



DET NORSKE METEOROLOGISKE  
INSTITUTT  
KLIMAAVDELINGEN



NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK  
VASSDRAGSDIREKTORATET  
HYDROLOGISK AVDELING

STORE FLOMMER  
EN SAMMENLIKNING MELLOM  
NEDBØREPISODER OG FLOMMER  
I EN DEL NORSKE VASSDRAG

DNMI-RAPPORT  
24/89 KLIMA

OPPDRAGSRAPPORT  
12 - 89

|                                                                                                                            |                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Rapportens tittel:<br><br>STORE FLOMMER.<br>EN SAMMENLIKNING MELLOM NEDBØREPISODER<br>OG FLOMMER I EN DEL NORSKE VASSDRAG. | Dato: 1989-09-01<br><br>Rapporten er: Åpen<br><br>Opplag: 150 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Saksbehandler/Forfatter:<br><br>Stein Beldring, Hydrologisk avdeling, NVE<br>Eirik J. Førland, Det norske meteorologiske institutt<br>Nils Roar Sælthun, Hydrologisk avdeling, NVE |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| Oppdragsgiver:<br><br>VASSDRAGSREGULANTENES FORENING |
|------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Sammendrag:</p> <p>I den foreliggende undersøkelsen er det utført en sammenliknende studie av store nedbørepisoder og flommer for en del nedbørfelt i Norge. Hensikten har vært å vurdere konsistens og rimelighet i dagens flomberegningsmetodikk.</p> <p>Sammenlikning av enkeltepisoder viser at store flommer opptrer ved en kombinasjon av ugunstige faktorer (stor nedbør, mettet felt, snøsmelting) mer enn som resultat av "katastrofale" nedbørepisoder. For flere felt i typiske vårflomregimer er største observerte flom en regnflom på høsten.</p> <p>Ekstremstatistikk for nedbør og flom viser godt samsvar. Det indikerer at stigningsforholdet for flomfrekvenskurvene viser et regionalt mønster, mens feltets egenskaper først og fremst fanges opp av middelflommen. Nedbøranalyser kan gi støtte for ekstremverdianalyse av avløp.</p> <p>Flommer beregnet ved hjelp av HBV-modell på basis av 1000 års nedbør viser god overensstemmelse med 1000 års høstflom. Det tyder på at metodene som benyttes ved DNMI og NVE for beregning av ekstrem nedbør og flom gir realistiske og konsistente estimater.</p> <p>Beregninger med HBV-modellen viser at markvannsunderskuddet kan være av betydning ved beregning av ekstrem flom i innlandsstrøk. I kystnære strøk er markvannsunderskuddet lite sammenliknet med nedbøren.</p> <p>Det er også foretatt modellsimulering av hvor store snømagasin man kan regne med til ulike tider av året for de aktuelle feltene.</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## FORORD

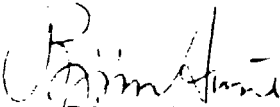
"Forskrifter for dammer" ble fastsatt ved kongelig resolusjon av 14. november 1980 og gjort gjeldende fra 1. januar 1981. Forskriftene angir hvilke flomberegninger som skal utføres i forbindelse med dammer, men gir ikke detaljerte beskrivelser av beregningsmetodikk. Metoder og framgangsmåter er senere beskrevet i publikasjoner fra Klimaavdelingen i Det norske meteorologiske institutt, og Hydrologisk avdeling i Vassdragsdirektoratet. Selv om disse retningslinjene utfyller hverandre og tilsammen utgjør et komplett verktøysett for flomberegninger, er det imidlertid gjort få systematiske sammenlignende studier av nedbør- og avløpsforhold ved store flommer.

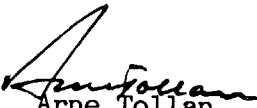
Den foreliggende rapporten, som er et resultat av et samarbeid mellom Klimaavdelingen og Hydrologisk avdeling, beskriver slike sammenligninger, både for enkeltflommer og gjennom ekstremverdi-analyse. Det er også foretatt undersøkelser av hvilke ekstreme snø- og markvannstiltander som kan forventes under våre klimatiske og hydrologiske forhold.

Arbeidet er utført på oppdrag av Vassdragsregulantenenes forening, og er et delprosjekt i A-169 Flomberegninger.

Som ledd i samme prosjekt har Vassdragsregulantenenes forening finansiert en undersøkelse ved Norge hydrotekniske laboratorium av effektiv nedbør i forbindelse med flom, vesentlig for Øyungen på Fosen. Resultatene fra dette delprosjektet er beskrevet i en egen rapport fra NHL (Mørk, 1989). Arbeidet i delprosjektet ved NHL har vært koordinert med den foreliggende undersøkelsen ved prosjektmøter.

Oslo, august 1989

  
Bjørn Aune  
fagsjef  
DNMI

  
Arne Tollan  
avdelingsdirektør  
NVE

| INNHold                                               | side |
|-------------------------------------------------------|------|
| 1. Innledning                                         | 3    |
| 2. Metoder                                            |      |
| 2.1 Feltbeskrivelse                                   | 5    |
| 2.2 Responstid                                        | 5    |
| 2.3 Flomregime                                        | 7    |
| 2.4 Arealnedbør                                       | 7    |
| 2.5 Ekstremverdianalyse                               | 7    |
| 2.6 Beregning av flom som skyldes 1000 års nedbør     | 7    |
| 2.7 Nedbørforløp under Stor-Ofsen                     | 8    |
| 2.8 Snømagasin, markvannsunderskudd                   | 8    |
| 3. Beskrivelse av nedbør og flom i de enkelte feltene |      |
| 3.1 Lalm                                              | 9    |
| 3.2 Losna                                             | 19   |
| 3.3 Kirkevoll bru                                     | 24   |
| 3.4 Bulken                                            | 32   |
| 3.5 Øyungen på Fosen                                  | 39   |
| 3.6 Nybergsund                                        | 45   |
| 4. Snø- og markvannsmagasin i andre felt              | 52   |
| 5. Ekstremverdianalyse                                | 57   |
| 6. Beregning av flom som skyldes 1000 års nedbør      | 64   |
| 7. Nedbørforløp under Stor-Ofsen                      | 71   |
| 8. Episoden 30. august - 1. september 1938            | 73   |
| 9. Episoden 25. - 27. november 1940                   | 78   |
| 10. Konklusjon                                        | 80   |
| Sluttord                                              | 83   |
| Referanser                                            | 84   |
| Appendiks 1. Maksimale observerte arealnedbørverdier. |      |
| Appendiks 2. Maksimale observerte midlere døgnavløp.  |      |
| Appendiks 3. Parametre i HBV-modellene.               |      |

## 1. INNLEDNING

Den norske metodikken for flomberegninger, fastsatt i "Forskrifter for dammer" (NVE, 1980) og nærmere beskrevet i "Retningslinjer for flomberegninger" (Lundquist m.fl, 1986), baserer seg på to framgangsmåter: Direkte estimat av dimensjonerende flom og andre ekstreme flommer ved hjelp av ekstremanalyse på avløpsserier, og beregning av ekstreme flommer fra nedbørdata ved hjelp av hydrologiske modeller. Den siste metoden, som altså bygger på nedbørdata fra Det norske meteorologiske institutt (Førland, 1987), benyttes alltid ved estimering av påregnelig maksimal flom, men den kan også anvendes ved beregning av dimensjonerende flom (flom med 1000 års gjentaksintervall).

Å beregne flomverdier med et gitt gjentaksintervall på basis av nedbørverdier byr på prinsipielle problemer. Ikke minst gjelder det valg av modellens begynnelsestilstander; først og fremst snø og markvann, og kombinasjon av nedbør og temperatur når det er snøsmelting av betydning. Metoden har den fordel at den kan benyttes for felt med lite avløpsdata. Det er også en styrke å kunne foreta beregning av dimensjonerende avløpsflom ved to uavhengige metoder, og det er lettere å vurdere realismen i estimatene for påregnelig maksimal flom dersom vi vet at beregningsmetoden gir realistiske tall for dimensjonerende flom.

Bortsett fra at dimensjonerende flom for en del felt har vært beregnet ved hjelp av begge metoder (f.eks Pettersson, 1988a, 1988b), har det vært gjort svært få sammenlignende studier av store nedbørepisoder og flommer i Norge. I den foreliggende undersøkelsen er det foretatt følgende sammenligninger for en del felt:

- direkte sammenligning av enkeltepisoder
- sammenligning av ekstremstatistikk for nedbør og flom
- beregning av avløpsverdier fra ekstrem nedbør ved hjelp av hydrologisk modell
- estimat av nedbørverdier for Stor-Ofsen
- regional beskrivelse av utvalgte nedbørepisoder

I tillegg er det laget estimat for årsvariasjonen av snø- og markvannsmagasin ved hjelp av modellsimuleringer.

Den primære hensikten med undersøkelsen er å vurdere konsistens og rimelighet i dagens flomberegningsmetodikk.

Nedbørdataene som er benyttet kommer fra Meteorologisk institutt (DNMI) og er arealnedbør for hele nedbørfeltene. Vannføringsdataene som er benyttet er avløps- og tilsigsserier fra Hydrologisk avdeling, NVE. Siden det ikke finnes tilstrekkelig med tilbake-punchete nedbørserier er vurderingene av enkeltflommene konsentrert om perioden 1957 - 1988, mens to store nedbørsituasjoner, august/september 1938 og november 1940, er analysert på regional basis.

For de nedbørfeltene hvor HBV-modellen er tilpasset er feltenes respons på nedbørepisoder med gjentaksintervall 1000 år beregnet for situasjoner om høsten når markvannsunderskuddet er lavt og det er lite snø i feltet. Siden verdiene for ekstrem nedbør er

punktverdier er de multiplisert med arealreduksjonsfaktorer (Førland, 1984, 1987).

Kulminasjonsvannføringen for flommen under Stor-Ofsen i 1789 ved Lalm i Otta er estimert av Søgne (1942). Ved hjelp av HBV-modellen er temperatur og nedbør under denne episoden forsøkt rekonstruert.

Videre er årsvariasjonen i markvannsunderskuddet og størrelsen på snømagasinet beregnet med HBV-modeller for nedbørfelt rundt i landet. Hensikten er å undersøke hvordan nedbørfordeling og temperatur i forskjellige områder påvirker disse størrelsene.

I denne undersøkelsen er det beregnet flom med gjentaksintervall 1000 år både med flomfrekvensanalyse og på basis av 1000 års nedbør. Selv om dette tilsvarer dimensjonerende flom for dammer må ikke resultatene betraktes som fullverdige flomberegninger for de aktuelle feltene. For det første har vi her benyttet en standardfordeling (Gumbel) overalt, stort sett uten å sammenligne med andre fordelinger, og for det andre er det ikke gjort systematiske sammenligninger med nabofelt eller regionale analyser. Dette er viktige deler av en fullstendig flomberegning.

For en del observerte flommer er det angitt gjentaksintervall, basert på frekvensanalyse. En skal her være klar over at for eldre data, før stasjonene ble utstyrt med registrerende utstyr, er døgnverdiene enkeltavlesninger som kan være svært forskjellig fra sant døgnmiddel. Av og til kan denne avlesningen være kulminasjonsverdien, og for felt med rask reaksjon vil dette være langt over døgnmidlet. Dette kan være en tilfeldig, som f.eks ved flommen i Gaula i august 1940, en av de største flommene i dette århundredet, som kulminerte klokka tolv - avlesningstidspunktet, og dermed fikk en utrolig høy døgnregistrering. Andre ekstreme flommer har gått over vannstandsskalaen, slik at nivået er nivellert inn senere. Da er naturlig nok kulminasjonsvannstanden blitt registrert. Dette gjelder f.eks 1938-flommen ved Lalm.

## 2. METODER

For nedbørfeltene Lalm, Losna, Kirkevoll bru, Bulken, Øyungen og Nybergsund er sammenhengen mellom nedbør og avløp beskrevet ved hjelp av de metoder som er nevnt under. For nedbørfeltene Masi, Fustvatn, Høggås bru og Sperillens lokalfelt er årsvariasjonen i snømagasin og markvannsunderskudd undersøkt. Figur 1 viser nedbørfeltenes beliggenhet.

### 2.1 FELTBESKRIVELSE

Hvert nedbørfelt er beskrevet ved geografisk beliggenhet og klassifisert i hydrologisk regime etter regionaliseringen gitt i Gottschalk m.fl. (1979).

### 2.2 RESPONSTID

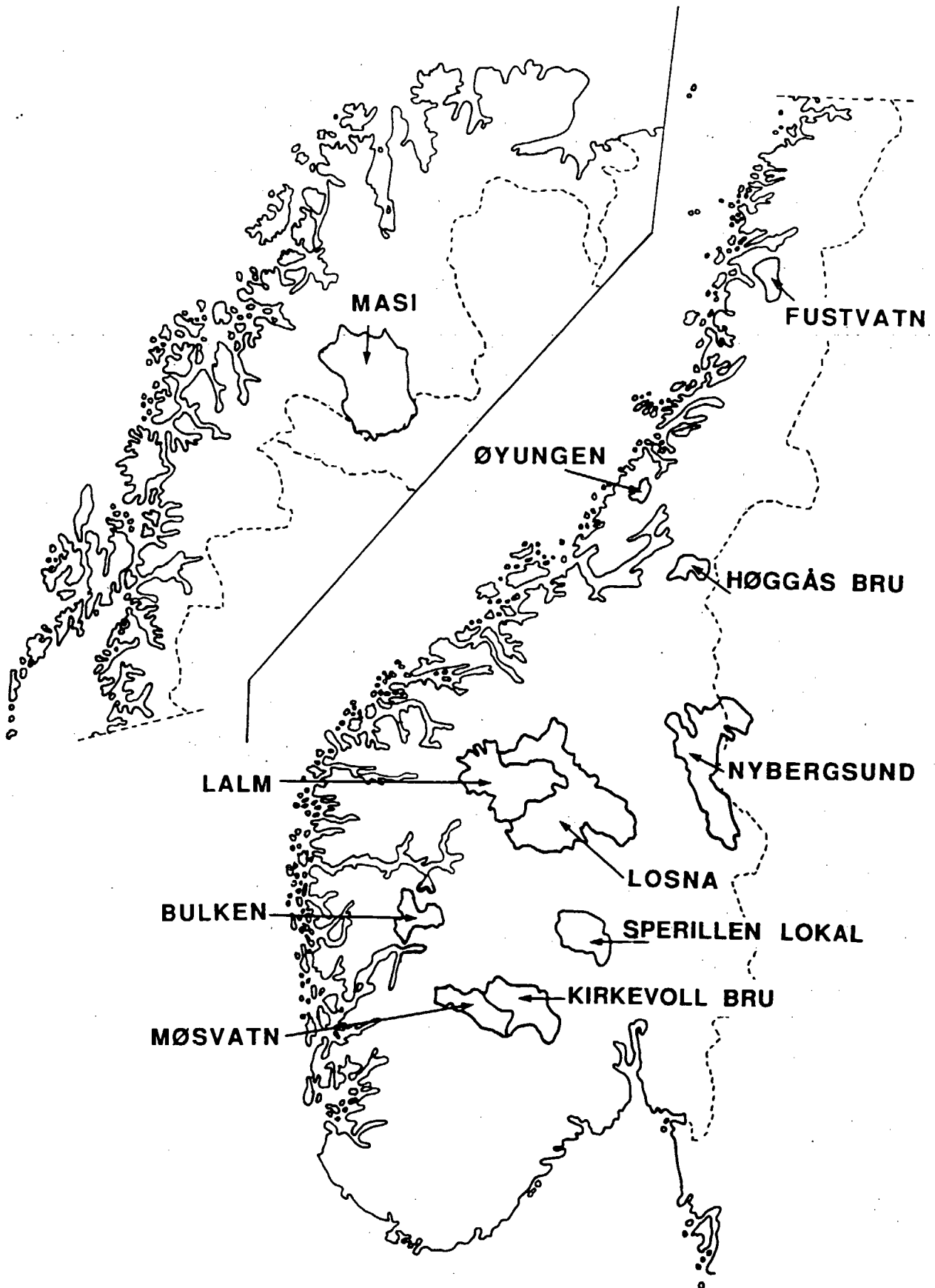
Nedbørfeltenes responstid er bestemt. Det finnes flere definisjoner på et nedbørfelts responstid på nedbør, f.eks. tiden fra tyngdepunktet av effektiv nedbør til tyngdepunktet av den delen av hydrogrammet som skyldes overflateavløp (Shaw, 1983). I denne undersøkelsen er responstiden forsøkt bestemt på tre forskjellige måter:

Ved å plote nedbørsøyler og avløp i samme diagram for store arealnedbørepisoder kan man få et inntrykk av hvor lang nedbørfeltets responstid er. Tyngdepunktet for effektiv nedbør er selvfølgelig ikke lett å bestemme, men tiden fra en episode med konstant nedbør over flere døgn slutter til flommen kulminerer eller tiden fra nedbørens tyngdepunkt til flommens tyngdepunkt kan benyttes.

Krysskorrelasjonskoeffisienter mellom nedbør og avløp er beregnet. Krysskorrelasjonsfunksjonen er et mål for korrelasjon mellom avvik fra middelveien til observasjoner som er adskilt med et visst antall tidsskritt. Krysskorrelasjonsfunksjonen vil anta et maksimum for forskyvning lik gjennomsnittlig antall døgn mellom kulminasjonene av nedbør og tilhørende flommer. Beregning av krysskorrelasjonskoeffisientene er gjort med programmet KRYSSKO i Hydrologisk avdelings programbibliotek.

Serier med glidende middel for nedbør er generert. For hvert døgn beregnes middel av inneværende døgn og hhv. 1,2,3,...,9 døgn bakover i tid og lagres på inneværende døgn. Når antall døgn bakover i tid i den glidende middel serien er lik gjennomsnittlig tidsforskyvning mellom kulminasjonene av nedbør og tilhørende flommer vil korrelasjonskoeffisienten for lineær avhengighet mellom nedbørseriene og avløpsserien anta et maksimum. I regresjonsanalysen benyttes bare den delen av året hvor flommer skyldes nedbør og bare døgn hvor avløpet er større enn en minimumsverdi. Regresjonsanalysene er utført med programmet PLOT KOR i Hydrologisk avdelings programbibliotek.

Døgnverdier for nedbør og avløp er benyttet. Nedbørverdiene er akkumulert nedbør fra kl. 8 foregående døgn til kl. 8 det døgn



Figur 1. Nedbørfeltene som er med i undersøkelsen.

nedbørverdien er tilordnet. Avløpsverdiene er middel fra kl. 0 til kl. 24 for det døgnet avløpet er tilordnet for data fra stasjoner med registrende utstyr. For eldre data er det stort sett avlesningen klokka tolv som representerer døgnet. Når nedbørfeltens responstid bestemmes må man ta hensyn til at nedbøren som er gitt for et døgn i hovedsak har falt det foregående døgn.

### 2.3 FLOMREGIME

Flomregimet som nedbørfeltene ligger i beskrives ved å sammenlikne de 20 største nedbørepisodene og de 20 største flommene. For noen spesielle situasjoner foretas en mer detaljert undersøkelse av felttilstand, nedbør, temperatur og andre faktorer som kan påvirke avløpet. Resultatet av beregninger med HBV-modellen er benyttet til å forklare tilfeller hvor flommer uteblir etter stor nedbør. Situasjoner hvor det har vært stor nedbør og lite avløp eller lite nedbør og stort avløp og situasjoner med sammenfall mellom stor nedbør og stort avløp plukkes ut. Volum av arealnedbør med varighet 2 døgn er sammenliknet med det største avløpet for forskjellige varigheter under flommen. Gjentakintervallene for nedbør og flom er også sammenliknet. Gjentakintervallene for nedbør er basert på sammenlikning med årsverdier, mens gjentakintervallene for flommer er basert på sammenlikning med hhv. årsverdier og verdier for høstsesongen august - desember. Hvis ikke annet er nevnt er gjentakintervallene basert på årsverdier.

### 2.4 AREALNEDBØR

For hvert av nedbørfeltene er døgnlign arealnedbør beregnet som aritmetisk middel av døgnet nedbør fra et utvalg målestasjoner i og like utenfor feltet. Arealnedbørverdiene er ikke korrigert for oppfangningssvikt eller for terrengets innvirkning på nedbørfordelingen.

### 2.5 EKSTREMVERDIANALYSE

Ekstremverdianalyse av nedbørepisoder og flommer er utført. Gumbels fordeling er tilpasset både nedbør- og avløpsdata og gjentakintervall er beregnet. Resultatene av ekstremverdianalysene for nedbør og avløp er sammenliknet ved å normalisere verdiene relativt til årsmiddel av maksimal nedbør (for ett til tre døgns varighet) og middelflommen og plottet dem i samme diagram. Gumbels fordeling er valgt fordi den brukes ved DNMI for nedbørdata. Vi har ikke forsøkt å finne den fordelingen som passer best i hvert enkelt tilfelle, i stedet har vi valgt å bruke samme fordelingen for alle nedbørfeltene for å sammenlikne med ekstremverdianalysene for nedbørdata.

### 2.6 BEREGNING AV FLOM SOM SKYLDES 1000 ÅRS NEDBØR

For de nedbørfeltene hvor HBV-modellen er tilpasset er feltenes respons på nedbør med gjentakintervall 1000 år beregnet. Siden avløpet om våren avhenger av snøsmeltingen vil det være vanskelig å sammenlikne ekstrem nedbør og flom på denne tiden av året.

Temperaturen i feltene og snømagasinenes størrelse og tilstand vil bestemme flommenes størrelse i like stor grad som nedbøren. Om høsten er de fleste flommer rene regnflommer og perioden for beregning av flom som skyldes ekstrem nedbør er derfor begrenset til månedene september - desember. Vannføringen er beregnet når 1000 års nedbør for høsten inntreffer i en situasjon med midlere markvannsmagasin. Siden nedbørverdiene er punktverdier er de multiplisert med arealreduksjonsfaktorer (Førland, 1984, 1987).

I beregningene av vannføringene er det benyttet konstruerte nedbør-episoder som er symmetrisk fordelt i tid omkring en nedbørepisode med gjentaksintervall 1000 år og samme varighet som de respektive feltenes responstid. Den totale varigheten av nedbør er 2 døgn lenger enn de respektive feltenes reaksjonstid og det totale nedbørvolumet er lik 1000 års nedbør med samme varighet som hele nedbørepisoden. Nedbørepisodens varighet blir da større enn vannets transporttid fra øverste del av feltet til utløpet.

## 2.7 NEDBØRFORLØP UNDER STOR-OFSEN

Flommens kulminasjonsvannstand ved Lalm under Stor-Ofsen i juli 1789 er kjent. Ved hjelp av HBV-modellen er nedbør, temperatur, snøsmelting og vannføring under denne episoden rekonstruert.

## 2.8 SNØMAGASIN, MARKVANNSUNDERSKUDD

For ytterligere å beskrive de hydrologiske forholdene i feltene er det ved hjelp av de tilpassete hydrologiske modellene beregnet snømagasin og markvannsunderskudd. Disse variablene er presentert ved tre årsforløp hver. Disse viser 95, 75 og 50 % persentiler for hver uke i året. 95 % persentilen er den verdi som overskrides i ett av tyve år, 75 % (øvre kvartil) i ett av fire år og 50 % (median) i halvparten av årene. Markvannsunderskuddet er framstilt som negative verdier, slik at 95 % fraktilen beskriver svært fuktige forhold.

95 % fraktilene, som altså beskriver forhold som gir stor flomfare, gir en indikasjon på hvilke snømagasin/markvannsunderskudd det vil være naturlig å regne med ved beregning av påregnelig maksimalflom til forskjellige tider på året.

De snømagasin som er beregnet av modellene lar seg i stor grad kontrollere mot vårflommen, og selv om det kan være betydelige avvik for enkeltår, er det grunn til å anta at den statistikk som kurvene framstiller er rimelig representativ for de aktuelle feltene. Beregningene av markvannsunderskudd er ikke i samme grad kontrollerbare, så disse verdiene må betraktes som nokså usikre. De gir imidlertid et inntrykk av størrelseorden av markvannsunderskuddet, og av det regionale variasjonsmønsteret. Vi vet også at når disse verdiene benyttes som starttilstander i HBV-modellen gir de realistiske flomforløp. Markvannsberegningene tilsvarende de som er foretatt i forbindelse med det svenske flomprosjektet (Brandt m.fl., 1987).

Dataene er stort sett basert på simulering av 20 til 30 års lengde, innenfor perioden 1957 - 1988.

### 3. BESKRIVELSE AV NEDBØR OG FLOM I DE ENKELTE FELTENE

#### 3.1 LALM

NVEs målestasjon 415-0 Lalm ligger i Lalmsvatnet i Ottadalen. Nedbørfeltet som drenerer til Lalm omfatter deler av Strynefjellet, nordlige deler av Breheimen og nordlige deler av Jotunheimen samt Bøverdalen og Ottadalen som ligger mellom disse fjellområdene. Den vestligste delen av feltet har høy årsnedbør, og kan få store nedbørmengder høst og vinter. Figur 1 viser nedbørfeltets beliggenhet og figur 2 viser et mer detaljert kart over feltet. Nedbørfeltets areal er 3942 km<sup>2</sup>. Feltets laveste punkt, medianhøyde og høyeste punkt er hhv. 360, 1303 og 2469 m o.h.

Lalm ligger i den hydrologiske regionen som Gottschalk m.fl. (1979) kaller fjellregimet og betegner H<sub>1</sub>L<sub>1</sub>. Dette regimet er karakterisert ved at de største flommene skyldes snøsmelting og at de tre månedene i året med høyest middelavløp tilhører vår eller tidlig sommer og de to månedene i året med lavest middelavløp tilhører vinteren. For Lalm er de to månedene med lavest middelavløp februar og mars. De tre månedene med høyest middelavløp er juni, juli og august. Måneden med det tredje høyeste middelavløpet er august. Dette er sent på sommeren til å være i fjellregimet, men skyldes at snøsmeltingen i de høyeste delene av feltet og smelting på breene kommer sent. Feltet inneholder 202 km<sup>2</sup> breer, altså over 5 % av feltarealet. Disse gir et betydelig bidrag til avløpet i tørre somre.

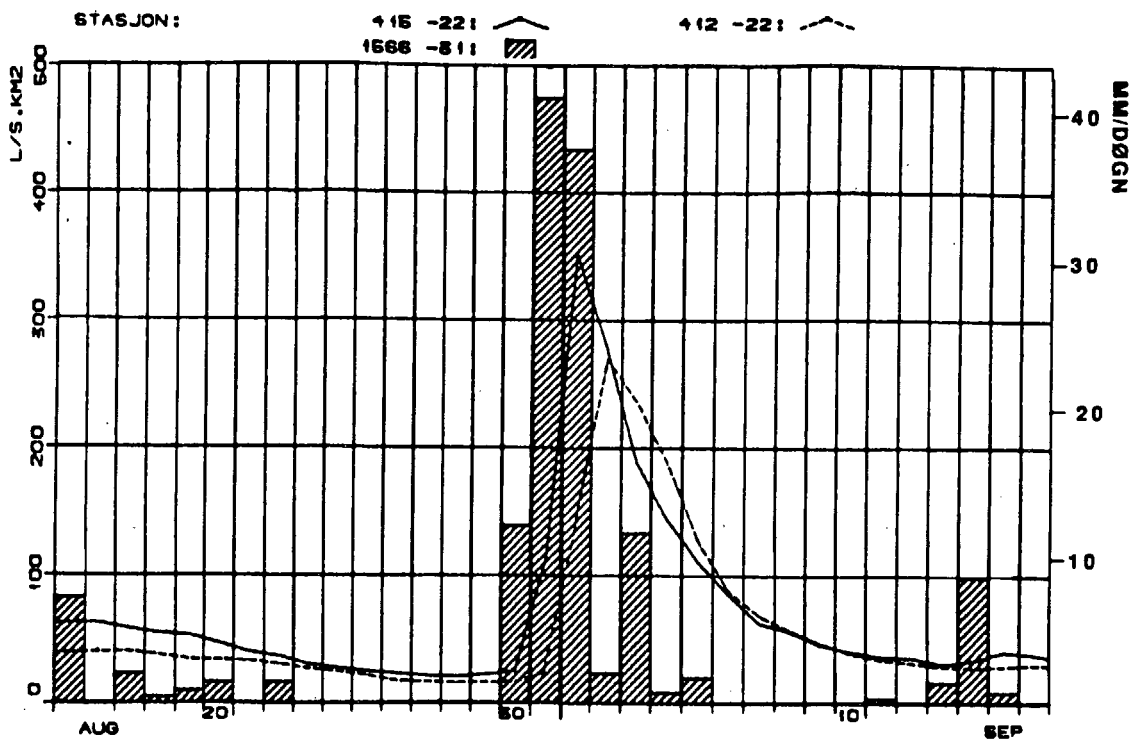
Dette er ett av de feltene i landet som har størst høydevariasjon (over 2000 m) og største nedbør- og avløpsforskjeller. Nedbøren varierer fra ca 300 mm i Lom til over 2000 mm i de vestre fjellstrøkene. Det er dermed også et av de feltene det er vanskeligst å foreta flomberegninger for. Tilsigsserien gir et middelavløp for feltet på 27 l/s km<sup>2</sup>, eller 850 mm/år. Modellsimuleringene gir en midlere årlig fordampning på 120 mm, slik at midlere årsnedbør blir ca 970 mm. Nedbørstasjonene har naturlig nok nokså dårlig representativitet i dette området.

