



ZS

NORGES VASSDRAGS- OG ELEKTRISITETSVESEN
VASSDRAGSDIREKTORATET
HYDROLOGISK AVDELING

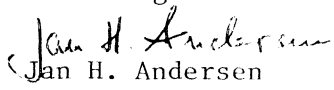
FLOMBEREGNINGER FOR VALLDALSMAGASINET

OPPDRAKSRAPPORT

1 - 85

**NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
BIBLIOTEK**

Rapportens tittel: <i>FLOMBEREKNINGER FOR VALLDALSMAGASINET</i>	Dato: 1985-01-10 Rapporten er: Åpen Opplag: 60
--	--

Saksbehandler/Forfatter: Jan H. Andersen Datakontoret	Ansvarlig:  Jan H. Andersen
---	--

Oppdragsgiver: <i>NORSK HYDRO</i>

Sammendrag:

Det er foretatt nye beregninger av dimensjonerende flomvannføring og flomvannstand samt påregnelig maksimal flomvannføring og maksimal flomvannstand for Valldalsmagasinet. Arbeidet er utført på oppdrag fra Norsk Hydro.

Beregning av påregnelig maksimal tilløpsflom er basert på et påregnelig maksimalt nedbørforløp som er utarbeidet av DNMI. Beregningen tilfredsstiller de krav som er gitt i damforskriftene.

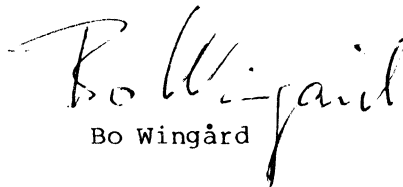
Resultatene av beregningene er satt opp i tabell 10.1 og fig 10.1. Beregningene er utført med flere alternative kapasiteter på sjaktoverløpet.

Dimensjonerende tilløpsflom og påregnelig maksimal tilløpsflom har en toppverdi på henholdsvis $312 \text{ m}^3/\text{s} + 30 \text{ m}^3/\text{s}$ overføring og $622 \text{ m}^3/\text{s} + 30 \text{ m}^3/\text{s}$ overføring. De tilhørende avløpsflommer og magasin vannstander er avhengig av sjaktoverløpets kapasitet og hvilke flomstigninger som kan aksepteres.

FORORD

Flomberegningene er basert på de retningslinjer som er gitt i Forskrifter for dammer (OED/NVE, 1981). Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI) har beregnet et påregnelig maksimalt nedbørforløp og nedbørforløp med forskjellig gjentaksintervall opp til 1000 år. Metodene som er benyttet i beregning av påregnelig maksimal nedbør er den samme som er benyttet i England (NERC, 1975). Denne metoden gir stort sett det samme resultat som den såkalte Hershfields metode som blant annet er anbefalt av WMO (WMO, 1981). Beregningene er således så langt det er mulig basert på internasjonal praksis og de krav som er satt i damforskriftene.

Oslo, 10. januar 1985


Bo Wingård

INNHold	Side
1. NEDBØRFELTET TIL VALLDALSMAGASINET	5
2. KALIBRERING AV FLOMMODELL	9
3. DIMENSJONERENDE TILLØPSFLOM	22
3.1 Beregninger basert på vannføringsdata	22
3.2 Beregninger basert på nedbørdata	25
4. OVERFØRT VANNMENGDE	35
5. BEREGNING AV PÅREGNELIG MAKSIMAL TILLØPSFLOM	36
6. FLOMAVLEDNINGSKAPASITETEN	39
7. BEREGNING AV DIMENSJONERENDE FLOMVANNSTAND OG FLOMVANNFØRING	40
8. BEREGNING AV PÅREGNELIG MAKSIMAL FLOMVANNSTAND OG FLOMVANNFØRING	42
9. FLOMMEN I 1967	45
10. VURDERING AV RESULTATENE	50
11. LITTERATUR	54

INNLEDNING

I 1964 ble påregnelig maksimal avløpsflom for Valldalsmagasinet beregnet til $325 \text{ m}^3/\text{s}$. Beregningene ble utført av Hydrologisk avdeling og basert på Sognens formel med et midlere spesifikt avløp på 65 l/skm^2 (Ref. V-1182/64, 19. mars 1964).

Senere ble beregningene basert på frekvensanalyse av avløpet fra Røldalsvatn. Påregnelig maksimal avløpsflom ble da bestemt ut fra en flom med midlere gjentaksintervall på 1000 år ($220\text{--}230 \text{ m}^3/\text{s}$). Basert på denne flomstørrelsen ble overløpets lengde satt til 102 meter. Dette svarer til en kapasitet på $220 \text{ m}^3/\text{s}$ ved 1 meter flomstigning over HRV (745 m). Overløpet går over i lukket sjakt.

20. juli 1967 ble vannstanden i magasinet observert til 745.90 m. D.v.s. 0.90 m over HRV. Dette svarer til en vannføring på $185 \text{ m}^3/\text{s}$. Av VVT's notater fremgår at vannstanden senere i juli steg til 745.97 m. D.v.s. en vannføring på $210 \text{ m}^3/\text{s}$. Overføringstunnelen Vasstølvatn - Valldalsmagasinet kan maksimalt overføre $30 \text{ m}^3/\text{s}$ til Valldalsmagasinet. En del av de $210 \text{ m}^3/\text{s}$ på overløpet er sannsynligvis overført vann gjennom denne tunnelen. Senere på sommeren ble i følge VVT dyplukene benyttet i flomavledningen. Dyplukene har en maksimal kapasitet på ca. $300 \text{ m}^3/\text{s}$.

I 1980 ble overløpets lengde økt fra 102 meter til 131 meter. Sjaktens kapasitet ble ikke utvidet. Beregninger utført ved VHL viser at sjaktens teoretiske maksimale kapasitet er $330 \text{ m}^3/\text{s}$. I følge damforskriftene skal denne teoretiske kapasiteten multipliseres med 0.7 for å kompensere for usikkerheter som følge av luftmedrivning, innsnevring i tverrsnittet etc. Det vil si at det i flomberegningene skal regnes med en maksimal kapasitet på $330 \times 0.7 = 231 \text{ m}^3/\text{s}$. Den teoretiske kapasiteten kan imidlertid benyttes dersom modellforsøk eller andre undersøkelser viser at den er riktig.

I de nye flomberegningene som nå er utført, er det blant annet benyttet påregnelig maksimal nedbør for feltet. Disse nedbørdata er beregnet ved Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI). Beregningene er således fullt ut i henhold til retningslinjene som er gitt i damforskriftene.

1. NEDBØRFELTET TIL VALLDALSMAGASINET

Nedbørfelet til Valldalsmagasinet har et areal på 201.7 km^2 . Under flomforhold må det regnes med overløp fra feltet ovenfor Nupstjønn. Dette feltet har et areal på 15.3 km^2 . Det er i flomberegningene ikke gjort noe forsøk på å skille ut Nupstjønn som et eget felt. I beregningen av dimensjonerende tilløpsflom og påregnelig maksimal tilløpsflom må vi kunne anta at det meste av vannføringen vil gå til Valldalsmagasinet. Det totale arealet settes derfor lik 217 km^2 .

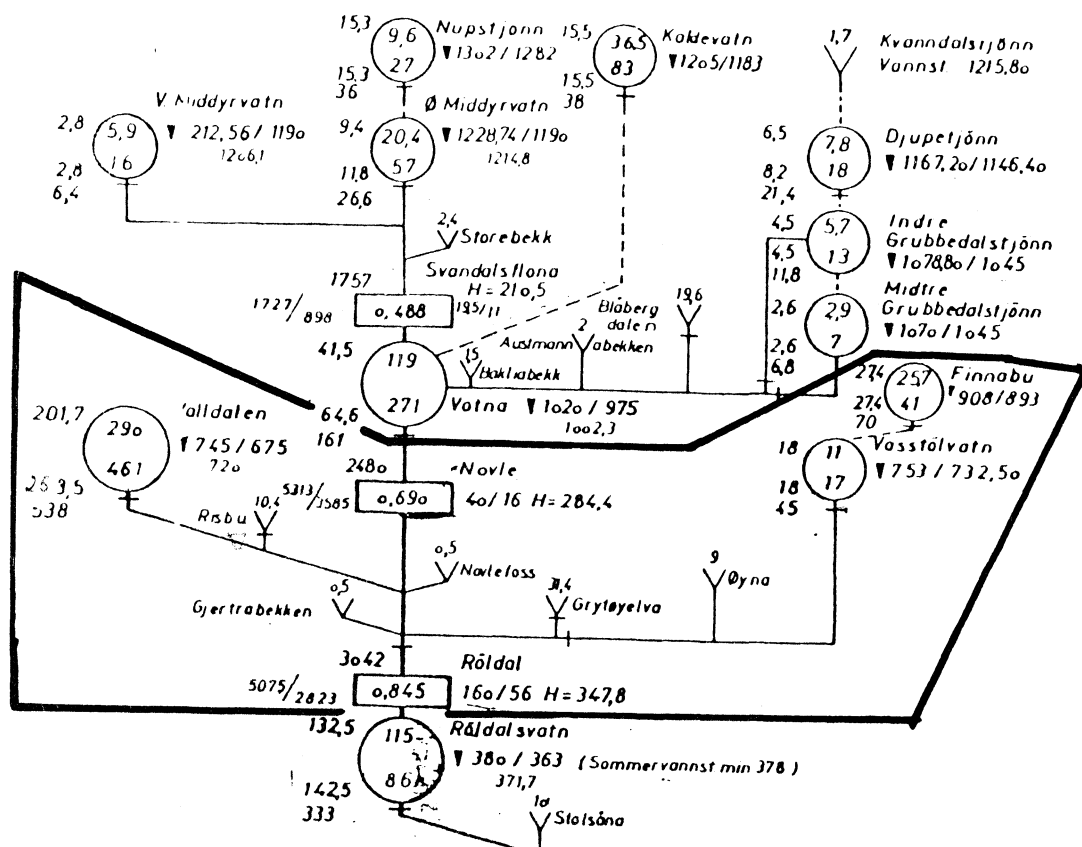


Fig. 1.1 Reguleringen i det aktuelle området.

Dersom vi tar med bekkeinntakene på overføringstunnelen mellom Vasstølvatn og Valldalsmagasinet, blir det totale feltarealet 253 km^2 . (Fig. 1.1). Flomvannet fra det regulerte feltet skal i størst mulig utstrekning føres gjennom de naturlige vannveier slik det var før reguleringen. Luken ved Vasstølvatn er derfor stengt under flomforhold. Under normale driftsforhold er luken ved Vasstølvatn satt med en åpning på 20-50 cm. Dette svarer til en vannføring på ca. $5-10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Det er to hydrologiske målestasjoner i feltet:

Stasjon nr. 1750-0, Middal 44.9 km^2	Midlere årsavløp 65 l/skm^2
Stasjon nr. 1751-0, Vivassdalen 68.1 km^2	Midlere årsavløp 65 l/skm^2

Årsavløpene er tatt ut fra isohydatkart (Skoftealand, 1969).

De tre største flomsituasjonene vi kjenner til etter at feltet ble regulert er:

Juli 1967	Snøsmelting + regn
Sept/okt 1983	Snøsmelting + regn
Aug/sept 1984	Regn

Målestasjonene 1750-0 og 1751-0 ble opprettet i 1968. Det finnes således ikke observasjoner fra disse stasjonene for flomsituasjonen i 1967. Begge målestasjonene er utstyrt med limnigraf. Vannstander kan således tas ut med en hvilken som helst tidsoppløsning.

Vannføringskurven for stasjon nr. 1750-0, Middal er relativt godt dekket med målinger. Det er benyttet følgende kurve:

$$Q = 2.8781 (H-0.10)^{2.2714} \quad 0.10 \leq H < 0.50$$

$$Q = 4.1160 (H-0.10)^{2.6545} \quad 0.50 \leq H < 1.97$$

$$Q = 5.6534 (H-0.10)^{2.1433} \quad 1.97 \leq H$$

Vannføringskurven for stasjon nr. 1751-0, Vivassdalen er dårlig verifisert på høye vannføringer. Høyeste målte vannføring er ca. $17 \text{ m}^3/\text{s}$. Alle høstflommer har en høyere vannføring (tabell 3.1). Ekstrapolasjonen av kurven må betraktes som noe usikker. Det er benyttet følgende kurve:

$$Q = 20.2970 (H-0.20)^{2.2352} \quad 0.20 \leq H < 1.10$$

$$Q = 4.4546 (H+0.40)^{2.8257} \quad 1.10 \leq H$$

Feltet ovenfor de to målestasjonene dekker ca. 113 km^2 - d.v.s. ca. halvparten av det totale feltet (217 km^2) ovenfor Valldalsmagasinet. I følge isohydatkartet (fig. 1.2) varierer normalavløpet fra $60-80 \text{ l/skm}^2$ i hele feltet. Feltet ovenfor de to målestasjonene har et midlere årsavløp på ca. 65 l/skm^2 og det resterende feltet et årsavløp på ca. 75 l/skm^2 . Middelavløpet for hele feltet er ca. 70 l/skm^2 . For å få et "observert" flomforløp for hele feltet er derfor summen av avløpene ved Middalen og Vivassdalen skalert opp med følgende faktor.

$$K = \frac{70 \text{ l/skm}^2 \times 217 \text{ km}^2}{65 \text{ l/skm}^2 \times 113 \text{ km}^2} = 2.06$$

Det finnes ingen nedbør- eller klimastasjoner i selve feltet. I beregningene er det benyttet nedbør- og temperaturdata for følgende stasjoner:

Stasjon nr. 4645, Røldal	393 M.O.H.	Nedbør
Stasjon nr. 4651, Midtlæger	1079 M.O.H.	Nedbør og temperatur
Stasjon nr. 4661, Sauda	5 M.O.H.	Nedbør og temperatur

Ved Røldal observeres nedbøren en gang pr. døgn. Ved Sauda og Midtlæger observeres nedbøren to ganger pr. døgn og temperaturer 3 ganger pr. døgn samt maksimum- og minimumstemperaturen over døgnet.

Feltet består for en stor del av snaufjell og har en relativt stor høydevariasjon og helning. Medianhøyden ligger på vel 1300 M.O.H. (fig. 1.3).

AVLÖPSKART for **Suldal, Ulla, Förre, Årdal og** **det tilgrensende felt av Otra.**

Isohydater i l/s km² for
normalperioden 1910-50

NVE
Hydrologisk afdeling
Utarb. av Egil Skotteland
Rentegnet av Bård Brøkerud
Dato: 9.7.1969
Tegning nr. 1173

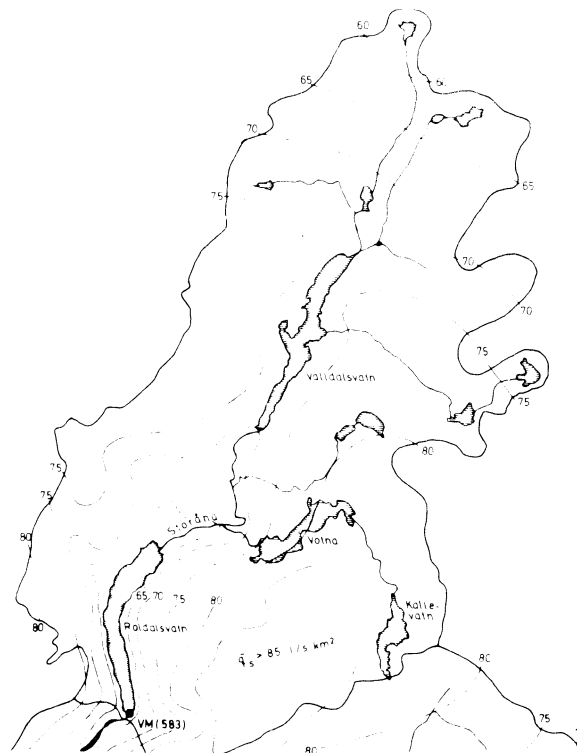


Fig. 1.2 Isohydatkart over det aktuelle området.

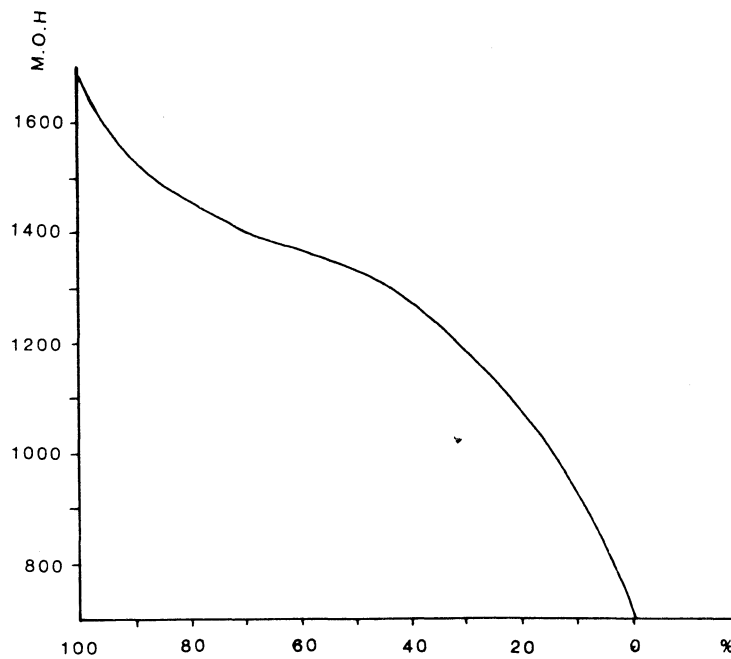


Fig. 1.3 Hypsografisk kurve for feltet ovenfor Valldalen. Kurven omfatter også Nupstjønn.

2. KALIBRERING AV FLOMMODELL

Det er benyttet en enkel karmodell som er beskrevet i: Hydrologisk modell for flomberegninger, rapport nr. 2-83 fra Hydrologisk avdeling. Modellen er utvidet til også å ta hensyn til snøsmelting og snøakkumulasjon i feltet. Modellen er tilpasset fire flomsituasjoner i september/oktober 1983 og en flomsituasjon i aug/sept 1984. De "observerte" flomforløp er beregnet på følgende måte:

Vannstandsdata er tatt ut fra limnigrafskjema fra stasjon nr. 1750-0, Middal og stasjon nr. 1751-0, Vivassdalen. Vannstandene er tatt ut med 4-timers intervaller og omregnet til vannføring. Det "observerte" forløpet er så beregnet ved en skalering av summen av avløpene ved de to stasjonene. Skaleringsfaktoren er satt til 2.06 (Kap. 1). Resultatet av skaleringen av data for 1983-flommen er vist i fig. 2.1. For begge flomsituasjonene er vannstandsdata og meteorologiske data satt opp i tabell 2.1 og tabell 2.2.

Nedbøren er basert på data fra stasjon nr. 4645, Røldal. Det observeres kun en gang pr. døgn (kl. 0800). Nedbøren er fordelt på 4-timers verdier ved opptegning av massekurver (summert nedbør) for Røldal, Sauda og Midtlæger. For flomsituasjonen i aug/sept 1984 er nedbøren fordelt etter pluviografregistreringene ved Lauvastøl og Prestvigen.

