstjern	62,30	0,4	2,09
Veslebotnvatn	71,75	0,35	2,00
Nyhellervatn	72,00	2,3	2,20

* Like oppstrøms overløpet går det en bru over. Dybden er her den samme som foran terskelen, 0,3 m. Avstanden mellom brukarene er 6,0 m og fri høyde oppunder brua ca 1,2 m.

De foreløpige flomberegningene av 18.07.90 må korrigeres (ny ruting) på grunnlag av ovenstående verdier.