Siden det er flere reguleringer i nedbørfeltet til Lalm er tilsigsserien 415-22 benyttet i stedet for den observerte avløpsserien 415-0. Tilsigsserien er beregnet for perioden 1914 - 1982. Seriene som ligger på Hydrologisk avdelings tilsigsarkiv er beregnet ved sentrerte differanser; dvs. at magasinendringene er beregnet over to døgn. Dette gir en korrekt posisjonering av avløpet i tid, men i perioder med store magasinendringer betyr det at flomtopper jevnes ut, og det som beregnes som største døgnverdi kan ligge nærmere middelveidien over to døgn. I og med at det er nokså små deler av feltet som er regulert har dette liten betydning for Lalm.

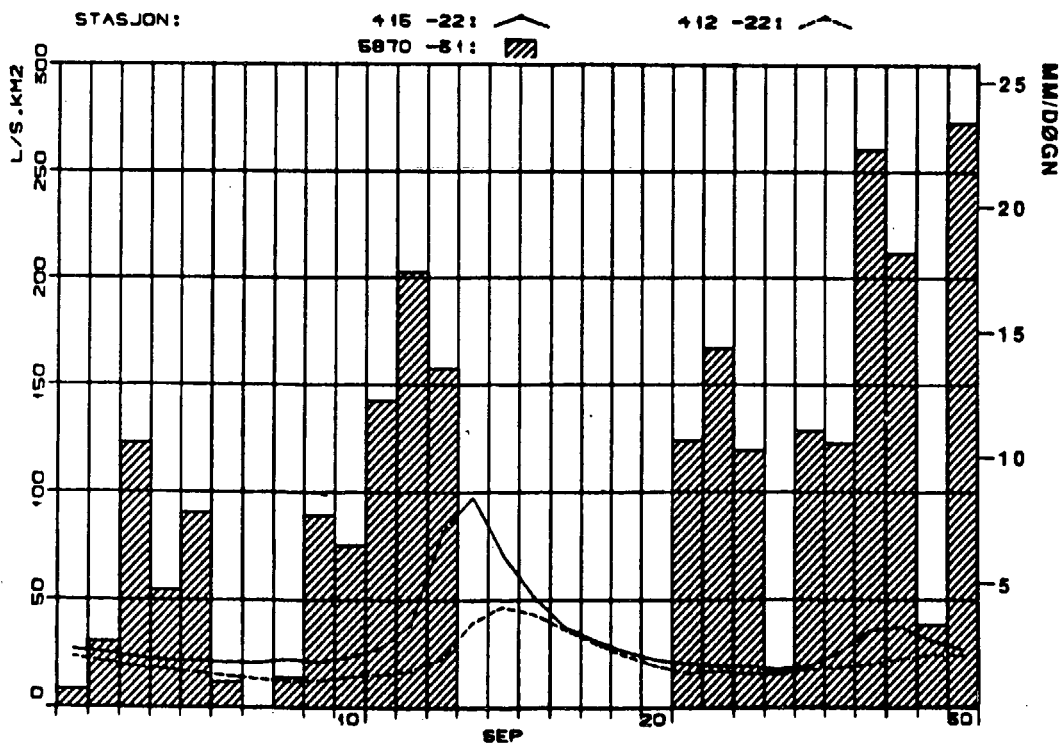
Feltet ble utstyrt med limnigraf i 1973, før den tid er serien basert på en avlesning pr døgn.

Ved å plote nedbørdata for DNMI's stasjoner i Lalms nedbørfelt sammen med avløpet finner man at nedbørfeltets responstid er 1 - 2 døgn. Figur 3 viser nedbør ved 1566 Skjåk og avløp ved Lalm i månedskiftet august/september 1938. Denne flommen har det største





Figur 3. Nedbør ved 1566 Skjåk, avløp ved 415 Lalm og 412 Losna i august og september 1938.

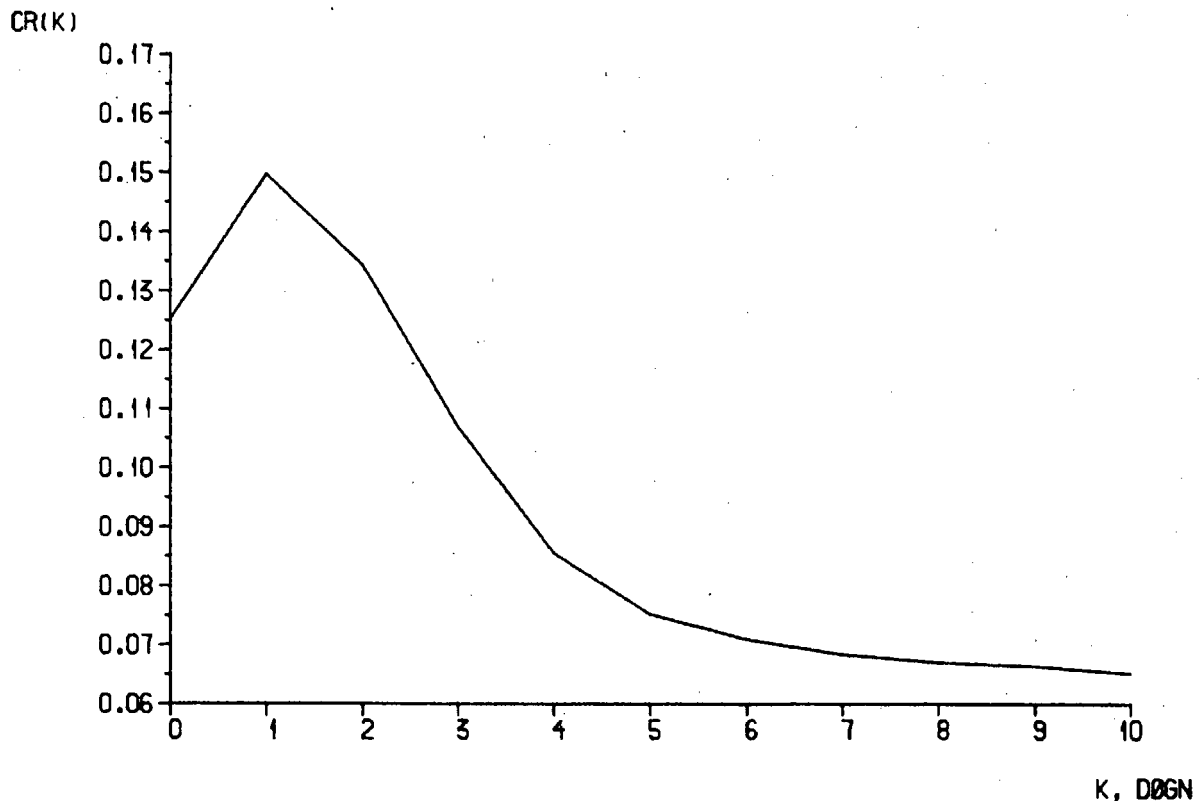


Figur 4. Nedbør ved 5870 Oppstryn, avløp ved 415 Lalm og 412 Losna i september 1969.

døgnmiddelavløpet ved Lalm i perioden 1914 - 1982. Nedbørepisoden 31.8. og 1.9.1938 er den største 2 døgns arealnedbørepisoden i samme periode. Figur 4 viser nedbør ved 5870 Oppstryn og avløp ved Lalm i september 1969. Nedbørepisoden 12.9. og 13.9.1969 er en av de 20 største 2 døgns arealnedbørepisodene for perioden 1957 - 1982.

Krysskorrelasjonskoeffisientene mellom avløp ved Lalm og nedbør ved 1471 Grov, 1506 Lom, 1543 Bøverdalen, 1566 Skjåk, 1572 Bråtå og 5870 Oppstryn har alle maksimum for tidsforskyvning 1 - 2 døgn. Figur 5 viser krysskorrelasjonskoeffisienter mellom avløp ved Lalm og nedbør ved Skjåk.

KRYSSKORRELASJONSKOEFFISIENTER FOR 1566 - 31 OG 415 - 22  
FOR PERIODEN 1914 - 1984



Figur 5. Krysskorrelasjonskoeffisienter mellom nedbør ved 1566 Skjåk og avløp ved 415 Lalm.

Serier med glidende middel for nedbørverdier over 1,2,3,...,10 døgn er generert for 1566 Skjåk. Lineær regresjon mellom disse seriene og avløp ved Lalm gir at serien som består av middel over 3 døgn har høyest korrelasjon med 415-22. Det gir en tidsforskyvning på 2 - 3 døgn mellom nedbør og avløp. Imidlertid har serien som består av glidende middel over 2 døgn nesten like høy korrelasjon med 415-22. Det gir en tidsforskyvning på 1 - 2 døgn og passer bedre med resultatet fra de to andre metodene.

Resultatet av de tre metodene er altså at responstiden til

nedbørfeltet som drenerer til Lalm er mellom 1 og 2 døgn. Feltets responstid er minst for store, intense nedbørepisoder. Se figur 3 og 4.

For Lalm er arealnedbør beregnet som aritmetisk middel av nedbør ved DNMI's stasjoner 1455 Preststulen, 1471 Grov, 1506 Lom, 1543 Bøverdalen, 1566 Skjåk, 1572 Bråtå, 5490 Vetti og 5870 Oppstryn. Tabell 1 viser tidsfordelingen av de største nedbørepisoder og flommer for Lalm i perioden 1957 - 1982. I appendiks 1 og 2 er data for nedbørepisodene og flommene presentert. Temperaturdata for nedbørfeltet kommer fra klimastasjonene 1572 Bråtå og 5870 Oppstryn.

Tabell 1. Fordeling av de 20 største 2 døgns arealnedbørepisoder og de 20 største 1 døgns flommer over året i nedbørfeltet til Lalm for perioden 1957 - 1982.

|                       | jan | feb | mar | apr | mai | jun | jul | aug | sep | okt | nov | des | sum |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2 døgns nedbør        | 2   | 3   | 2   | 0   | 0   | 2   | 1   | 0   | 2   | 0   | 2   | 6   | 20  |
| 1 døgns flom          | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 13  | 5   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 20  |
| Felles flom og nedbør | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

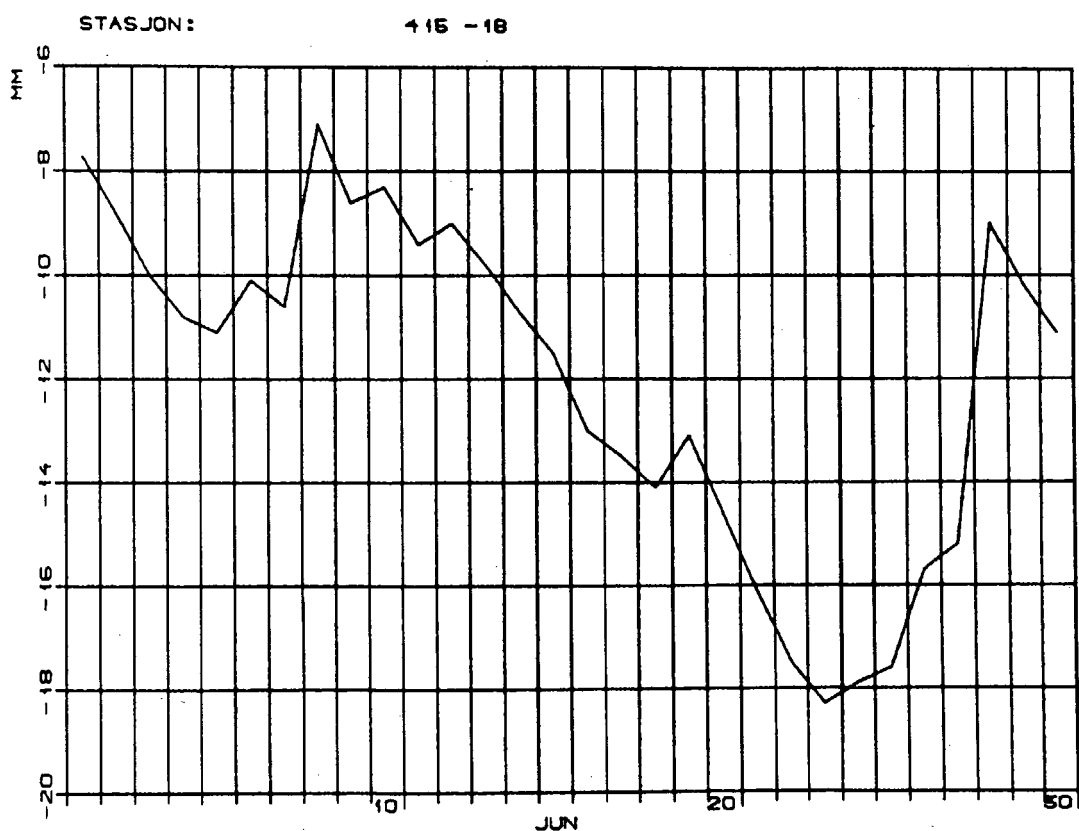
De fleste kraftige nedbørepisoder forekommer sent på høsten eller om vinteren. Figur 9 viser at de høyeste påregnelige 2 døgns nedbørverdiene med 100 års gjentaksintervall kan ventes i månedene november - januar, dvs. i en årstid da avløpet er lavt. Høyeste 2 døgns arealnedbør i tidsrommet 1957 - 1988 er 53 mm (8. og 9. januar 1957). Denne verdien har på årsbasis et gjentaksintervall på ca. 50 år. For tidsrommet 1900 - 1957 er datagrunnlaget for nedbørberegninger mer sparsomt, men for 2 døgns episoden 31.8. og 1.9.1938 kan arealnedbøren (aritmetisk middel av observasjonene) anslås til 82 mm. Dette svarer til et gjentaksintervall på godt over 1000 år.

Alle de største flommene forekommer sent på våren eller på sommeren. Det betyr at de er forårsaket av snøsmelting eller en kombinasjon av snøsmelting og nedbør.

Ingen av de 20 største flommene i årene 1957 - 1982 er forårsaket av en av de 20 største nedbørepisodene. En nøyere undersøkelse av avløpet i forbindelse med disse nedbørepisodene viser at 15 av dem ikke førte til nevneverdig økning i avløpet. Disse episodene inntraff i månedene fra november til mars. Det betyr at denne nedbøren i hovedsak falt som snø. Av de resterende 5 episodene fant 2 sted i juni, 1 i juli og 2 i september. For episodene i juni og juli falt nedbøren sammen med perioder med høy temperatur eller markert økning i temperaturen. Det viser at snøsmelting bidro til flommen. Avløpet over 5 døgn utgjør hhv. 66 % og 78 % av 2 døgns nedbør for de 2 flommene som ikke er påvirket av snøsmelting. En

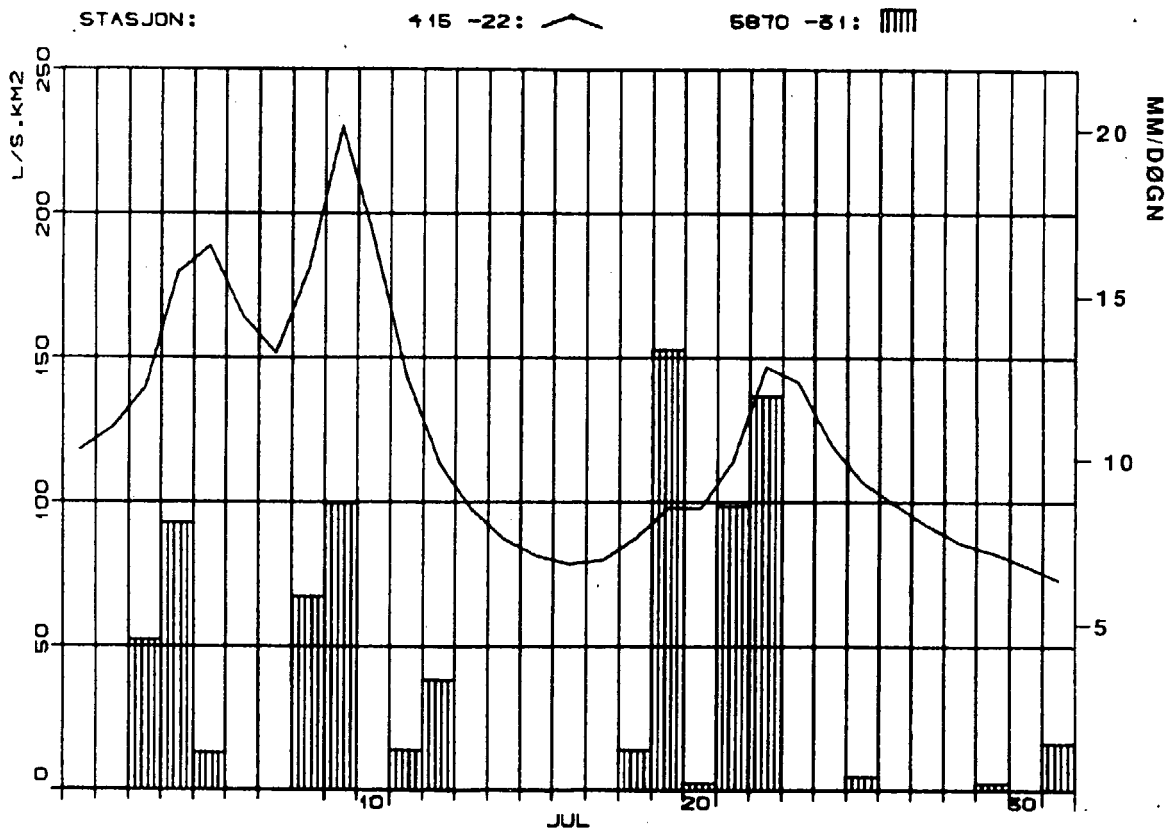
undersøkelse av nedbøren forut for de 20 største flommene viser at i 16 av tilfellene falt det nedbør i deler av nedbørfeltet i de siste dagene før flommen.

Nedbørepisoden 27.6. og 28.6.1960 førte til en flom med største døgnmiddelavløp 29. juni lik  $456 \text{ m}^3/\text{s}$ . 2 døgns arealnedbør var 37 mm. Før nedbøren fant sted var avløpet ca.  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ved å redusere flommen med denne verdien finner vi at avløpet over 1, 3 og 5 døgn tilsvarende hhv. 6, 15 og 22 mm nedbør over hele feltet. Det var en markert temperaturøkning fra 22. til 26. juni som antagelig førte til økt snøsmelting slik at nedbørens andel av avløpet må reduseres ytterligere. Avløpet under flommen må derfor sies å være mye mindre enn nedbørvolumet. Alle DNMI's stasjoner i feltet hadde mye mindre nedbør enn normalt fra slutten av høsten 1959 til ut på våren 1960. Det var mindre snø enn vanlig tilgjengelig for smelting og liten vårflom. Dette bekreftes av avløpsdata for 415-22 Lalm. Markvannsunderskuddet i feltet var sannsynligvis stort og store deler av nedbøren som falt i slutten av juni 1960 ble antagelig holdt tilbake i markvannsmagasinet. Simuleringer utført med HBV-modellen for Lalm gir at markvannsunderskuddet er spesielt stort for mai og juni 1960. I slutten av juni synker det brått. Figur 6 viser markvannsunderskudd for Lalm i juni 1960 beregnet med HBV-modellen. Gjentakintervallet for arealnedbørepisoden er 7 år og for flommen er det mindre enn 2 år.



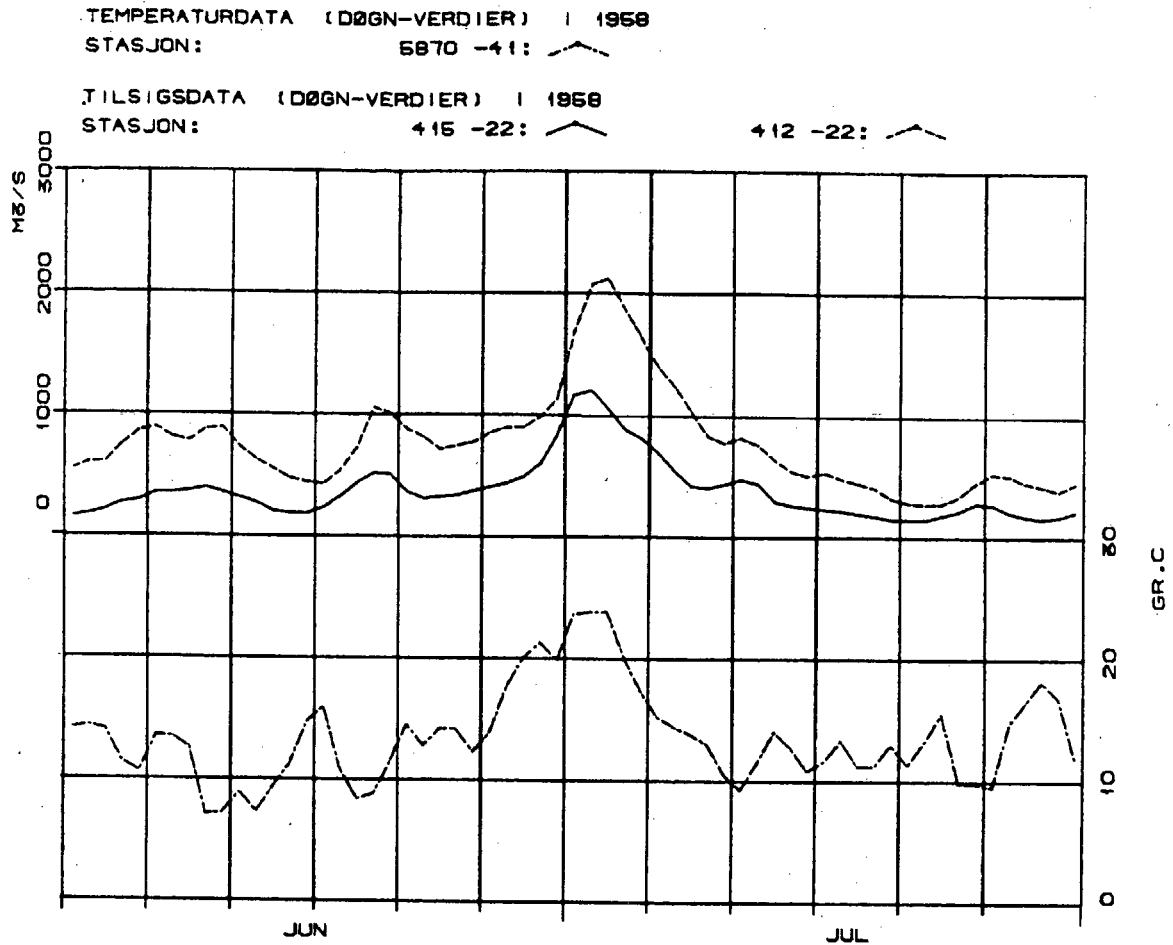
Figur 6. Markvannsunderskudd i nedbørfeltet til 415 Lalm i juni 1960 beregnet med HBV-modellen.

Nedbørepisoden 21.7. og 22.7.1973 førte til den største flommen som er forbundet med en av de 20 største arealnedbørepisodene. Største døgnmiddelavløp er 558 m<sup>3</sup>/s 22. juli. Før nedbørepisoden var avløpet ca. 300 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende er avløpet over 1, 3 og 5 døgn lik hhv. 6, 16 og 22 mm nedbør over hele feltet. 2 døgn arealnedbør var 29 mm. Avløpet over 5 døgn utgjør ca. 76 % av denne verdien. Samsvaret mellom volumet av nedbør og avløpet er rimelig bra. Det er små temperaturvariasjoner i feltet i dagene før flommen. Snøsmelting bidro derfor med et jevnt tilskudd til avløpet og flomtoppen skyldes nedbør. Markvannsunderskudd beregnet med HBV-modellen er svært lavt i mai, juni og juli 1973. Dette skyldes at det falt mye nedbør i feltet vinter og vår 1973, spesielt i de vestlige delene. Det førte til stort snømagasin og sen smelting og dermed lite markvannsunderskudd. Figur 7 viser nedbør ved 5870 Oppstryn og avløp ved Lalm for juli 1973. Denne flommen er vesentlig mindre enn de største flommene som er forårsaket av snøsmelting.



Figur 7. Nedbør ved 5870 Oppstryn, avløp ved 415 Lalm i juli 1973.

Flommen som kulminerte 2.7.1958 med døgnmiddelvanføring lik 1205 m<sup>3</sup>/s var ikke forårsaket av nedbør. Det falt litt nedbør lengst øst i feltet, men det var svært lite i forhold til flommens volum. Temperaturer ved 5870 Oppstryn og avløp ved Lalm for perioden juni - juli 1958 er vist i figur 8. Vi ser at i månedskiftet juni/juli øker temperaturen og vannføringen kraftig. Det betyr at flommen skyldes snøsmelting.



Figur 8. Temperatur ved 5870 Oppstryn, avløp ved 415 Lalm og 412 Losna i juni og juli 1958.

Største nedbørepisode for Lalm fant sted 31.8. og 1.9.1938 og førte til den største flommen som er observert ved Lalm i perioden 1914 - 1982. 2 døgns arealnedbør var ca. 82 mm. Høyeste punktverdi hadde 1414 Nilsonløkken i Heidal, med hhv. 48 mm den 31.8. og 78 mm den 1.9., til sammen 126 mm i løpet av 2 døgn. For 1566 Skjåk er døgnverdiene 41 mm (31.8.) og 38 mm (1.9.), hhv høyeste og tredje høyeste døgnverdi som er målt på stasjonen siden den startet i 1895. 2 døgns verdien på 79 mm er nærmest en "outlier" (nest høyeste verdi er 50 mm), og har gjentaksintervall på ca. 1000 år. Denne nedbørepisoden er nærmere beskrevet i kapittel 8. Største avløp inntraff 1.9.1938 og var 1387 m<sup>3</sup>/s. Dette er etter alt å dømme en kulminasjonsverdi, vannstanden gikk over skalaen og er nivellert inn. Vassføringen holdt seg over 1100 m<sup>3</sup>/s i bortimot et døgn. Døgnmiddelverdien er sannsynligvis på mellom 1200 og 1300 m<sup>3</sup>/s. Vågåvatn med noe mindre felt hadde 1240 m<sup>3</sup>/s. Før nedbørepisoden var avløpet ca. 100 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende blir avløpet over 1, 3 og 5 døgn lik hhv. 28, 64 og 82 mm over hele feltet. Avløpet over 5 døgn stemmer bra med 2 døgns arealnedbør. Gjentaksintervallet for nedbørepisoden er på over 1000 år og for flommen 100 år. Sammenliknet med høstflommer er gjentaksintervallet for flommen større enn 1000 år. Det skyldes at

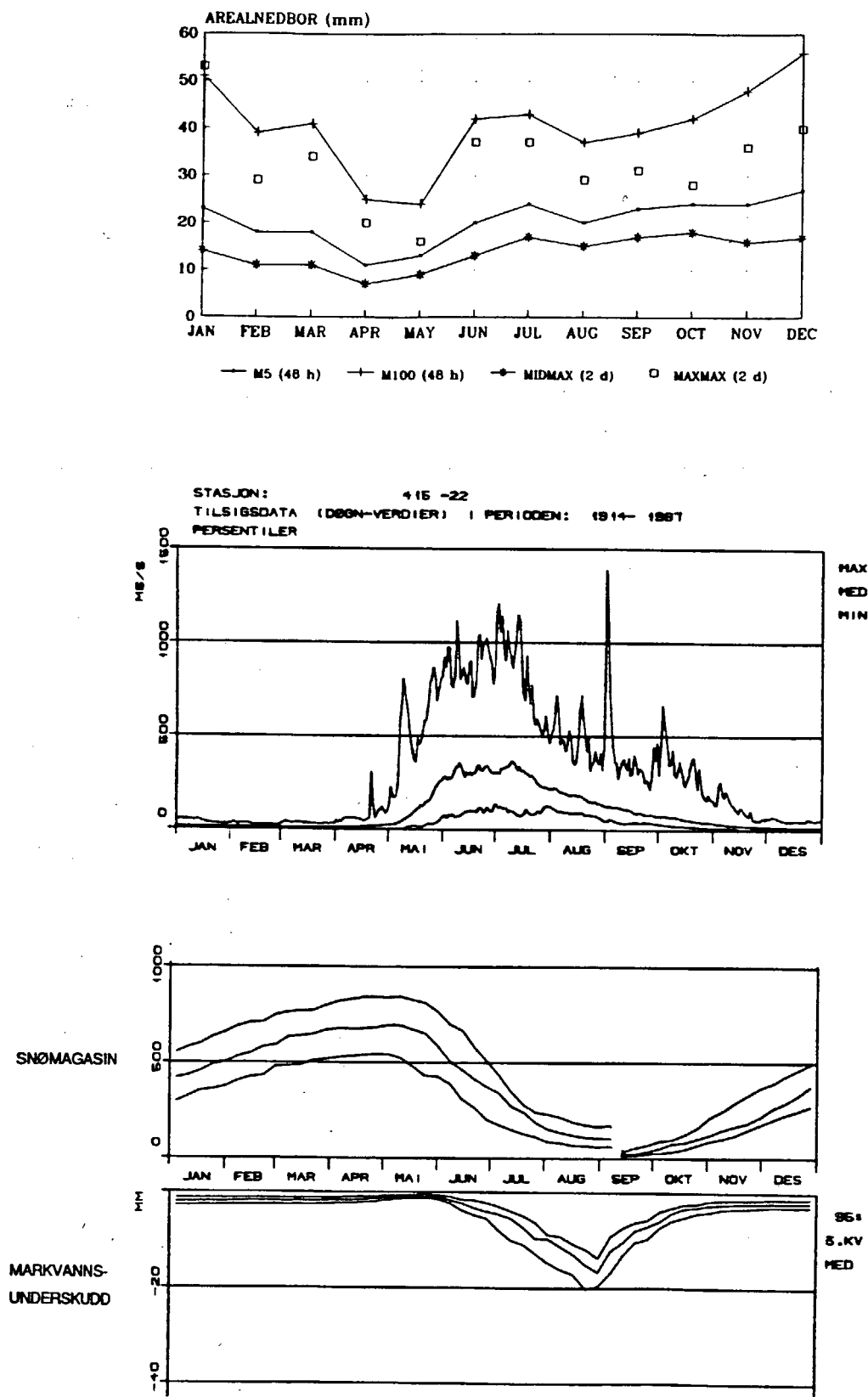
smelteflommene som hovedsakelig finner sted om våren er større enn regnflommene i dette nedbørfeltet.