Temperaturen er basert på data fra stasjon nr. 4651 Midtlæger og stasjon nr. 4661, Sauda. Temperaturen er observert kl. 0700, kl. 1300 og kl. 1900 i tillegg til maksimum- og minimumstemperaturen over døgnet. Temperaturen hver 4. time er bestemt på følgende måte:

Temperaturen kl. 0800 er satt lik den observerte temperaturen kl. 0700, temperaturen kl. 1200 satt lik observert temperatur kl. 1300 og temperaturen kl. 2000 satt lik observert temperatur kl. 1900. Temperaturen kl. 1600 er normalt satt lik døgnetts maksimumstemperatur med mindre det er åpenbart at dette er feil.

Temperaturen kl. 0400 er normalt satt lik døgnetts minimumstemperatur. Temperaturen kl. 0000 er basert på interpolasjon mellom temperaturen kl. 2000 og kl. 0400.

Temperaturen ved Sauda er kun benyttet for å bestemme temperaturens variasjon med høyden (temperaturgradienten). Snøsmelting eller snøakkumulasjon beregnes i 10 høydeintervaller på den hypsografiske kurven. D.v.s. at det i modellen kan være snøsmelting og regn i de lavere deler av feltet og snøakkumulasjon i de høyere deler.

Resultatet av kalibreringene er vist i fig. 2.2 og fig. 2.3.

Det er benyttet følgende modellparametre:

FFILTAREAL (KM ²)	:	217.000	
ØVRE AVLØSPARAMETER (1/TIME)	:	.060	
NEDRE AVLØSPARAMETER (1/TIME)	:	.010	
TERSKELVERDI (MM)	:	40.	
KONSENTRASJONSTIDEN (TIDSSKRITT)	:	1.	
NEDBØRKORREKSJONEN (SKALERINGSFAKTOR)	:	1.20	
GRADDAGSFAKTOR (MM/GRAD TIME), IKKE NEDBØR.	:	.13	NED NEDBØR: .20
NEDBØRENS HØYDEKORREKSJON (% /100METER)	:	0.	
TEMP. H. YDEKORR. (GRAD/100 M), IKKE NEDBØR.	:		NED NEDBØR:
NEDBØRSTASJONENS HØYDE (METER)	:	393.	
TEMPERATURSTASJONENS HØYDE (METER)	:	1079.	
2. TEMPERATURSTASJONENS H. YDE (METER)	:	10.	
TERSKELVERDI FOR SKILLET REGN/SNØ (GRAD)	:	.5	

Under flommen i 1983 var det både snøakkumulasjon og snøsmelting i feltet. Under flommen i 1984 var det ikke snø i feltet. Den beste tilpassingen av modellen for flomsituasjonen i 1984 fikk vi ved å redusere terskelverdien fra 40 mm til 20 mm. Årsaken til dette kan være at feltet reagerer forskjellig avhengig av om det er snø i feltet eller ikke. En annen årsak kan være at nedbøren kom etter en relativt svært lang tørkeperiode.

Overenstemmelsen mellom de parametrene som ble beskrevet ut fra modellkalibreringene og de parametrene vi får ved å benytte formler basert på feltkarakteristika (Andersen m.fl, 1983) er relativt dårlig. Vi har imidlertid valgt å benytte de parametre som er bestemt ved kalibrering av modellen for flomsituasjonen i 1983.

Det er ofte vanskelig å få gode simuleringer av høstsituasjoner for felter med så store høydevariasjoner som Valldalen. Når temperaturen er nær null, skal det lite til før man i simuleringen regner med snøakkumulasjon mens det i virkeligheten har vært regn med snøsmelting, og omvendt. På bakgrunn av dette må man kunne karakterisere simuleringene som relativt gode.

Temperaturgradienten mellom Midtlæger og Sauda er ca. -0.7°C pr. 100 meter under flomforløpene i 1983. Dette er en relativt mye høyere gradient enn den det vanligvis opereres med i f.eks. HBV-modellen (ca. -0.4°C). HBV-modellen er imidlertid kalibrert for lange tidsserier og ikke kun på ekstreme høstsituasjoner.

Dersom vi sammenligner med gradientene beregnet på grunnlag av radiosondeoppstigninger ved Sola viser det seg at temperaturgradienten i luftmassen har vært sterkt instabil og med gradienter av samme størrelsesorden som vi får ved å benytte data fra Sauda og Midtlæger.

20. september	kl. 0000	12°C ved Sola	2.5°C ved 1340 M.O.H.
	kl. 1200	11.6°C ved Sola	2.1°C ved " "
24. september	kl. 0000	12.6°C ved Sola	4.5°C ved 1250 M.O.H.
	kl. 1200	10.8°C ved Sola	0°C ved 1400 M.O.H.
27. september	kl. 0000	12.3°C ved Sola	7.5°C ved 1500 M.O.H.
	kl. 1200	14.3°C ved Sola	4.7°C ved 1500 M.O.H.
5. oktober	kl. 0000	13.6°C ved Sola	5.9°C ved 1300 M.O.H.
	kl. 1200	12.6°C ved Sola	2.6°C ved 1300 M.O.H.

Tabell 2.3 Temperaturer fra radiosondeoppstigninger ved Sola.

Vi kan merke oss at det i første del av perioden er simulert 100% snødekke 21/9 (fig. 2.2). Ved Midtlæger ble det 21/9 og 22/9 observert henholdsvis 5 cm og 3 cm jevnt snødekke. Det er derfor ikke usannsynlig at det 21/9 har vært snø i nær 100% av feltet. Ved Midtlæger ble det videre observert snø fra 9/10. Dette stemmer også bra med simuleringene selv om det er vanskelig å verifisere det totale snøvolumet og dekningsgraden.

De "observerte" forløp er basert på en relativt stor skalering og en usikker vannføringskurve for stasjon nr. 1751- Vivassdalen. Som en kontroll på tilsigsvolumet er det derfor foretatt en tilsigsberegning basert på data fra kraftverkets ukerapporter til Hydrologisk avdeling. Tilsiget er beregnet på følgende måte:

$$QT = M(\text{Valld.}) + \text{DRIFT (Røld.)} + \text{SPILL (Valld.)} - \text{TRANSITTVANN}$$

$$\text{TRANSITTVANN} = \text{DRIFT (Novle)} + \text{SPILL (Votna)} + \text{Overf. (Vasstøl)}.$$

Under flomperioden sept/okt 1983 var luken ved Vasstølvatn stengt stort sett under hele flomperioden. De dager den har vært åpen er vannføringen satt til $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ved 20 cm åpning og $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ved 40 cm åpning. Resultatet av tilsigsberegningene er satt opp i tabell 2.3. Det totale tilsigsvolumet for perioden 18/9 - 10/10 blir 99.2 mill.m^3 . I beregningene er ikke tatt med tapping fra Nupstjønn. Ut fra ukerapportene kan denne settes til 1.5 mill.m^3 . D.v.s. at tilsigsvolumet fra hele feltet Valldalen + bekkeinntakene = 253 km^2) blir 100.7 mill.m^3 .

Den skalerte "observerte" serien gir for samme perioden et tilsigsvolum på 78.5 mill.m^3 fra et feltareal på 217 km^2 . Dersom dette skaleres opp til et feltareal på 253 km^2 ved også å ta hensyn til at feltene ovenfor bekkeinntakene har et noe høyere spesifikt årsavløp (ca. 75 l/skm^2), får vi et tillegg fra bekkeinntakene på:

$$V = \frac{78.5 (253-217) \times 75}{217 \times 70} = 14 \text{ mill.m}^3$$

Dette gir et totaltilsig på $78.5 + 14 = 92.5 \text{ mill.m}^3$.

For flomperioden sept/okt 1983 er avviket mellom den "observerte" serien og tilsiget beregnet med data fra ukerapportene for denne perioden således ca. 8 mill.m³ eller ca. 8%. I tilsigsberegningene utgjør spillet et betydelig vannvolum. Dette er stort sett bestemt ut fra en observasjon pr. døgn og må karakteriseres som usikkert. Denne sammenligningen er således ikke en fullgod kontroll på at det "observerte" flomforløpet er riktig.

For flomperioden i aug/sept 1984 var det ikke overløp ved Valldalsmagasinet. En tilsvarende tilsigsberegning (tabell 2.4) basert på data fra ukerapporten gir et totaltilsig på 25.9 mill m³ inklusivt tapping fra Nupstjern (1.4 mill m³). Det "observerte" tilsiget skalert opp til et felt på 253 m³ gir 26.1 mill m³. Dvs. et avvik mellom det skalerte tilsiget og tilsiget fra ukerapportene på kun 1%.

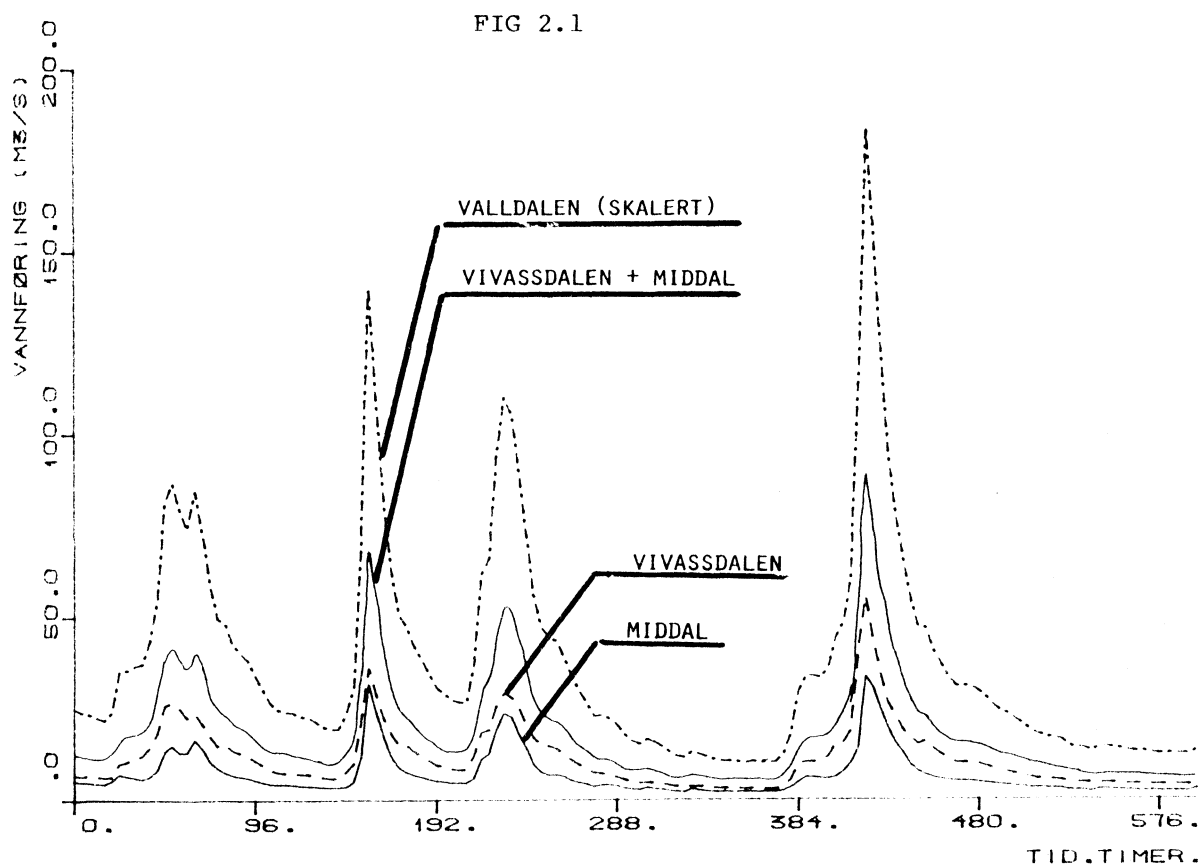


Fig. 2.1 Observerte flomforløp i sept./okt. 1983.

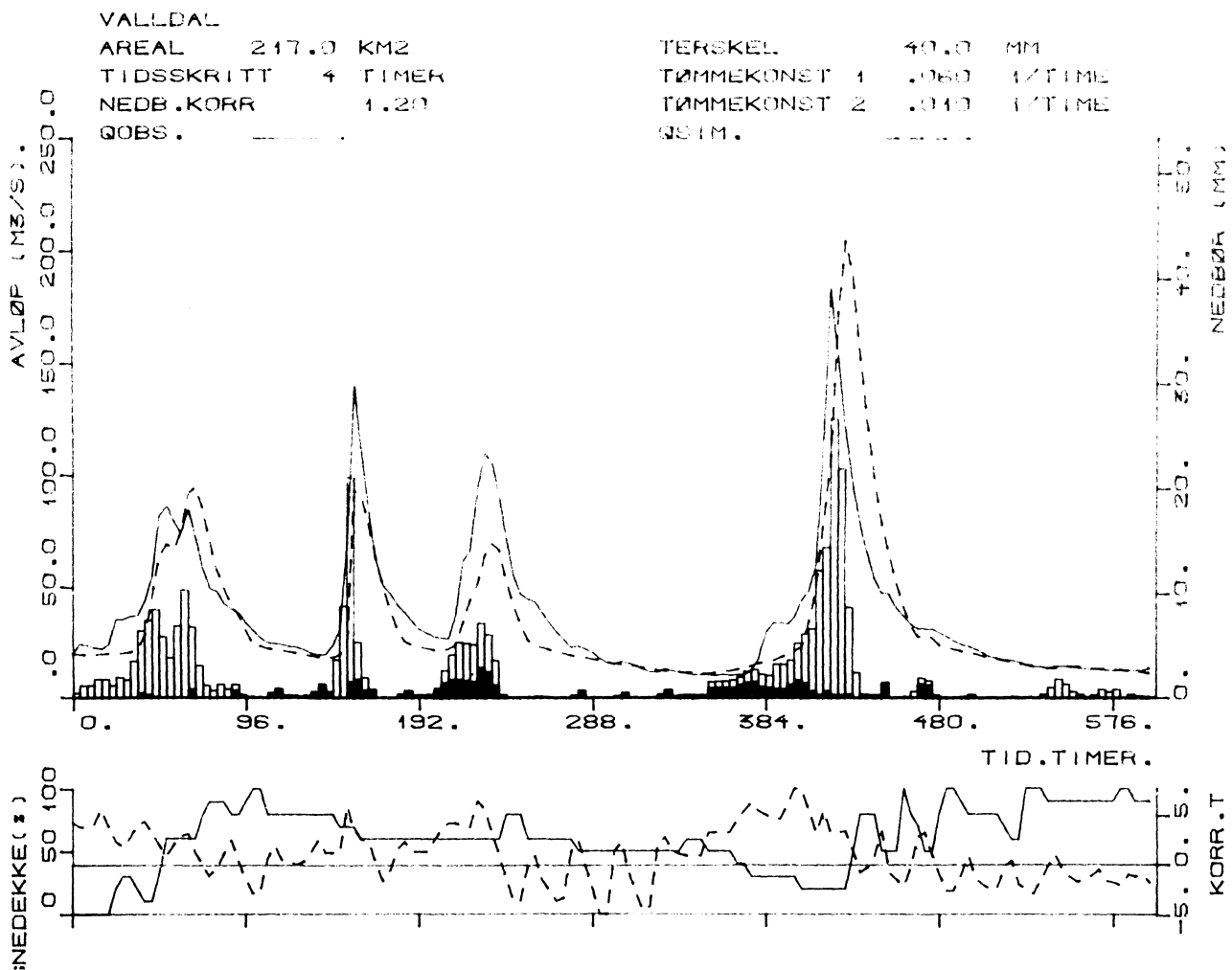


Fig. 2.2 Simulering av flomforløpet i sept./okt. 1983. Nedbørhøyden er summen av regn + snøsmelting. Det skraverte feltet angir snøsmeltingen.

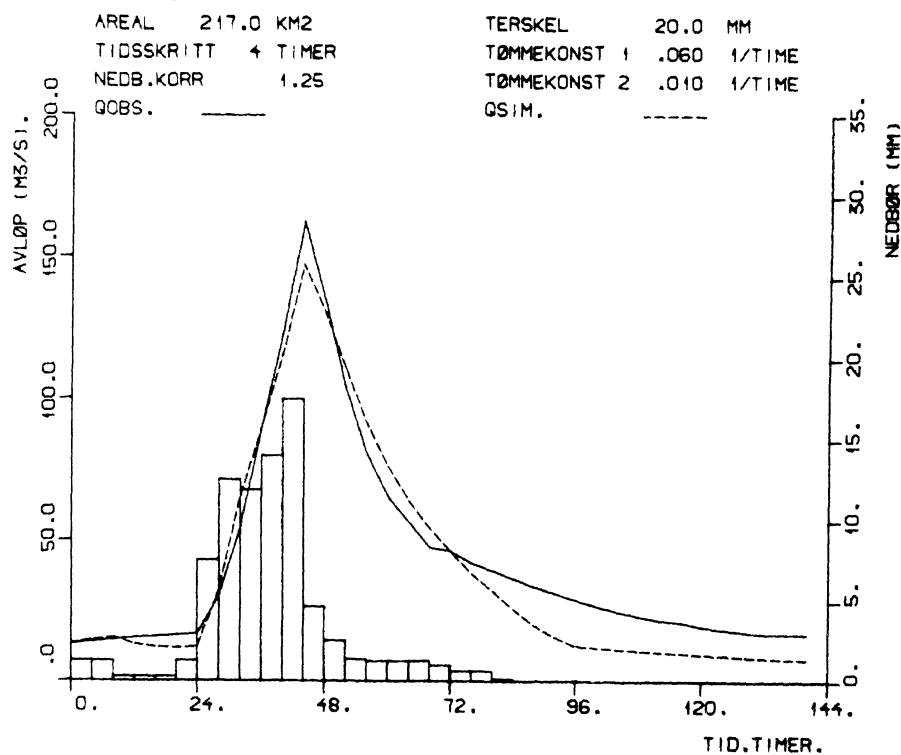


Fig. 2.3 Simulering av flomforløpet i aug./sept. 1984.

Dato	kl.	1751 Vivassdalen vst.	1750 Middal vst.	P Røldal mm	P Midtlæger mm	P Sauda mm	T Midtlæger	P Røldal
18/9	0	82	120				5.5	0.4
	4	81	118				5.0	1.0
	8	81	116	2.4	0.4	2.2	5.0	1.0
	12	80	114				5.3	2.0
	16	79	113				6.8	1.5
	20	80	120		11.7	8.4	5.0	1.0
19/9	0	93	133				3.4	2.0
	4	95	130				2.9	2.0
	8	98	127	10.5	4.0	10.6	3.8	3.0
	12	100	124				5.2	5.0
	16	112	129				5.6	6.0
	20	125	140		14.6	18.8	4.3	7.0
20/9	0	147	166				3.1	7.0
	4	149	173				2.0	8.0
	8	145	165	41.0	32.6	30.6	3.1	8.0
	12	138	165				4.0	9.0
	16	142	180				4.3	5.0
	20	133	170		26.0	8.8	2.4	5.0
21/9	0	123	153				1.2	5.0
	4	114	144				0	6.0
	8	109	137	35.1	16.3	16.7	0.8	5.1
	12	104	132				2.2	0.5
	16	102	129				3.6	0.5
	20	100	127		2.3	2.6	1.4	0.5
22/9	0	96	122				- 0.2	0.5
	4	92	118				- 1.7	0.5
	8	88	114	3.7	0	0.1	- 1.7	0.5
	12	85	112				1.8	0.2
	16	84	112				3.0	0.2
	20	84	111		0.3	6.6	1.6	0.2
23/9	0	83	109				1.4	0.2
	4	83	108				1.2	0.3
	8	81	107	1.4	2.0	8.0	1.5	0.3
	12	79	105				3.4	0.2
	16	78	104				3.6	0.2
	20	78	104		0.4	1.4	2.3	0.2
24/9	0	85	106				2.3	7.0
	4	93	118				2.3	18.0
	8	136	160	41.9	20.7	27.2	7.1	16.3
	12	170	234				4.8	3.0
	16	154	208				3.7	1.0
	20	138	183		6.7	13.2	3.4	0.2

Tabell 2.1 Flomsituasjonen i sept./okt. 1983.

Dato	kl.	1751 Vivassdalen vst.	1750 Middal vst.	P Røldal mm	P Midtløger mm	P Sauda mm	T Midtløger	P Røldal
25/9	0	125	160				1.4	0
	4	115	145				- 0.5	0
	8	108	137	4.2	0	0	0.6	0
	12	103	132				2.6	0
	16	100	128				3.4	0
	20	96	124		0	0	2.4	0
26/9	0	92	120				2.4	0
	4	90	118				2.4	0.2
	8	88	116	0.4	0.8	1.2	3.5	0.2
	12	87	116				4.8	1.0
	16	87	115				5.4	2.0
	20	100	124		6.5	11.5	5.4	3.0
27/9	0	126	156				5.2	3.0
	4	128	163				5.0	3.0
	8	147	190	15.6	8.8	8.8	7.6	3.6
	12	155	206				6.8	3.0
	16	152	202				7.6	2.0
	20	145	185		5.5	7.0	2.0	0.5
28/9	0	132	170				- 0.2	0
	4	121	148				- 2.5	0
	8	114	137	5.2	0	0.2	- 2.5	0
	12	107	131				1.2	0
	16	105	132				2.0	0
	20	100	128		0	0	- 0.4	0
29/9	0	96	121				- 1.4	0
	4	92	116				- 2.5	0
	8	88	112	0	0	0	- 2.2	0
	12	84	106				2.4	0
	16	83	110				3.5	0
	20	81	110		0	0	1.1	0
30/9	0	79	107				- 1.3	0
	4	76	101				- 3.8	0
	8	73	98	0	0	0	- 3.8	0
	12	72	96				2.5	0
	16	72	103				3.4	0
	20	72	99		0	0	0.4	0
1/10	0	70	96				- 1.5	0
	4	68	92				- 3.5	0
	8	66	89	0	0	0	- 3.0	0
	12	66	87				3.0	0
	16	66	97				4.0	0
	20	66	92		0	0	2.5	0

Tabell 2.1 Forts.

Dato	kl.	1751 Vivassdalen vst.	1750 Middal vst.	P Røldal mm	P Midtlæger mm	P Sauda mm	T Midtlæger	P Røldal
2/10	0	65	90				2.2	0.4
	4	64	88				2.0	0.5
	8	63	87	1.4	0.1	1.2	2.0	0.5
	12	63	86				2.0	0.5
	16	63	86				4.5	0.5
	20	62	86		2.5	3.2	4.5	0.5
3/10	0	63	87				4.5	0.5
	4	62	87				4.5	0.6
	8	62	88	3.2	2.6	3.8	5.7	0.6
	12	62	88				6.6	0.9
	16	66	92				7.4	1.0
	20	75	102		3.0	3.6	6.6	1.0
4/10	0	92	115				6.2	1.0
	4	94	126				5.8	2.0
	8	94	126	7.9	5.2	2.0	5.8	2.0
	12	94	124				7.2	2.0
	16	99	123				8.8	3.0
	20	108	127		4.4	7.6	8.6	4.0
5/10	0	116	137				6.5	5.0
	4	127	150				4.4	10.0
	8	180	170	35.5	12.4	28.5	6.6	11.5
	12	204	240				4.4	22.0
	16	184	230				4.5	18.0
	20	165	210		53.3	65.0	4.6	7
6/10	0	148	190				2.5	4
	4	138	175				0.4	1.5
	8	127	163	53.5	5.5	3.2	0.9	1.0
	12	120	147				2.0	0
	16	114	137				4.6	0
	20	110	130		0	0	0.4	0
7/10	0	104	125				- 0.3	0
	4	100	122				- 1.0	1.0
	8	96	119	1.8	1.0	2.7	1.0	1.8
	12	93	118				4.0	0.5
	16	93	118				4.5	0.4
	20	93	118		3.5	3.8	2.0	0.4

Tabell 2.1 Forts.

Dato	kl.	1751 Vivassdalen vst.	1750 Middal vst.	P Røldal mm	P Midtlæger mm	P Sauda mm	T Midtlæger	P Røldal
8/10	0	92	115				0.2	0.4
	4	90	113				- 1.5	0.4
	8	87	111	2.5	0.5	3.2	- 1.5	0.4
	12	85	109				0.2	0
	16	84	108				2.0	0
	20	82	106		0	0.1	- 0.2	0
9/10	0	82	104				- 0.8	0
	4	78	100	0	0.1	0	- 1.3	0
	8	76	100				- 1.2	0
	12	75	98				1.0	0
	16	75	97				1.5	0
	20	74	97		0	0	- 0.8	0
10/10	0	72	92				- 1.3	1.0
	4	71	91				- 1.8	1.8
	8	71	91	4.8	0.9	4.0	- 0.4	2.0
	12	70	88				1.0	3.0
	16	70	95				2.1	3.0
	20	70	95		7.4	12.0	0.6	5.0
11/10	0	70	93				0.0	5.0
	4	70	92				- 0.5	3.0
	8	69	91	20.0	8.4	18.2	- 0.3	1.0
	12	69	90				0.1	2.0
	16	69	90				0.6	3.0
	20	68	90		2.6	17.2	- 0.4	5.0
12/10	0	68	88				- 0.6	7.0
	4	68	88				- 0.9	3.0
	8	68	88	21.4	9.0	15.0	0.2	1.4
	12	68	88				0.0	0.5
	16	68	88				0.2	0.4
	20	67	86		0	2.0	- 0.6	0.5

Tabell 2.1 Forts.

Dato	kl.	Vannstander (cm)		Nedbør		Såda	Fordelt nedbør Røldal
		Midd.	Vivassd.	Røldal	Midt- løger		
29/8	0	91	70				1
	4	91	70				1
	8	91	72	6.7	9.5	9.7	1
	12	90	74				0,2
	16	90	75				0,2
	20	90	76		0.4	0	0,2
30/8	0	91	77				1,0
	4	92	100				6,0
	8	100	140	17.6	18.0	22.2	10,0
	12	160	160				9,5
	16	195	175				11,2
	20	214	200		28.0	28.3	14,0
31/8	0	213	177				3,7
	4	195	155				2,0
	8	168	145	41.5	15.6	11.4	1,1
	12	154	133				1,0
	16	145	125				1,0
	20	135	116		5.0	2.6	1,0
1/9	0	128	110				0,8
	4	124	106				0,5
	8	120	104	4.8	4.4	6.5	0,5
	12	118	101				0,5
	16	116	98				0
	20	114	95		2.4	3.1	0
2/9	0	112	92				0
	4	110	89				0
	8	109	86	0.1	0.2	0.1	0
	12	107	84				0
	16	105	82				0
	20	104	81		0	0	0
3/9	0	102	79				0
	4	101	77				0
	8	100	76	0	0	0	0
	12	99	75				0
	16	99	75				0
	20	98	75		5.2	4.0	0

Tabelle 2.2 Flomsituasjonen i aug./sept. 1984.

DATO	VALLDAL			Luke	VASSTØL		RØLDAL		NOVLE		VOTNA		TILSIG
	Vst. (m)	Mag mill.m ³	Spill millm ³		Luke	P MWH	Q mill. ³	P MWH	Q mill.m ³	Spill mill.m ³	mill.m ³	m ³ /s	
17/9	744.48	286.8											
18/9	744.53	286.6	0.9	Stengt	20 cm	2840	3.15	880	1.34	0.2	1.88	21.9	
19/9	744.55	286.8	0.9	"	Stengt	3030	3.36	765	1.16	0.2	3.10	36.0	
20/9	745.18	291.3	1.0	"	"	2304	2.55	800	1.21	-	5.84	67.9	
21/9	745.31	292.2	7.4	"	"	2080	2.30	360	0.55	0.6	9.45	109.9	
22/9	745.12	290.9	4.5	"	"	2000	2.22	0	0	0.4	6.13	71.3	
23/9	745.03	290.2	1.6	"	"	2030	2.25	0	0	0.2	1.35	15.7	
24/9	744.92	289.4	1.4	"	"	2140	2.37	0	0	0.4	2.57	29.9	
25/9	745.27	291.9	5.2	"	"	2180	2.42	0	0	0.7	9.42	109.5	
26/9	745.10	290.7	3.1	"	"	1880	2.08	26	0.04	0.8	3.14	36.5	
27/9	745.22	291.6	2.2	"	"	1790	1.98	0	0	0.9	4.18	48.6	
28/9	745.33	292.4	6.2	"	"	2000	2.21	0	0	1.7	7.51	87.3	
29/9	745.13	290.9	4.2	"	"	2100	2.32	0	0	1.6	3.42	39.8	
30/9	745.10	290.7	1.6	"	"	2050	2.27	830	1.23	0.6	1.84	21.4	
1/10	744.89	289.2	1.2	"	"	3236	3.58	980	1.45	0.4	1.43	16.6	
2/10	744.53	286.6	0.9	"	"	3600	3.98	580	0.86	0.3	1.12	13.0	
3/10	744.30	285.0	0.9	"	"	3310	3.66	984	1.38	0.4	1.18	13.7	
4/10	744.30	285.0	0.3	"	20 cm	2700	2.99	160	0.22	0.4	2.24	26.0	
5/10	744.52	286.5	0.3	"	20 cm	1807	2.00	0	0	0.6	2.77	32.2	
6/10	745.41	293.0	13.1	"	stengt	2953	3.27	0	0	3.4	19.47	226.4	
7/10	745.03	290.2	5.6	"	"	3600	3.99	0	0	1.9	4.88	56.9	
8/10	744.77	288.3	2.7	"	"	3690	4.08	0	0	1.7	3.18	37.0	
9/10	744.38	285.5	2.1	"	"	3640	4.03	0	0	1.2	2.13	24.8	
10/10	743.94	282.4	1.6	"	"	3660	4.05	480	0.71	0.9	0.94	10.9	
Sum			68.9				67.1		10.15	19.5	99.2		

Tabell 2.3 Tilsigsberegninger basert på data fra ukerapportene.
Tilsiget representerer et felt på 253 km². Tapping fra
Nupstjønn er ikke tatt med. Periode 17/9-10/10 1983.

DATO	Vst. (m)	VALLDAL			Luke	VASSTØL		RØLDAL		NOVLE		VOTNA		TILSIG
		Mag	Spill			Luke		P	Q	P	Q	Spill		
		mill.m ³	millm ³					MWH	mill. ³	MWH	mill.m ³	mill.m ³	mill.m ³	m ³ /s
29/8	741.20	261.7	-1.7	0	Stengt	Stengt		3430	3.79	900	1.33	0	0.76	8.8
30/8	741.20	261.9	-0.8	0	Stengt	Stengt		3200	3.54	940	1.39	0	1.35	15.6
31/8	742.86	274.6	12.7	0	Stengt	20 cm		1960	2.17	360	0.53	0	13.91	160.8
1/9	743.36	278.2	3.6	0	Stengt	40 cm		1750	1.94	0	0	0	4.68	53.8
2/9	743.50	279.2	1.0	0	Stengt	40 cm		1620	1.79	0	0	0	1.93	22.3
3/9	743.32	277.0	-1.3	0	Stengt	40 cm		3600	3.98	0	0	0	1.82	21.1
Sum								17.25		3.25		0	24.45	

Tabell 2.4 Tilsigsberegninger basert på data fra uke rapportene.
Tilsiget representerer et felt på 253 km³. Tapping fra
Nupstjønn er ikke tatt med. Perioden 29/8 - 3/9 1984.

3. DIMENSJONERENDE TILLØPSFLOM

Dimensjonerende tilløpsflom kan beregnes ut fra et nedbørforløp med midlere gjentakintervall på 1000 år eller ut fra en frekvensanalyse på flomvannføringer for det aktuelle feltet. I damforskriftene er det presisert at en frekvensanalyse med ekstrapolasjon til et midlere gjentakintervall på 1000 år kan være svært usikker. Beregningene bør derfor utføres på forskjellige måter og resultatene sammenlignes. Dimensjonerende tilløpsflom er derfor beregnet med utgangspunkt i frekvensanalyse på både nedbør og flomvannføring.

3.1 Beregninger basert på vannføringsdata.

Beregning av en 1000-års tilløpsflom er utført i følgende 4 trinn:

- Beregning av midlere momentanflom Q_M
- Frekvensanalyse for å beregne forholdet (K) mellom en flom med midlere gjentakintervall på 1000 år (Q_{1000}) og middelflommen. Q_{1000} kan da bestemmes på følgende måte:

$$Q_{1000} = K \times Q_M$$

- Beregning av bredden eller volumet (Q_{B1000}) av en flom med midlere gjentakintervall på 1000 år.
- Skalering av en observert modellflom opp til den ønskede momentanverdi (Q_{1000}) og bredde (Q_{B1000}).

Beregning av midlere momentanflom Q_M er utført på følgende to måter:

1. Tabell 3.1 viser en oversikt over flomvannføringene ved Middal og Vivassdalen. Flomvannføringene i l/skm^2 er noe lavere ved Vivassdalen enn ved Middal. Det skyldes sannsynligvis at sjøprosenten ovenfor Vivassdalen er noe høyere enn ovenfor Middal. Skalering opp til $217 km^2$ gir:

$$QM=QM \text{ (Middal)} \times \frac{70 \times 217}{65 \times 44.9} = 139 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Vår)} \quad 155 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Høst)}$$

$$QM=QM \text{ (Vivassdalen)} \times \frac{70 \times 217}{65 \times 68.1} = 110 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Vår)} \quad 133 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Høst)}$$

Som resultat av enkel skalering benyttes middelet av disse to sett verdier. D.v.s. $QM=124 \text{ m}^3/\text{s}$ for vårflommer og $146 \text{ m}^3/\text{s}$ for høstflommer.

2. I fig. 3.1 og 3.2 er midlere høstflom og midlere vårflom for en rekke nærliggende nedbørfelt satt opp som funksjon av feltarealet. De fleste punkter i diagrammene representerer døgnmiddel og ikke momentanverdier. Det er forsøkt å ta hensyn til dette ved å forskyve kurvene som viser sammenhengen mellom middelflom og areal. Diagrammene gir $QM=95 \text{ m}^3/\text{s}$ for vårflommer og $QM=126 \text{ m}^3/\text{s}$ for høstflommer.

I de videre beregninger er middelet fra de to metoder benyttet. D.v.s. $QM=109 \text{ m}^3/\text{s}$ for vårflommer og $QM=135 \text{ m}^3/\text{s}$ for høstflommer.

Frekvensanalysen for å beregne forholdet Q_{1000}/QM er utført på følgende måte:

Frekvensanalysen er basert på data fra Middal og Vivassdalen samt 5 nærliggende felter (fig. 3.3 og 3.4). På grunn av relativt få data fra Vivassdalen og Middal (15 flomverdier) bør ikke resultatet alene baseres på frekvenskurvene for disse to stasjonene. Forholdet (K) mellom Q_{1000} og QM er satt til henholdsvis 2.15 for vårflommer og 2.65 for høstflommer. Dette gir:

$$Q_{1000} \text{ (vår)} = 109 \times 2.15 = 234 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{1000} \text{ (høst)} = 135 \times 2.65 = 358 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bergning av bredden eller volumet av en flom med midlere gjentaksintervall 1000 år:

I tabell 3.1 og 3.2 er det satt opp data for 4 flomsituasjoner høsten 1983 og flomsituasjonen 31. aug. 1984. Flommen 20. september 1983 har et relativt stort volum sammenlignet med de øvrige flommene. Forholdet mellom høyeste 24-timers verdi og momentanverdien for de fem flommene er:

20 sept. 1983	KB= Q(24-timer)/Q(TOPP)	= 80/86	= 0.93
24 sept. 1983	- " - - " - - " -	= 86/140	= 0.61
27 sept. 1983	- " - - " - - " -	= 90/109	= 0.83
5 okt. 1983	- " - - " - - " -	= 124/183	= 0.68
31 aug. 1984	- " - - " - - " -	= 116/162	= 0.72

I middel blir KB = 0.76. De fire flommene representerer høstflommer. Vi antar at det samme forholdet er representativt også for en høstflom med gjentaksintervall 1000-år. D.v.s. at flomhydrogrammets bredde over 24 timer skal være:

$$Q(24 \text{ timer}) = 0.76 \times 358 = 272 \text{ m}^3/\text{s}$$

Beregning av flomforløpet:

Som modellflom er benyttet flomforløpet 4.-6. oktober. Dette flomforløpet er skalert både langs vannføringsskalaen og tidsskalaen slik at momentanverdien blir $358 \text{ m}^3/\text{s}$ og største middelvannføring over 24 timer blir $272 \text{ m}^3/\text{s}$ (fig. 3.5). Dette forløpet legges til grunn for beregning av dimensjonerende tilløpsflom.

I beregningene har vi ikke benyttet formelverket i Regional Flomfrekvensanalyse (Wingård m.fl., 1978). Disse formlene er basert på døgnverdier og kan ikke benyttes for momentanflommer for et så lite felt som Valldalen. Vi kan imidlertid merke oss at formlene for område H2 gir $125 \text{ m}^3/\text{s}$ som midlere høstflom. Formlene gir imidlertid altfor høye verdier for en flom med midlere gjentaksintervall på 1000 år.

En vårflom med gjentaksintervall 1000 år har en momentanverdi på $234 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette er langt lavere enn tilsvarende verdi for en 1000-års høstflom. Momentanverdien for vårflommen er langt lavere enn sjaktens teoretiske kapasitet ($330 \text{ m}^3/\text{s}$) og er av tilnærmet samme størrelsesorden som den beregningsmessige kapasiteten ($0.7 \times 330 = 231 \text{ m}^3/\text{s}$). Selv om en 1000-års vårflom kan ha et betydelig større volum enn en 1000-års høstflom, kan vi derfor likevel se bort fra vårflomsituasjoner i de etterfølgende beregningene.