Tidsfordelingen av de 20 største flommene og de 20 største arealnedbørepisodene for Lalm i perioden 1957 - 1982 viser at snøsmelting er den prosess som skaper de største flommene. I de fleste tilfeller falt det nedbør i forbindelse med de største smelteflommene, men den viktigste flomskapende faktor er likevel smelting. Mange flommer finner sted på høsten, men de største regnflommene er mindre enn de største smelteflommene. Et unntak er imidlertid den største flommen som har inntruffet i hele observasjonsperioden ved Lalm, den er forårsaket av nedbør. De fleste store nedbørepisodene har funnet sted om vinteren og genererte ikke store flommer siden nedbøren falt som snø.

Tidsfordelingen av de 20 største flommene ved Lalm i perioden 1914 - 1982 viser også at snøsmelting er den viktigste flomskapende prosess. De fordeler seg med 1 flom i mai, 11 i juni, 7 i juli og 1 i september. Det er verdt å merke seg at 19 av disse flommene i hovedsak skyldes snøsmelting, men at det likevel er en regnflom i september 1938 som er den største flommen som er målt i vassdraget i observasjonsperioden. Den er ca. 15 % større enn største smelteflom.

For flommen i 1938 er gjentaksintervallet for avløpet 100 år og for nedbøren større enn 1000 år, til tross for at nedbørvolum og avløp stemmer bra overens. De store avvikene i gjentaksintervallene for episoder som sammenliknes med årsverdier skyldes hovedsakelig at flomestimatene er basert på smelteflommer, som er mye større enn regnflommene.

Figur 9 viser fordelingen over året av nedbør, avløp, snømagasin og markvannsunderskudd for nedbørfeltet til Lalm.



Figur 9. Variasjon over året av nedbør, avløp, snømagasin og markvannsunderskudd i nedbørfeltet til 415 Lalm.  
Øverst: M5 og M100 er påregnelige nedbørverdier med 5 og 100 års gjentakintervall, MIDMAX er middel av årlige maksimalverdier, MAXMAX er høyeste observerte verdi.  
I midten: Ekstremalverdier og median for vannføringen.  
Nederst: 95, 75 og 50 % persentiler for markvannsunderskudd og vanninnhold i snømagasinet beregnet med HBV-modellen.

LOSNA

NVEs målestasjon 412-12 Losna ligger i innsjøen Losna som utgjør en del av Gudbrandsdalslågen mellom Tretten og Fåvang. Nedbørfeltet som drenerer til Losna inkluderer nedbørfeltet til Lalm. I tillegg består det av sentrale deler av Jotunheimen, Valdresflya, Ringebuffjell, vestlige deler av Rondane og Dovrefjell og Gudbrandsdalen opp til Lesjaskogsvann. Figur 1 viser nedbørfeltets beliggenhet og figur 2 viser et mer detaljert kart over feltet. Nedbørfeltets areal er 11087 km<sup>2</sup>. Feltets laveste punkt, medianhøyde og høyeste punkt er hhv. 180, 1142 og 2469 m o.h.

Losna ligger i den hydrologiske regionen som Gottschalk m.fl. (1979) kaller fjellregimet. De tre månedene i året med høyest middelavløp er mai, juni og juli. De to månedene med lavest middelavløp er februar og mars.

Tilsigsserien 412-22 er benyttet i stedet for avløpsserien 412-12 siden det er flere reguleringer i nedbørfeltet til Losna. Tilsigsserien er beregnet for perioden 1896 - 1980. Feltet ble utstyrt med limnigraf i 1965, før den tid er serien basert på en avlesning pr. døgn.

Årsmiddelavløpet er på 22 l/s km<sup>2</sup>, eller 690 mm/år.

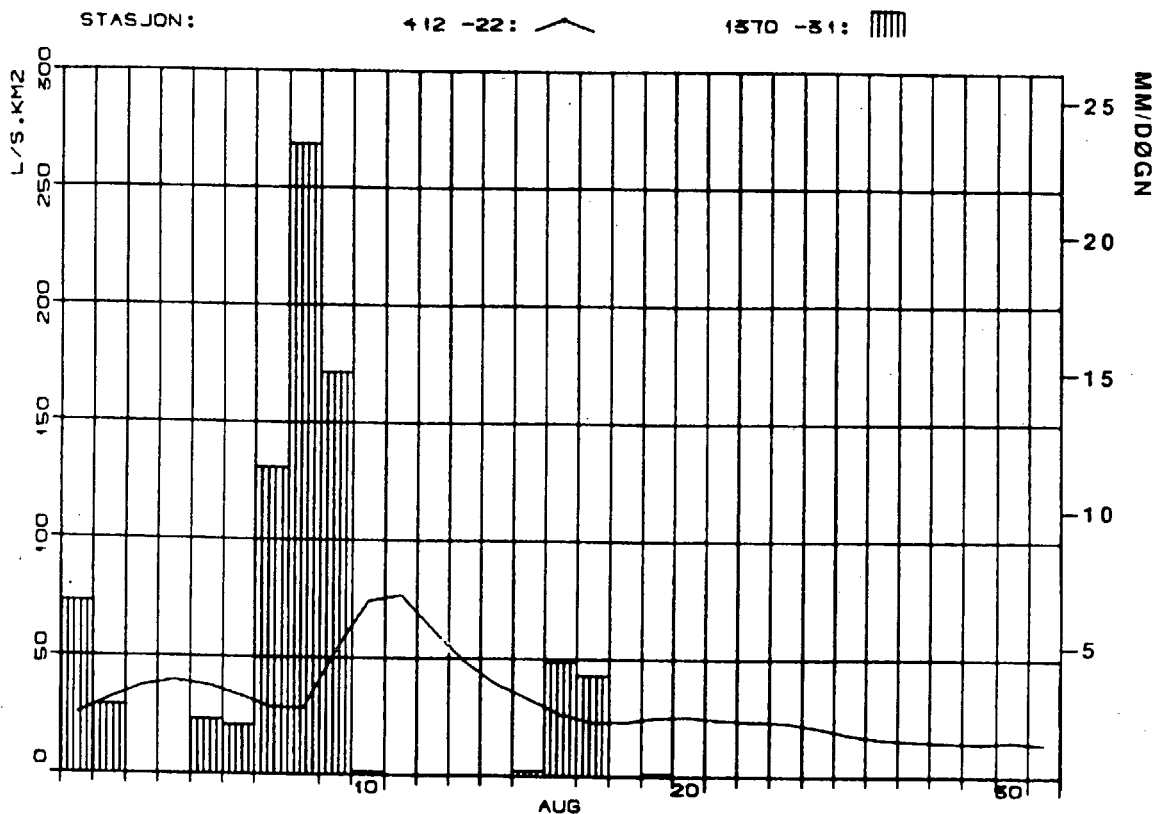
Nedbørdata fra DNMI's stasjoner i nedbørfeltet til Losna er plottet sammen med avløpet. Det gir at nedbørfeltets responstid er 2 - 3 døgn. Figur 3 viser nedbør ved 1566 Skjåk og avløp ved Lalm og Losna i månedskiftet august/september 1938. Denne flommen har det største døgnmiddelavløpet ved Losna i perioden 1896 - 1980. Nedbørepisoden 31.8. og 1.9.1938 er den største arealnedbørepisoden i samme periode. Figur 4 viser nedbør ved 5870 Oppstryn og avløp ved Lalm og Losna i september 1969. Nedbørepisoden 12.9. og 13.9.1969 er en av de 20 største arealnedbørepisodene for perioden 1957 - 1980. Figur 3 og 4 viser også at døgnmiddelavløpet kulminerer 1 døgn senere ved Losna enn ved Lalm. Figur 10 viser nedbør ved 1370 Espedalen og avløp ved Losna for august 1972.

Krysskorrelasjonskoeffisientene mellom avløp ved Losna og nedbør ved 1370 Espedalen, 1390 Bygdin, 1471 Grov, 1506 Lom, 1543 Bøverdal, 1566 Skjåk, 1572 Bråtå, 1624 Tolstadåsen, 1661 Fokstua II og 5870 Oppstryn har maksimum for tidsforskyvning 2 - 4 døgn.

Serier med glidende middel for nedbørverdier over 1,2,3,...,10 døgn er generert for 1370 Espedalen og 1566 Skjåk. Lineær regresjon mellom seriene for Skjåk og avløp ved Losna gir at serien som består middel over 5 døgn har høyest korrelasjon med 412-22. Lineær regresjon mellom seriene for Espedalen og avløp ved Losna gir at serien som består middel over 7 døgn har høyest korrelasjon med 412-22. Imidlertid har seriene som består av glidende middel over 3 døgn nesten like høy korrelasjon med 412-22 for begge nedbørstasjonene. Det gir en tidsforskyvning på 2 - 3 døgn og passer bra med resultatet fra de to andre metodene.

Resultatet av de tre metodene er altså at responstiden til nedbørfeltet som drenerer til Losna er mellom 2 og 3 døgn. Feltets responstid er minst for store, intense nedbørepisoder. Se figurene

3, 4 og 10.



Figur 10. Nedbør ved 1370 Espedalen, avløp ved 412 Losna i august 1972.

For Losna er arealnedbør beregnet som aritmetisk middel av nedbør ved DNMI's stasjoner 1330 Sprangrudlien, 1331 Søre Brekkom, 1370 Espedalen, 1390 Bygdin, 1471 Grov, 1506 Lom, 1543 Bøverdalen, 1566 Skjåk, 1572 Bråtå, 1624 Tolstadåsen, 1660 Fokstua, 1661 Fokstua II, 5490 Vetti og 5870 Oppstryn. Tabell 2 viser tidsfordelingen av de største nedbørepisoder og flommer for Losna i perioden 1957 - 1980. I appendiks 1 og 2 er data for nedbørepisodene og flommene presentert. Temperaturdata for nedbørfeltet kommer fra klimastasjonene 1572 Bråtå, 1661 Fokstua II og 5870 Oppstryn.

De største observerte og påregnelige verdier for 3 døgns arealnedbør forekommer i månedene juni - januar (figur 11), med størst hyppighet av høye 2 døgns verdier i juni og juli (tabell 2). Figur 11 viser at observert og påregnelig 3 døgns verdi når et minimum i april, og at påregnelig verdi med 100 års gjentakintervall er ca. 50 mm i månedene juni - desember. Høyeste registrerte 3 døgns verdi er 48 mm i juli 1985, og har et gjentakintervall på ca. 30 år.

Alle de største flommene finner sted sent på våren eller på sommeren mens temperaturen i feltet er over 0 °C. Det betyr at de er forårsaket av snøsmelting eller en kombinasjon av snøsmelting og nedbør.

Tabell 2. Fordeling av de 20 største 2 døgns arealnedbørepisoder og de 20 største 1 døgns flommer over året i nedbørfeltet til Losna for perioden 1957 - 1980.

|                       | jan | feb | mar | apr | mai | jun | jul | aug | sep | okt | nov | des | sum |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2 døgns nedbør        | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   | 4   | 5   | 2   | 1   | 1   | 2   | 3   | 20  |
| 1 døgns flom          | 0   | 0   | 0   | 0   | 3   | 13  | 4   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 20  |
| Felles flom og nedbør | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 2   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 3   |

7 av de 20 største nedbørepisodene førte til liten eller ingen økning i avløpet. De fant sted i månedene fra november til januar og det meste av nedbøren falt sannsynligvis som snø. 9 av nedbørepisodene inntraff i juni og juli samtidig som temperaturene i feltet var høye, i flere tilfeller økte også temperaturen kraftig. I alle situasjonene ble det flom i feltet på grunn av en kombinasjon av snøsmelting og nedbør. 3 av disse flommene hører til de 20 største flommene ved Losna. De 2 nedbørepisodene som fant sted i august førte til flom. I begge situasjonene var det høye temperaturer i feltet, men det meste av snømagasinet var antagelig smeltet så sent på sommeren. Avløpet over 5 døgn utgjør hhv. 65 % og 75 % av 2 døgns nedbør for disse episodene. De 2 nedbørepisodene i september og oktober førte bare til moderate flommer. I det ene tilfellet var temperaturen i øvre del av feltet nær 0 °C, i det andre tilfellet ble markvannsunderskuddet i feltet kraftig redusert under nedbørepisoden. Undersøkelse av nedbøren forut for de 20 største flommene viser at i 16 av tilfellene falt det mye nedbør i deler av nedbørfeltet i de siste dagene før flommen. Det viser at det er kombinasjonen av snøsmelting og nedbør som genererer de største flommene.

Nedbørepisoden 27.6. og 28.6.1960 førte til en flom med største døgnmiddelavløp 30. juni lik 1060 m<sup>3</sup>/s. 2 døgns arealnedbør var 39 mm. Før nedbøren fant sted var avløpet ca. 500 m<sup>3</sup>/s. Ved å redusere flommen med denne verdien finner vi at avløpet over 1, 3 og 5 døgn tilsvarende hhv. 4, 11 og 15 mm nedbør over hele feltet. Temperaturen i nedbørfeltet til Losna utviklet seg på samme måte som i nedbørfeltet til Lalm før denne flommen, det betyr at snøsmelting bidro til økningen i vannføring. Den delen av flommen som skyldes nedbør må derfor sies å være mindre enn volumet av 2 døgns nedbør. I store deler av feltet var det mye mindre nedbør enn normalt vinteren 1959/60. Det innebærer at markvannsunderskuddet i feltet var stort og store deler av nedbøren som falt i juni 1960 ble holdt tilbake i markvannsmagasinet.

Nedbørepisoden 9.8. og 10.8.1979 førte til en flom med største døgnmiddelavløp 12. august lik 1125 m<sup>3</sup>/s. Før nedbørepisoden var avløpet ca. 350 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende er avløpet over 1, 3 og 5 døgn lik hhv. 6, 16 og 24 mm nedbør over hele feltet. 2 døgns arealnedbør var 32 mm. Avløpet over 5 døgn utgjør

ca. 75 % av denne verdien. Siden denne episoden fant sted sent på sommeren var antagelig bidraget fra snøsmelting lite, til tross for at temperaturen i feltet økte noe i dagene før flommen. Markvannsunderskuddet for Lalm beregnet med HBV-modellen er lite i august. Dette skyldes at det falt mye nedbør i feltet sommeren 1979. Samsvar mellom volum av nedbør og avløp er rimelig bra.

Flommen 3.7.1958 er ikke forårsaket av nedbør. Største døgnmiddelavløp var 2122 m<sup>3</sup>/s. Døgnmiddeltemperaturen ved 5870 Oppstryn og avløpet ved Losna økte kraftig i månedskiftet juni/juli 1958. Se figur 8. Det betyr at flommen skyldes snøsmelting. Det falt litt nedbør sør og øst i feltet, men det var lite i forhold til flommens volum.

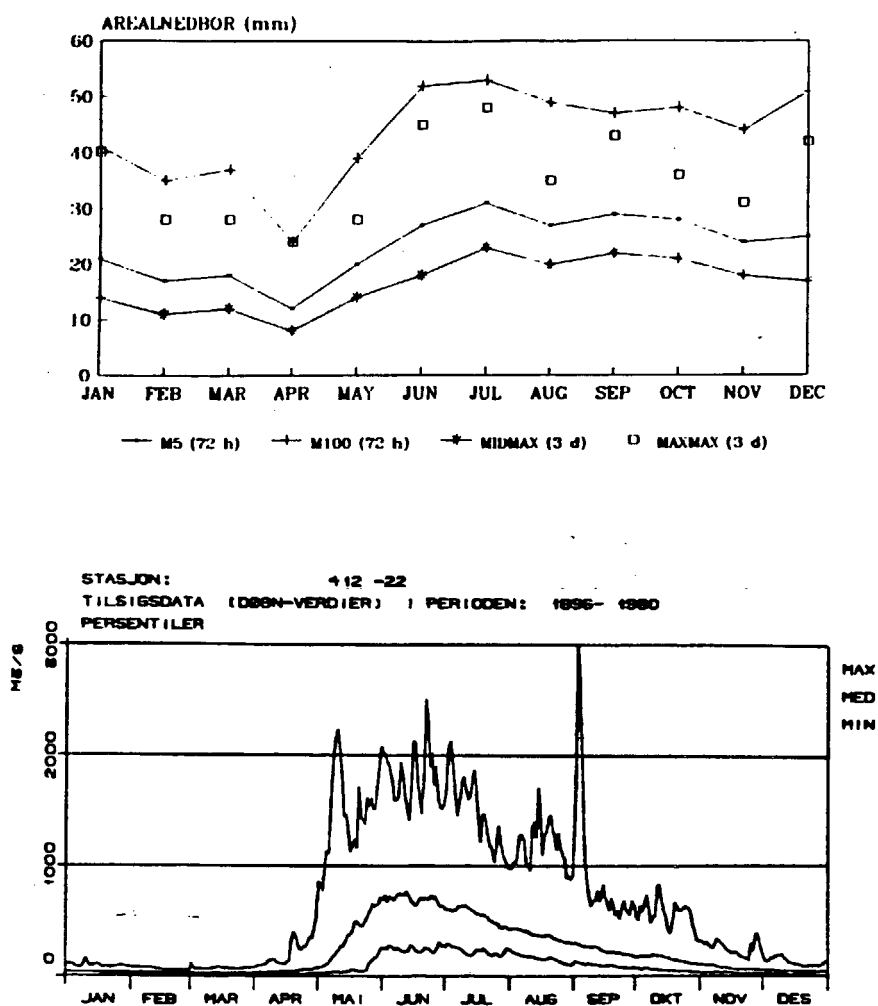
I likhet med Lalm fikk også Losna århundrets hittil største 2 døgns nedbør 31.8. og 1.9.1938. På grunn av det sparsomme stasjonsnett blir estimatene av arealnedbør usikre, men det kan anslås at området fikk ca. 90 mm i løpet av to døgn og ca. 100 mm i løpet av tre døgn. En 2 døgns arealnedbør på 90 mm har et gjentaksintervall på over 1000 år, og er over dobbelt så høy som høyeste registrerte verdi etter 1957. De største nedbørmengdene ble målt i sørvestlige deler av feltet, der flere stasjoner fikk over 130 mm i løpet av to døgn. 1380 Sikkilsdal fikk hhv. 44 og 95 mm 31.8. og 1.9., mens 2356 Beito fikk hhv. 70 og 76 mm. Nedbørepisoden er nærmere beskrevet i kapittel 8.

Denne nedbørepisoden førte til det største døgnmiddelavløpet som er observert ved Losna i perioden 1896 - 1980. Avløpet 2.9.1938 var 2992 m<sup>3</sup>/s. Som for de fleste andre stasjonene i Lågen fra denne situasjonen er dette en inn-nivellert vannstand; skalaen, som gikk til seks meter, druknet. Men vannføringen ser ut til å ha holdt seg over 2500 m<sup>3</sup>/s i et døgn. Sannsynligvis var døgnmiddelvannføringen 2700 - 2800 m<sup>3</sup>/s. Dette svarer til et gjentaksintervall på 100 - 200 år sammenliknet med årsflommer og større enn 1000 år sammenliknet med høstflommer. Før nedbørepisoden var avløpet ca. 200 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende blir avløpet over 1, 3 og 5 døgn lik hhv. 22, 55 og 70 mm nedbør over hele feltet. Avløpet over 5 døgn stemmer bra med volumet av 2 døgns arealnedbør.

Tidsfordelingen av de 20 største flommene og de 20 største arealnedbørepisodene ved Losna i perioden 1957 - 1980 tyder på at de største flommene er generert av snøsmelting i kombinasjon med nedbør. I de fleste tilfeller falt det nedbør i forbindelse med de største flommene, men smelting er antagelig den viktigste faktoren. Regnflommer forekommer hver høst, men de er likevel mindre enn smelteflommene. Mange store nedbørepisodene har funnet sted om vinteren og genererte ikke store flommer siden nedbøren falt som snø.

Tidsfordelingen av de 20 største flommene ved Losna i perioden 1896 - 1980 viser også at snøsmelting er den viktigste flomskapende prosess. De fordeler seg med 6 flommer i mai, 9 i juni, 3 i juli, 1 i august og 1 i september. Men også for Losna er det regnflommen i september 1938 som gir det største avløpet som er registrert i observasjonsperioden. Døgnmiddelavløpet for denne regnflommen er ca. 20 % større enn høyeste avløp som er registrert i smelteflommer. Forsinkelsen mellom kulminasjonen av flommene ved Lalm og Losna vises klart av hydrogram for avløp ved begge stasjoner.

Figur 11 viser fordelingen over året av nedbør og avløp i nedbørfeltet til Losna.



Figur 11. Variasjon over året av nedbør og avløp i nedbørfeltet til 412 Losna.

Øverst: M5 og M100 er påregnelige nedbørverdier med 5 og 100 års gjentakingsintervall, MIDMAX er middel av årlige maksimalverdier, MAXMAX er høyeste observerte verdi.

Nederst: Ekstremalverdier og median for vannføring.

KIRKEVOLL BRU

NVEs målestasjon 486-0 Kirkevoll bru ligger i Tinne rett sør for utløpet av Tinnsjøen. Nedbørfeltet som drenerer til Kirkevoll bru omfatter området rundt Tinnsjøen, sørlige og østlige deler av Hardangervidda med Møsvatn og Mår vann og sentrale deler av Hardangervidda inn til Litlos. Figur 1 viser nedbørfeltets beliggenhet og figur 12 viser et mer detaljert kart over feltet. Nedbørfeltets areal er 3837 km<sup>2</sup>. Feltets laveste punkt, medianhøyde og høyeste punkt er hhv. 180, 1100 og 1883 m o.h.

Årsmiddelavløp for feltet er 27 l/s km<sup>2</sup>, eller 840 mm/år. Delfeltet Møsvatn, som er benyttet i modellsimuleringene, har et avløp på 32 l/s km<sup>2</sup>, eller 1010 mm/år. Avløpsdataene er basert på døgnavlesninger.

Kirkevoll bru ligger i den hydrologiske regionen som Gottschalk m.fl. (1979) kaller fjellregimet. De tre månedene i året med høyest middelavløp er mai, juni og juli. De to månedene med lavest middelavløp er februar og mars. De østlige delene av feltet ligger i den hydrologiske regionen som kalles innlandsregimet og betegnes H<sub>2</sub>L<sub>1</sub>. Dette regimet er karakterisert ved at det nest høyeste eller tredje høyeste månedsmiddelavløpet er om høsten og de to månedene med lavest middelavløp er om vinteren. Imidlertid ligger så store deler av feltet i fjellregimet at dette dominerer avløpet.

Tilsigsserien 486-22 er benyttet i stedet for avløpsserien 486-0 siden det er flere reguleringer i nedbørfeltet til Kirkevoll bru. Tilsigsserien er beregnet for perioden 1905 - 1982. I de flomberegninger som er gjort for Tinnsjøfeltet (Roald, 1984; Sæthun, 1989) er usentrerte differanser benyttet. Se avsnittet om beregning av tilsigsserier i kapitlet om Lalm.

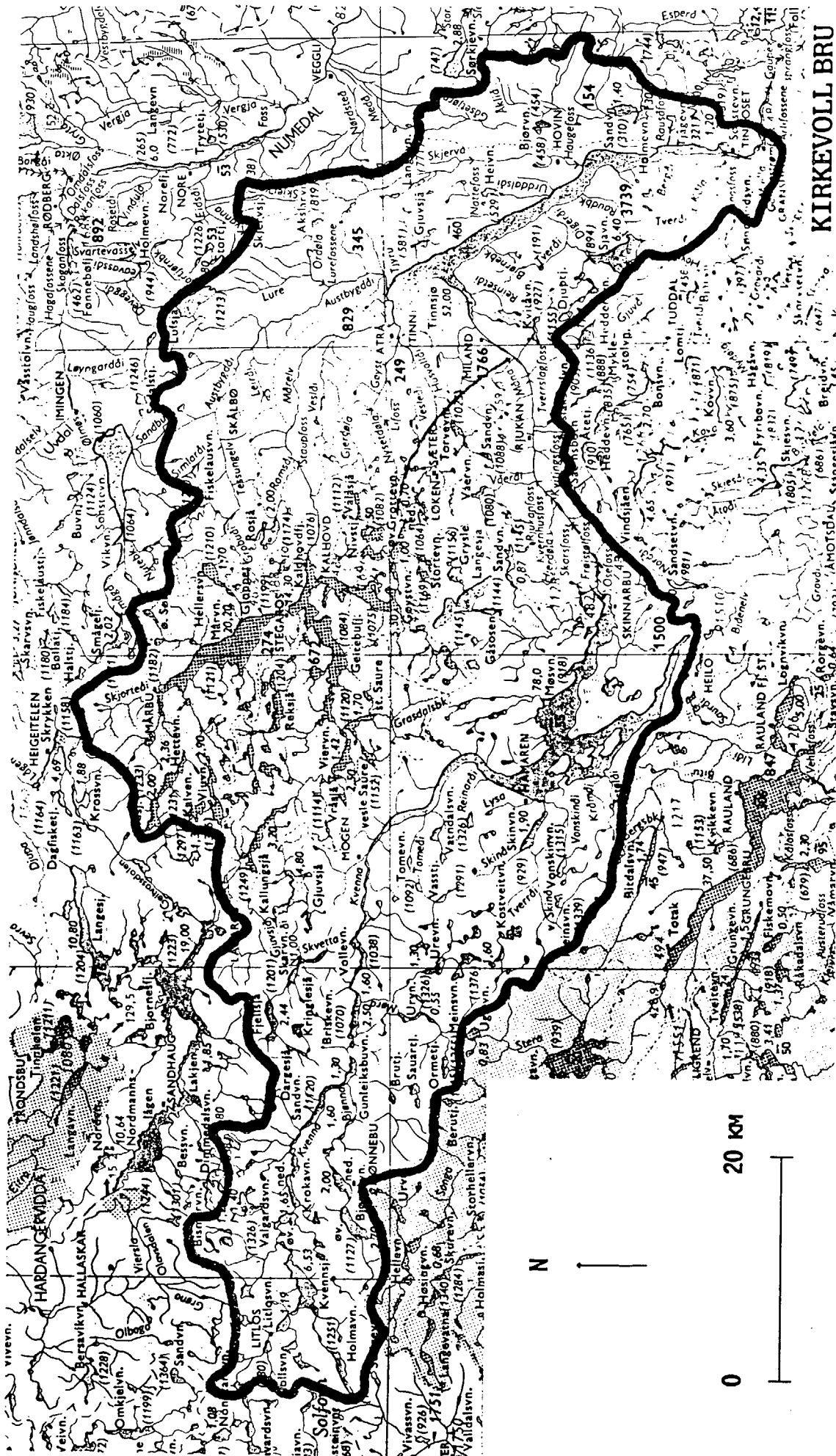
Nedbørdata fra DNMI's stasjoner i nedbørfeltet til Kirkevoll bru er plottet sammen med avløpet. Det gir at nedbørfeltets responstid er 1 - 2 døgn. Figur 13 viser nedbør ved 3161 Møsstrand og avløp ved Kirkevoll bru i september 1967. Nedbørepisoden 5.9. og 6.9.1967 er en av de 20 største 2 døgns arealnedbørepisodene i nedbørfeltet til Kirkevoll bru i perioden 1957 - 1982.

Krysskorrelasjonskoeffisientene mellom avløp ved Kirkevoll bru og nedbør ved stasjonene 3086 Bergeligrend, 3161 Møsstrand og 3166 Mogen har alle maksimum for tidsforskyvning 1 - 2 døgn.

Serier med glidende middel for nedbørdata over 1,2,3,...,10 døgn er beregnet for 3086 Bergeligrend og 3166 Mogen. Seriene som består av middel over 2 døgn har nesten like høy korrelasjon med 486-22 som seriene med høyest korrelasjon.

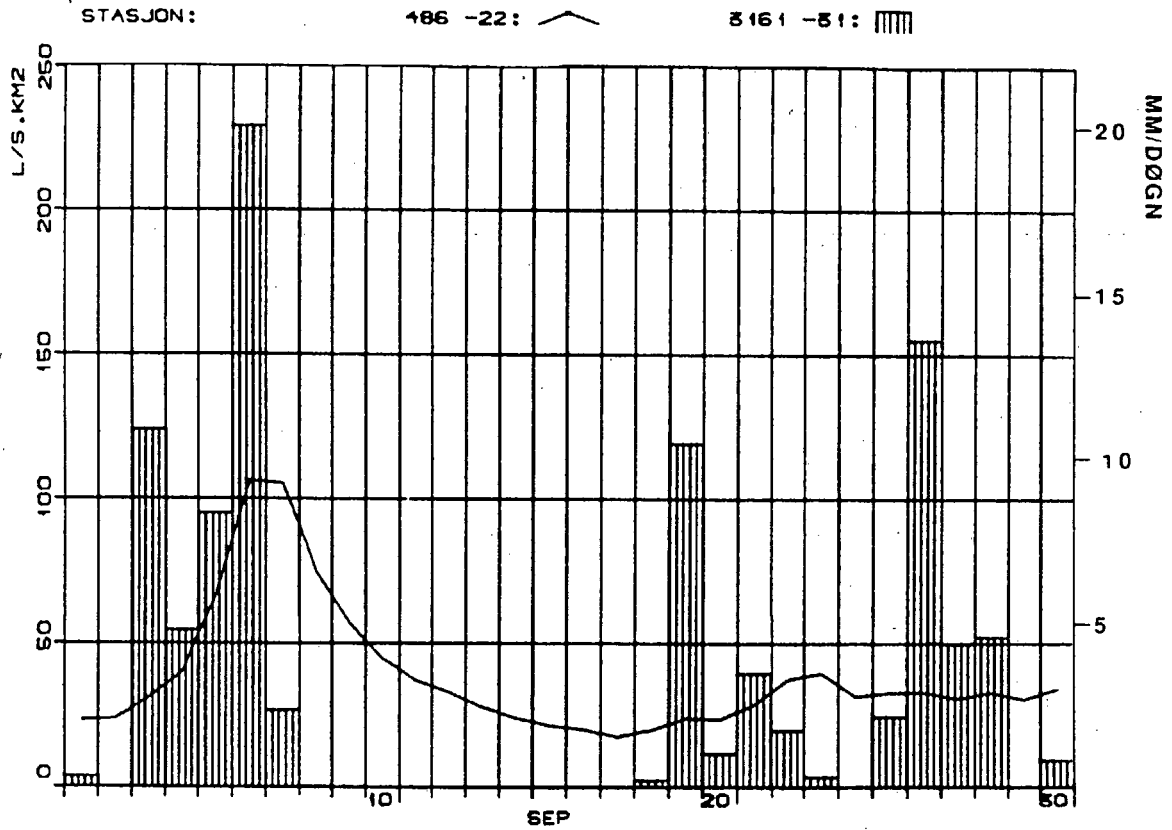
Resultatet av de tre metodene er at responstiden til nedbørfeltet som drenerer til Kirkevoll bru er 1 - 2 døgn.

For Kirkevoll bru er arealnedbør beregnet som aritmetisk middel av nedbør ved DNMI's stasjoner 3080 Tinnoset, 3086 Bergeligrend, 3108/3110 Tessungdalen, 3141 Rjukan, 3158/3160/3161 Møsstrand, 3166 Mogen og 4935 Tyssedal I. Tabell 3 viser fordelingen av de største



Figur 12. Nedbørfeltet til Kirkevoll bru.

arealnedbørepisoder og flommer for Kirkevoll bru i perioden 1957 - 1982. I appendiks 1 og 2 finnes data for nedbørepisodene og flommene. Temperaturdata for nedbørfeltet kommer fra klimastasjonen 3161 Møsstrand.



Figur 13. Nedbør ved 3161 Møsstrand, avløp ved 486 Kirkevoll bru i september 1967.

Tabell 3. Fordeling av de 20 største 2 døgns arealnedbørepisoder og de 20 største 1 døgns flommer over året i nedbørfeltet til Kirkevoll bru for perioden 1957 - 1982.

|                       | jan | feb | mar | apr | mai | jun | jul | aug | sep | okt | nov | des | sum |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2 døgns nedbør        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 7   | 4   | 5   | 3   | 0   | 20  |
| 1 døgns flom          | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 8   | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 20  |
| Felles flom og nedbør | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   |

Alle de største nedbørepisodene har forekommet sent på sommeren eller om høsten. Figur 15 viser at de høyeste påregnelige 2 døgns

nedbørverdier med 5 og 100 års gjentaksintervall forekommer i månedene juli - november. Høyeste 2 døgns arealnedbør i tidsrommet 1957 - 1988 er 64 mm (16. og 17.10.1987). Denne nedbørepisoden har et gjentaksintervall på ca. 15 år.

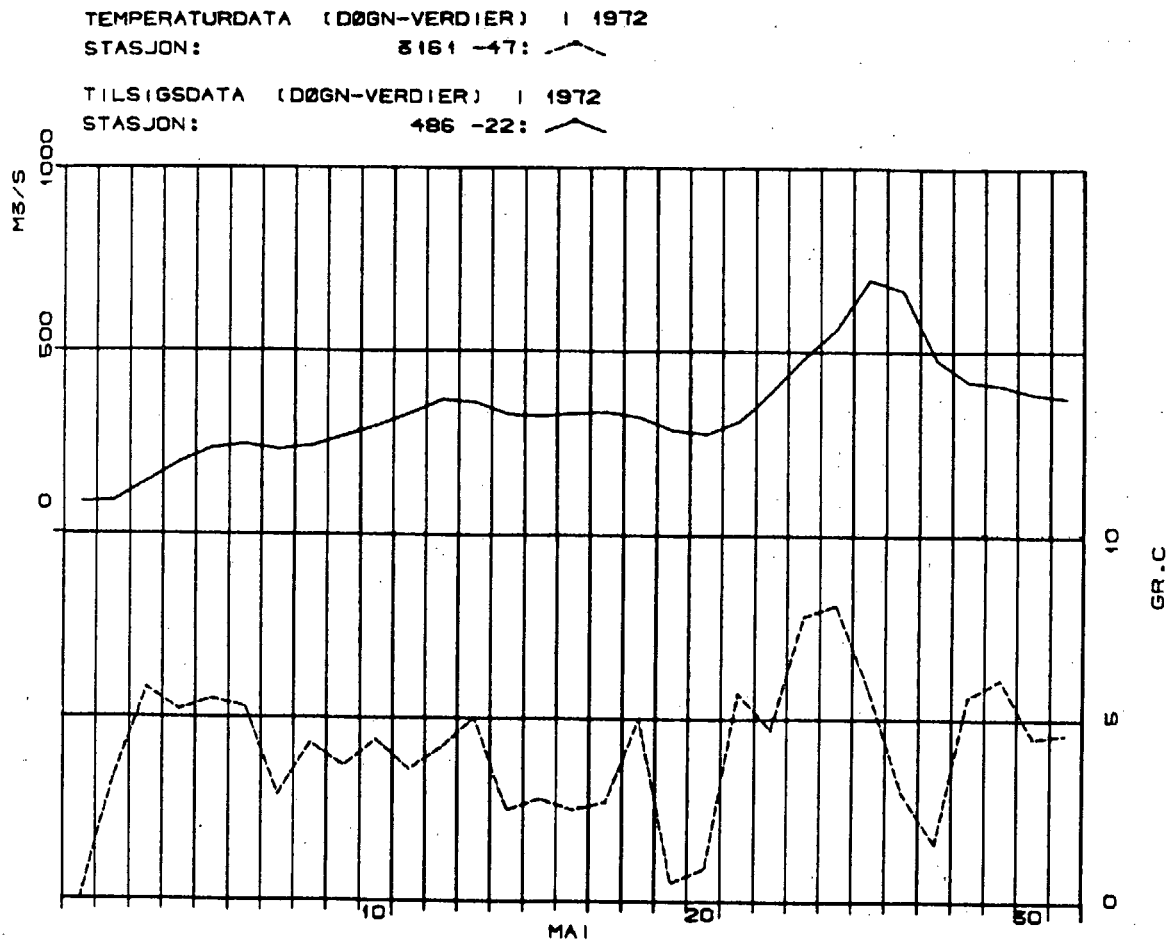
Alle flommene med unntak av en finner sted på våren eller tidlig på sommeren i perioder hvor temperaturen i feltet er større enn 0 °C. Det betyr at de største flommene er forårsaket av snøsmelting.

11 av de 20 største nedbørepisodene førte til moderate flommer i feltet hvor avløpet over 5 døgn tilsvarte mindre enn 50 % av 2 døgns nedbør. De øvrige nedbørepisodene førte til flommer hvor avløpet over 5 døgn utgjorde over 50 % av 2 døgns nedbør. En av disse flommene hører til de 20 største flommene ved Kirkevoll bru. Både nedbørepisodene som førte til store flommer og de som førte til moderate flommer fant sted i månedene fra juli til november. Forskjellen kan derfor ikke skyldes sesongmessige variasjoner, men må ligge i felttilstanden før nedbør eller temperaturene i feltet. Undersøkelse av nedbør forut for de 20 største flommene viser at i 10 av tilfellene falt det mye nedbør i feltet før flommen. En del av de største flommene er derfor forårsaket av snøsmelting og nedbør.

Nedbørepisoden 15.8. og 16.8.1959 førte til en flom med største døgnmiddelavløp 16. august lik 326 m<sup>3</sup>/s. 2 døgns arealnedbør var 60 mm. Før nedbøren fant sted var avløpet ca. 50 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres med denne verdien tilsvarer avløpet over 1, 3 og 5 døgn hhv. 6, 15 og 19 mm nedbør over hele feltet. Det er vesentlig mindre enn 2 døgns nedbør. Det falt lite nedbør i feltet i mai, juni, juli og første halvdel av august 1959. Markvannsunderskuddet var stort og det meste av nedbøren som falt i midten av august ble holdt tilbake i feltet. Gjentaksintervallet for arealnedbørepisoden er 10 år og for flommen er det mindre enn 2 år.

Nedbørepisoden 3.9. og 4.9.1968 førte til den største flommen som er forbundet med en av de 20 største arealnedbørepisodene. Største døgnmiddelavløp inntraff 4. september og var 724 m<sup>3</sup>/s. Før nedbørepisoden var avløpet ca. 100 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende er avløpet over 1, 3 og 5 døgn lik hhv. 14, 34 og 49 mm over hele feltet. Arealnedbør for 2 døgn var 61 mm. Samsvar mellom nedbør og avløp er bra. Markvannsunderskudd beregnet med HBV-modellen for feltene Møsvatn, Mår og Tinnsjøens lokalfelt stiger i august, men synker i slutten av måneden på grunn av mye nedbør. Når nedbørepisoden 3. og 4. september inntreffer er markvannsunderskuddet lavt. Gjentaksintervallet for 2 døgns nedbør er 13 år, mens gjentaksintervallet for 1 døgns avløp er 3 år sammenliknet med årsflommer og 19 år sammenliknet med høstflommer.

Flommen 25.5.1972 er ikke forårsaket av nedbør. Største døgnmiddel vannføring var 696 m<sup>3</sup>/s. Det falt litt nedbør i feltet, men lite i forhold til flommens volum. Temperaturer ved 3161 Møsstrand og avløp ved Kirkevoll bru i mai 1972 er vist i figur 14. Vi ser at temperaturen øker fra 20. til 24. mai. Det viser at flommen skyldes snøsmelting.



Figur 14. Temperatur ved 3161 Møsstrand, avløp ved 486 Kirkevoll bru i mai 1972.

Det var flere store arealnedbørepisoder og flommer i nedbørfeltet til Kirkevoll bru før 1957. Noen av dem er undersøkt her:

Nedbørepisoden 28.6. og 29.6.1927 førte til en flom med største døgnmiddelverdi 29. juni lik 1922 m<sup>3</sup>/s. Dette er den største flommen ved Kirkevoll bru i observasjonsperioden. Gjentakstervallet for flommen er estimert til 1200 år. Før nedbørepisoden var avløpet ca. 700 m<sup>3</sup>/s. Ved å redusere flommen tilsvarende blir avløpet over 1, 3 og 5 døgn lik hhv. 28, 66 og 78 mm over hele feltet. 1 døgn nedbør var 76 mm og har gjentakstervall 1200 år, 2 døgn nedbør var 86 mm og har gjentakstervall 160 år. Før den 29.6. var det fem døgn på rad med arealnedbør på 5 - 20 mm, slik at det totalt falt 48 mm i tiden 24.6. - 28.6. Dette førte til at markvannsunderskuddet var lite da den største nedbørintensiteten satte inn. Våren 1927 var kald og snøsmeltingen kom sent i gang. Under nedbørepisoden økte smeltingen og bidro til avløpet (Roald, 1984). Det lave markvannsunderskuddet og tilskuddet fra snøsmelting er trolig årsaken til det nære samsvaret mellom nedbørvolum og avløp.

Nedbørepisoden 5.8. og 6.8.1934 førte til en flom med største

døgnmiddelavløp 6. august lik  $1136 \text{ m}^3/\text{s}$ . Gjentakintervallet for flommen er 17 år sammenliknet med årsflommer og 170 år sammenliknet med høstflommer. Før nedbørepisoden var avløpet ca.  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hvis flommen reduseres tilsvarende blir avløpet over 1, 3, 5 og 10 døgn lik hhv. 21, 53, 65 og 94 mm nedbør over hele feltet. I denne episoden var arealnedbøren ca. 7 mm den 3.8., ca. 33 mm den 4.8., ca. 39 mm den 5.8., ca. 51 mm den 6.8. og ca. 17 mm den 7.8., til sammen ca. 90 mm på 2 døgn, og ca. 147 mm på 5 døgn. Gjentakintervallet for 2 døgns nedbør er 250 år. Ved 3141 Rjukan ble det målt hhv. 31, 82 og 105 mm nedbør i tiden 4.8. - 6.8., til sammen 218 mm på 3 døgn. Til sammenlikning kan nevnes at for perioden 1957 - 1988 er høyeste 3 døgns nedbørverdi ved Rjukan 106 mm. Påregnelige nedbørverdier basert på perioden 1957 - 1988 tyder på at 187 mm på 2 døgn og 218 mm på 3 døgn ved Rjukan har gjentakintervall på over 1000 år, og utgjør hhv. 69 og 73 % av PMP-verdien for 2 og 3 døgn.

Avløpet over 5 døgn utgjør 72 % av 2 døgns arealnedbør, mens avløpet over 10 døgn utgjør 64 % av 5 døgns arealnedbør. Forut for den 3.8.1934 var det en lang periode med lite eller ingen nedbør i feltet. Både i juni og i juli var det lite nedbør i området, med månedssummer på hhv. ca. 40 og 79 % av normalverdiene. Det er derfor sannsynlig at det var stort markvannsunderskudd da den kraftige nedbøren satte inn.

Den største 2 døgns arealnedbørepisoden for Kirkevoll bru som er målt fant sted 30.8. og 31.8.1938. Dette er samme episode som ga rekordnedbør og flom ved Lalm og Losna 31.8. og 1.9.1938. Se beskrivelse av nedbørepisoden i kapittel 8. Ved Kirkevoll bru førte den til en flom med største døgnmiddelverdi 31. august lik  $1048 \text{ m}^3/\text{s}$ . Gjentakintervallet for flommen er 10 år sammenliknet med årsflommer og 100 år sammenliknet med høstflommer. Før nedbørepisoden var avløpet ca.  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hvis flommen reduseres tilsvarende blir avløpet over 1, 3 og 5 døgn lik hhv. 24, 58 og 81 mm nedbør over hele feltet. Arealnedbøren var ca. 47 mm den 30.8., ca. 59 mm den 31.8. og ca. 23 mm den 1.9., dvs. ca. 106 mm på to døgn, og ca. 129 mm på tre døgn. Gjentakintervallene for disse verdiene er ca. 1000 år. Ved 3141 Rjukan falt det hhv. 80, 96 og 36 mm nedbør i dagene 30.8. - 1.9. Til sammen 176 mm på to døgn og 212 mm på tre døgn, dvs. omtrent like mye som under episoden i august 1934. Avløpet over 5 døgn utgjør ca. 70 % av 2 døgns arealnedbør.

I juli 1938 fikk området mer nedbør enn normalt, men i tiden 29.7. - 29.8. falt det ved f.eks. Rjukan bare ca. 20 mm. Forut for episoden 30.8. og 31.8.1938 var det trolig stort markvannsunderskudd i nedbørfeltet. Det forklarer hvorfor gjentakintervallet for nedbørepisoden er mye større enn gjentakintervallet for flommen, selv om estimatet for flommen er basert på høstepisoder. Den samme nedbørepisoden førte til de største flommene som er observert ved Lalm og Losna, mens flommen ved Kirkevoll bru er rangert som nr. 7.

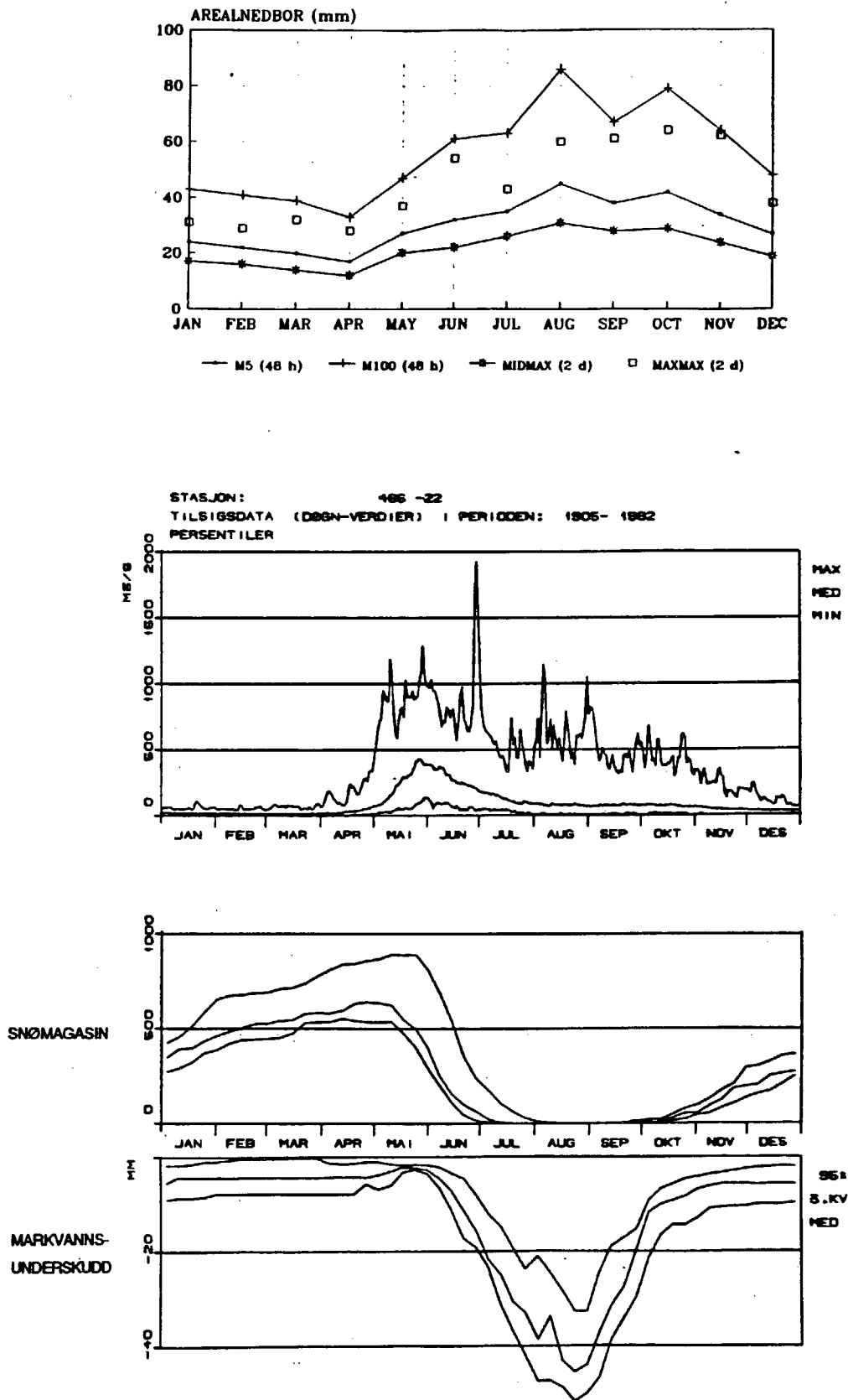
I midten av oktober 1987 var det et kraftig uvær over Sør- og Østlandet som førte til stor flom i flere vassdrag. En 30 døgns periode med opptil 240 % av normal nedbør ble fulgt av en periode hvor maksimal døgnnedbør hadde gjentakintervall på 10 - 15 år. På Østlandet varierte 1 døgns nedbør mellom 30 og 60 mm og 2 døgns nedbør mellom 45 og 80 mm. I Møsvatn-feltet var 2 døgns arealnedbør

ca. 65 mm med gjentaksintervall på 20 år. Dette er den høyeste 2 døgnns verdien etter 1957. Største døgnmiddel for tilsig til Kirkevoll bru var ca. 950 m<sup>3</sup>/s med gjentaksintervall 50 år sammenliknet med høstflommer og 5 - 10 år sammenliknet med årsflommer (Engen, 1988). Døgnmiddelflommen rangerer som nr. 15 sammenliknet med data fra 1905 - 1982 og er den største regnflommen etter 1957.

Tidsfordelingen av de 20 største flommene og de 20 største arealnedbørepisodene ved Kirkevoll bru i perioden 1957 - 1982 tyder på at de største flommene er forårsaket av snøsmelting. Bare 4 av de største flommene finner sted etter 15. juni og ingen av de største arealnedbørepisodene inntreffer i månedene januar - juni. De 4 flommene som finner sted etter 15.6 kan alle forklares med nedbør. Noen store flommer før 1957 er forårsaket av nedbør, men fordelingen av de 20 største flommene i perioden 1905 - 1982 bekrefter at de største flommene skyldes snøsmelting. De fordeler seg med 11 flommer i mai, 7 i juni og 2 i august. Smelteflommene dominerer, men en del regnflommer forekommer. I likhet med Lalm og Losna er det viktig å merke seg at den største flommen som er observert i perioden 1905 - 1982 i hovedsak skyldes regn. Denne flommen (29.6.1927) har ca. 50 % større døgnmiddelavløp enn høyeste avløp i noen smelteflom. Et annet unntak er flommen i oktober 1987 som også var en regnflom.

For flommene i 1927, 1934, 1938 og 1968 er det bra samsvar mellom volumet av 2 døgnns arealnedbør og avløpet over 5 døgn. For episoden i 1927 er gjentaksintervallet for 1 døgnns flom større enn gjentaksintervallet for 2 døgnns nedbør. Det skyldes at kraftig snøsmelting bidro til flommen. For flommen i 1938 er gjentaksintervallet for 1 døgnns flom mindre enn gjentaksintervallet for 2 døgnns nedbør selv om flomestimatet er basert på høstflommer. Det skyldes stort markvannsunderskudd i feltet før nedbørepisoden.

Figur 15 viser fordelingen over året av nedbør, avløp, snømagasin og markvannsunderskudd for nedbørfeltet til Kirkevoll bru.



Figur 15. Variasjon over året av nedbør, avløp, snømagasin og markvannsunderskudd i nedbørfeltet til 486 Kirkevoll bru.

Øverst: M5 og M100 er påregnelige nedbørverdier med 5 og 100 års gjentakintervall, MIDMAX er middel av årlige maksimalverdier, MAXMAX er høyeste observerte verdi.

I midten: Ekstremalverdier og median for vannføringen.

Nederst: 95, 75 og 50 % persentiler for markvannsunderskudd og vanninnhold i snømagasinet beregnet med HBV-modellen.

BULKEN

NVEs målestasjon 598-0 Bulken ligger i Vossa rett nedenfor utløpet av Vangsvatnet. Nedbørfeltet til Bulken omfatter fjellene sør for Voss ned mot Hardangerfjorden, Raundalen med tilgrensende fjellområder og fjellene nord for Voss mot Stølsheimen. Nedbørfeltets areal er 1071 km<sup>2</sup>. Feltets laveste punkt, medianhøyde og høyeste punkt er hhv. 47, 846 og 1583 m o.h. Figur 1 viser nedbørfeltets beliggenhet og figur 16 viser et mer detaljert kart over feltet. Vannføringsdata for Bulken er tilgjengelig for perioden 1892 - 1987. Avløpsserien er basert på døgnavlesninger.

Årsmiddelavløp for feltet er 60 l/s km<sup>2</sup>, eller 1890 mm/år.

Bulken ligger i den hydrologiske regionen som Gottschalk m.fl. (1979) kaller fjellregimet. De tre månedene med høyest middelavløp er mai, juni og juli og de to månedene med lavest middelavløp er februar og mars. Månedsmiddelavløpet ved Bulken har et sekundært maksimum på høsten, månedene september og oktober har hhv. det femte høyeste og det fjerde høyeste månedsmiddelavløpet. Det viser at nedbørfeltet ligger i overgangen til regimet som finnes i fjordområdet langs Norges vestkyst. Der er måneden med det nest høyeste eller tredje høyeste middelavløpet om høsten. Figur 17 viser månedsmiddelavløp ved Bulken.

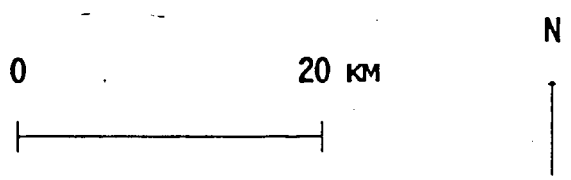
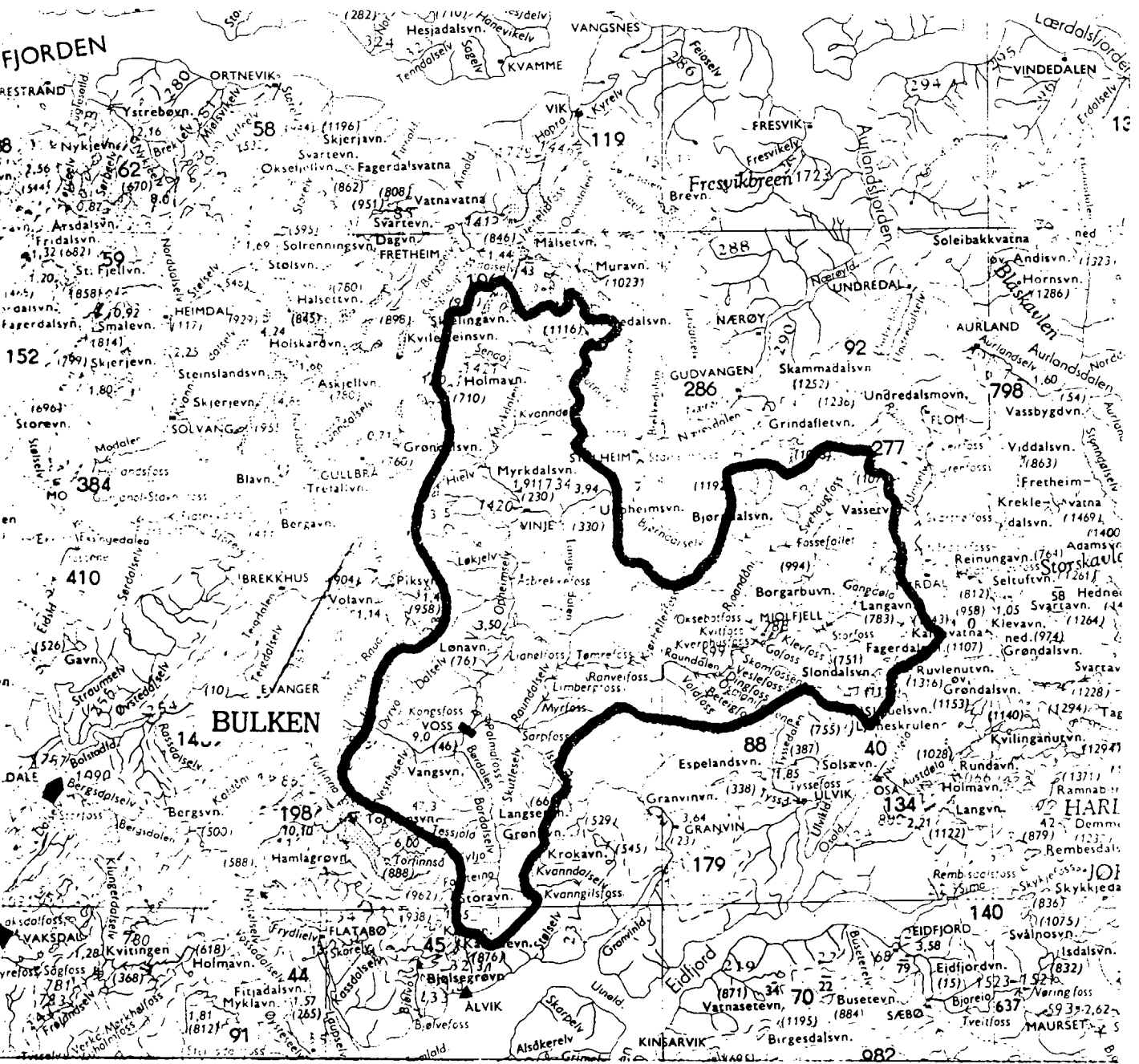
Nedbør- og avløpsdata plottet i samme diagram gir at nedbørfeltets responstid er 1 døgn. Figur 18 viser nedbør ved 5159 Voss og avløp ved Bulken i oktober 1967. Nedbørepisoden 15.10. og 16.10.1967 er en av de 20 største 2 døgns arealnedbørepisodene for perioden 1957 - 1987. Flommen 16.10. er et av de 20 største døgnmiddelavløpene i samme periode.

Krysskorrelasjonskoeffisienter mellom avløp ved Bulken og nedbør ved DNMI's stasjoner 5159 Voss, 5167 Reimegrend og 5222 Gullbrå har alle maksimum for tidsforskyvning 1 - 2 døgn.