3.2 Beregninger basert på nedbørdata.

Av tabell 3.1 fremgår at den seneste høstflommen ved Middal og Vivassdalen ble observert 2. november. Etter oktober kan vi derfor stort sett regne med at snøakkumulasjonen har startet i de øverste deler av feltet. Den flomskapende perioden for regnflommer (høstflommer) settes derfor til juli-oktober. For denne periode har DNMI beregnet en 24-timers nedbør med gjentaksintervall på 1000 år til 147 mm (vedlegg 1). Beregningene er basert på observerte data og bør korrigeres for målerens innfangningsevne. Når nedbøren faller som regn er svikten i innfangningsevnen normalt 5-10%. Under ekstreme situasjoner er den nærmere 5% enn 10%. Vi anvender derfor en korreksjonsfaktor for innfangningsevnen på 1.05.

Nedbørtallene representerer punktverdier i Valldalen. Disse må arealkorrigeres. Arealkorreksjonen er oppgitt av DNMI til å være 0.93. En 1000-års 24-timers nedbør i Valldalen kan da settes til $147 \text{ mm} \times 1.05 \times 0.93 = 144 \text{ mm}$.

I den flomskapende perioden må vi kunne regne med at en del av nedbøren faller som snø eller at nedbøren faller på tidligere akkumulert snø og forårsaker snøsmelting. Det er i beregningene av 1000-års nedbøren ikke gjort noe forsøk på skille mellom nedbør i form av regn og nedbør i form av snø. De fleste flommer i perioden opptrer fra juli til september.

Med hensyn til flommer i denne perioden, kan vi derfor stort sett regne med at eventuell snøsmelting kompenseres av at en del sv nedbøren faller som snø i de øverste deler av feltet. Vi regner således at 1000-års nedbøren på 144 mm faller som regn og gir direkte flomavløp.

I fig. 3.6 er akkumulert nedbør for flomsituasjonene i 1983 og 1984 opptegnet. Av figuren fremgår at nedbøren stort sett strekker seg over 1-2 dager. Et dimensjonerende forløp er fastsatt på grunnlag av de observerte forløp. Det er også forsøkt å ta hensyn til det forholdet mellom 12-timers nedbør og 24-timers nedbør som er angitt av DNMI (Vedlegg 1).

Av mediankurven fremgår at ca. 80 % av totalnedbøren faller i løpet av 24-timer. Totalnedbøren for et medianforløp over knappe 2 døgn blir:

$$\frac{144 \text{ mm}}{80} \times 100 \% = \underline{\underline{180 \text{ mm}}}$$

I tabellen 3.2 er 180 mm nedbør fordelt på 4-timers intervaller i henhold til det fastsatte dimensjonerende forløp. Dette forløpet er antatt å gi et 1000-års flomtilløp fra Valldalen. I simulering av flomtilløpet er det benyttet samme modellparametre som angitt i kap. 2. Resultatet av simuleringen er vist i fig. 3.5.

Vivassdalen							Middal					
Vår			Høst				Vår			Høst		
år	Dato	m	m ³ /s	Dato	m	m ³ /s	Dato	m	m ³ /s	Dato	m	m ³ /s
1969	21/6	1.93	49	12/9	1.84	44	21/6	2.80	48	12/9	2.47	36
1970	25/6	1.56	30	11/9	1.50	44	25/6	2.27	30	9/7	2.04	23
1971	1/6	1.52	28	2/11	1.94	50	1/6	2.11	25	2/11	2.21	28
1972	6/6	1.66	35	7/8	1.77	41	6/6	2.36	33	9/8	2.48	36
1973	13/6	1.59	32	7/7	1.84	44	13/6	1.94	21	7/7	2.46	36
1974	26/5	1/06	13	27/8	1.52	28	27/6	1.90	19	27/8	2.10	25
1975	11/6	1.48	27	23/7	1.84	44	11/6	1.97	22	23/7	2.39	33
1976	27/6	1.66	35	16/7	1.59	32	27/6	2.07	24	16/7	1.99	22
1977	16/6	1.58	31	30/9	1.58	31	14/6	2.00	22	26/8	1.76	16
1978	6/6	1.47	26	17/9	1.58	31	24/5	2.10	25	22/8	2.15	26
1979	25/6	1.68	36	14/8	1.95	51	25/6	2.48	36	14/8	2.82	48
1980	6/6	1.42	24	17/9	1.33	21	11/6	2.08	24	17/9	1.88	19
1981	22/5	1.57	31	12/7	1.60	33	22/5	2.04	33	12/7	2.12	26
1982	5/6	1.53	29	11/9	1.86	45	29/6	1.91	20	11/9	2.53	38
1983	21/6	1.46	27	5/10	2.08	59	21/6	1.91	20	5/10	2.42	34
1984	5/6	2.12	60	30/8	2.01	54	5/6	2.17	27	30/8	2.16	27
Middel	m ³ /s		32,1			39,8			26,8			29,6
Middel	l/skm ²		471			584			597			659

Tabell 3.1 Kulminasjonsvannstander og vannføringer ved stasjon 1750-0, Middal og 1751-0, Vivassdalen. Vårperiode: 1/1-30/6. Høstperiode: 1/7-31/12.

Medianforløp %	Akkumulert nedbør (mm)	4-timers nedbør (mm)
0	0	0
2	4	4
3	5	1
8	14	9
13	23	9
20	36	13
35	63	27
56	101	38
74	133	32
87	157	24
94	169	12
97	175	6
98	176	1
99	178	2
100	180	2
100	180	0
100	180	0
100	180	0

Tabell 3.2 Fordeling av 1000-års nedbør.

Samlet nedbør 180 mm. Høyeste 24-timers verdi 144 mm.

Dette nedbørforløpet er benyttet i flommodellen med en startvannføring på ca. $20 \text{ m}^3/\text{s}$, og gir et 1000-års høstflomforløp som vist i fig. 3.5. Hydrogrammet har en maksimal middelvannføring over 24 timer på $264 \text{ m}^3/\text{s}$ og en kulminasjonsvannføring på $312 \text{ m}^3/\text{s}$. Sammenlignet med hydrogrammet beregnet på grunnlag av hydrologiske data, gir beregningen basert på nedbørdata en noe lavere kulminasjonsvannføring, henholdsvis $358 \text{ m}^3/\text{s}$ og $312 \text{ m}^3/\text{s}$ og en lavere middelvannføring over 24 timer, henholdsvis $272 \text{ m}^3/\text{s}$ og $264 \text{ m}^3/\text{s}$.

Overensstemmelsen må kunne karakteriseres som god. Årsaken til avviket kan være at antagelsen om at eventuell snøsmelting i feltet blir kompensert av at en del av nedbøren i perioden juli-oktober faller som snø i de øvre deler av feltet, ikke er riktig.

Valg av flomskapende periode kan også være feil rent statistisk. Dersom denne utvides til november, vil et 24-timers 1000-års nedbør bli 9 mm (6%) høyere. Dette vil kunne øke høyeste 24-timers vannføring og gi bedre overensstemmelse med beregningene basert på hydrologiske data. Å gi en akseptabel begrunnelse for å utvide perioden er imidlertid vanskelig.

Av DNMI er forholdet mellom høyeste 12-timers verdi og 24-timers verdien av et 1000-års nedbør angitt til 0.77. Med den dimensjonerende nedbørfordelingen vi har benyttet blir dette forholdet noe lavere - ca. 0.67. Dersom nedbør blir fordelt med en høyere 12-timers verdi, ville kulminasjonsvannføringen blitt høyere uten nevneverdig forandring i middelvannføringen over 24-timer. Vi velger imidlertid å beholde resultatet slik det er vist i fig. 3.5. Å foreta de endringer som antydnet ovenfor, vil mer bære preg av tilpasning av de to metodene og ikke gi et korrekt bilde av usikkerheten knyttet til disse beregningene.

FIG 3.1

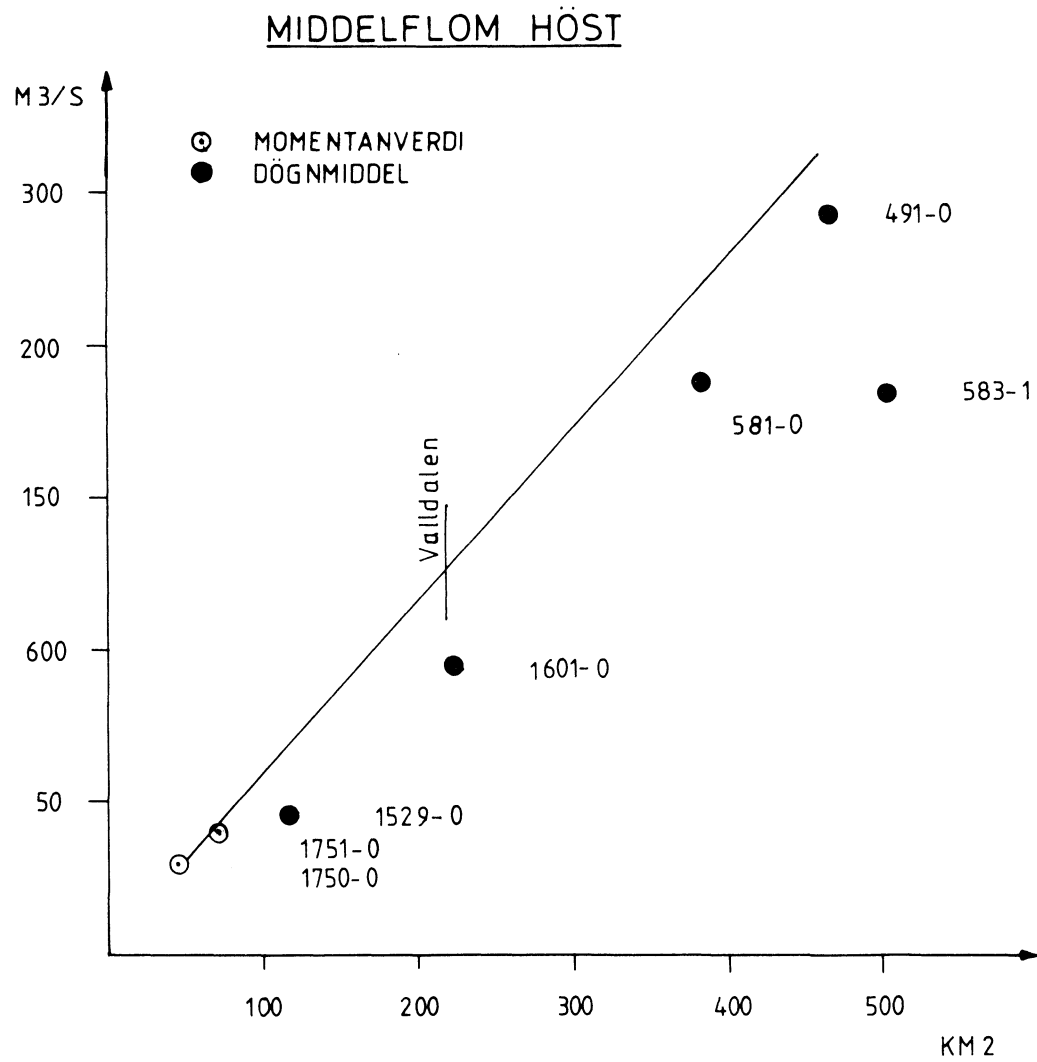


Fig. 3.1 Sammenhengen mellom middelflom og feltareal.

FIG 3.2

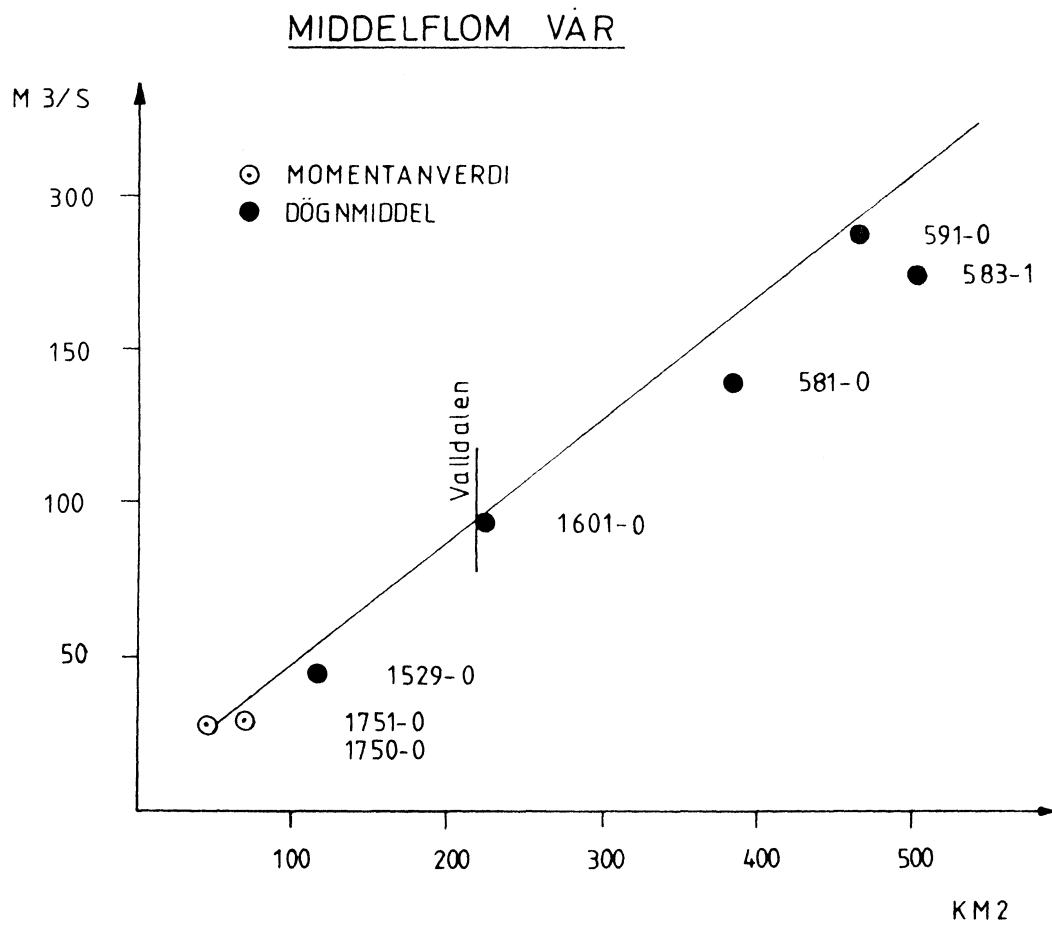


Fig. 3.2 Sammenhengen mellom middelflom og feltareal.

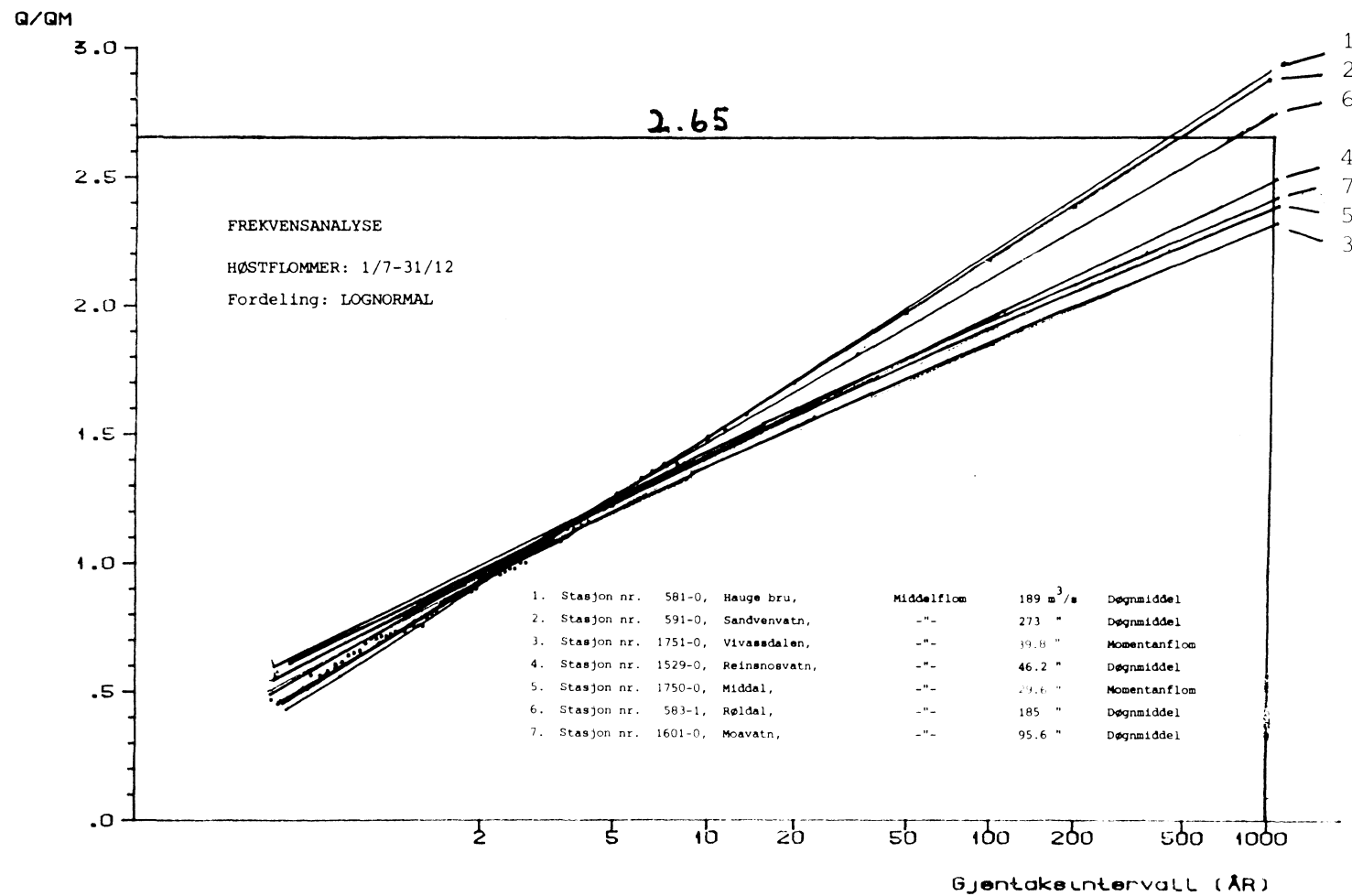


Fig. 3.3 Frekvensanalyse. Høstflommer.

FIG 3.3

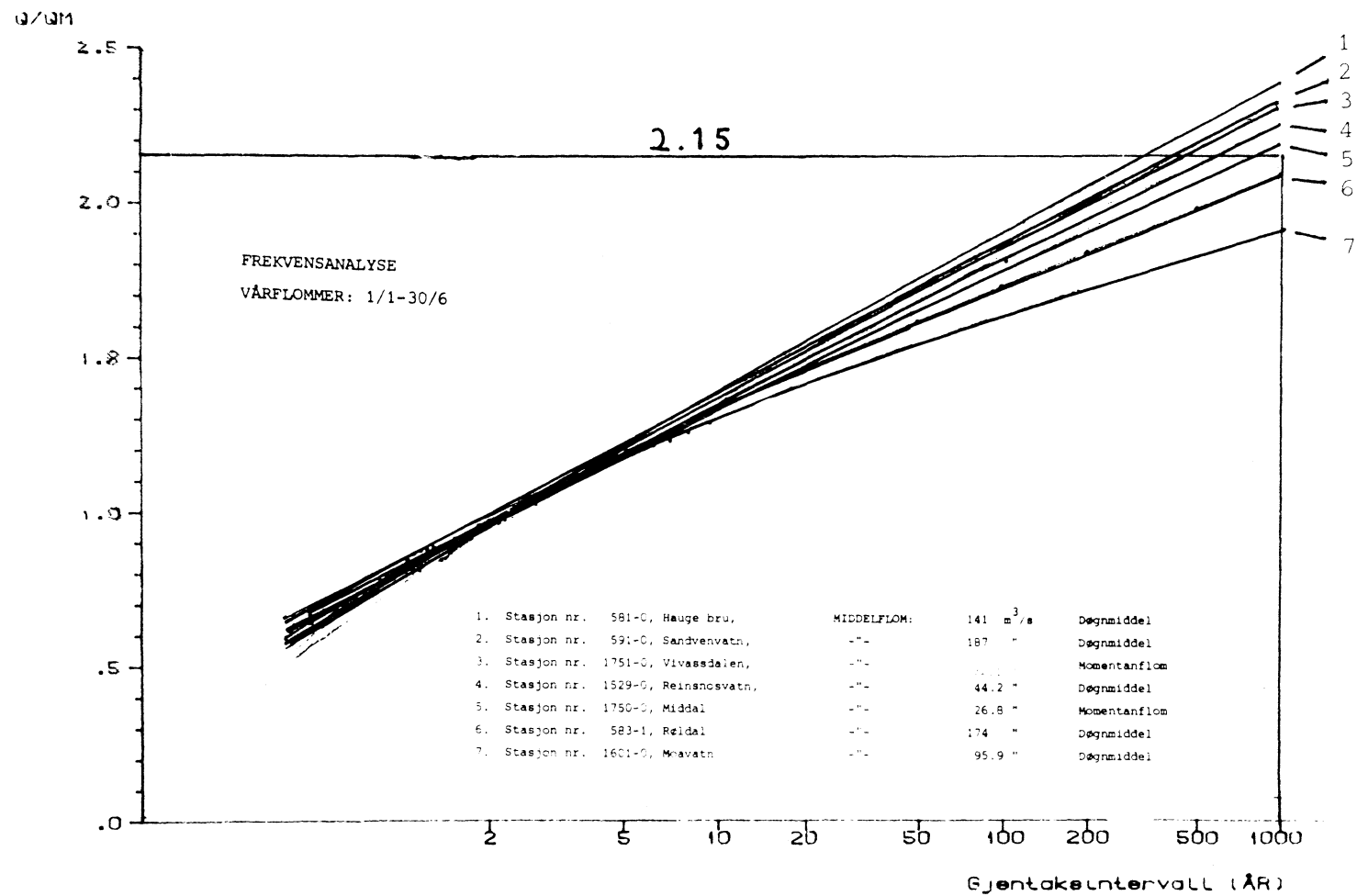


Fig. 3.4 Frekvensanalyse. Vårflommer.

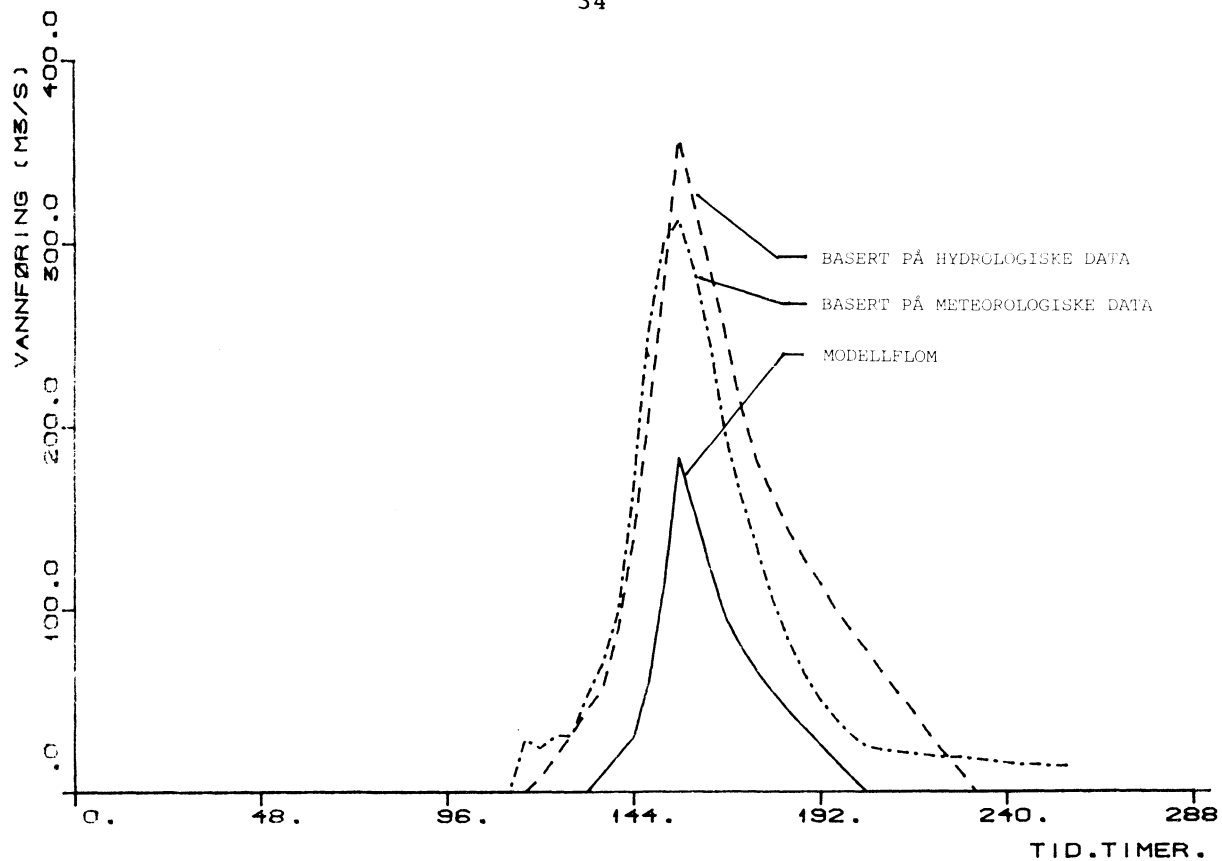


Fig. 3.5 Dimensionerende tilløpsflom.

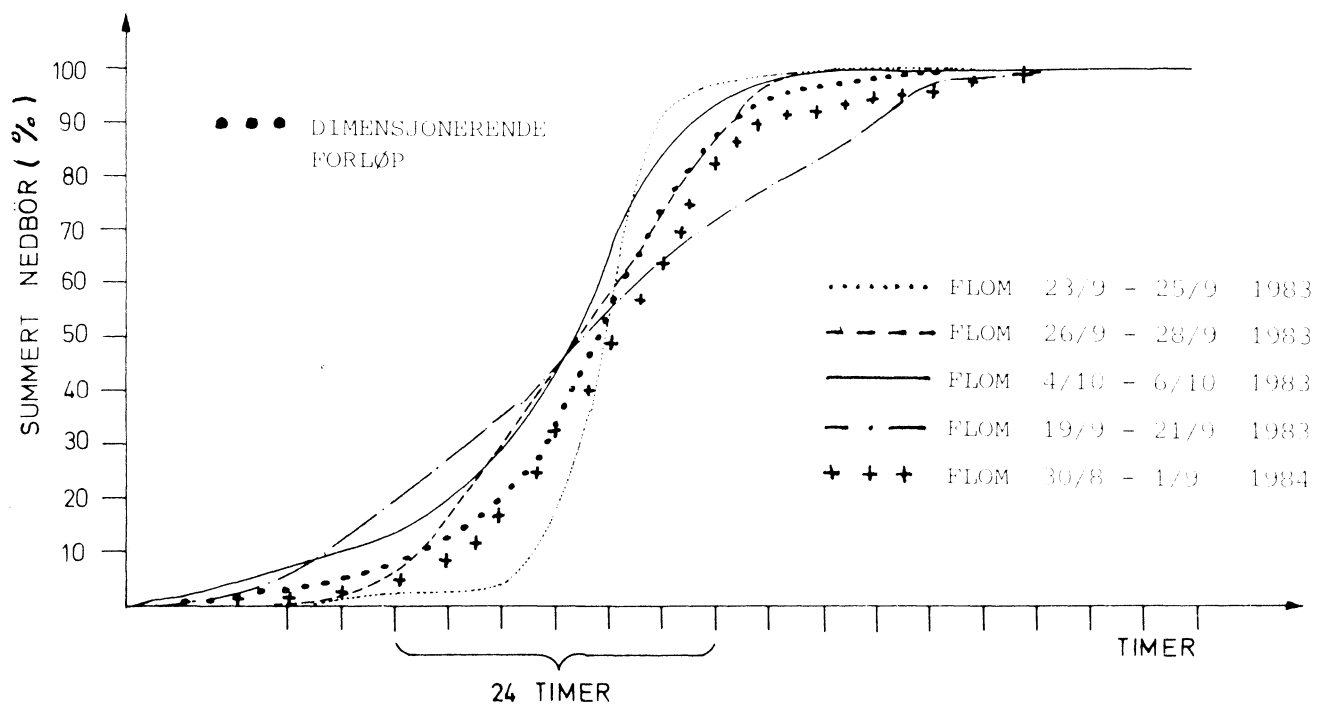


Fig. 3.6 Akkumulert nedbør ved forskjellige nedbørpassasjer.

4. OVERFØRT VANNMENGDE

I følge damforskriftene skal det tas hensyn til eventuell overført vannmengde. På tunnelen mellom Valldalsmagasinet og Vasstølvatn kan det i følge VVT's beregninger overføres maksimalt $30 \text{ m}^3/\text{s}$ til Valldalsmagasinet. Dette representerer tilsig fra feltet ovenfor inntaket ved Risbuelva. Dette inntaket ligger høyere enn både Vasstølvatn og de øvrige bekkeinntakene. Tunnelen fra Vasstølvatn til Risbuelva har et langt mindre tverrsnitt og lengde enn tunnelgrenen fra Risbuelva til Valldalen. Overført vannmengde er derfor lite påvirket av forholdene i Vasstølvatn. Alt overført vann regnes derfor å komme fra inntaket ved Risbuelva som har et felt på 25 km^2 og et spesifikt avløp på ca. 70 l/skm^2 . Den overførte vannmengden er beregnet ved en skalering av tilløpsflommen:

$$Q \text{ (Overført)} = Q \text{ (tilløp)} \times \frac{75 \times 25}{70 \times 217} \quad \text{Begrenset oppad til } 30 \text{ m}^3/\text{s}$$

5. BEREGNING AV PÅREGNELIG MAKSIMAL TILLØPSFLOM

DNMI har foretatt beregninger av påregnelig maksimal nedbør (PMP) for den aktuelle flomskapende høstperioden juli-oktober (Vedlegg 1). Av beregningene fremgår at 24-timers PMP blir 261 mm og 48-timers PMP 347 mm. Forskjellen mellom 48 og 24-timers nedbøren blir således 86 mm. Dette regnes med kan komme som regn over hele feltet. I tillegg må det tas med et bidrag fra snøsmeltingen. Snøsmeltingen kan beregnes ut fra en smeltefaktor FAK som angir avsmeltingen pr. grad over en gitt terskelverdi TS:

$$\text{Smelting (mm)} = \text{FAK (T-TS)}$$

TS kan vanligvis settes lik 0°C .

Problemet blir å fastsette en realistisk verdi for temperaturen T og smeltefaktoren FAK. Temperaturen kan bestemmes ut fra observasjoner av temperaturen under ekstreme nedbørforhold i perioder det er realistisk å regne med at det kan være snø i feltet. Vi har derfor tatt utgangspunkt i forholdene under 6 nedbørpassasjer i oktober/november og som ga de høyest målte nedbørverdier ved Røldal for disse månedene:

24. oktober 1929:	69.7 mm	Temp. Svandalsflona	1°C
		" Sauda	10°C
15. " 1916:	62.7 mm	Temp. Finse	-1°C
19. " 1970:	61.3 mm	" Svandalsflona	6°C
14. november 1938:	80.4 mm	" - " -	6°C
4. " 1931:	65.2 mm	" - " -	3°C
27. " 1939:	65.3 mm	" - " -	2°C

Svandalsflona er ca. 1050 M.O.H. D.v.s. noe lavere enn medianhøyden for Valldalen. Dersom vi antar en temperatur på 6°C som en representativ høy temperatur under ekstreme nedbørforhold i feltets medianhøyde, vil dette i de fleste tilfeller medføre temperaturer over null også i de høyeste deler av feltet. Med 100% snødekke og en smeltefaktor på ca. 4.8 mm/døgngrad, blir avsmeltingen pr. døgn ca. 30 mm. Dvs 5 mm pr. 4-timers intervall. Nedbøren fordeles på samme måte som for et 1000-års nedbørforløp i kap. 3.2.

Total nedbør som skal fordeles over forløpet blir:

$$\frac{261 \text{ mm} \times 100}{80} = 326 \text{ mm}$$

Fordelt nedbørmengde blir som angitt i tabell 5.1.

Den tilsvarende simulerte tilløpsflommen er vist i fig. 5.1.

Forløp (%)	Akkumulert nedbør (mm)	4-timers nedbør (mm)	4-timer nedbør + snøsmelting (mm)
0	0	0	5
2	6	6	11
3	10	4	9
8	26	16	21
13	42	16	21
20	65	23	28
35	114	49	54
56	183	69	74
74	241	58	63
87	284	43	48
94	306	22	27
97	316	10	15
98	320	4	9
99	323	3	8
100	326	3	8
100	326	0	5
100	326	0	5

Tabell 5.1 Fordeling av påregnelig maksimal nedbør pluss snøsmelting. Høyeste 24-timers verdi 261 mm.

Det fremgår av oversikten over de høyeste observerte 24-timers nedbør at selv i november har det forekommet nedbør i en situasjon med høy temperatur i over 1000 M.O.H. Dette nedbørforløpet har sannsynligvis gitt regn over hele feltet. November måned kunne derfor tas med i det vi har kalt den flomskapende perioden. Det er imidlertid svært liten forskjell i PMP-verdiene for perioden juli-oktober og for perioden juli-november. Differansen på 9 mm over 24-timer vil ikke gi noen vesentlig økning i tilløpsflommen.

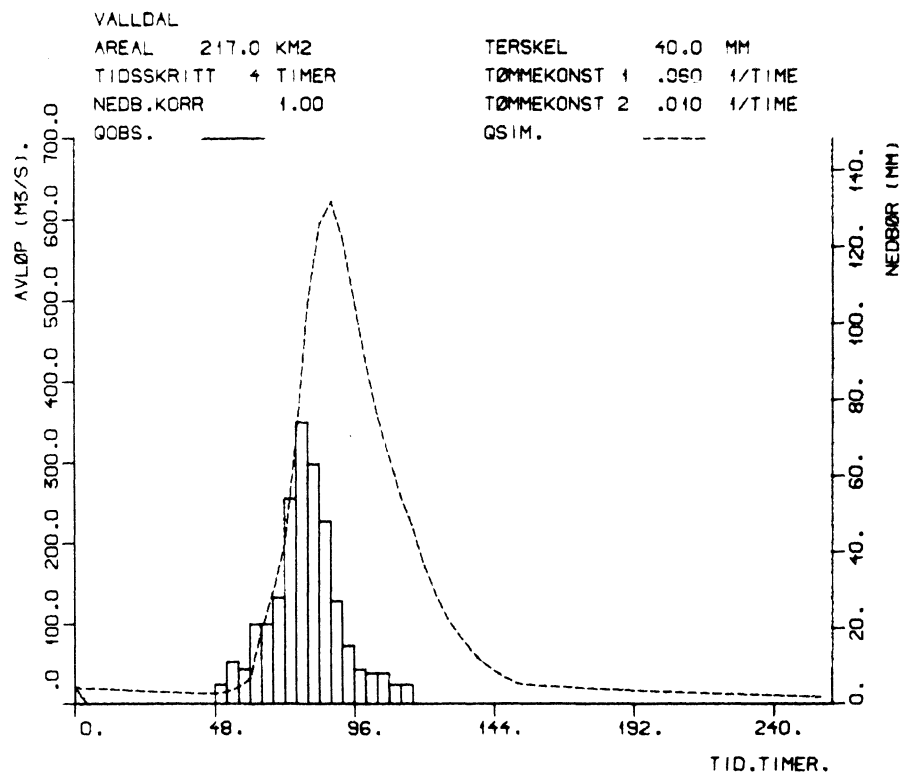


Fig. 5.1 Simulering av påregnelig maksimal tilløpsflom.

6. FLOMAVLEDNINGSKAPASITETEN

VHL har utarbeidet en vannføringskurve for overløpet (vedlegg 2). Overløpets lengde er 131 meter. Fra overløpet ledes vannet i en åpen kanal frem til sjakten. Sjaktenes teoretiske kapasitet er $330 \text{ m}^3/\text{s}$ (vedlegg 2). Dersom denne kapasiteten reduseres med en faktor 0.7 i henhold til damforskriftene, får vi $231 \text{ m}^3/\text{s}$. I fig. 6.1 er overløpets vannføringskurve inntegnet med forskjellige kapasiteter på sjakten. Denne vannføringskurven er benyttet i beregningen av flomstigningen i magasinet.

I alle beregninger er det forutsatt at kapasiteten på kanalen mellom overløpet og inntaket på sjakten er så stor at den ikke forårsaker oppstuvning og reduksjon i selve overløpets kapasitet. I fig. 4.1 er derfor vannføringskurvens forløp ekstrapolert ut over $270 \text{ m}^3/\text{s}$ som er øvre grense i VHL's kurve.