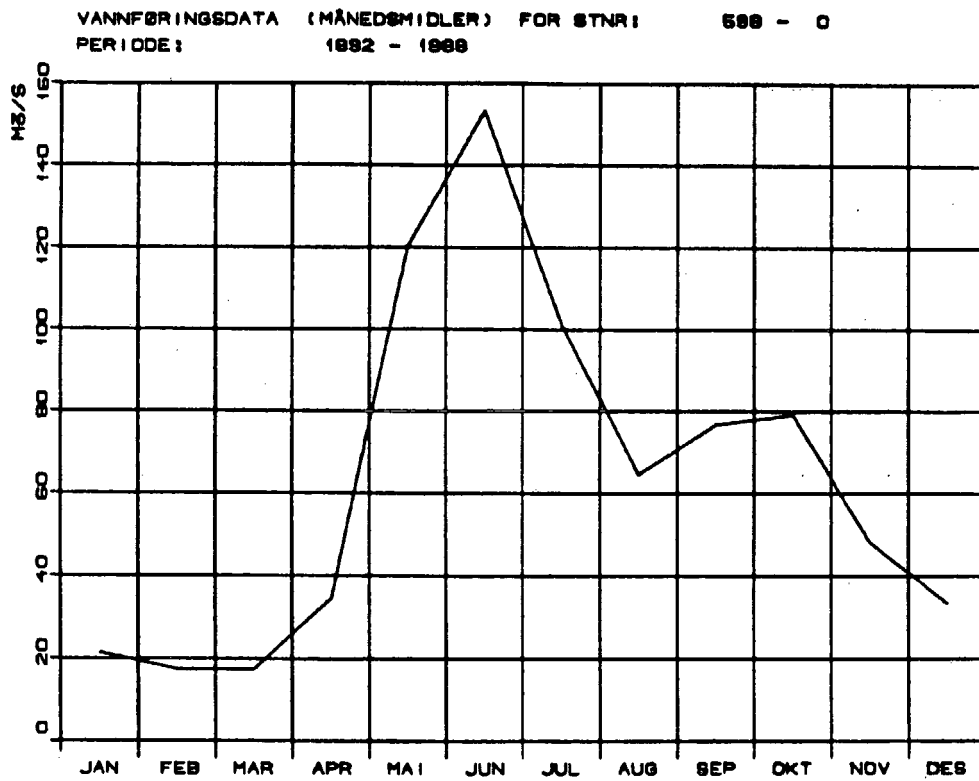
Serier med glidende middel for nedbørdata over 1,2,3,....,10 døgn er beregnet for 5159 Voss og 5222 Gullbrå. Seriene som består av middel over 4 døgn har høyest korrelasjon med 598-0, men seriene som består av middel over 2 døgn har nesten like høy korrelasjon med 598-0. Det gir en forsinkelse på 1 - 2 døgn mellom nedbør og avløp.

Resultatet av de tre metodene er at nedbørfeltets responstid er 1 - 2 døgn. Plotting av nedbør- og avløpsdata gir kortere responstid enn de to andre metodene. Det kan skyldes at det bare er de største nedbørtilfellene som er undersøkt ved plotting av data.

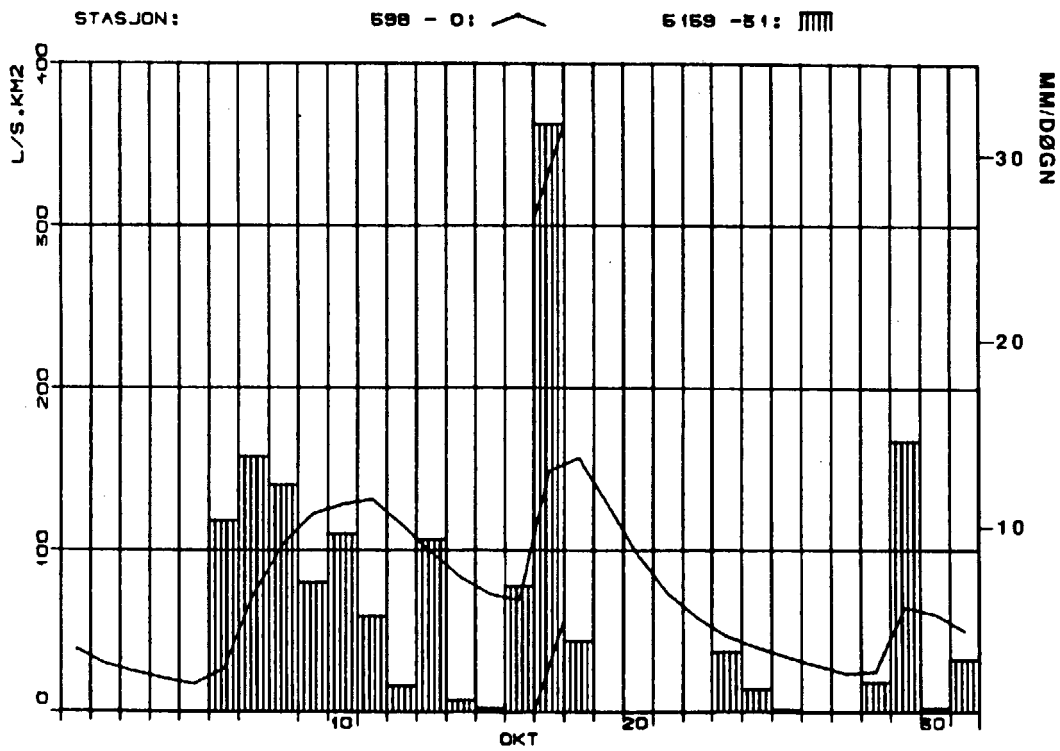
For Bulken er arealnedbør beregnet som aritmetisk middel av nedbør ved DNMI's stasjoner 5005 Nedre Ålvik, 5147 Bulken, 5156/5157/5158/5159 Voss, 5167 Reimegrend, 5222 Gullbrå, 5318 Brandset og 5340/5341 Myrdal. Tabell 4 viser fordelingen av de 20 største arealnedbørepisoder og flommer for Bulken i perioden 1957 - 1987. I appendiks 1 og 2 er data for nedbørepisodene og flommene presentert. Temperaturdata for nedbørfeltet kommer fra klimastasjonene 5159 Voss og 5167 Reimegrend.



Figur 16. Nedbørfeltet til Bulken.



Figur 17. Månedsmiddelavløp ved 598 Bulken.



Figur 18. Nedbør ved 5159 Voss, avløp ved 598 Bulken i oktober 1967.

Tabell 4. Fordeling av de 20 største 2 døgns arealnedbørepisoder og de 20 største 1 døgns flommer over året i nedbørfeltet til Bulken for perioden 1957 - 1987.

|                       | jan | feb | mar | apr | mai | jun | jul | aug | sep | okt | nov | des | sum |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2 døgns nedbør        | 2   | 2   | 2   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 2   | 3   | 3   | 5   | 20  |
| 1 døgns flom          | 1   | 0   | 0   | 0   | 4   | 4   | 0   | 1   | 4   | 2   | 3   | 1   | 20  |
| Felles flom og nedbør | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 2   | 2   | 0   | 6   |

De største nedbørepisodene finner sted om høsten og vinteren. Frontal og orografisk nedbør dominerer i denne delen av landet. Økningen i nedbør utover høsten skyldes den tiltagende lavtrykksaktiviteten. Figur 19 viser at de påregnelige 2 døgns nedbørverdiene med 100 års gjentaksintervall er på over 120 mm i månedene september - mars, og når høyeste verdi (over 140 mm) i november og desember. Avløpet som kan genereres av store nedbørmengder i månedene oktober - mars er sterkt avhengig av om noe av nedbøren lagres i snømagasinet eller om det blir et ekstra bidrag fra snøsmelting.

En gruppe flommer finner sted på våren og forsommeren, en annen på høsten og tidlig på vinteren. Både snøsmelting og nedbør er aktive i begge sesonger, men smelteflommene dominerer om våren og regnflommene om høsten.

Høyeste 2 døgns arealnedbør i perioden 1957 - 1988 er på 115 mm (27.12. og 28.12.1957), og har et gjentaksintervall på ca. 20 år. En stor del av nedbøren ble lagret i snømagasinet, og bidraget til avløpet var lite. Også i den nest største 2 døgns episoden (20.1. og 21.1.1957, nedbørsum 111 mm) var temperaturen så lav at det bare ble liten økning i avløpet.

11 av nedbørepisodene førte til moderate flommer hvor avløpet over 5 døgn tilsvarte mindre enn 50 % av 2 døgns nedbør. 2 av nedbørepisodene fant sted når temperaturen i feltet var under frysepunktet og førte ikke til økning i vannføringen. De øvrige 7 nedbørepisodene førte til store flommer. 6 av disse flommene hører til de 20 største flommene ved Bulken. De nedbørepisodene som førte til moderate flommer fant sted i månedene februar, mars, september, oktober og desember. Temperaturer under 0 °C i deler av nedbørfeltet eller stort markvannsunderskudd er årsaken til at flommene ikke ble større.

Nedbørepisoden 27.9. og 28.9.1963 førte til en flom med største døgnmiddelverdi 27. september lik 242 m<sup>3</sup>/s. Grunnen til at flommen kulminerte før nedbørepisoden var slutt er at mesteparten av nedbøren falt 27. september. Før nedbøren fant sted var avløpet ca. 50 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende er avløpet over 1, 3 og 5 døgn lik hhv. 16, 40 og 51 mm nedbør over hele feltet. 2 døgns

arealnedbør var 104 mm. Middelsestemperatur for 5167 Reimegrend fra 27.9 kl. 7 til 28.9 kl. 7 var 2.6 °C. Det kan ha vært temperaturer under frysepunktet i nedbørfeltet under deler av nedbørepisoden, og det kan være årsaken til at avløpet ikke ble større. Markvannsunderskudd beregnet med HBV-modellen for Bulken er ikke spesielt stort i slutten av september 1963, men synker likevel 6 mm fra 26.9. til 27.9. Det betyr at en del av nedbøren ble holdt tilbake i markvannsmagasinet. Gjentakstintervallet for nedbørepisoden er 10 år og for flommen er det mindre enn 2 år.

Nedbørepisoden 2.11. og 3.11.1971 førte til det største døgnmiddelavløpet som er observert ved Bulken i perioden 1957 - 1987. Flommens største døgnmiddelvanntføring inntraff 3.11. og var lik 508 m<sup>3</sup>/s. Før nedbørepisoden var avløpet ca. 60 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende blir avløpet over 1, 3 og 5 døgn lik hhv. 36, 77 og 99 mm nedbør over hele feltet. 2 døgns arealnedbør var 99 mm. Markvannsunderskudd for Bulken beregnet med HBV-modellen var lavt i september, oktober og november 1971. Det skyldes at det falt mye nedbør i feltet denne høsten. Beregninger med HBV-modellen viser at snøsmelting bidro til flommen. Det bekreftes av at det lå snø ved flere stasjoner på Fillefjell i november og at temperaturen i feltet økte med nesten 10 °C fra 29.10. til 3.11. Gjentakstintervallet for nedbørepisoden er 7 år og for flommen 20 år.

Flommen 31.5.1967 hadde største døgnmiddelavløp lik 438 m<sup>3</sup>/s. Den var forårsaket av snøsmelting. Døgnmiddeltemperaturene ved 5167 Reimegrend var lave frem til slutten av mai. Fra 27. til 30. mai steg temperaturen ca. 5 °C. Det falt ikke nedbør i feltet i dagene før flommen.

Største 2 døgns arealnedbørepisode for Bulkens nedbørfelt fant sted 25.11. og 26.11.1940. Nedbørepisoden er nærmere beskrevet i kapittel 9. Den førte til en flom med største døgnmiddelverdi 27. november lik 477 m<sup>3</sup>/s. Før nedbørepisoden var avløpet ca. 10 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende er avløpet over 1, 3 og 5 døgn lik hhv. 37, 82 og 107 mm nedbør over hele feltet. 2 døgns arealnedbør var ca. 159 mm, med 103 mm den 26.11 og 56 mm den 27.11. Flere av DNMI's stasjoner på Vestlandet har sin høyeste 1 døgns nedbørverdi fra denne episoden, bl.a. Indre Matre med 230 mm (norsk 1 døgns rekord) og Hovlandsdal med 208 mm. Men også i denne episoden var det et komplisert samspill med snømagasinet. Ved starten av episoden lå det en del snø i høytliggende deler av nedbørfeltet. 25. november falt nedbøren som snø i høyden, 26. november var det en blanding av snø og regn både ved 5116 Bergsdal (540 m o.h.) og 5340 Myrdal (870 m o.h.), mens nedbøren ved 4650 Svandalsflona (1048 m o.h.) og 2590 Slirå (1300 m o.h.) falt som regn, sludd og snø også 27. november. Avløpet kan derfor dels ha fått et bidrag fra snøsmelting, og dels kan nedbør ha blitt lagret i snømagasinet i øvre del av feltet. Til tross for dette utgjør 5 døgns avløp ca. 67 % av 2 døgns nedbør. Gjentakstintervallet for nedbørepisoden er 330 år, mens det for flommen er 14 år sammenliknet med årsflommer og 18 år sammenliknet med høstflommer.

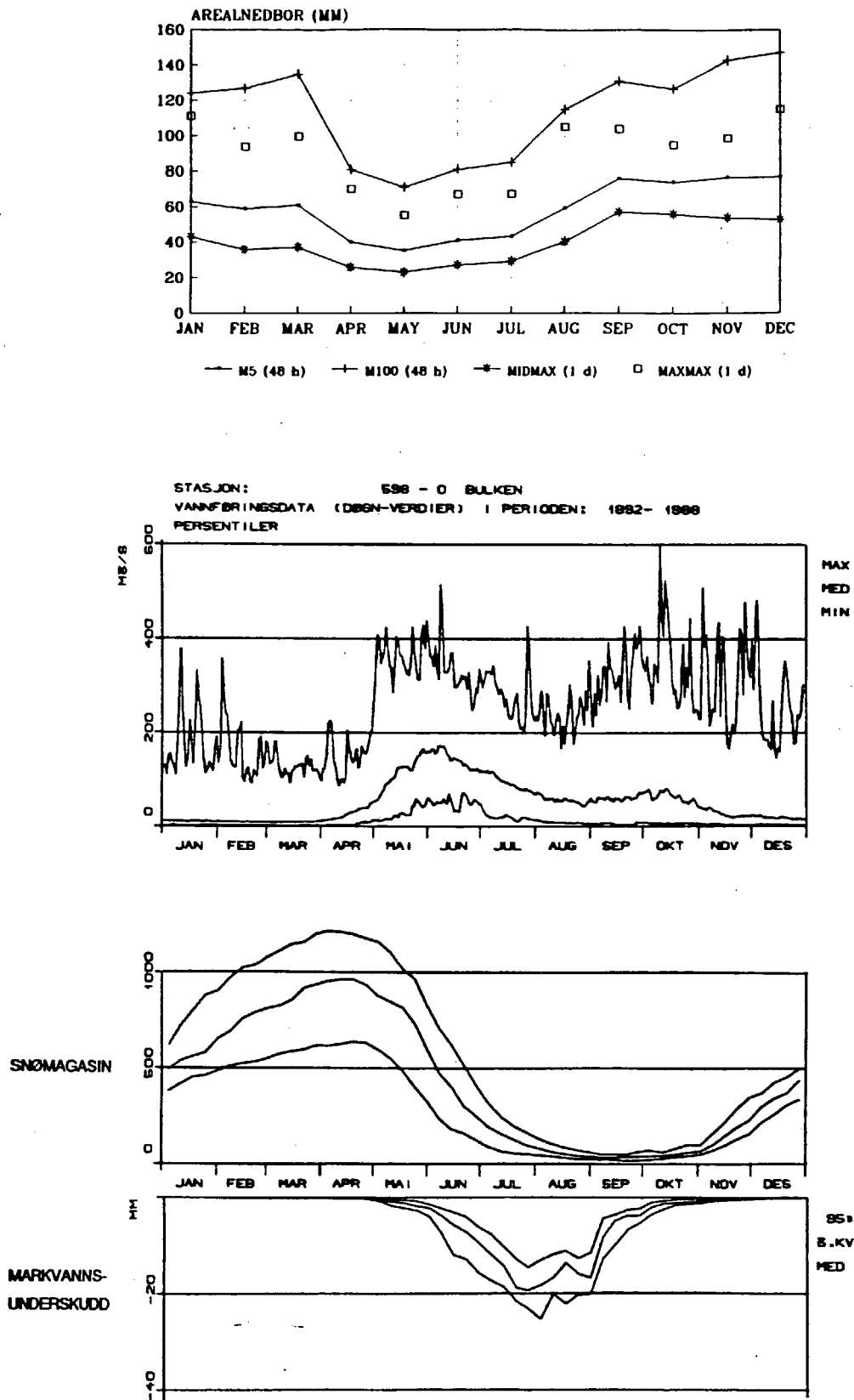
Tidsfordelingen av de 20 største arealnedbørepisodene og de 20 største flommene for Bulken i perioden 1957 - 1987 tyder på at flommene kan deles i to grupper avhengig av hvilken prosess som har generert dem. I den ene gruppen finner vi flommene som finner sted om våren og som hovedsakelig skyldes snøsmelting eller snøsmelting

i kombinasjon med nedbør. I den andre finner vi flommer som hovedsakelig er forårsaket av nedbør eller nedbør i kombinasjon med snøsmelting og som finner sted om høsten eller tidlig på vinteren. Tidsfordelingen av de 20 største flommene ved Bulken i perioden 1892 - 1987 bekrefter dette mønsteret. De fordeler seg med 1 flom i desember, 4 i mai, 1 i juni, 1 i juli, 3 i september, 5 i oktober og 5 i november. De to største flommene (1918; 600 m<sup>3</sup>/s og 1899; 520 m<sup>3</sup>/s) forekom begge i oktober.

For flommen i 1971 var det bra samsvar mellom nedbørvolum og avløp, likevel var gjentaksintervallet for flommen større enn for nedbøren. Det skyldes at snøsmelting bidro til avløpet. Gjentaksintervallet for flommen i 1940 er mindre enn gjentaksintervallet for den tilhørende nedbørepisoden. Det skyldes for det første at estimatene for gjentaksintervall av flommer i hovedsak er basert på smelteflommer, dessuten kan en del nedbør ha blitt lagret i snømagasinet.

Den største flommen i feltet, 600 m<sup>3</sup>/s i oktober 1918, har et gjentaksintervall på 60 år.

Figur 19 viser fordelingen over året av nedbør, avløp, snømagasin og markvannsunderskudd for nedbørfeltet til Bulken.



Figur 19. Variasjon over året av nedbør, avløp, snømagasin og markvannsunderskudd i nedbørfeltet til 598 Bulken.

Øverst: M5 og M100 er påregnelige nedbørverdier med 5 og 100 års gjentakintervall, MIDMAX er middel av årlige maksimalverdier, MAXMAX er høyeste observerte verdi.

I midten: Ekstremalverdier og median for vannføringen.

Nederst: 95, 75 og 50 % persentiler for markvannsunderskudd og vanninnhold i snømagasinet beregnet med HBV-modellen.

ØYUNGEN PÅ FOSEN

NVEs målestasjon 685-0 Øyungen ligger i innsjøen Øyungen i Årgårdselva nord på Fosen. Nedbørfeltet har areal 238 km<sup>2</sup> og ligger i skog- og snaufjellområder sør for Øyungen. Feltets laveste punkt, medianhøyde og høyeste punkt er hhv. 103, 294 og 675 m o.h. Figur 1 viser nedbørfeltets beliggenhet og figur 20 viser et mer detaljert kart over feltet. Avløpsdata for Øyungen er tilgjengelig for perioden 1916 - 1987. Feltet ble utstyrt med limnigraf i 1977, før den tid er serien basert på en avlesning pr døgn.

Årsmiddelavløp for feltet er 50 l/s km<sup>2</sup>, eller 1570 mm/år.

Øyungen ligger i den hydrologiske regionen som Gottschalk m.fl. (1979) kaller det baltiske regimet og betegner H<sub>2</sub>L<sub>3</sub>. Dette regimet er karakterisert ved at måneden med høyest middelavløp er om våren, mens det nest høyeste eller tredje høyeste månedsmiddelavløpet inntreffer om høsten. De to månedene med lavest middelavløp finner sted om sommeren eller tidlig på høsten. For Øyungen er de tre månedene med høyest middelavløp mai, oktober og april, mens de to månedene med lavest middelavløp er juli og august.

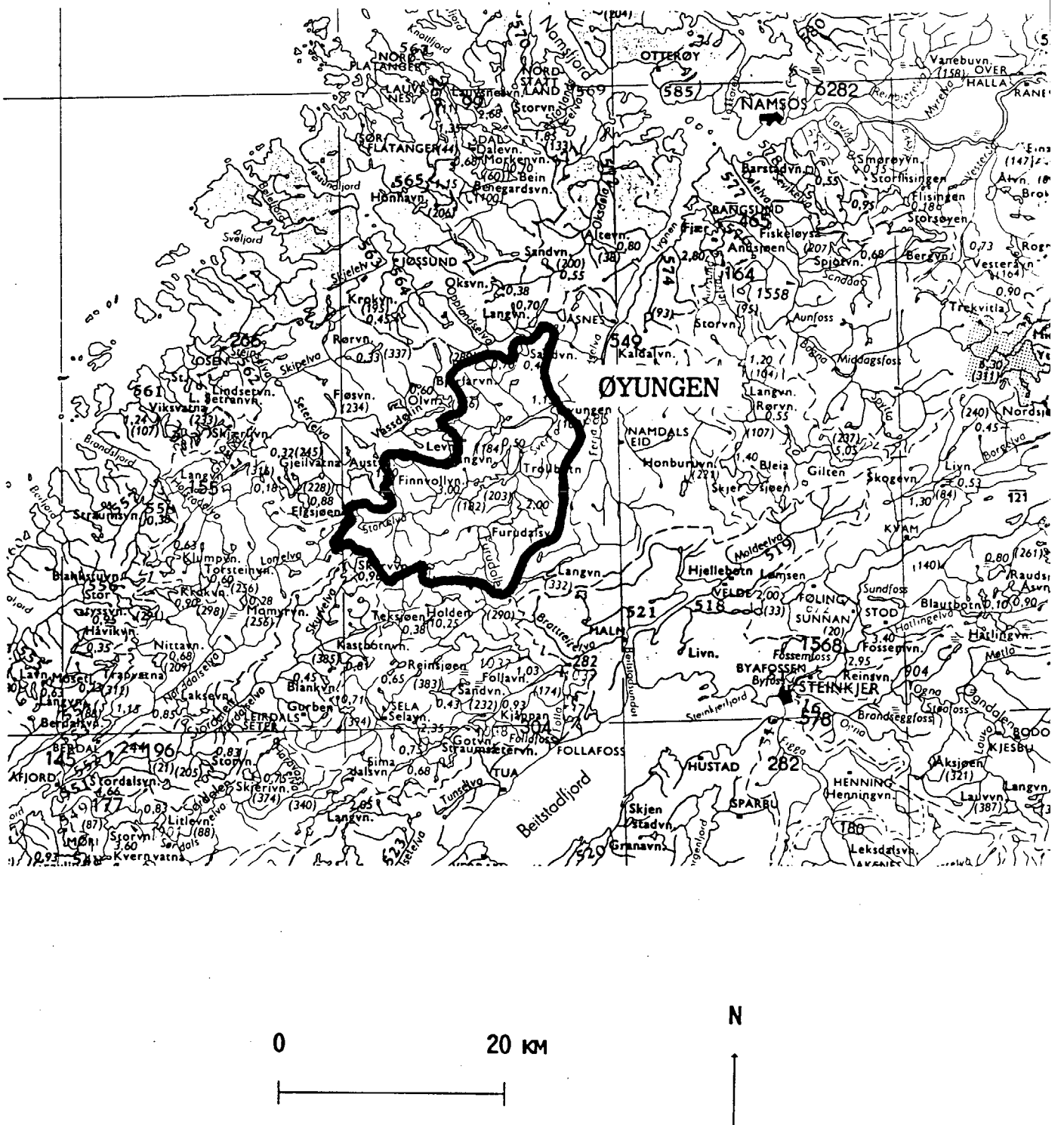
Ved å plote nedbør- og avløpsdata i samme diagram finner man at nedbørfeltets responstid er mindre enn 1 døgn. Figur 21 viser nedbør ved 7210 Namdalseid og avløp ved Øyungen i oktober 1971. Nedbørepisoden 6.10. og 7.10.1971 er en av de 20 største 2 døgns arealnedbørepisodene for perioden 1957 - 1987. Flommen 7.10.1971 er et av de 20 største døgnmiddelavløpene i samme periode.

Krysskorrelasjonskoeffisienter mellom avløp ved Øyungen og nedbør ved DNMI's stasjoner 7115 Selavatn, 7180 Måmyr i Åfjord, 7181 Åfjord - Momyr og 7210 Namdalseid har alle maksimum for tidsforskyvning 1 - 2 døgn.

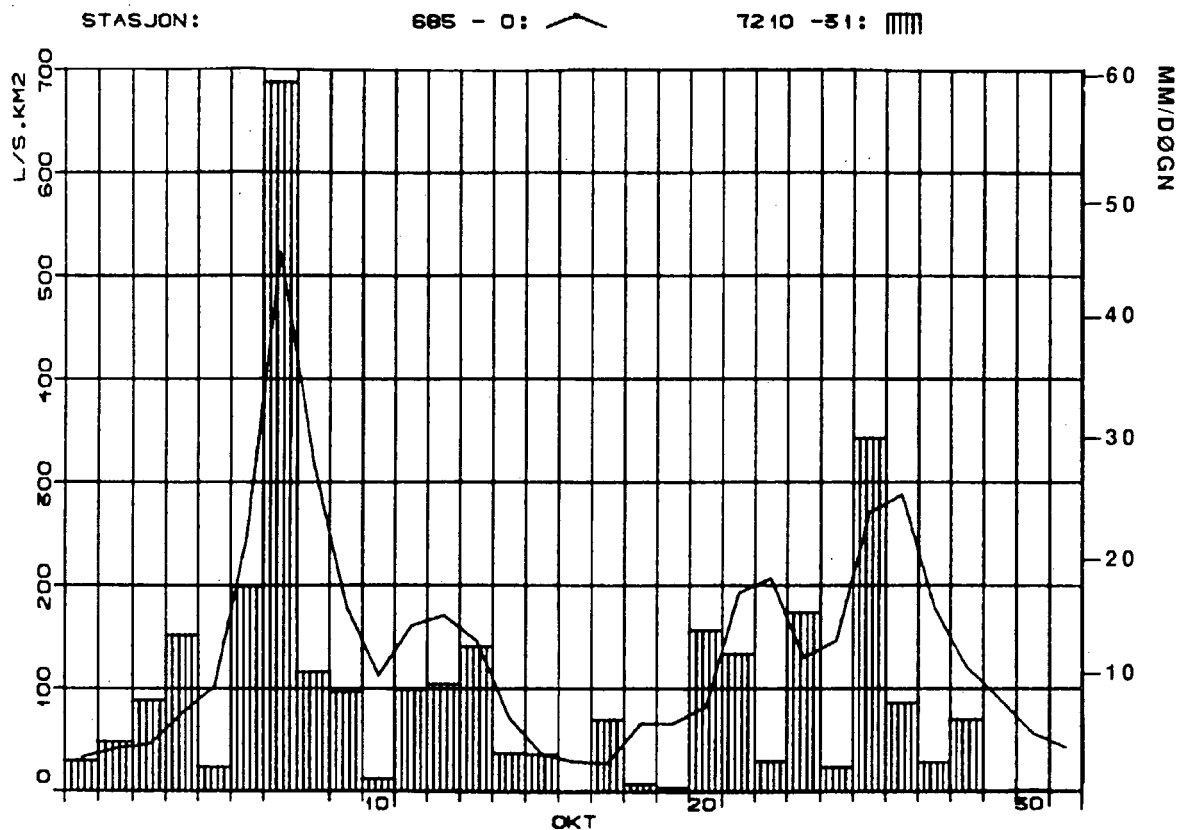
Serier med glidende middel for nedbørdata over 1,2,3,...,10 døgn er beregnet for 7180 Måmyr i Åfjord og 7210 Namdalseid. Høyest korrelasjon med avløpet for Øyungen oppnås for seriene som består av glidende middel over hhv. 2 og 3 døgn. Imidlertid har seriene med middel over 1 døgn, dvs. de observerte nedbørdataene, nesten like høy korrelasjon med avløpsdata for Øyungen. Det betyr at forsinkelsen mellom nedbør og avløp er mindre enn 1 døgn.

De tre metodene gir forskjellig resultat. Imidlertid tyder 2 av metodene på at nedbørfeltets responstid er ca. 1 døgn, antagelig noe mindre. Det er ikke mulig å bestemme responstiden med større nøyaktighet enn tidsoppløsningen i seriene som benyttes.

For Øyungen er arealnedbør beregnet som aritmetisk middel av nedbør ved DNMI's stasjoner 7115 Selavatn, 7180 Måmyr i Åfjord/7181 Åfjord - Momyr og 7210 Namdalseid. Tabell 5 viser fordelingen av de 20 største arealnedbørepisoder og flommer for Øyungen i perioden 1957 - 1987. I appendiks 1 og 2 er data for nedbørepisodene og flommene presentert. Temperaturdata for nedbørfeltet kommer fra klimastasjonene 7210 Namdalseid og 7214 Namdalseid - Bøgset.



Figur 20. Nedbørfeltet til Øyungen.



Figur 21. Nedbør ved 7210 Namdalseid, avløp ved 685 Øyungen i oktober 1971.

Tabell 5. Fordeling av de 20 største 2 døgns arealnedbørepisoder og de 20 største 1 døgns flommer over året i nedbørfeltet til Øyungen for perioden 1957 - 1987.

|                       | jan | feb | mar | apr | mai | jun | jul | aug | sep | okt | nov | des | sum |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2 døgns nedbør        | 3   | 0   | 2   | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 4   | 3   | 3   | 3   | 20  |
| 1 døgns flom          | 3   | 0   | 3   | 4   | 3   | 0   | 0   | 0   | 1   | 2   | 2   | 2   | 20  |
| Felles flom og nedbør | 1   | 0   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 2   | 2   | 2   | 10  |

De største nedbørepisodene og de største flommene fordeler seg ganske likt over året med de fleste forekomstene om høsten og vinteren. Flommene har mindre hyppighet om høsten og større hyppighet om våren enn nedbøren. I Øyungens nedbørfelt dominerer frontnedbør og orografisk nedbør. Dette forklarer nedbørfordelingen (figur 22), som viser at både observerte og påregnelige 2 døgns

areale nedbørverdier er markert høyere i månedene september - januar, enn om våren og sommeren. Høyeste 2 døgnns arealnedbør i perioden 1957 - 1988 er på 122 mm og ble registrert 3. og 4. desember 1962. Denne episoden har gjentaksintervall på ca. 30 år.

Flommene som finner sted om høsten skyldes nedbør. Det var temperatur over 0 °C og nedbør i feltet før 18 av de 20 største flommene. Det betyr at flommene som finner sted om vinteren er forårsaket av nedbør eller en kombinasjon av nedbør og snøsmelting. To av flommene i mai skyldes snøsmelting.

3 av de 20 største nedbørepisodene førte til moderate flommer hvor avløpet over 3 døgn utgjorde mindre enn 50 % av 2 døgnns arealnedbør. To av dem fant sted i januar og mars når temperaturene i feltet var lave. Den tredje fant sted i september i en periode med stort markvannsunderskudd. De øvrige 17 nedbørepisodene førte til store flommer ved Øyungen. 10 av disse flommene hører til de 20 største flommene i perioden 1957 - 1987.

Nedbørepisoden 19.9. og 20.9.1966 førte til en flom med største døgnmiddelverdi 20. september lik 86 m<sup>3</sup>/s. Før nedbøren fant sted var avløpet ca. 24 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende er avløpet over 1 og 3 døgn lik hhv. 23 og 36 mm nedbør over hele feltet. 2 døgnns arealnedbør var 83 mm. Det falt lite nedbør i feltet de 2 siste ukene i august og de første 2 ukene i september. Det dårlige samsvaret mellom nedbør og avløp skyldes antagelig stort markvannsunderskudd. Gjentaksintervallet for nedbørepisoden er 4 år og for flommen er det mindre enn 2 år.

Nedbørepisoden 3.12. og 4.12.1962 førte til det 3. største døgnmiddelavløpet som er observert ved Øyungen i perioden 1957 - 1987. Største døgnmiddelavløp var 185 m<sup>3</sup>/s 3. desember. Før nedbørepisoden var avløpet ca. 25 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende er avløpet over 1 og 3 døgn lik hhv. 58 og 167 mm nedbør over hele feltet. 2 døgnns arealnedbør var 122 mm. Temperaturen i feltet var større enn 0 °C under nedbørepisoden slik at nedbøren falt som regn. Markvannsmagasinet var sannsynligvis mettet så sent på høsten slik at all nedbøren bidro til avløpet. Snødybden ved DNMI's stasjoner nær Øyungens nedbørfelt viser at et betydelig bidrag til avløpet kom fra snøsmelting. Fra 1.12. til 4.12. sank snødybden ved 7115 Selavatn (284 m o.h.) fra 45 mm til 0, ved 7180 Måmyr i Åfjord (250 m o.h.) fra 36 mm til 0 og ved 7210 Namdalseid (86 m o.h.) fra 18 mm til 0. Det høye avløpet skyldes et stort bidrag fra snøsmelting. Gjentaksintervallene for 1 og 2 døgnns arealnedbør er hhv. 14 og 30 år og for døgnmiddelavløpet er det 20 år.

Flommen 22.5.1976 er forårsaket av snøsmelting. Største døgnmiddelverdi var 102 m<sup>3</sup>/s. Døgnmiddeltemperaturene ved 7214 Namdalseid - Bøgset lå mellom 0 og 5 °C i første halvdel av mai. Fra 14. mai til 21. mai steg døgnmiddeltemperaturen fra 5 til 15 °C. Det falt ikke nedbør i feltet fra 18. mai til 22. mai.

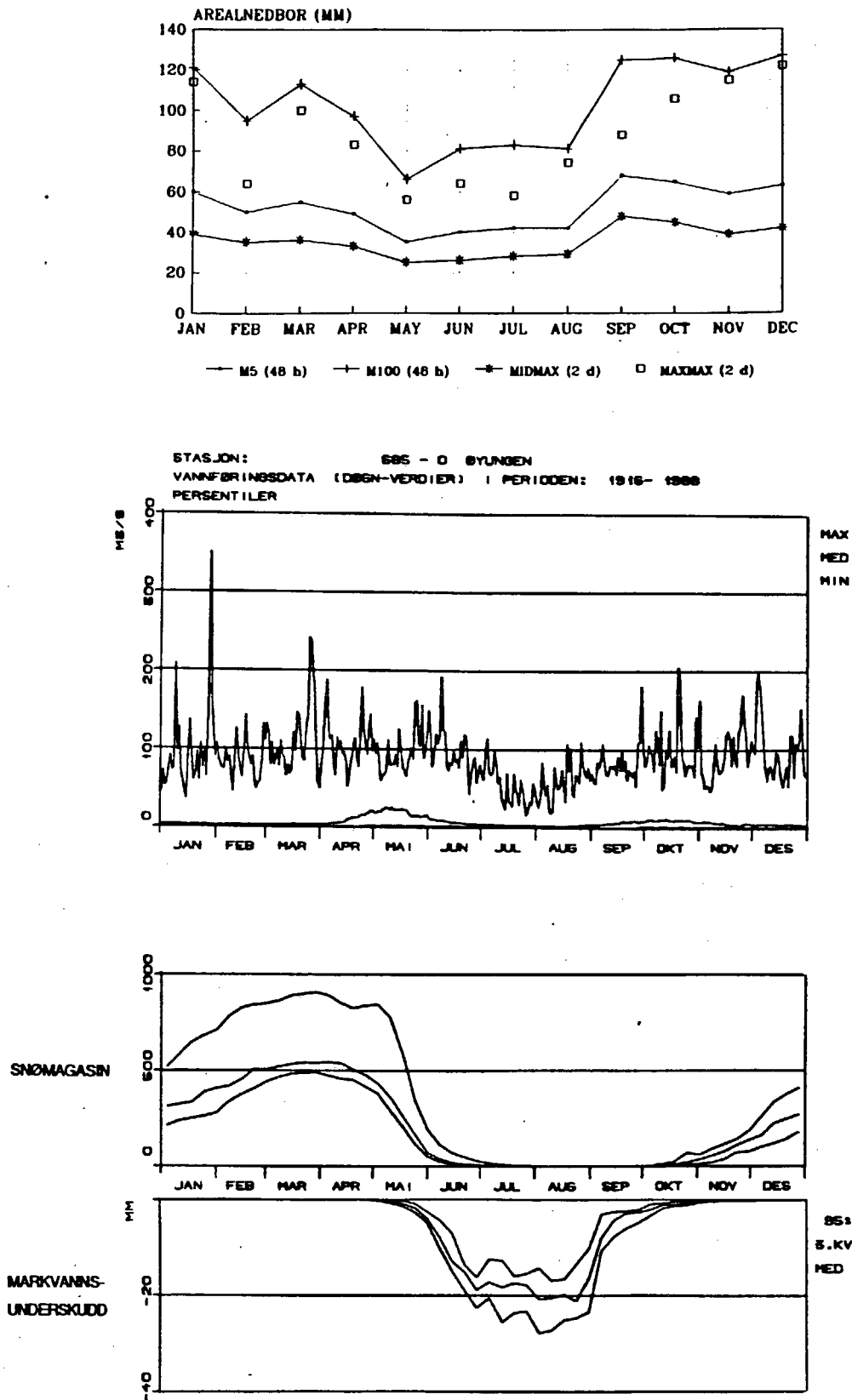
Største 2 døgnns arealnedbørepisode for Øyungens nedbørfelt inntraff 20.10. - 21.10.1947. 2 døgnns arealnedbør var ca. 160 mm. Det førte til en av de største flommene som er observert ved Øyungen i perioden 1916 - 1987. Største døgnmiddelavløp fant sted 20. oktober

og var 205 m<sup>3</sup>/s. Før nedbørepisoden var avløpet ca. 20 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende blir avløpet over 1 og 3 døgn lik hhv. 67 og 147 mm nedbør over hele feltet. Avløpet over 3 døgn stemmer bra med nedbøren. Gjentakintervallet for nedbørepisoden er 250 år, mens gjentakintervallet for flommen 20 år sammenliknet med årsflommer og 100 år sammenliknet med høstflommer.

Den største flommen i perioden 1916 - 1987 inntraff 28. januar 1932, og skyldtes en kombinasjon av sterk nedbør og kraftig snøsmelting. Flommen er nærmere beskrevet av Mørk (1989). Avløpet den 28.1.1932 var 350 m<sup>3</sup>/s. Denne avlesningen ligger sannsynligvis nær kulminasjonsverdien. Flommen kulminerte kl 10 om formiddagen i Rødsjø, og klokka 18 i Storvatn, begge felt av sammenlignbar størrelse lengre sør på Fosen. Storvatn har en sjøprosent rundt 12, og er derfor nokså sterkt dempet. Vannføringen fra Øyungen steg fra 150 m<sup>3</sup>/s dagen før, og falt igjen til 170 m<sup>3</sup>/s dagen etterpå. Døgnmidlet lå sannsynligvis rundt 300 m<sup>3</sup>/s, noe som tilsvarer et gjentakintervall på 300 år. Observatøren på Storvatn noterer at flommen er den største på 60 år.

Tidsfordelingen av de 20 største arealnedbørepisodene og de 20 største flommene for Øyungen i perioden 1957 - 1987 tyder på at nedbør eller nedbør kombinert med snøsmelting genererer de største flommene. Selv om mye av nedbøren faller om vinteren er temperaturen i feltet ofte større enn 0 °C. De største flommene fordeler seg jevnt over høsten, vinteren og våren, men middelavløpet er likevel størst i smelteperioden på våren. De tilsvarende kurver for nedbørdata for feltet viser at observert og påregnelig 2 døgn nedbør er minst om våren og forsommeren (mai - juli). Det betyr at selv om de største flommene i hovedsak skyldes nedbør er snøsmelting en faktor som påvirker avløpet. Tidsfordelingen av de 20 største flommene ved Øyungen for perioden 1916 - 1987 bekrefter dette mønsteret. De fordeler seg med 3 flommer i januar, 1 i februar, 4 i mars, 2 i april, 1 i mai, 1 i september, 3 i oktober, 2 i november og 3 i desember.

Figur 22 viser fordelingen over året av nedbør, avløp, snømagasin og markvannsunderskudd for nedbørfeltet til Øyungen.



Figur 22. Variasjon over året av nedbør, avløp, snømagasin og markvannsunderskudd i nedbørfeltet til 685 Øyungen.

Øverst: M5 og M100 er påregnelige nedbørverdier med 5 og 100 års gjentakintervall, MIDMAX er middel av årlige maksimalverdier, MAXMAX er høyeste observerte verdi.

I midten: Ekstremalverdier og median for vannføringen.

Nederst: 95, 75 og 50 % persentiler for markvannsunderskudd og vanninnhold i snømagasinet beregnet med HBV-modellen.

3.6 NYBERGSUND

NVEs målestasjon 1930-0 Nybergsund ligger i Trysil-elva, omtrent 5 km nedenfor Trysil. Nedbørfeltet omfatter området langs Trysil-elva mellom Femunden og Trysil og områdene rundt Femunden. Lengst i nord strekker nedbørfeltet seg inn i Sverige ved sjøen Rogen. I hele feltet finnes en blanding av snaufjell og skog. Figur 1 viser nedbørfeltets beliggenhet og figur 23 viser et mer detaljert kart over feltet. Nedbørfeltets areal er 4410 km<sup>2</sup>. Feltets laveste punkt, medianhøyde og høyeste punkt er hhv. 350, 786 og 1755 m o.h. Vannføringsdata for Nybergsund er tilgjengelig for perioden 1909 - 1986. Feltet ble utstyrt med limnigraf i 1977, før den tid er serien basert på en avlesning pr. døgn.

Årsmiddelavløp for feltet er 16 l/s km<sup>2</sup>, eller 510 mm/år.

Nybergsund ligger i den hydrologiske regionen som Gottschalk m.fl. (1979) kaller fjellregimet. De tre månedene med høyest middelavløp er mai, juni og juli og de to månedene med lavest middelavløp er februar og mars. De høyeste observerte og påregnelige 2 døgn arealnedbørverdier for feltet forekommer i månedene juni - september (figur 27), og de laveste i månedene januar - mars.

Årsmiddelavløp for feltet er 16 l/s km<sup>2</sup>, eller 510 mm/år.

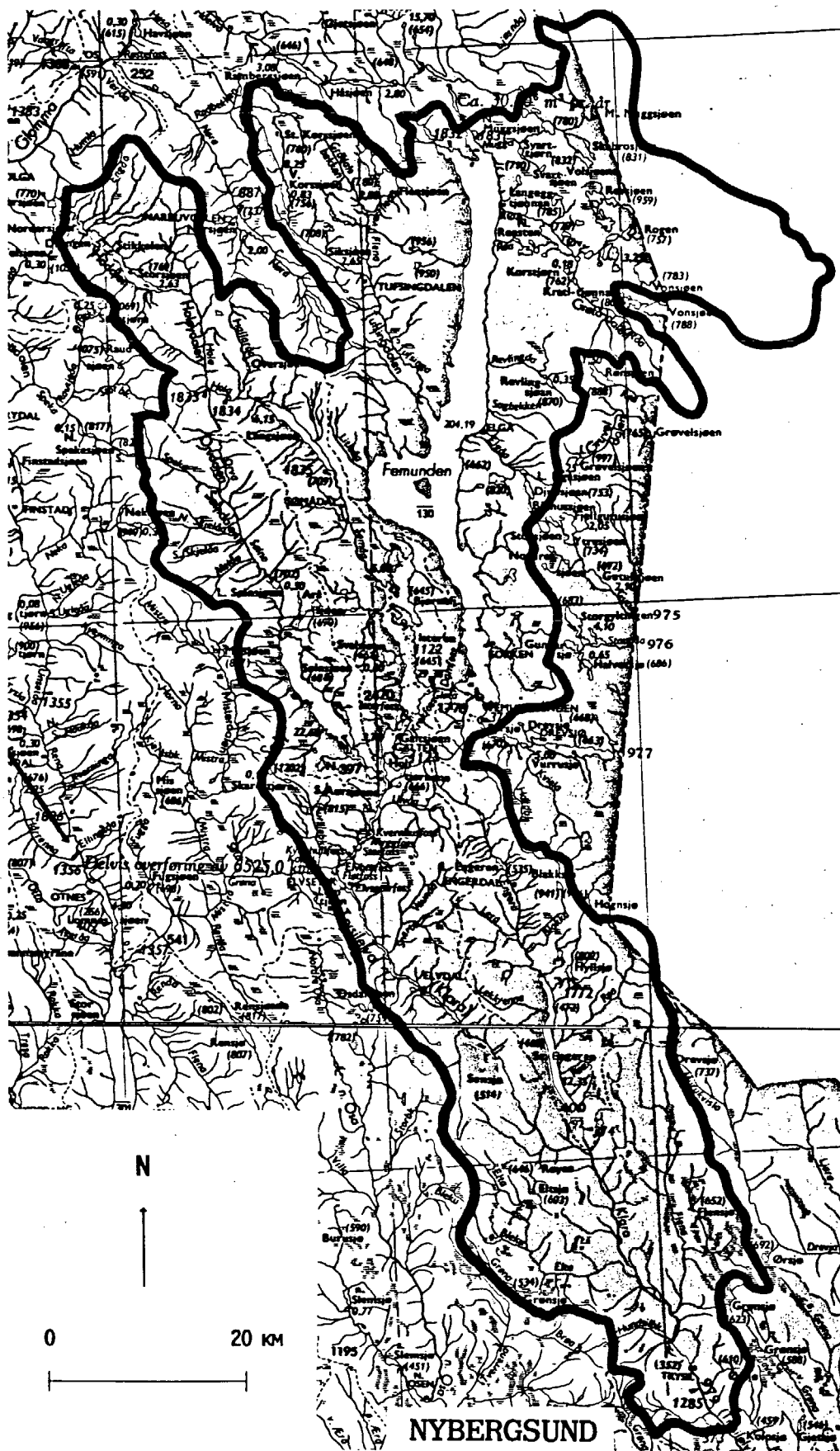
Ved å plote nedbør- og avløpsdata i samme diagram finner man at nedbørfeltets responstid er 1 døgn. Figur 24 viser nedbør ved 0080 Tufsingdal og avløp ved Nybergsund i september 1985. Nedbørepisoden 7.9. og 8.9.1985 er en av de 20 største 2 døgn arealnedbørepisodene i perioden 1957 - 1986. Flommen 8.9. er et av de 20 største døgnmiddelavløpene i samme periode.

Krysskorrelasjonskoeffisienter mellom avløp ved Nybergsund og nedbør ved nedbørstasjonene 0029 Tågmyra, 0030 Volå i Trysil, 0060 Gløtvola og 0080 Tufsingdal har maksimum for tidsforskyvning 1 - 2 døgn.

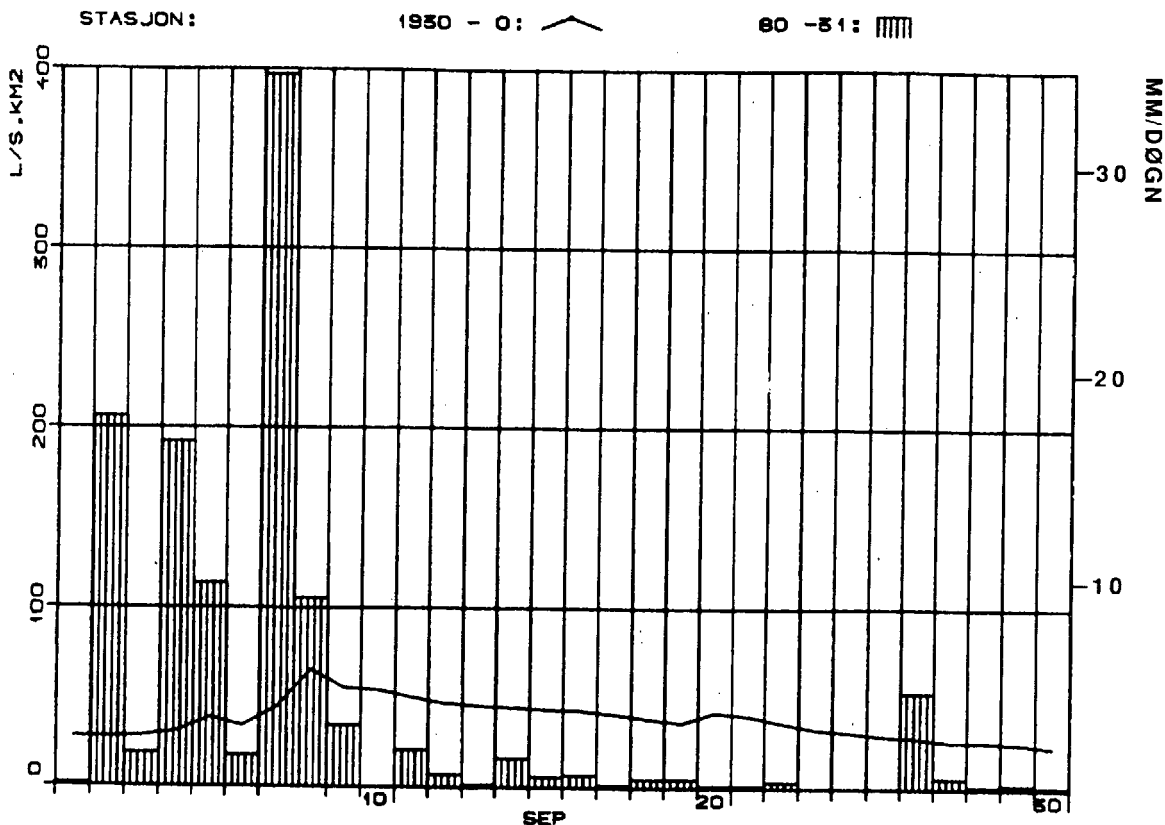
Serier med glidende middel for nedbørverdier over 1,2,3,...,10 døgn er generert for 0060 Gløtvola og 0080 Tufsingdal. Verdiene av korrelasjonskoeffisientene antar ikke et maksimum, men økningen i verdiene flater ut etter 1 døgn.

Resultatet av de tre metodene er at responstiden til nedbørfeltet som drenerer til Nybergsund er 1 - 2 døgn, sannsynligvis nærmere 1 enn 2 døgn.

Den delen av nedbørfeltet som ligger ovenfor utløpet av Isteren utgjør 55 % av feltarealet og har sjøprosent lik 15.9. Den delen av feltet som ligger nedenfor Isteren inneholder svært få sjøer. Det betyr at øvre del av feltet har stor magasineringsevne og forsinker avrenningen av nedbør. I nedre del av feltet er avrenningen rask og nedbøren som faller her fører til flomtoppene som observeres ved Nybergsund. Hvis sjøprosenten i øvre del av feltet hadde vært mindre ville flommene som skyldes nedbør vært større, mens feltets responstid hadde vært lenger.



Figur 23. Nedbørfeltet til Nybergsund.



Figur 24. Nedbør ved 0080 Tufsingdal, avløp ved 1930 Nybergsund i september 1985.

For Nybergsund er arealnedbør beregnet som aritmetisk middel av nedbørstasjonene 0029 Tågmyra/0030 Volå i Trysil, 0060 Gløtvola og 0080 Tufsingdal. Tabell 6 viser fordelingen av de 20 største arealnedbørepisoder og flommer for Nybergsund i perioden 1957 - 1986. I appendiks 1 og 2 er data for nedbørepisodene og flommene presentert. Temperaturdata for nedbørfeltet kommer fra klimastasjonen 0070 Drevsjø.

Tabell 6. Fordeling av de 20 største 2 døgns arealnedbørepisoder og de 20 største 1 døgns flommer over året i nedbørfeltet til Nybergsund for perioden 1957 - 1986.

|                       | jan | feb | mar | apr | mai | jun | jul | aug | sep | okt | nov | des | sum |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2 døgns nedbør        | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 4   | 5   | 3   | 4   | 2   | 0   | 0   | 20  |
| 1 døgns flom          | 0   | 0   | 0   | 1   | 15  | 2   | 0   | 0   | 2   | 0   | 0   | 0   | 20  |
| Felles flom og nedbør | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   |

De største nedbørepisodene finner sted på sommeren og høsten. Se også figur 27. De fleste flommene finner sted om våren og skyldes snøsmelting eller en kombinasjon av snøsmelting og nedbør. Døgnmiddeltemperaturen ved 0070 Drevsjø var større enn 0 °C og økte i dagene før alle flommene i april, mai og juni. I flere tilfeller falt det også en del nedbør før flommen. De 2 flommene i september er forårsaket av nedbør.

2 av de 20 største nedbørepisodene førte til liten eller ingen økning i vannføringen ved Nybergsund. Den ene episoden fant sted i månedskiftet mars/april. Temperaturdata og nedbørkarakteristikk viser at nedbøren falt som snø. Den andre episoden fant sted i juli etter en periode med lite nedbør. Markvannsunderskuddet i feltet var derfor stort. De øvrige 18 nedbørepisodene førte til små flommer hvor avløpet over 5 og 10 døgn ikke utgjorde mer enn hhv. 20 og 30 % av 2 døgns nedbør. Årsaken til at vannføringen øker så lite etter nedbør er den høye sjøprosenten og dermed store magasineringsevnen i øvre del av feltet.

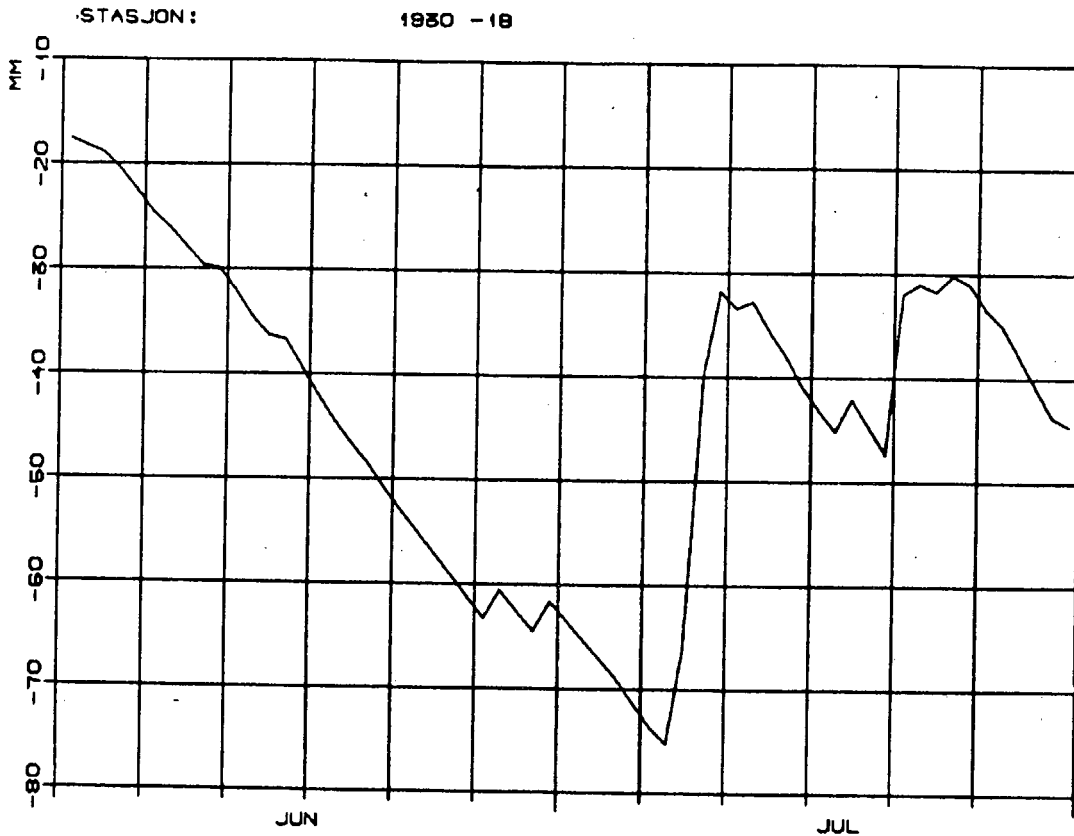
Nedbørepisoden 9.7. og 10.7.1973 førte til at døgnmiddelavløpet ved Nybergsund økte fra 113 m<sup>3</sup>/s 8. juli til 129 m<sup>3</sup>/s 10. juli. Deretter sank avløpet langsomt. Til tross for at arealnedbøren på ca. 68 mm er den største som er observert i løpet av 2 døgn i perioden 1957 - 1986, ble det ikke flom i feltet. Det skyldes at det falt lite nedbør i juni og første uke av juli 1973. Markvannsunderskuddet var stort og nedbøren ble holdt tilbake i feltet. Figur 25 viser resultat fra beregninger med HBV-modellen. Markvannsunderskuddet øker i hele juni, for deretter å falle brått i dagene før 10. juli. Gjentakintervallet for nedbørepisoden er 44 år.

Nedbørepisoden 7.9. og 8.9.1985 førte til den største flommen som er forbundet med en av de 20 største arealnedbørepisodene. Flommens største døgnmiddelvannføring inntraff 8.9. og var 288 m<sup>3</sup>/s. Før nedbørepisoden var avløpet ca 150 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende er avløpet over 5 og 10 døgn lik hhv. 9 og 14 mm nedbør over hele feltet. 2 døgns arealnedbør var 63 mm, dvs. omtrent like stor som i juli 1973. Det falt mye nedbør i feltet i månedene juli - september 1985. Det bekreftes av beregninger utført med HBV-modellen som viser at markvannsunderskuddet var lavt. Nedbøren var en blanding av snø, sludd og regn på flere av målestasjonene, og i høyereliggende deler av feltet ble trolig en vesentlig del av nedbøren liggende igjen som snø. Dette er en av årsakene til at gjentakintervallet for 2 døgns nedbøren var ca. 30 år, mens det for flommen var mindre enn 2 år sammenliknet med årsflommer. Hvis flommen sammenliknes med høstflommer blir gjentakintervallet ca. 40 år.

Flommen 20.5.1966 med største døgnmiddelvannføring lik 570 m<sup>3</sup>/s skyldtes snøsmelting. Det falt lite nedbør i feltet i mai 1966. Døgnmiddeltemperatur ved 0070 Drevsjø og vannføring ved Nybergsund for mai 1966 er vist i figur 26. Vannføringen øker i takt med temperaturen.