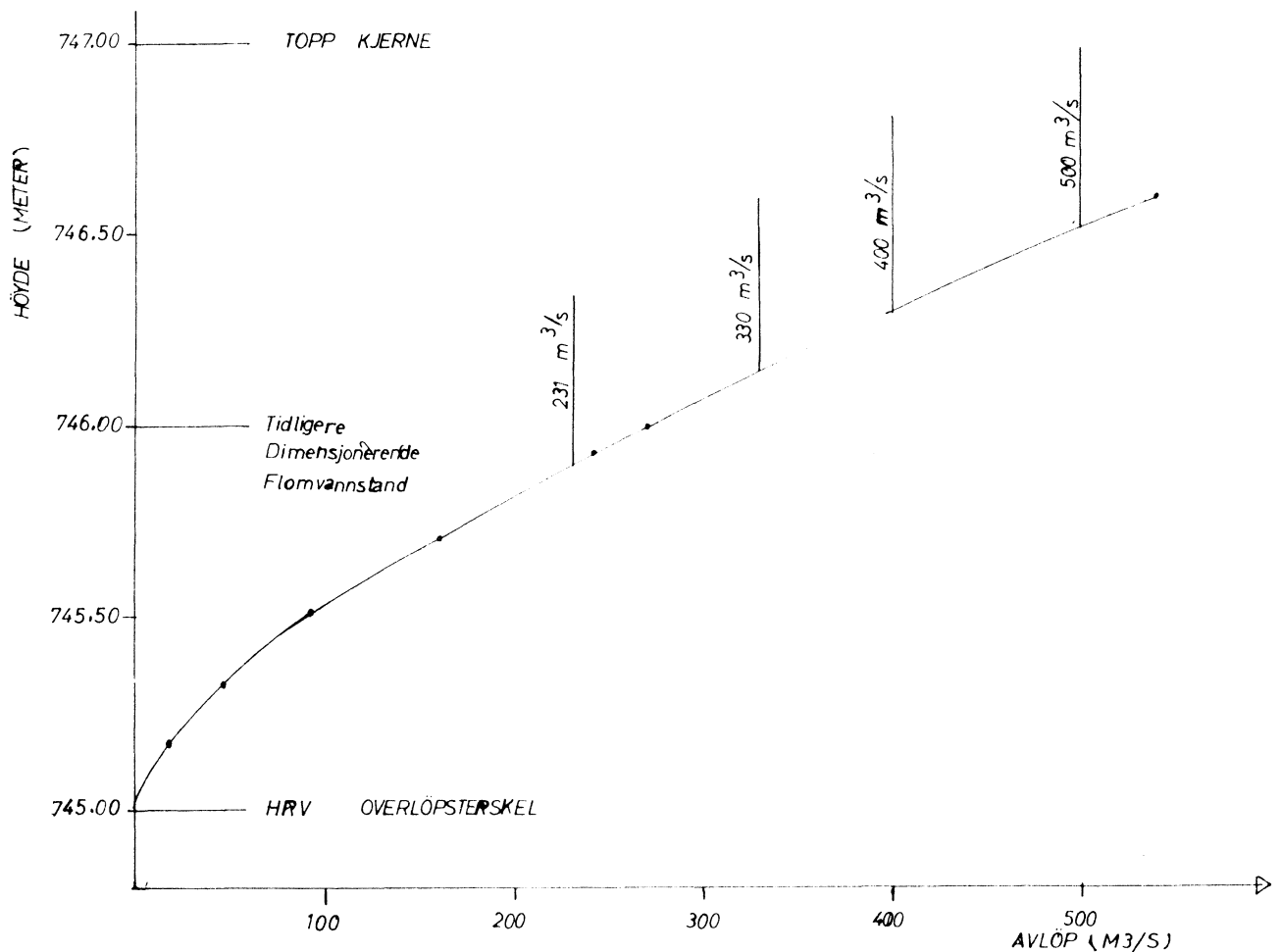


Fig. 6.1 Flomløpets avløpskurve med alternative kapasiteter på sjakten.

7. BEREGNING AV DIMENSJONERENDE FLOMVANNSTAND OG FLOMVANNFØRING

Dimensjonerende flomvannstand og flomvannføring er beregnet ved en routing gjennom magasinet med alternative kapasiteter på sjakten. Rutingen er utført med dimensjonerende tilløpsflom basert på både hydrologiske og meteorologiske data. Det er tatt hensyn til overføring fra inntaket ved Risbuelva til Valldalsmagasinet. Tilløpsflommen er antatt å inntreffe på fullt magasin - d.v.s. ved vannstand lik HRV (745.00 m). Driftsvann og tapping gjennom dyplukene er ikke tatt med i beregningene. Magasinkurven er tilnærmet lineær i det aktuelle vannstandsintervallet. Magasinvolumet er derfor interpolert mellom følgende to punkter:

740.00 m	256 mill.m ³
750.00 m	330 mill.m ³

Resultatet av beregningene (fig. 7.1, 7.2, 8.1 og tabell 8.1) viser at dimensjonerende tilløpsflom kan avledes uten at vannstanden i vesentlig grad overstiger det som tidligere er fastsatt som dimensjonerende flomvannstand (746.00 m) dersom tunnelkapasiteten er ca 330 m³/s. Vi har fått opplyst at under flommen i 1967 var sjakten ikke full selv ved vannstander nær opp til 746 m (1 m flomstigning). Dette skulle tyde på at sjaktens virkelige kapasitet er større enn 231 m³/s. I de tidligere beregningene, som var basert på frekvensanalyse av døgnvannføringer fra målestasjonen ved utløpet av Røldalsvatnet, ga som resultat en avløpsflom på ca 230 m³/s. Tatt i betraktning at disse beregningene representerer døgnvannføringer, er overensstemmelsen med de nye beregningene god.

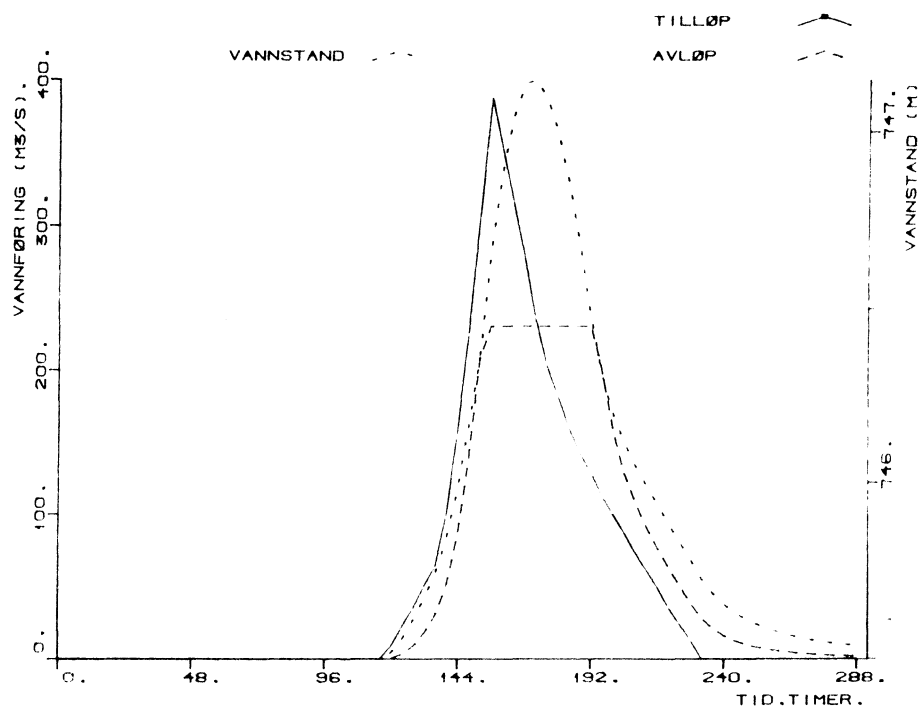


Fig. 7.1 Ruting gjennom magasinet. Sjaktens maksimale kapasitet er 231 m^3/s . Tilløpet er dimensjonerende tilløpsflom pluss overføring.

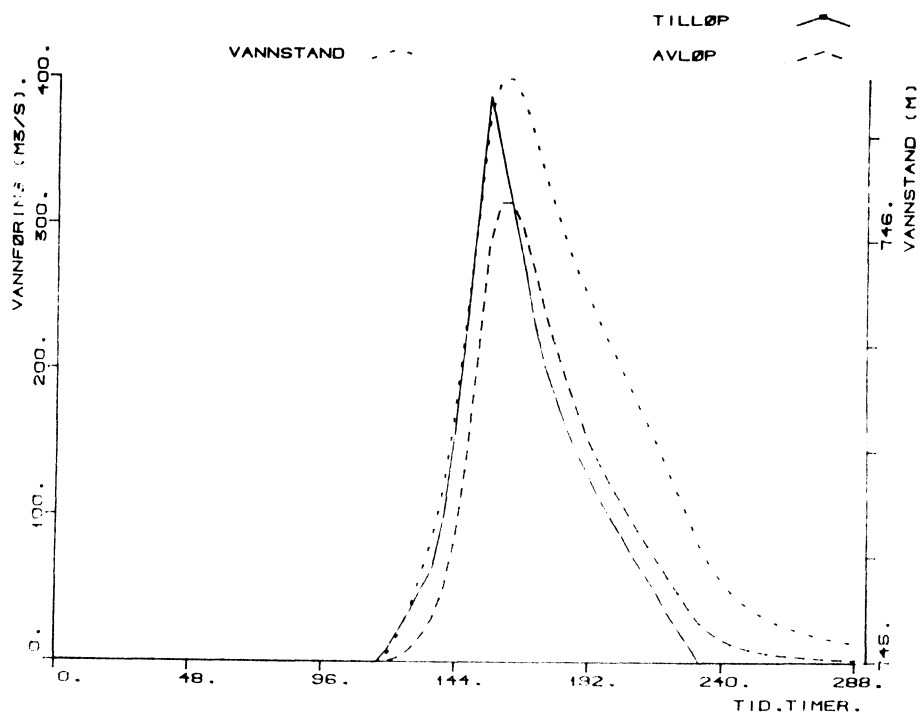


Fig. 7.2 Ruting gjennom magasinet. Ingen begrensning på sjaktens maksimale kapasitet. Tilløpet er dimensjonerende tilløpsflom pluss overføring.

8. BEREGNING AV PÅREGNELIG MAKSIMAL FLOMVANNSTAND OG FLOMVANNFØRING

Beregningene er utført på samme måte som for dimensjonerende flomvannstand og flomvannføring. Tilløpsflommen er påregnelig maksimal tilløpsflom korrigert for overføring fra Risbuelva. Resultatet av beregningene er vist i fig. 8.1 - 8.4 med forskjellige alternative kapasiteter på sjakten.

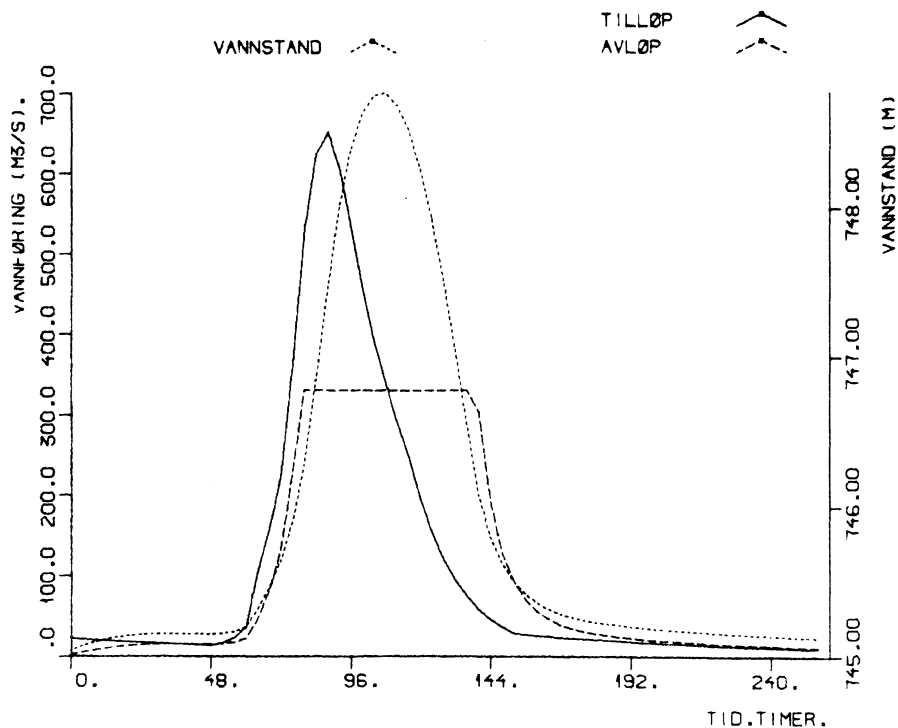


Fig. 8.1 Ruting gjennom magasinet. Sjaktsens maksimale kapasitet er 330 m³/s. Tilløpet er påregnelig maksimal tilløpsflom pluss overføring.

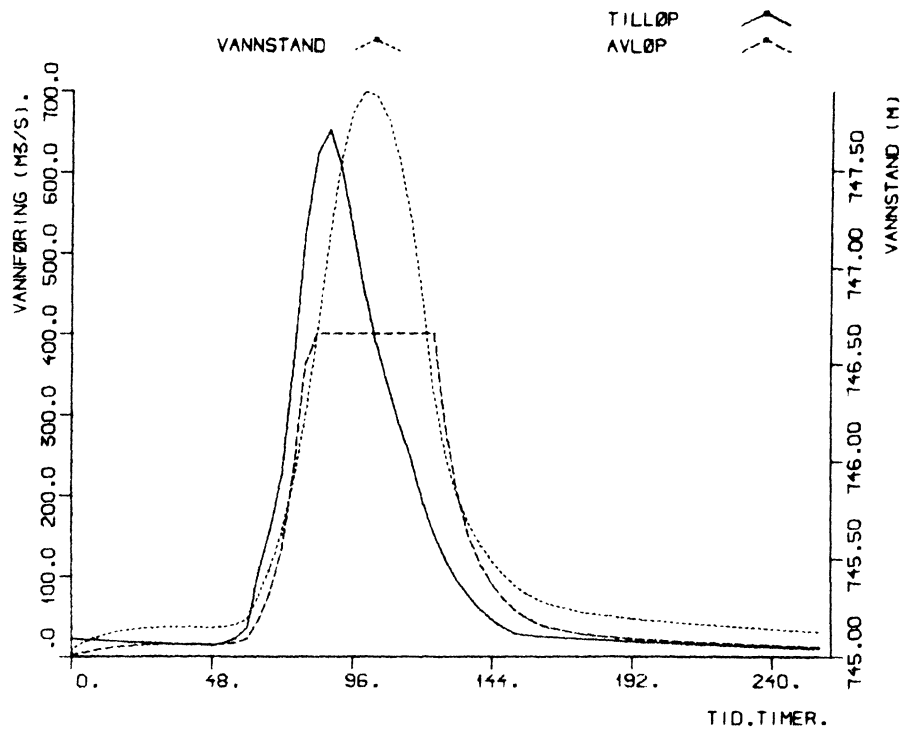


Fig. 8.2 Ruting gjennom magasinet. Sjaktens maksimale kapasitet er 400 m³/s. Tilløpet er påregnelig maksimal tilløpsflom pluss overføring.

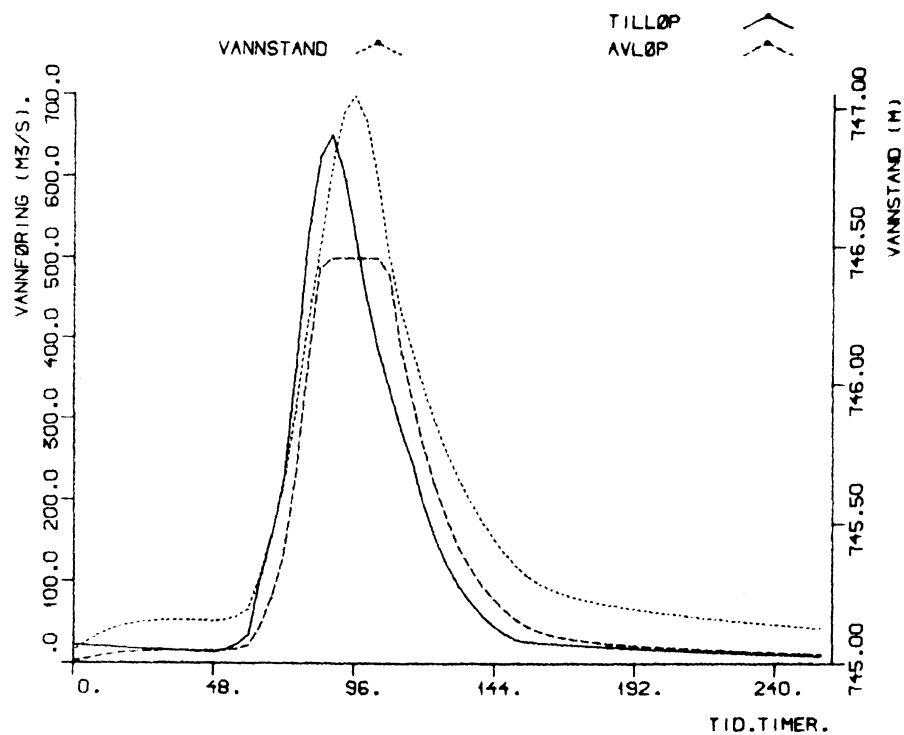


Fig. 8.3 Ruting gjennom magasinet. Sjaktens maksimale kapasitet er 500 m³/s. Tilløpet er påregnelig maksimal tilløpsflom pluss overføring.

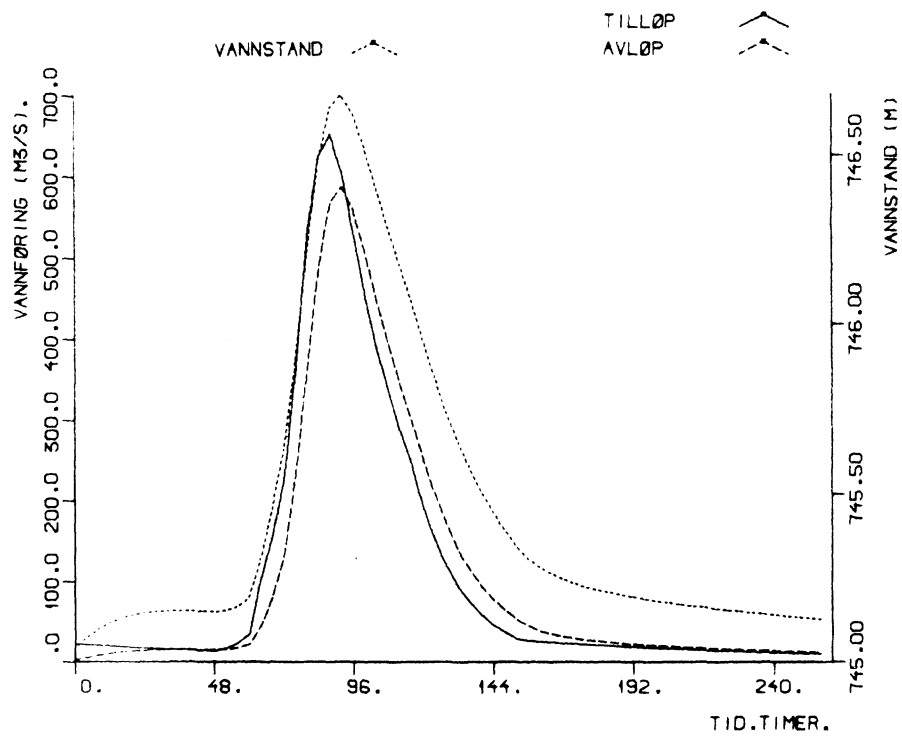


Fig. 8.4 Ruting gjennom magasinet. Ingen begrensninger i sjaktens maksimale kapasitet. Tilløpet er påregnelig maksimal tilløpsflom pluss overføring.

9. FLOMMEN I 1967

For denne flommen som inntraff like etter at dammen var ferdig, finnes ingen vannføringsdata for stasjonene Middal og Vivassdalen. Simuleringen av denne flomsituasjonen er derfor kun basert på nedbør- og temperaturdata fra Midtlæger og Røldal. Snøobservasjonene ved Midtlæger gir et visst holdepunkt for å fastsette snømengden i feltet og tilsigsdata for kraftverket kan benyttes for å kontrollere det totale flomvolumet over simuleringsperioden.

Bestemmelse av parametrene i modeller:

Graddagsfaktoren for dager uten nedbør er beregnet på grunnlag av middeltemperaturen og middeltilsiget de første dagene i simuleringsperioden da det ikke var nedbør og tilsiget således bestemt av snøsmelting. Midlere tilsig var ca $60 \text{ m}^3/\text{s}$ for hele feltet (253 km^2). Redusert til feltet ovenfor Valldalen svarer dette til ca $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Graddagsfaktorene ble tilpasset slik at avsmeltingen tilsvarte ca $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Alle øvrige parametre ble satt lik de verdier som ble fastlagt under kalibreringen (kap. 2).

Snømagasinet i feltet ved simuleringsperioden's begynnelse (startverdier) ble fastsatt ut fra snøobservasjonene ved Midtlæger. Snøens tetthet ble antatt å være 500 kg/m^3 . Data fra Midtlæger gir snømagasinet i kun ett høydenivå. Tilsvarende data for de øvrige 9 nivåer er fastsatt etter skjønn.

De meteorologiske data simuleringen er basert på, er satt opp i tabell 9.1. Det simulerte flomtilsiget er vist i fig 9.1. Det simulerte tilsiget pluss overføring på tunnelen mellom Vasstølvatn og Valldalsmagasinet er simulert gjennom magasinet. Overført vannmengde er beregnet på samme måte som angitt i kap 4. Resultatet er vist i fig. 9.2.

Det simulerte tilsigsvolumet for hele flomperioden er 368 mill m³. Tilsigsvolumet beregnet ut fra kraftverkets data er 416 mill m³. Dvs at det simulerte tilsigsvolumet er ca 12% for lavt. Tatt i betraktning at simuleringen omfatter en periode hvor feltets snømagasin er i ferd med å ta slutt, og usikkerheten i kraftverkets verdier for flomtapet, må man likevel kunne si at overensstemmelsen er god.

Tilsigsflommen kulminerer på 154 m³/s + 30 m³/s overføring. Dvs noe lavere enn flomverdiene for 1983 og 84.

Høyeste simulerte magasin vannstand er 745,85 m. Høyeste observerte vannstand er 745,90 m. Kontrollen mot beregnet tilsigsvolum basert på kraftverkets data og kontrollen mot observerte magasin vannstander tyder på at den simulerte flommen er noe lav. Vi kan imidlertid konkludere med at flommen i 1967 har vært av samme størrelsesorden som flommen i aug/sept 1984 og i okt 1983.

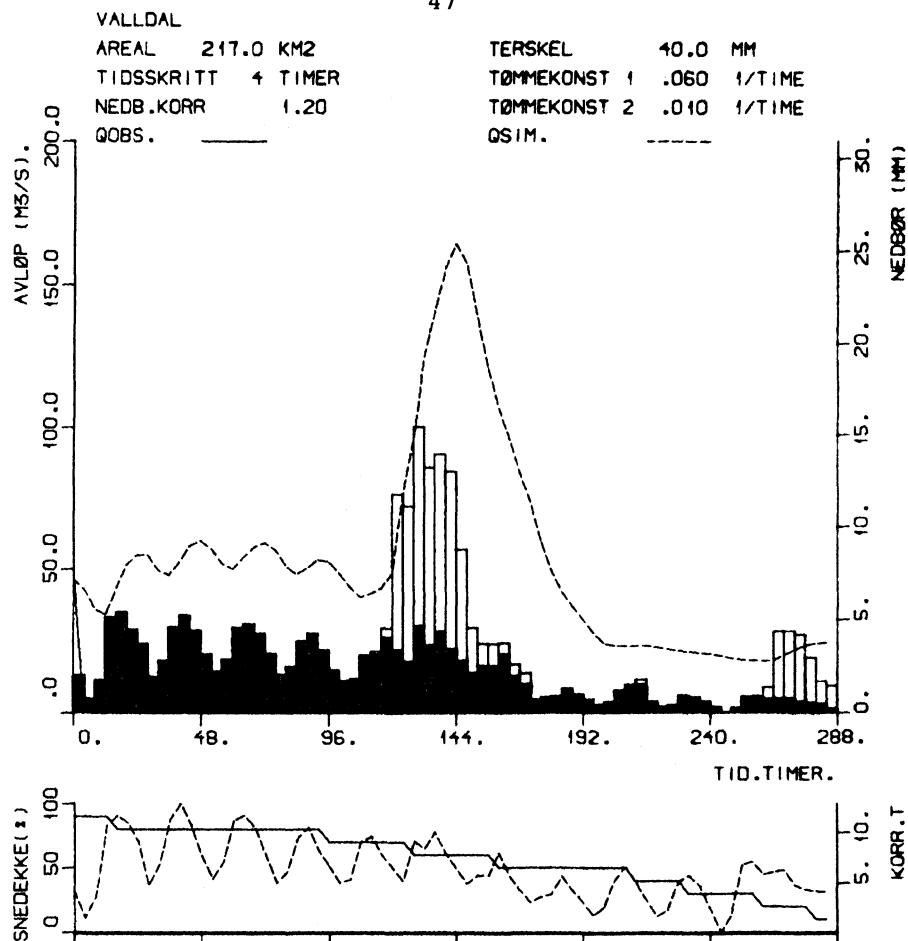


Fig. 9.1 Simulering av flommen i 1967. Nedbørhøyden er summen av snøsmelting og regn. Det skraverte feltet angir snøsmeltingen.

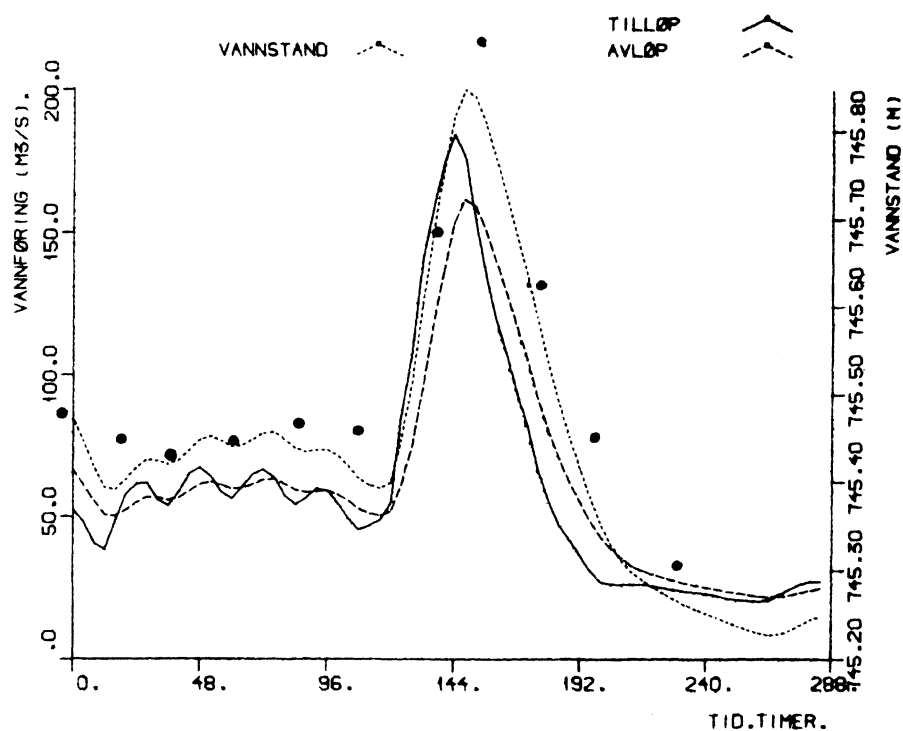


Fig. 9.2 Ruting av 1967-flommen gjennom magasinet.
● ● Angir observerte magasin vannstander.

Dato	kl.	Nedbør (mm)			Temperatur		Fordelt nedbør Røldal	Snø Midtl. (cm)
		Røld.	Midtl.	Sauda	Midtl.	Sauda		
14/7	0				5.0	8.9	0	
	4				1.9	6.5	0	35
	8	0	0	0	4.4	11.2	0	(3)
	12				12.9	18.0	0	
	16				14.2	23.0	0	
	20		0	0	13.3	22.4	0	
15/7	0				11.0	15.8	0	
	4				5.8	9.2	0	
	8	0	0	0	8.3	14.2	0	30
	12				13.7	22.5	0	(2)
	16				15.6	25.5	0	
	20		0	0	13.1	21.1	0	
16/7	0				9.3	14.6	0	
	4				6.6	8.1	0	
	8	0	0	0	8.5	13.9	0	24
	12				13.6	21.9	0	(2)
	16				14.2	24.6	0	
	20		0	0	12.7	23.2	0	
17/7	0				9.4	17.5	0	
	4				6.1	11.8	0	
	8	0	0	0	7.4	13.9	0	20
	12				11.5	17.2	0	(2)
	16				12.7	23.2	0	
	20		0	0	10.0	17.5	0	
18/7	0				8.0	14.4	0	
	4				6.1	11.3	0	
	8	0	0	0	6.5	14.6	0	16
	12				11.0	21.9	0	(2)
	16				11.7	22.6	0	
	20		0.2	0.1	9.4	20.2	0.4	
19/7	0				7.8	17.1	7.0	
	4				6.3	14.0	7.0	
	8	23.4	25.7	19.6	11.1	15.0	9.0	11
	12				10.2	16.2	8.0	(2)
	16				12.2	20.2	8.0	
	20		40.0	14.9	9.6	14.9	8.0	
20/7	0				7.8	13.4	5	
	4				6.0	11.9	2	
	8	32.0	10.2	7.4	7.0	12.4	1	7
	12				7.0	14.6	1.0	(2)
	16				9.7	17.2	0.5	
	20		2.3	8.4	6.9	16.2	0.5	

Tabell 9.1 Flomsituasjonen i juli 1967. Tallene i parenteser angir snødekket areal ved Midtlager i 4-deler. Dvs 1 svarer til 25% snødekke og 4 svarer til 100% snødekke.

Dato	kl.	Nedbør (mm)			Temperatur		Fordelt nedbør	Snø Midtl. (cm)
		Røld.	Midtl.	Sauda	Midtl.	Sauda	Røldal (mm)	
21/7	0				5.3	13.2	0.5	
	4				3.8	10.3	0	
	8	2.5	1.3	0.9	4.4	11.3	0	2
	12				4.7	15.4	0	(2)
	16				6.9	16.5	0	
	20		0.5	0	5.2	15.0	0	
22/7	0				3.8	11.8	0	
	4				2.2	6.7	0	
	8	0	0.1	0	3.1	8.9	0	0
	12				6.4	13.0	0	(2)
	16				8.0	15.0	0	
	20		0.2	6.2	6.2	13.1	0.2	
23/7	0				4.1	11.8	0	
	4				2.1	8.5	0	
	8	0.2	0.5	1.4	2.8	10.0	0	0
	12				6.2	13.2	0	(2)
	16				7.0	16.5	0	
	20		0	0	5.8	14.4	0	
24/7	0				3.0	9.6	0	
	4				0.2	4.8	0	
	8	0	0	0	2.2	9.4	0	0
	12				8.2	12.7	0	(2)
	16				8.6	16.7	0	
	20		0.4	0.7	7.1	13.4	0.5	
25/7	0				7.4	12.3	3.0	
	4				7.6	11.2	3.0	
	8	9.5	10.4	12.5	5.8	12.8	3.0	0
	12				5.3	14.8	3.0	(2)
	16				5.1	15.2	1.0	
	20		4.6	4.4	5.0	12.9	1.0	

Tabell 9.1 Forts.

10. VURDERING AV RESULTATENE

De observasjonene som finnes for målestasjonene Middal og Vivassdalen utgjør de viktigste data i modellkalibreringen og frekvensanalysen. Vannføringskurven for Vivassdalen er satt opp på grunnlag av målinger opp til $18\text{m}^3/\text{s}$. Alle kulminasjonsvannføringene om høsten ligger over dette nivået. Dvs at vi for alle høstflommer benytter den ekstrapolerte delen av vf-kurven. I tillegg til usikkerheten knyttet til vf-kurven er det en viss usikkerhet i skaleringen av vannføringen for å beregne tilløpet til hele Valldalsfeltet. Dette representerer en skalering fra et felt på 113 km^2 til et felt på 217 km^2 . Det er to feil som kan forekomme:

- Feil i tilløpsvolumet
- Feil i tilløpets fordeling over flomperioden.

Kontrollberegningen ved å benytte kraftverkets ukerapporter viser et avvik mellom kraftverkets data og de skalerte tilløpsvolumer på 8% og 1% henholdsvis for flomperioden sept/okt 1983 og aug/sept 1984. For periodene sept/okt 1983 må vi regne med en betydelig usikkerhet i kraftverkets data over vannføringen på magasinet overløp. For perioden aug/sept 1984 var vannstanden i magasinet ikke over overløpets terskelhøyde (745 m). Dvs. at kraftverkets data for denne flomsituasjonen gir et svært pålitelig tilløpsvolum.

Det relativt ubetydelige avviket må derfor kunne karakteriseres som tilfredsstillende. Selv om tilløpsvolumene er riktige, kan fordelingen over flomperioden være feil som følge av ekstrapoleringen av vf-kurven for Vivassdalen. Med så små avvik i tilløpsvolumene er det imidlertid liten grunn til å anta at det er vesentlige feil i vf-kurven. De skalerte flomforløpene for sept/okt 1983 og aug/sept 1984 er derfor beregnet med tilfredsstillende nøyaktighet både med hensyn til tilløpsvolum og fordeling over flomperiodene.

Av tabell 10.1 fremgår at avviket mellom dimensjonerende tilløpsflom's momentanverdi beregnet på grunnlag av hydrologiske data og beregnet på grunnlag av meteorologiske data er ca $46 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette avviket utjevnes ved ruting gjennom magasinet. Dersom den maksimale kapasiteten på sjakten er minst $315 \text{ m}^3/\text{s}$ utgjør, avviket en forskjell i dimensjonerende flomvannstand på kun 3 cm. Forskjellen blir som ventet langt større dersom sjaktens maksimale kapasitet begrenses til $231 \text{ m}^3/\text{s}$. Vi vil imidlertid anbefale at de data som fremkommer ved beregningene basert på meteorologiske data benyttes som dimensjonerende vannstander og flomvannføringer. Disse data stemmer best med de beregninger som er utført tidligere.

Beregning av påregnelig maksimal tilløpsflom er basert på nedbørdata for perioden juli - oktober. Det er antatt at en slik ekstrem situasjon kan opptre om høsten før november eller om sommeren etter at vårflommen har kulminert. Startvannføringen før nedbøren kommer er derfor satt til $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette er en rimelig høy verdi mellom nedbørpassasjene om høsten (fig. 2.1). Dersom en typisk vårsituasjon skal legges til grunn for beregningen, må påregnelig maksimal nedbør reduseres med ca. 40 mm (vedlegg 1). Feltets tilstand før nedbøren kommer kan da være karakterisert ved en høyere startvannføring som følge av snøsmelting. Feltet reagerer imidlertid raskt på et fall i temperaturen før nedbørpassasjen slik at tilløpet vil gå betydelig ned. Vi regner derfor med at en høstsituasjon med de høyeste PMP-verdiene bør være utgangspunktet for beregning av påregnelig maksimal flom.

I følge forskriftene skal overløpets utforming være slik at naturlige flommer ikke kan forverres som følge av reguleringen. Før reguleringen var det et lite tjern på vel 1 km^2 i Valldalen. Mellom damstedet ved Hyttejuvet og tjernet var dalen relativt flat. Det finnes ingen data som kan gi grunnlag for å sette opp en vannføringskurve for tjernets utløp. Dermed er det vanskelig å beregne den naturlig flomdempningseffekten. Det er imidlertid

liten grunn til å anta at tjernet og det flate partiet av dalen mellom tjernet og Hyttejuvet har en så stor flomdempende virkning at det kan kompensere for reguleringsmagasinets areal på nærmere 8 km^2 . Med en overløpslengde på 131 meter vil nok mindre flommer kunne bli øket som følge av reguleringen. Flommer av samme størrelsesorden som de observerte flommer i 1967, 1983 og 1984 vil imidlertid neppe være forverret selv om det overføres inntil $30 \text{ m}^3/\text{s}$ til magasinet.

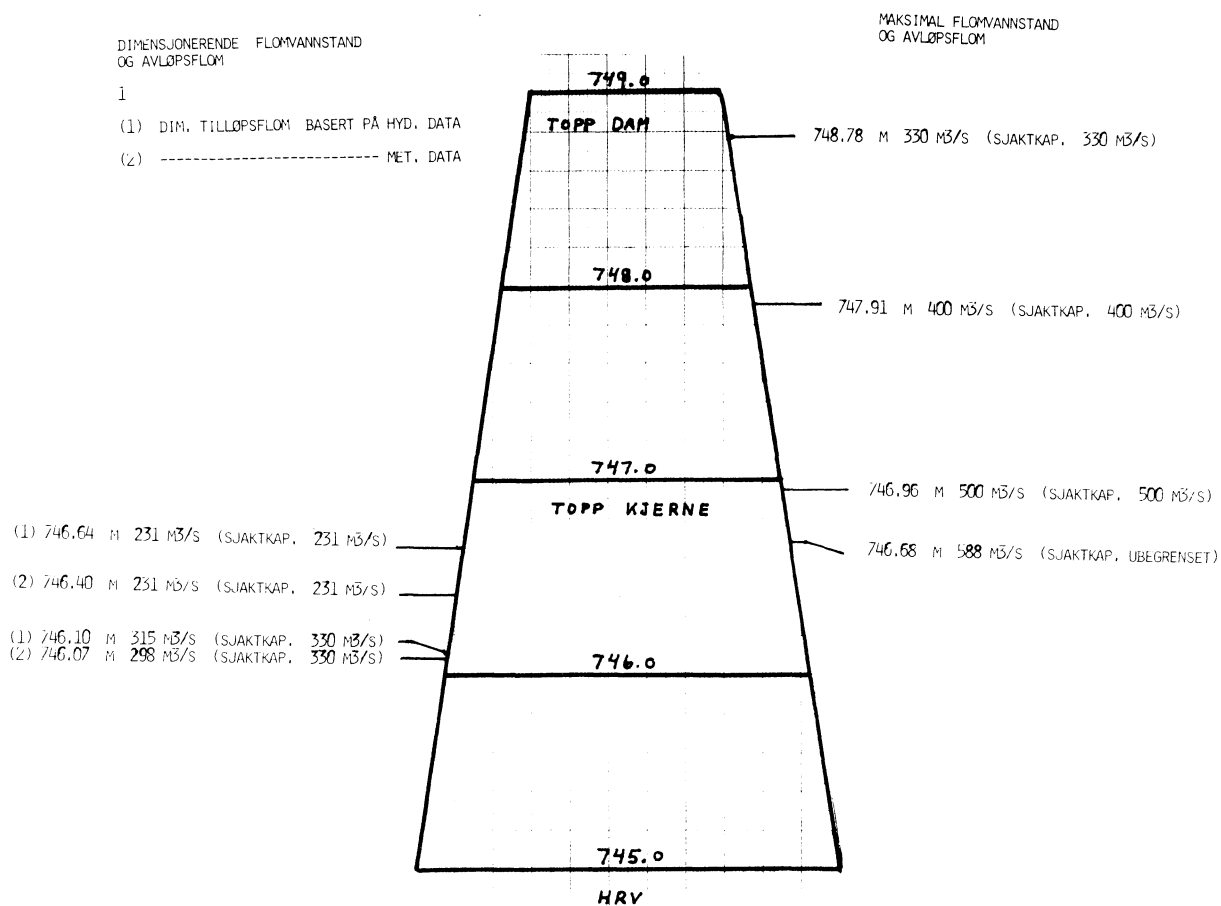


Fig. 10.1 Oversikt over flomvannføringer og flomvannstander.