Den største flommen som er observert ved Nybergsund i perioden 1909 - 1986 hadde største døgnmiddelvannføring lik 621 m<sup>3</sup>/s den 2.6.1967. Denne flommen var hovedsakelig forårsaket av snøsmelting. Avløpet begynte å øke i begynnelsen av mai og kulminerte først

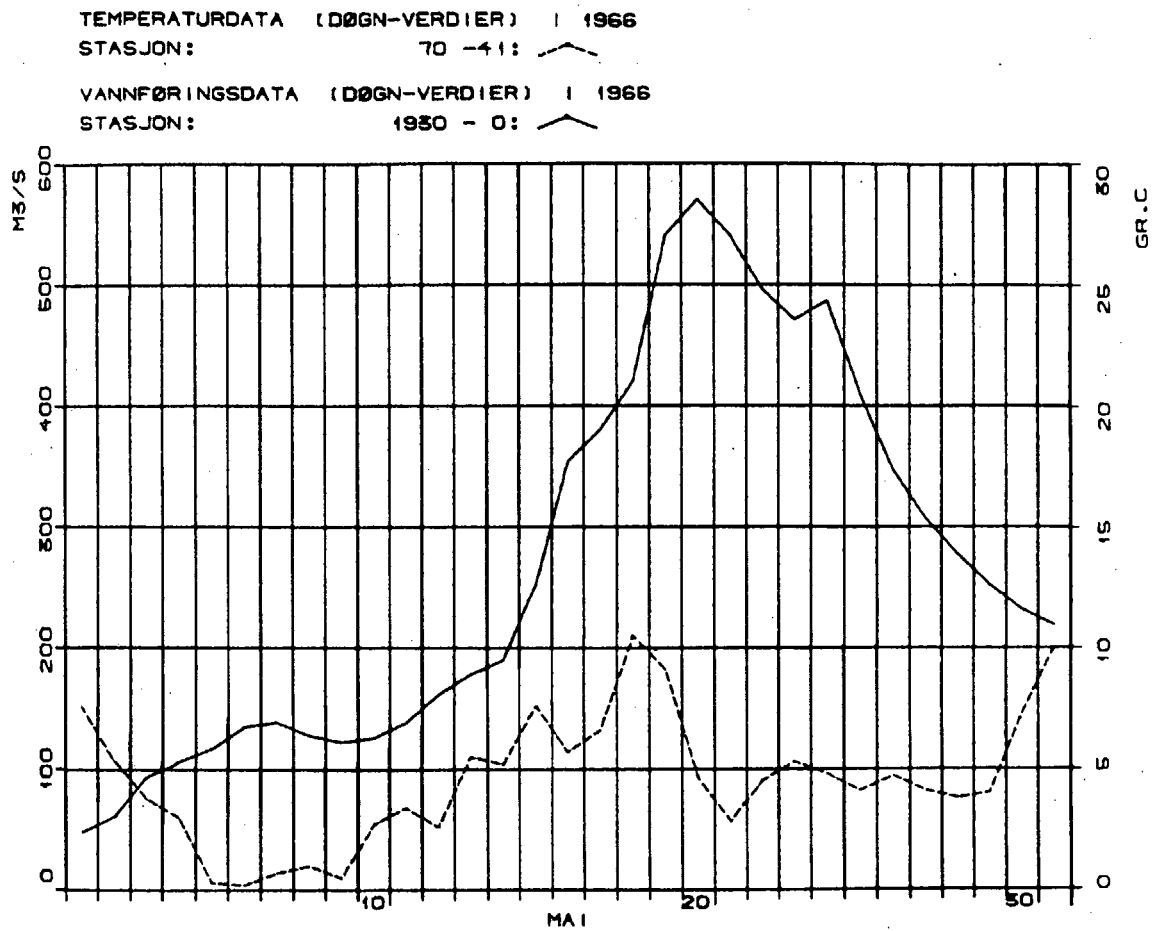
2. juni. Et lite bidrag kom også fra nedbør: Ved 0060 Gløtvola og 0070 Drevsjø falt det hhv. 25 og 23 mm nedbør 1.6. - 2.6.1967. Lenger opp i feltet var det mindre nedbør: ved 0080 Tufsingdal falt det bare 5 mm i løpet av de samme to døgnene.



Figur 25. Markvannsunderskudd i nedbørfeltet til 1930 Nybergsund i juni og juli 1973 beregnet med HBV-modellen.

Største 2 døgns arealnedbørepisode for perioden 1909 - 1986 for Nybergsunds nedbørfelt fant sted 12.9. og 13.9.1956. Den førte til en flom med største døgnmiddelverdi 13. september lik 251 m<sup>3</sup>/s. Før nedbørepisoden var avløpet ca. 60 m<sup>3</sup>/s. Hvis flommen reduseres tilsvarende blir avløpet over 5 og 10 døgn lik hhv. 13 og 21 mm nedbør over hele feltet. 2 døgns arealnedbør var ca. 96 mm. Det falt svært lite nedbør i feltet de første 11 dagene av september, og det kan forklare den moderate økningen i vannføring. Medianverdier for markvannsunderskuddet i nedbørfeltet beregnet med HBV-modellen er store fra juni til september. Se figur 27. Gjentakintervallet for nedbørepisoden er 600 år, mens gjentakintervallet for flommen er mindre enn 2 år sammenliknet med årsflommer og ca. 100 år sammenliknet med høstflommer.

Tidsfordelingen av de 20 største flommene og de 20 største arealnedbørepisodene ved Nybergsund tyder på at snøsmelting er den prosess som genererer de største flommene. I de fleste tilfeller falt det nedbør i forbindelse med de største smelteflommene, men snøsmelting er likevel den viktigste faktoren. Feltet har stor magasineringssevne, og dette reduserer regnflommene kraftig. En del

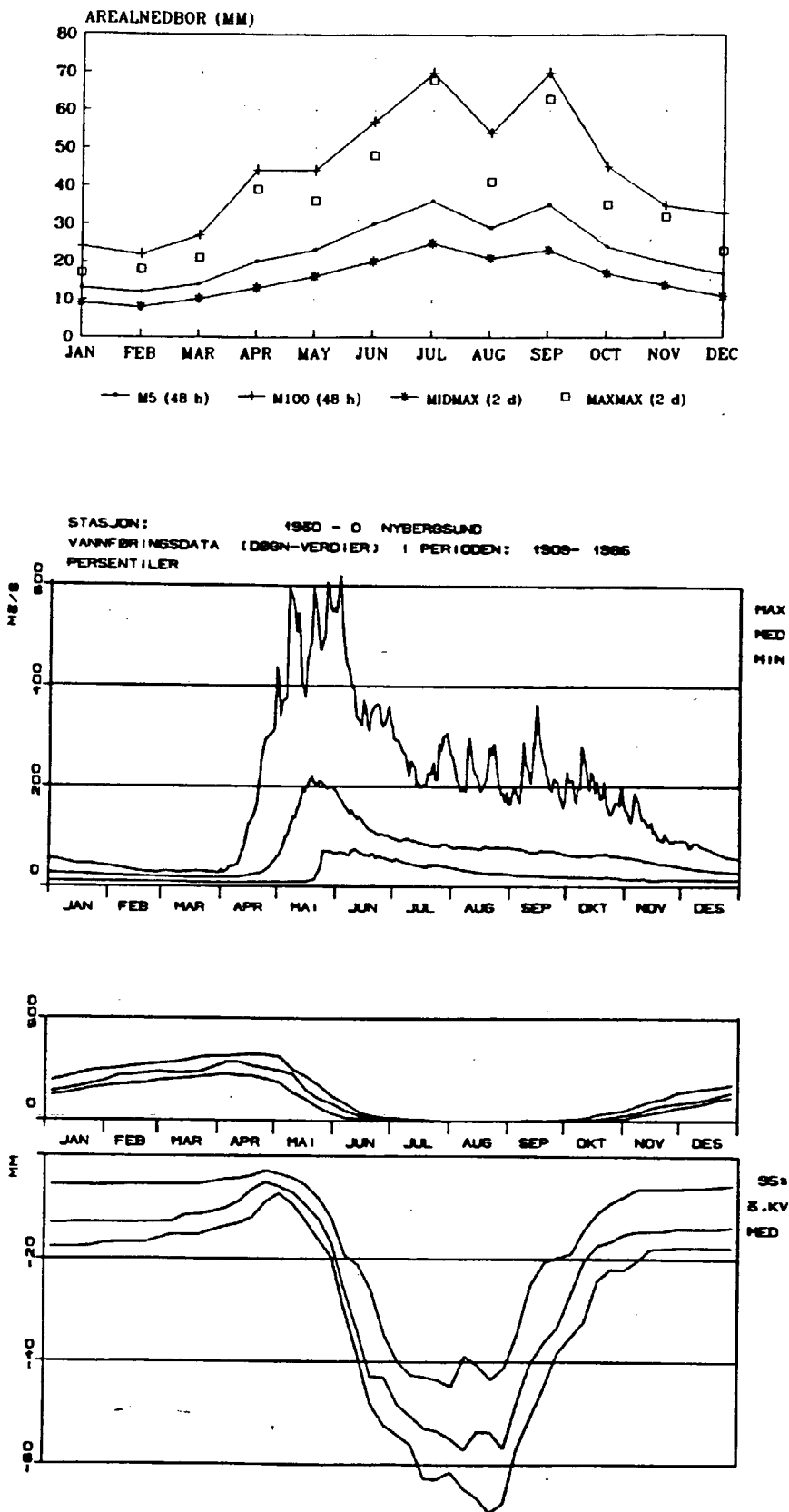


Figur 26. Temperatur ved 0070 Drevsjø, avløp ved 1930 Nybergsund i mai 1966.

små regnflommer forekommer på høsten. Tidsfordelingen av de 20 største flommene ved Nybergsund i perioden 1909 - 1986 tyder også på at snøsmelting er den viktigste flomskapende prosess. De fordeler seg med 1 flom i april, 14 i mai og 5 i juni.

Den største observerte flommen i feltet; 620 m<sup>3</sup>/s 2.6.1967, har et estimert gjentaksintervall på 70 år.

Figur 27 viser fordelingen over året av nedbør, avløp, snømagasin og markvannsunderskudd for nedbørfeltet til Nybergsund.



Figur 27. Variasjon over året av nedbør, avløp, snømagasin og markvannsunderskudd i nedbørfeltet til 1930 Nybergsund.

Øverst: M5 og M100 er påregnelige nedbørverdier med 5 og 100 års gjentakintervall, MIDMAX er middel av årlige maksimalverdier, MAXMAX er høyeste observerte verdi.

I midten: Ekstremalverdier og median for vannføringen.

Nederst: 95, 75 og 50 % persentiler for markvannsunderskudd og vanninnhold i snømagasinet beregnet med HBV-modellen.

#### 4. SNØ- OG MARKVANNSMAGASIN FOR ANDRE FELT

For å få noe bedre geografisk dekning er det tatt ut snø- og markvannsstatistikk for ytterligere fire felt med lange simuleringsserier. Disse feltene er:

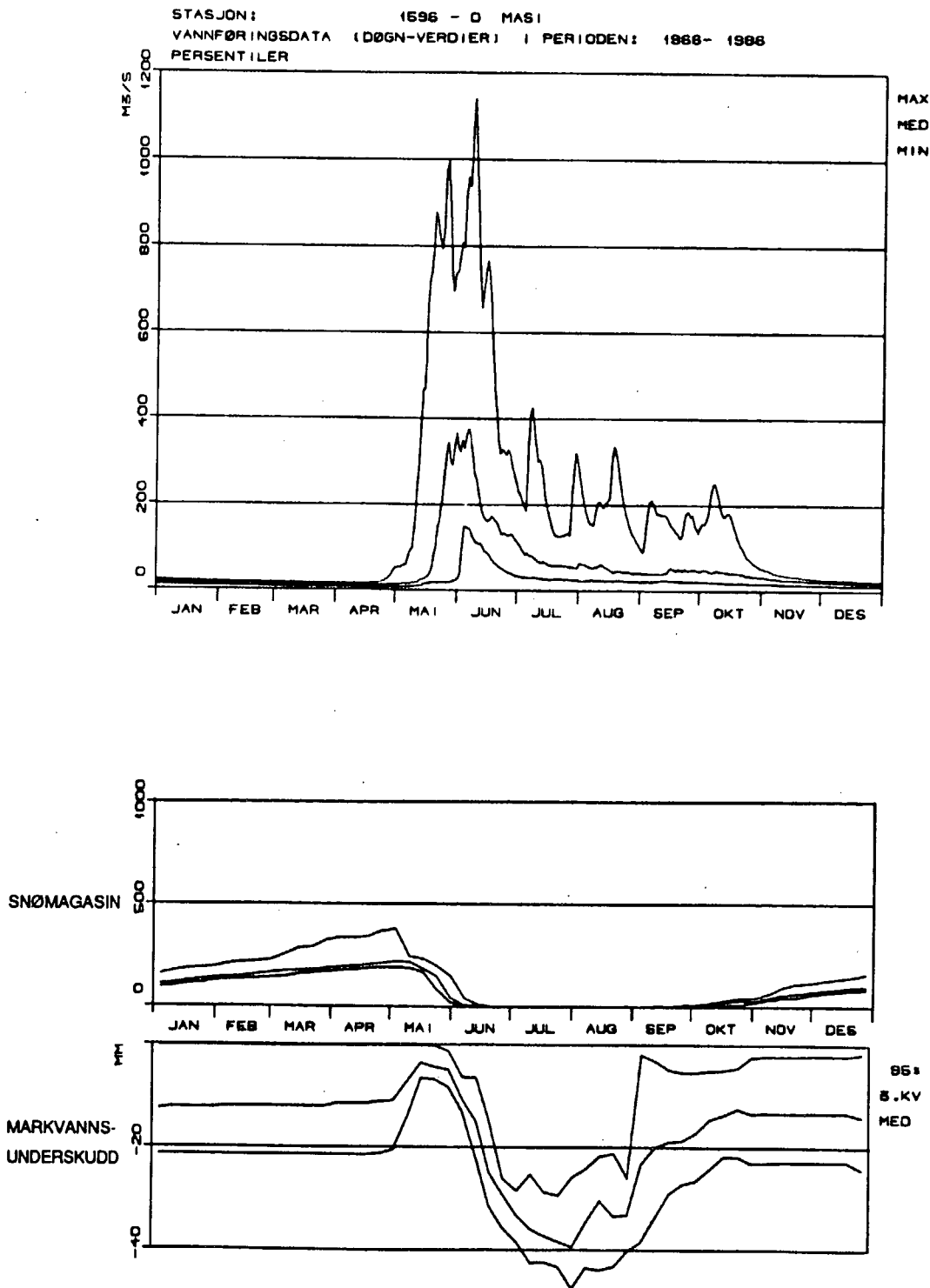
Masi i Altavassdraget, stasjonsnummer 1596 hos Hydrologisk avdeling. Areal 5693 km<sup>2</sup>, middelavløp 11 l/s km<sup>2</sup> eller 350 mm/år. Feltets laveste punkt, medianhøyde og høyeste punkt er hhv. 274, 440 og 975 m o.h. Feltet har stabile hydrologiske forhold, med hurtig avsmelting i mai, og få regnflommer.

Fustvatnet ved Mosjøen, stasjonsnummer 705. Areal 520 km<sup>2</sup>, middelavløp 65 l/s km<sup>2</sup>, eller 2000 mm/år. Feltets laveste punkt, medianhøyde og høyeste punkt er hhv. 35, 440 og 1559 m o.h. Feltet er et kystfelt med litt bre.

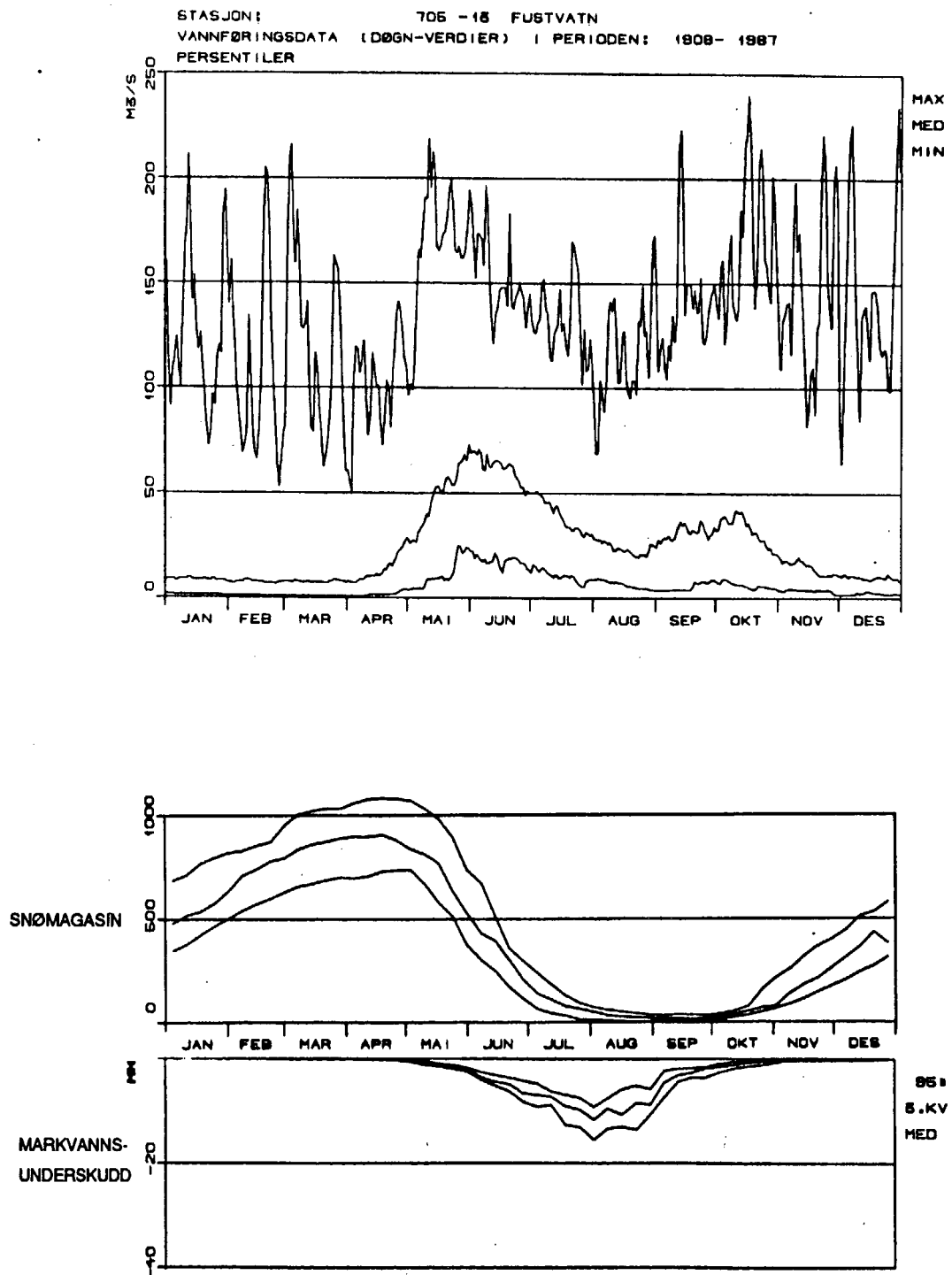
Høggås bru i Stjørdalsvassdraget, stasjonsnummer 666. Areal 491 km<sup>2</sup>, middelavløp 45 l/s km<sup>2</sup>, eller 1370 mm/år. Feltets laveste punkt, medianhøyde og høyeste punkt er hhv. 93, 510 og 1249 m o.h. Innlandsfelt, men mye nedbør, store myrområder.

Sperillen lokalfelt; lokalfeltet mellom Bagn kraftverk og Killingstryken i Sperillen. Areal 1765 km<sup>2</sup>, middelavløp 18 l/s km<sup>2</sup>, eller 575 mm/år. Feltets laveste punkt, medianhøyde og høyeste punkt er hhv. 154, 740 og 1280 m o.h.

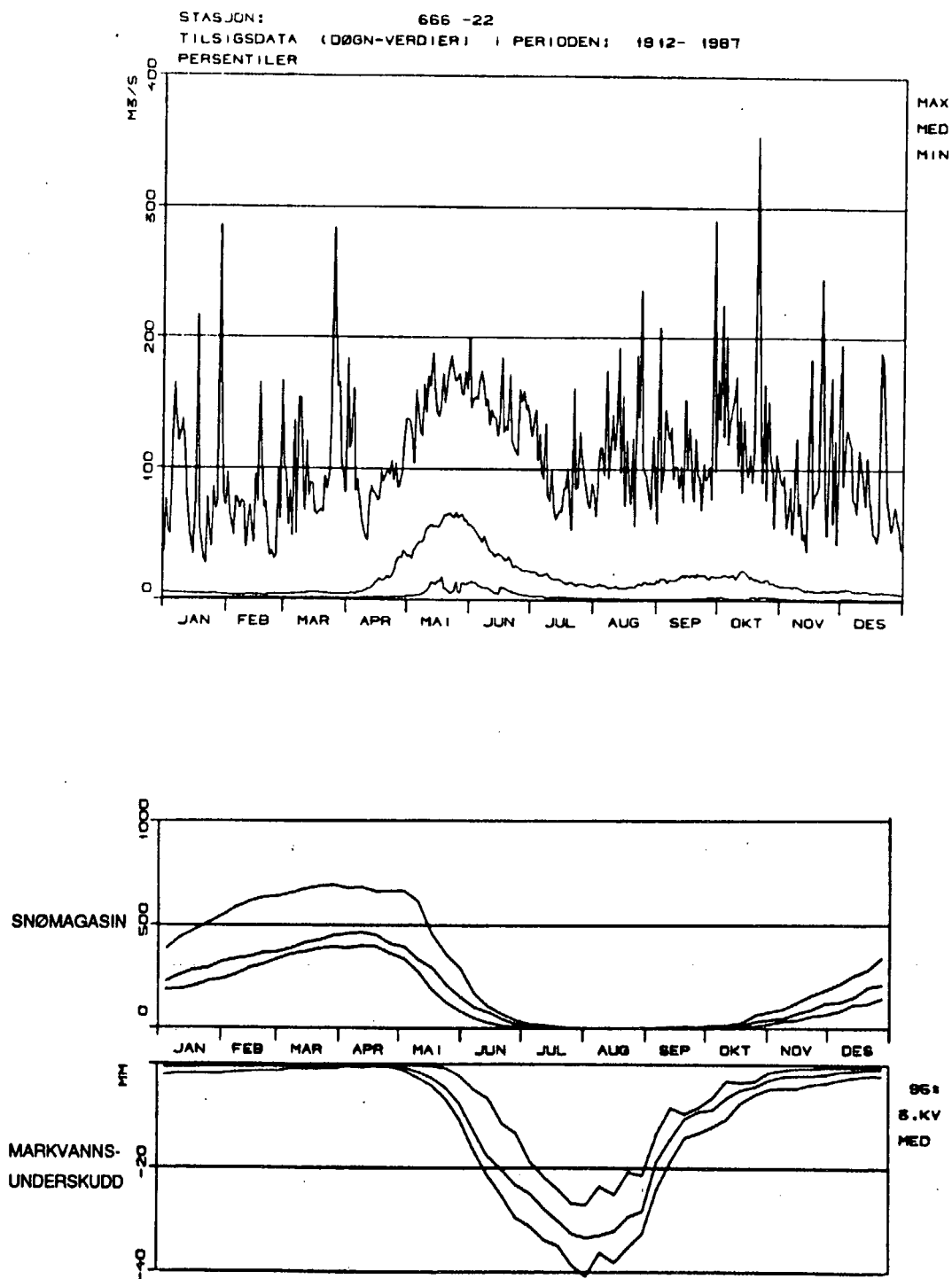
Figurene 28 - 31 viser avløp-, snø- og markvannsstatistikk for disse feltene.



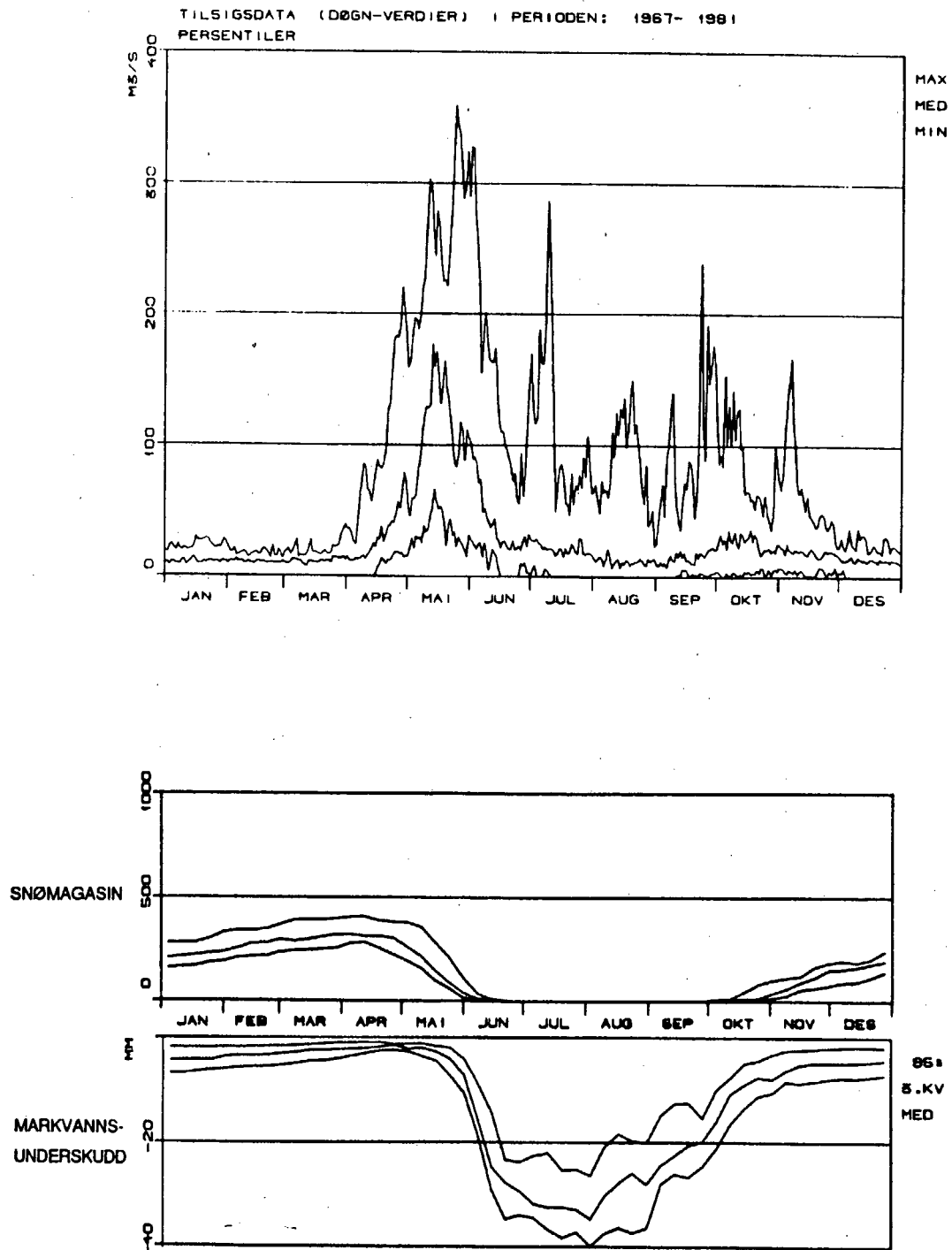
Figur 28. Variasjon over året av avløp, snømagasin og markvannsunderskudd i nedbørfeltet til 1596 Masi.  
 Øverst: Ekstremalverdier og median for vannføringen.  
 Nederst: 95, 75 og 50 % persentiler for markvannsunderskudd og vanninnhold i snømagasinet beregnet med HBV-modellen.



Figur 29. Variasjon over året av avløp, snømagasin og markvannsunderskudd i nedbørfeltet til 705 Fustvatn.  
 Øverst: Ekstremalverdier og median for vannføringen.  
 Nederst: 95, 75 og 50 % persentiler for markvannsunderskudd og vanninnhold i snømagasinet beregnet med HBV-modellen.



Figur 30. Variasjon over året av avløp, snømagasin og markvannsunderskudd i nedbørfeltet til 666 Høggås bru.  
 Øverst: Ekstremalverdier og median for vannføringen.  
 Nederst: 95, 75 og 50 % persentiler for markvannsunderskudd og vanninnhold i snømagasinet beregnet med HBV-modellen.



Figur 31. Variasjon over året av avløp, snømagasin og markvannsunderskudd i lokalfeltet til Sperillen.  
Øverst: Ekstremalverdier og median for vannføringen.  
Nederst: 95, 75 og 50 % persentiler for markvannsunderskudd og vanninnhold i snømagasinet beregnet med HBV-modellen.