SJAKTKAPASITET (m^3/s)

231	330	400	500	Ubegrenset
-----	-----	-----	-----	------------

BASERT PÅ HYDROLOGISKE DATA:

Dim. tilløpsflom:

 $Q(1000)=358\text{m}^3/\text{s}+30\text{m}^3/\text{s}$ overføring

Dim. avløpsflom	231	315	315	315	315
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----

Dim. flomvannstand	746.64	746.10	746.10	746.10	746.10
--------------------	--------	--------	--------	--------	--------

BASERT PÅ METEOROLOGISKE DATA:

Dim. tilløpsflom:

 $Q(1000)=312\text{m}^3/\text{s}+30\text{m}^3/\text{s}$ overføring

Dim. avløpsflom	231	298	298	298	298
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----

Dim. flomvannstand	746.40	746.07	746.07	746.07	746.07
--------------------	--------	--------	--------	--------	--------

Påreg. maks. tilløpsflom:

 $\text{PMP}=622\text{m}^3/\text{s}+30\text{m}^3/\text{s}$ overføring

Påreg. maks. avløpsflom	over- topping	330	400	500	588
-------------------------	------------------	-----	-----	-----	-----

Påreg. maks. flomvannstand		748.78	747.91	746.96	746.68
----------------------------	--	--------	--------	--------	--------

HISTORISKE FLOMMER:

Tilløp. Skalert	30/8	1984:	$163\text{m}^3/\text{s} + \text{ca } 30\text{m}^3/\text{s}$ overføring
Tilløp. Skalert	5/10	1983:	$184\text{m}^3/\text{s} + \text{ca } 30\text{m}^3/\text{s}$ overføring
Tilløp. Simulert	20/7	1967:	$154\text{m}^3/\text{s} + \text{ca } 30\text{m}^3/\text{s}$ overføring
Overløp. Simulert	20/7	1967:	$154\text{m}^3/\text{s}$ (vst. 745.85m)
Overløp. Observert	20/7	1967:	$\text{ca } 185\text{m}^3/\text{s}$ (vst. 745.90m)

Tabell 10.1 Oversikt over flomvannføringer og flomvannstander.

LITTERATUR

Skofteland, E.

1969: Avløpskart for Suldal, Ulla, Førre og de
tilgrensende felt av Otra. NVE, Hydrologisk avdeling.

NERC

1975: Flood Studies Report
Natural Environment Research Council (NERC) London

Wingård, B. m.fl.

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

OED/NVE

1981: Forskrifter for dammer. Universitetsforlaget 1981.

WMO

1981: Guide to Hydrological Practices. Volume II.
Analysis, Forecasting and other Applications. WMO,
Geneva

Aune, B. og Iden, K.

1981: Ekstrem nedbør. DNMI, 1981

Andersen, J. m.fl.

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

Førland, E.

1984: Ekstrem nedbør i løpet av 1 - 30 døgn. DNMI, 1984.

Førland, E.

1984: Påregnelige ekstreme nedbør verdier. DNMI, 1984.

PÅREGNELIG EKSTREMNEDBØR

Nedbørfelt: VALLEDALEN (Røldal)

Beskrivelse av fremgangsmåten er gitt tidligere.

1) Normal årsnedbør (basert på målte verdier): PN 1500 mm

2) M5(24t)/PN 5.3% M5(24t) 80 mm

3) Påregnelige 24 timers nedbørverdier:

	ÅR	APR-JUN	JULI-OKT	JULI-NOV	SEP-DES
M5 (mm) (fra 4645 Røldal)	80	40	60	65	70
M100 (mm)	128	71	100	107	114
M1000 (mm)	182	109	147	156	165
PMP (mm)	290	212	261	270	275

4) Påregnelige n-timers nedbørverdier

4.1) ÅRSVERDIER

Antall timer (n)	2	6	12	24	48	72	96	120
Nedbørforholdstall								
n timer/24 timer	0,38	0,60	0,77	1,00	1,33	1,51	1,73	1,92
M100 (mm)	50	75	100	128	170	195	220	245
M1000 (mm)	70	110	140	182	240	275	315	350
PMP (mm)	110	170	220	290	385	435	500	555

4.2) JULI-NOV

Antall timer (n)	2	6	12	24	48	72	96	120
Nedbørforholdstall								
n timer/24 timer	0,38	0,60	0,77	1,00	1,33	1,51	1,73	1,92
M100 (mm)	40	65	80	107	140	160	185	205
M1000 (mm)	60	100	120	156	210	235	270	300
PMP (mm)	100	160	210	270	360	410	465	520

5) Areal-reduksjon

De gitte verdier gir punktnedbør for et fiktivt "representativt" punkt i feltet. Estimat av arealnedbør for felt på ca 200 km² fåes ved å multiplisere punktverdiene med følgende "areal reduksjonsfaktor":

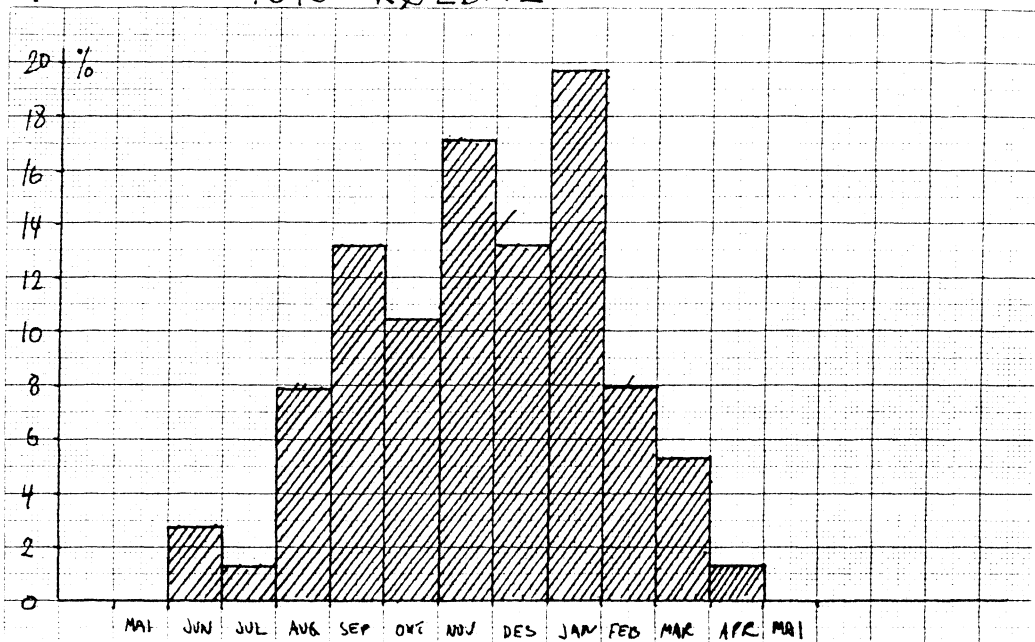
Antall timer (n)	2	6	12	24	48	72	96	120
Areal redusjons- faktor	0,31	0,88	0,91	0,93	0,95	0,96	0,96	0,97

6) Nærmeste målestasjon for nedbør er: 4645 RØLDAL

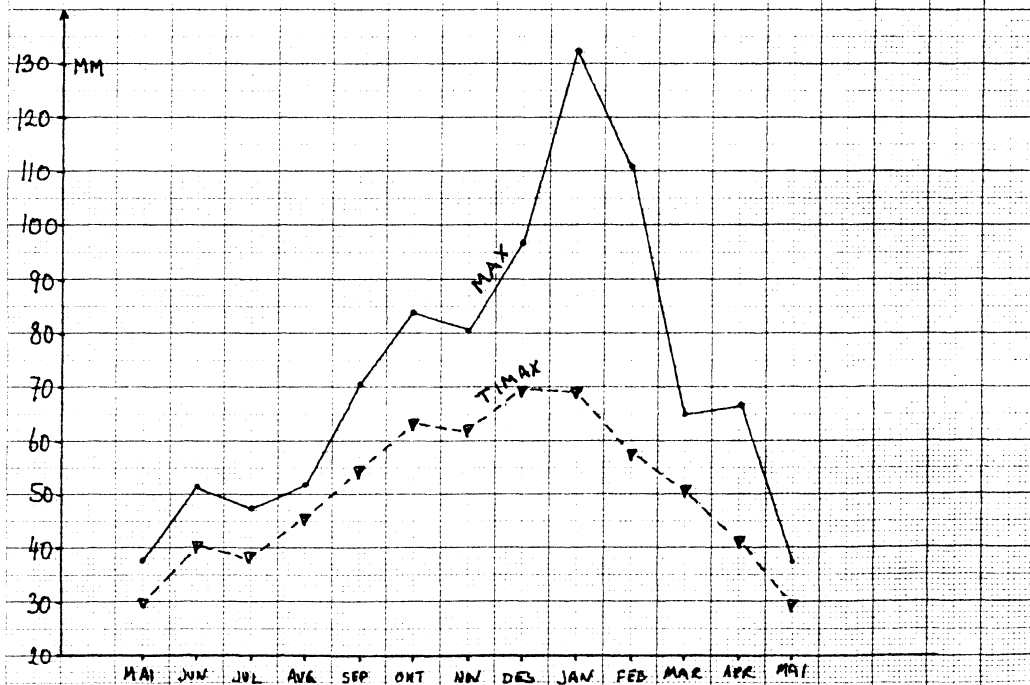
7) Maksimal observert døgnnedbør i området er ca: 130 mm.

8) Det må presiseres at de gitte verdier for MT og PMP er beregnet ved en metode som ennå ikke er ferdig gjennomtestet, og som er basert på et relativt sparsomt datagrunnlag. Verdiene må derfor bare betraktes som grovestimat. Bedre estimat kan ikke foreligge før DNMI har fått tid til å ferdigteste og raffinere metoden, og fått utvidet datagrunnlaget.

4645 RØLDAL



ÅRSTIDSFORDELING (%) AV ÅRLIG MÅKSIMAL DØGNNEBØR
VED 4645 RØLDAL.



HØYESTE MÅLTE (MAX) OG MIDDLE AV TI HØYESTE MÅLTE (TIMAX)
DØGNLIGE NEBØRHØYDER VED 4645 RØLDAL.

NTH - MEMO

NORGES HYDRODYNAMISKE LABORATORIER
NORWEGIAN HYDRODYNAMIC LABORATORIES
P.O.B. 4118 – Valentinlyst
N-7001 Trondheim Norway

VEDLEGG 2

Ref.: ØS/ef/602600.02

Gjelder/Concerns:

VALLDALSDAMMEN

FLOMSJAKTENS KAPASITET

Divisjon: VHL
Division:

Trondheim 1982-03-01

Beregning max kapasitet av sjakt og tunnel uten hensyn til luft-innsugningens virkning.

Vi forutsetter:

Virkelig sjaktareal: 17 m^2 $F_h = 1,03 \text{ m}$

Virkelig sjaktlengde: 145 m

Virkelig tunnelareal: 45 m^2 $R_h = 1,78 \text{ m}$

Virkelig tunnellengde: 240 m

Tappelukene er stengt.

Vi antar:

Innstrømningstap i sjakta:	$0,5 \frac{v_{sjakt}^2}{2g}$
Impuls- og retningsforandringstap i overgangen sjakt/tunnel:	$1,3 \frac{(v_{sjakt}^2 - v_{lu}^2)}{2g}$
Utstrømningstap fra tunnel:	$\frac{v_{lu}^2}{2g}$

Videre antar vi:

Sannsynlig Manningstall for sjakt: $M = 30$

Sannsynlig Manningstall for tunnel: $M = 32$

Vi regner at sjakt/tunnel-systemet er bestemmende for flomarrangementets kapasitet når vannspeilet foran sjaktinnløpet, dvs. nedstrøms overløpstærskel, har lukket seg. Denne situasjonen gir da den maksimale kapasitet som damforskriftene reduserer med en

faktor 0,7 pga. usikkerheter i beregningsgrunnlaget, spesielt med tanke på luftinnsugning.

For videre beregning antar vi at vannspeilet over sjakta har lukket seg, noe som antas å være tilfelle ved 2 m overløpshøyde, dvs. med vannstanden på kote 747. Utløpet ligger på 660, og vi regner da undervannet på kote 665. Brutto fallhøyde blir da $\Delta H = 747 - 665 = 82 \text{ m}$:

$$\Delta H = 0,5 \frac{\left(\frac{Q}{17}\right)^2}{2g} + \frac{\left(\frac{Q}{17}\right)^2 \cdot 145}{30^2 \cdot 1,09^{4/3}} + 1,3 \frac{\left(\frac{Q}{17} - \frac{Q}{45}\right)^2}{2g} + \frac{\left(\frac{Q}{45}\right)^2 \cdot 240}{32^2 \cdot 1,78^{4/3}} + \frac{\left(\frac{Q}{45}\right)^2}{2g} = 82$$

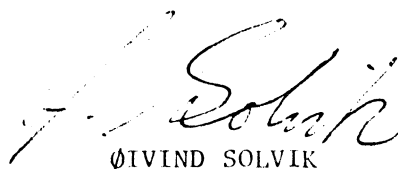
Dette gir $Q = 330 \text{ m}^3/\text{s}$

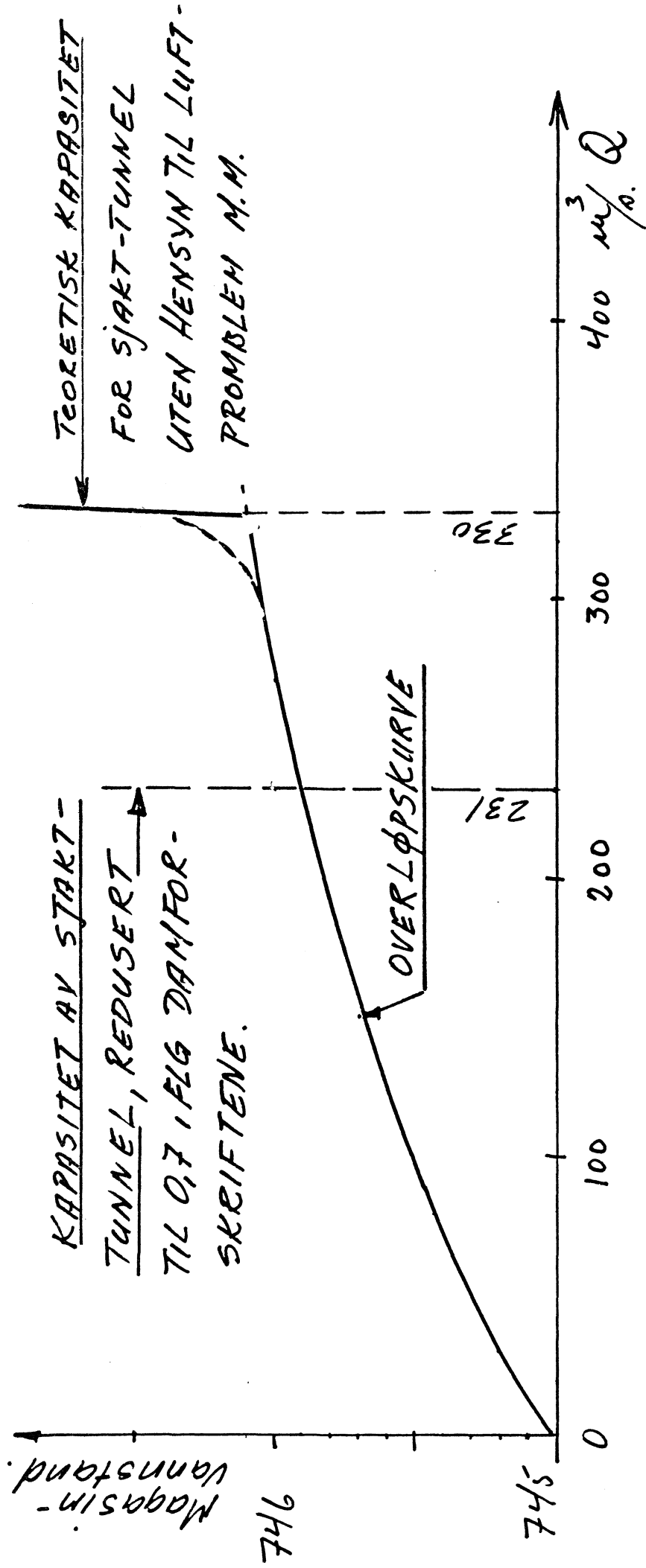
Redusert ifølge damforskriftene:

$$q_r = 0,7 \cdot 330 = \underline{\underline{231 \text{ m}^3/\text{s}}}$$

Beregningene er beheftet med noe usikkerhet, og det er falltapet i sjakta som veier mest. Tenker vi oss f.eks. sjaktarealet $= 20 \text{ m}^2$, vil tilsvarende kapasiteter bli ca $400 \text{ m}^3/\text{s}$ og $0,7 \cdot 400 = 280 \text{ m}^3/\text{s}$. Også valg av Manningskoeffisient påvirker resultatet vesentlig. En analyse av nøyaktig oppmålte (= fotograferte) profiler av sjakt og tunnel kan redusere usikkerheten noe.

Vi har vist flomløpets kapasitet på vedlagte fig. 1. En må merke seg den dramatiske endring i flomstigningen etter at det dykkede system sjakt/tunnel blir bestemmende for kapasiteten. Som en ser, vil kapasiteten nå øke svært lite med økende vannstand.


ØIVIND SOLVIK



VALLDALSDAMMEN.

KAPASITET FLØMSJAKT-TUNNEL.

FIG 1.