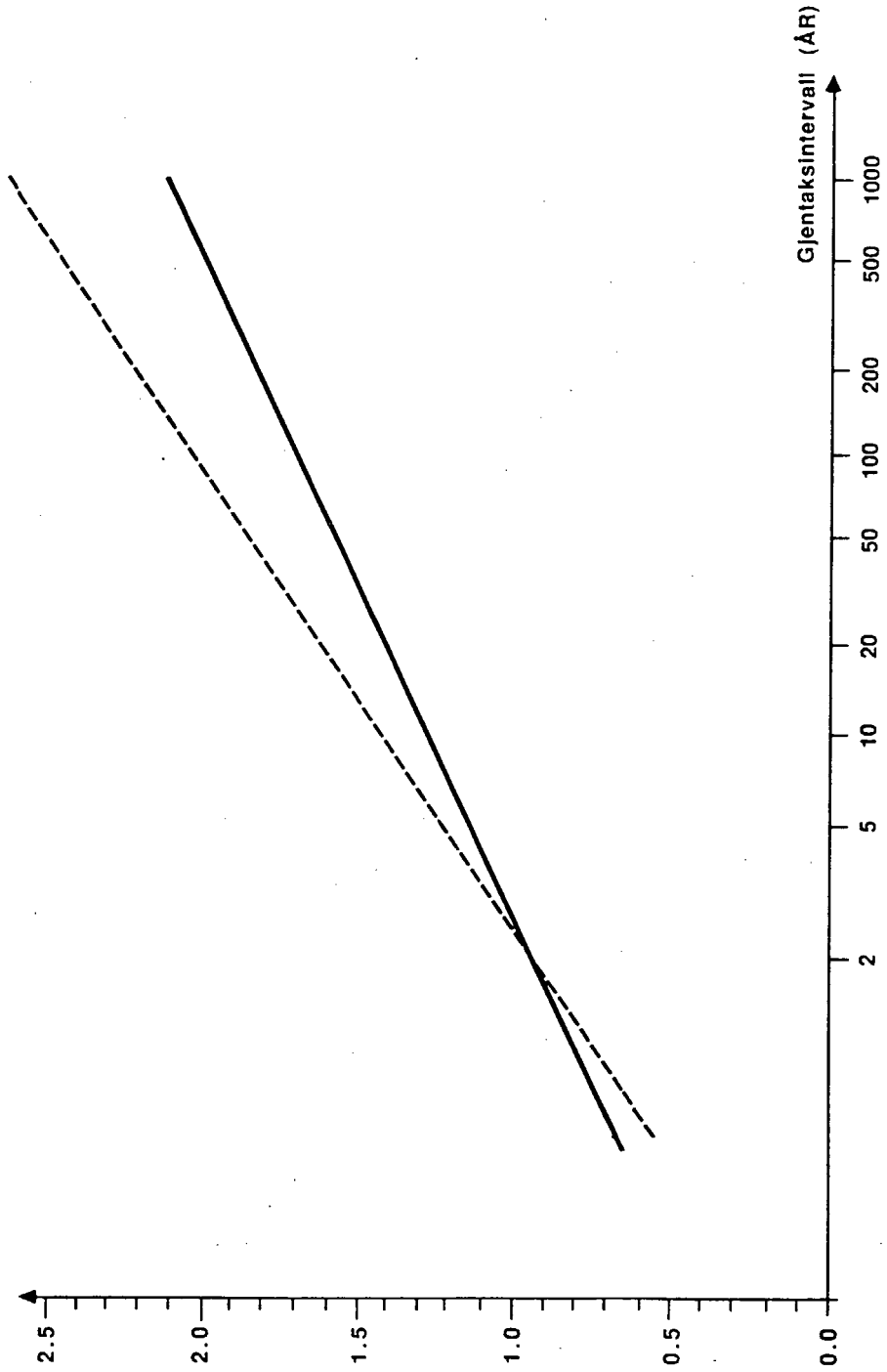
## 5. EKSTREMVERDIANALYSE

Gumbels fordeling er tilpasset nedbør- og avløpsdata. Arealnedbør med varighet lik de respektive feltenes responstid er benyttet, mens avløpsdataene er døgnmidler. Ved å normalisere nedbørdataene relativt til årsmiddel av maksimal 1 - 3 døgn nedbør og flommene relativt til middelflommen (gjentaksintervall 2.33 år) kan resultatene sammenliknes. Data fra hele året er benyttet i analysene. Ekstremverdianalyse for nedbørepisodene er utført ved DNMI, og ekstremverdianalyse for flommene er utført ved NVE.

Figurene 32 - 37 viser resultatene av ekstremverdianalysene for data etter 1957. Nedbørepisodene i analysene har følgende varighet: for Losna 3 døgn, for Lalm, Kirkevoll bru, Bulken og Nybergsund 2 døgn, og for Øyungen 1 døgn. Det er god overensstemmelse mellom resultatene for nedbør- og avløpsdata, men for Lalm og Bulken er avviket mellom kurvene større enn for de andre feltene. For Lalm vil de mange store nedbørepisodene om vinteren øke størrelsen på nedbør med høyt gjentaksintervall. Et annet forhold som gir forskjell i de relative verdiene er at man ved DNMI benytter "momentmetoden" til å estimere parametrene i Gumbels fordeling, mens man ved NVE benytter "maximum likelihood metoden". For de fleste seriene må det foretas ekstrapolasjon for å finne verdiene med gjentaksintervall 1000 år. I denne prosessen er det involvert stor usikkerhet.

Ved å bruke avløpsdata fra hele observasjonsperiodene blir forholdet mellom 1000 års flommen og middelflommen større for Lalm, Losna og Kirkevoll bru enn når bare data fra perioden etter 1957 benyttes. For alle tre feltene er middelflommen for de to periodene ganske lik, men langt flere store flommer tas med i analysene når hele observasjonsperiodene benyttes. Det fører til at størrelsen på avløp med høyt gjentaksintervall øker. For Lalm og Losna er flommen i 1938 mye større enn største flom etter 1957, mens flommen i 1927 er mye større enn største flom etter 1957 for Kirkevoll bru. For de tre andre feltene synker forholdet mellom 1000 års flommen og middelflommen når data fra hele observasjonsperioden benyttes. Tendensen til større flommer før 1957 enn etter, samtidig som middelverdiene er uendret er ikke så klar for disse feltene. For Nybergsund fant forøvrig den største flommen i hele observasjonsperioden sted etter 1957.

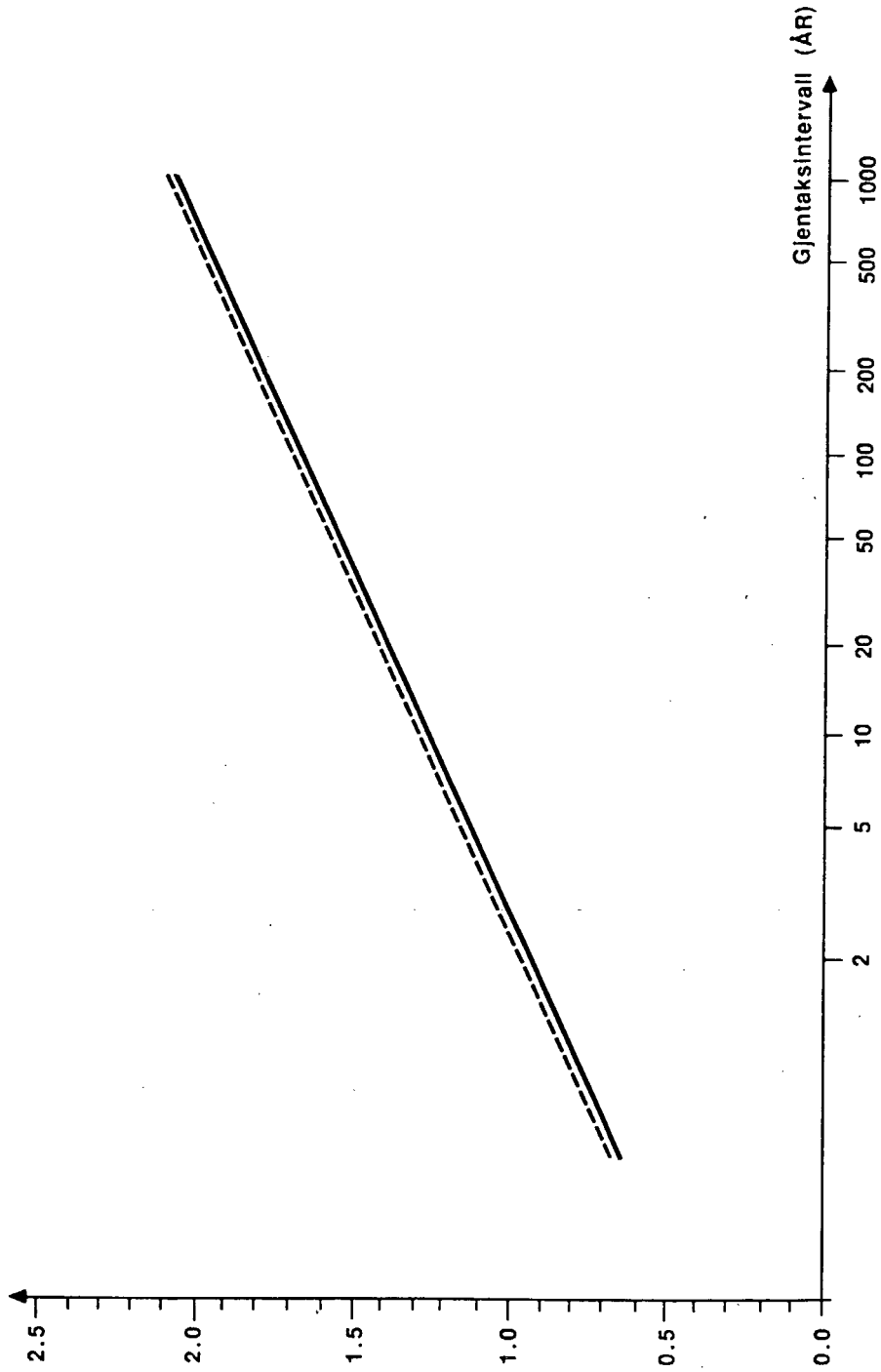
Hvis avløpsdata fra høstsesongen brukes i analysen blir forholdet mellom 1000 års flommen og middelflommen større for alle feltene enn om data fra hele året benyttes. Det gjelder både for data fra etter 1957 og for data fra hele observasjonsperiodene. Det skyldes at middelflommene blir mindre når smelteflommene uteblir fra analysen.



Figur 32. Ekstremverdianalyse (Gumbel) for nedbør og avløp for Lalm.

(- - -) 2 døgns nedbør relativt til årsmiddel av maksimal 2 døgns nedbør.

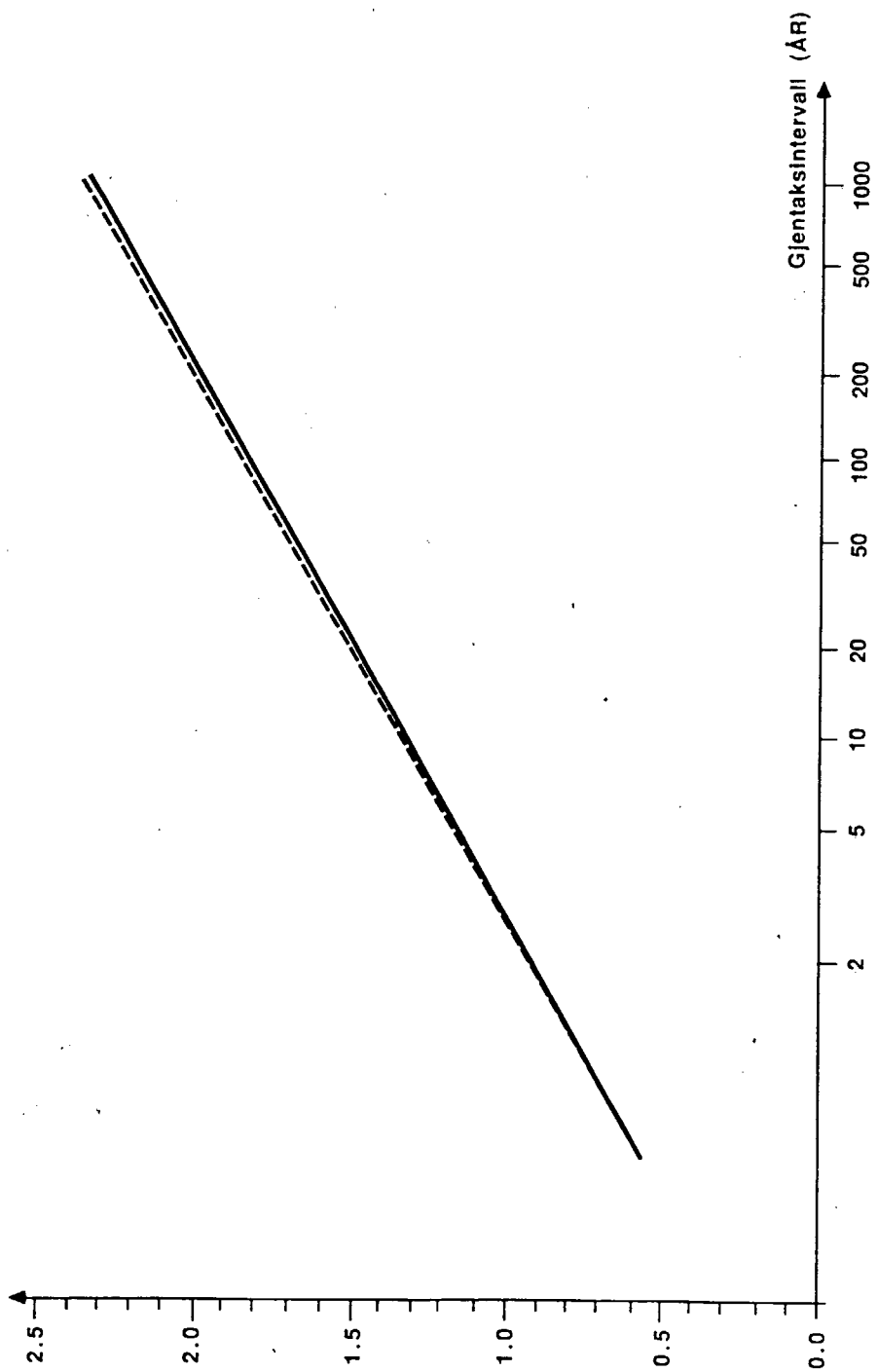
(—) Døgrmiddelflom relativt til middelfloppen.



Figur 33. Ekstremverdtanalyse (Gumbel) for nedbør og avløp for Losna.

(- - -) 2 døgns nedbør relativt til drsmiddel 2 døgns nedbør.

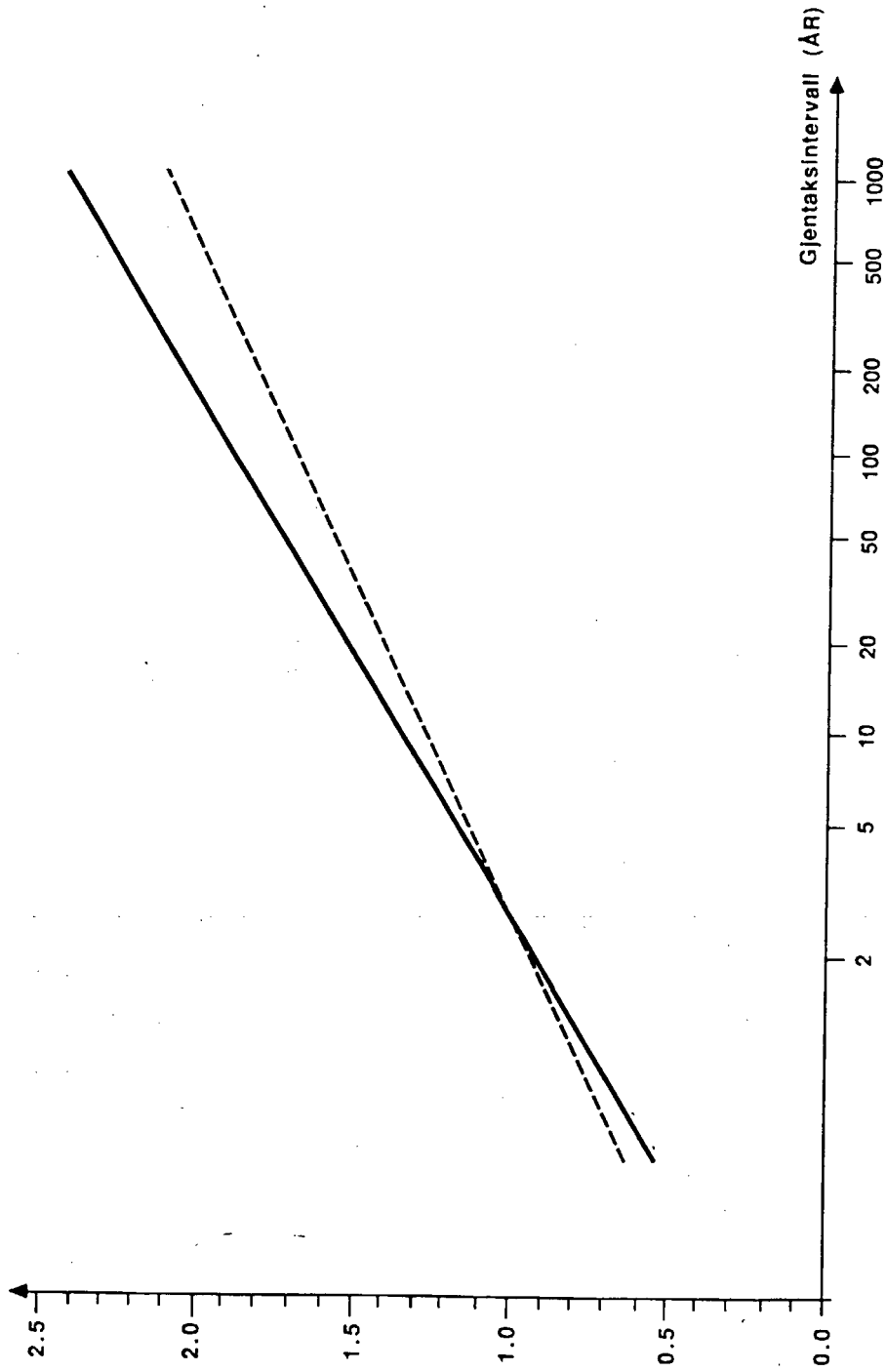
(—) Døgrniddelflom relativt til middelflommen.



Figur 34. Ekstremverdianalyse (Gumbel) for nedbør og avløp for Kirkevoll bru.

(- - -) 2 døgns nedbør relativt til årsmiddel av maksimal 2 døgns nedbør.

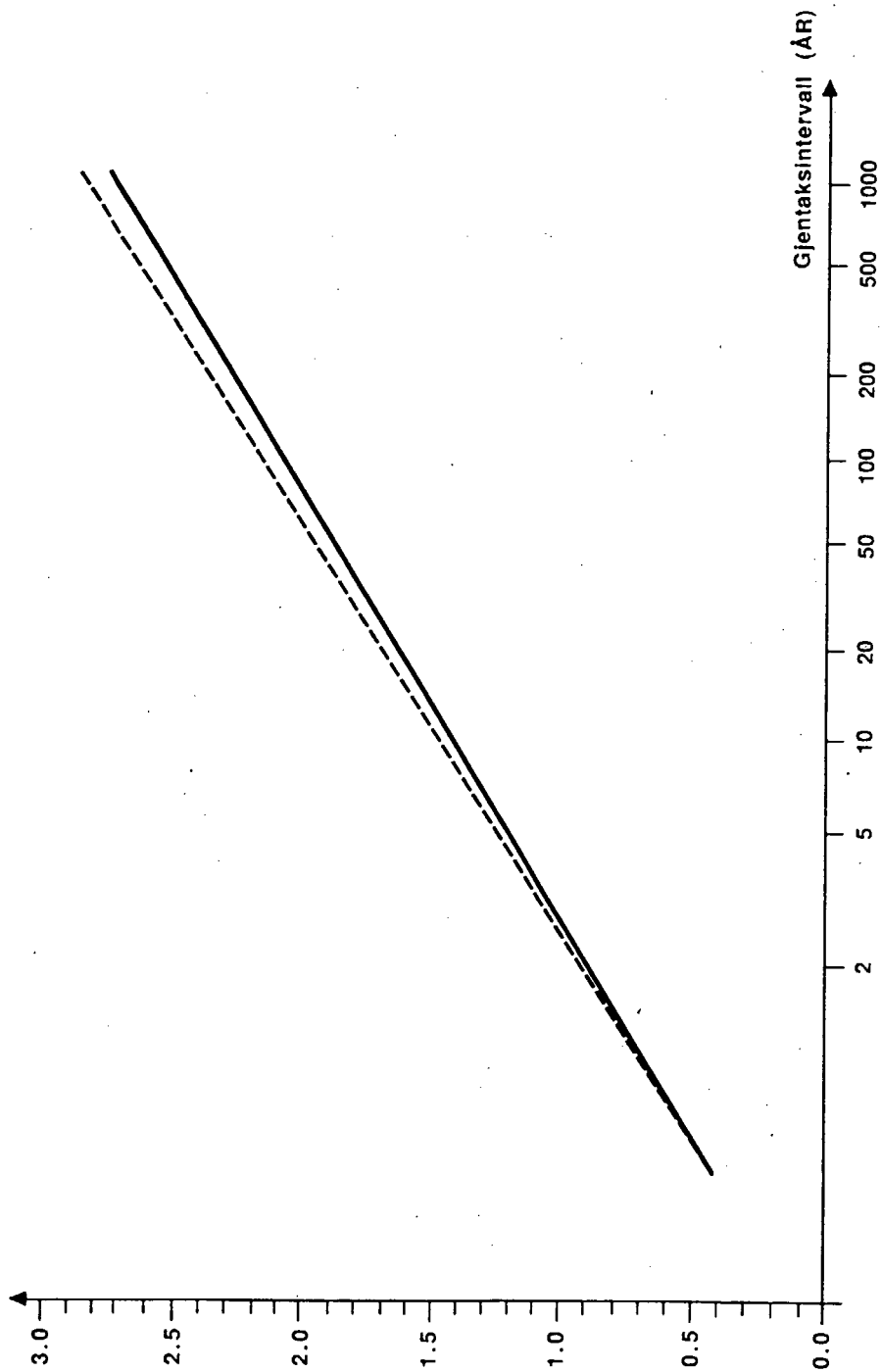
(—) Døgrmiddelflom relativt til middelflommen.



Figur 35. Ekstremverdianalyse (Gumbel) for nedbør og avløp for Bulken.

(- - -) 2 døgns nedbør relativt til årsmiddel av maksimal 2 døgns nedbør.

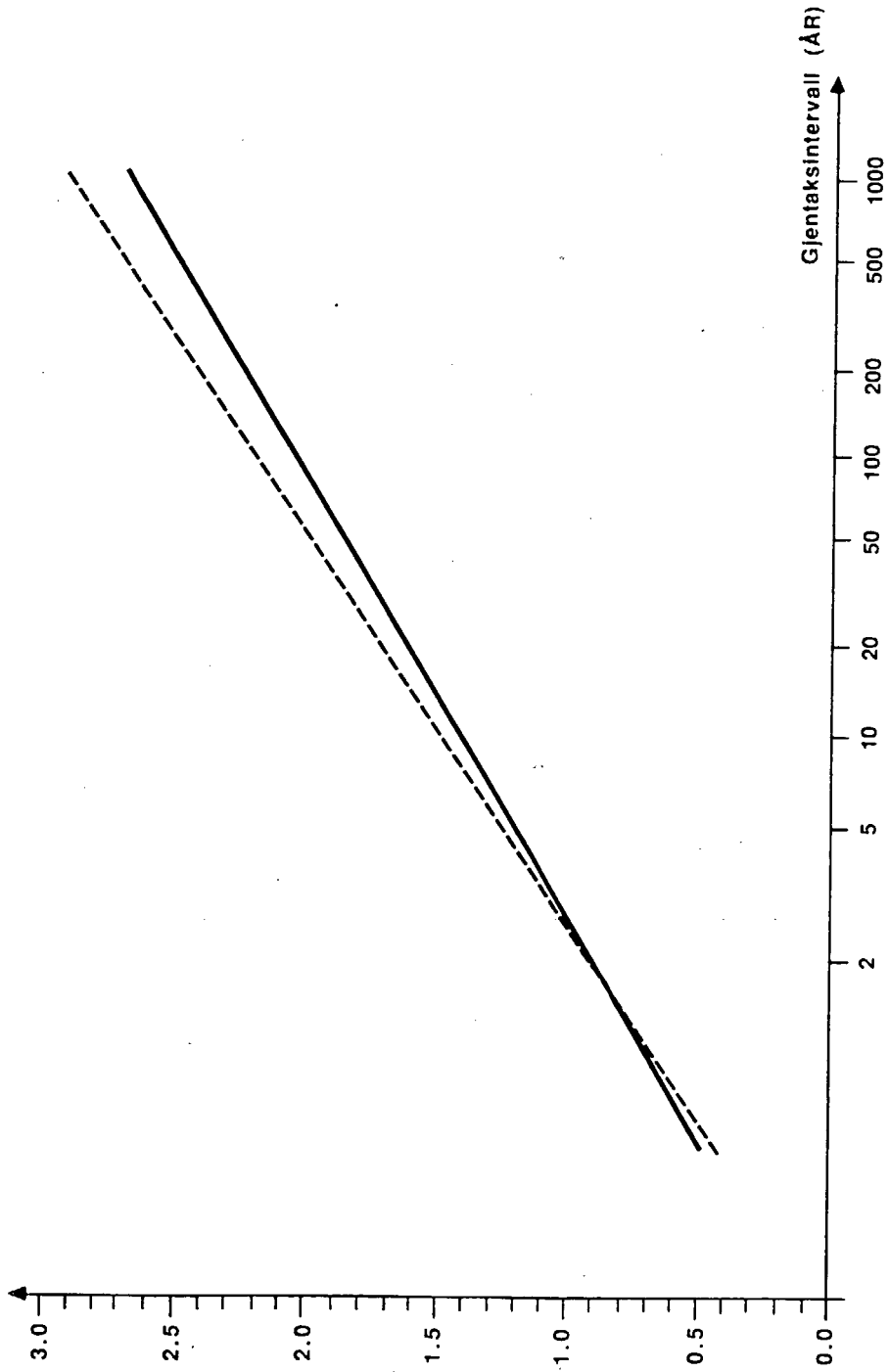
(—) Døgnmiddel­f­l­o­m relativt til middelflo­m­en.



Figur 36. Ekstremverdianalyse (Gumbel) for nedbør og avløp for Øyungen.

(- - -) 2 døgns nedbør relativt til årsmiddel av maksimal 2 døgns nedbør.

(—) Døgnmiddelplom relativt til middelplommen.



Figur 37. Ekstremverdianalyse (Gumbel) for nedbør og avløp for Nybergsund.

(- - -) 2 døgns nedbør relativt til årsmiddel av maksimal 2 døgns nedbør.

(—) Døgnmiddelflom relativt til middelflommen.

## 6. BEREGNING AV FLOM SOM SKYLDES 1000 ÅRS NEDBØR

Nedbør med varighet 1 - 4 døgn og gjentaksintervall 1000 år for sesongen 1. september - 31. desember er beregnet for nedbørfeltene Lalm, Møsvatn, Bulken, Øyungen og Nybergsund. Arealnedbør for de respektive felt er beregnet ved å multiplisere verdiene med en arealreduksjonsfaktor (Førland, 1984, 1987).

Ved beregning av nedbørfeltene respons på 1000 års nedbør er HBV-modellen benyttet. Inngangsverdiene til modellen er konstruerte nedbørepisoder som er symmetrisk fordelt i tid. I midten ligger en arealnedbørepisode med varighet 1 eller 2 døgn og gjentaksintervall 1000 år. Før og etter denne episoden legges ett døgn med nedbør, slik at den totale arealnedbørepisoden har varighet 3 eller 4 døgn og gjentaksintervall 1000 år. Siden nedbørverdiene som benyttes er representative for hele nedbørfeltene foretas ingen korreksjon i HBV-modellen. Punktkorreksjonen for nedbør, PKORR = 1, og høydegradienten for nedbør, HPKORR = 0. Parametrene i HBV-modellene er presentert i appendiks 3.

Initialtilstander for HBV-modellen har vært:

- snøbart felt
- mediant markvannsunderskudd pr 15. oktober
- karnivå lik terskelen til øvre sone
- 50 mm markvann (av liten betydning)

Fordampningen er satt til oktoberverdier (også av liten betydning) Temperaturene som er benyttet i simuleringene er positive for å unngå at nedbør akkumuleres som snø. Resultatene er presentert i tabellene 7 - 11.

Døgnmiddelavløpet som beregnes med HBV-modellen er sammenliknet med 1 døgn flommer med gjentaksintervall 1000 år. Data for høstsesongen 1.8. - 31.12. fra hele observasjonsperioden er benyttet i denne ekstremverdianalysen. I tabellene 7 - 11 er de beregnede verdiene for 1000 års flommene presentert.

For Lalm og Losna er det vanskelig å gjøre sikre frekvensanalyser for høstsesongen separat med de foreliggende estimeringsmetodene. Disse feltene er i praksis aldri snøfrie, og de fleste årene er det nokså moderate og jevnstore flommer rundt middelflommen, mens noen få enkeltår, som 1938, har dramatiske flommer. Dette gir voldsomme forskjeller i frekvensanalysen avhengig av hvilken fordeling og estimeringsmetode som benyttes. For sesongen 1.8 - 31.12 gir frekvensanalysen for Lalm estimater for 1000-år høstflom som varierer fra 910 m<sup>3</sup>/s (Gumbel) til 1900 m<sup>3</sup>/s (log Pearson), på basis av en middelflom på 367 m<sup>3</sup>/s. Dersom vi benytter regionkurvene i "Regional flomfrekvensanalyse" blir 1000 år høstflom estimert til 1540 m<sup>3</sup>/s. Det kan dermed se ut som om 1938-flommen (ca. 1300 m<sup>3</sup>/s) har et gjentaksintervall på rundt 1000 år som høstflom betraktet.

Breene i nedbørfeltet til Lalm innebærer at avløpssimuleringene må foretas med en HBV-modell med bremodul. En vanlig HBV-modell vil gi kontinuerlig snøakkumulasjon i de øverste delene av feltet. Bremodellen setter automatisk ned snømagasinet til maksimum 20 mm

ved slutten av smeltesesongen (det overskytende antas omdannet til bre). I dette meget høytliggende feltet starter snøakkumulasjonen allerede i begynnelsen av september. Snømagasinet nullstilles 10. september i modellen.

For Kirkevoll bru er det ikke tilpasset en HBV-modell. I stedet er HBV-modellen for Møsvatn benyttet. Responstiden til nedbørfeltet som drenerer til NVEs stasjon ved utløpet av Møsvatn er funnet ved å sammenlikne tidspunktene for kulminasjon av flommer ved Møsvatn og Kirkevoll bru, og ved å beregne krysskorrelasjonskoeffisienter mellom tilsigsserien 483-21 Møsvatn og nedbørdata fra DNMI's stasjoner i nedbørfeltet til Kirkevoll bru. Vi finner at responstiden til nedbørfeltet som drenerer til Møsvatn er lik responstiden til nedbørfeltet som drenerer til Kirkevoll bru, dvs. mellom 1 og 2 døgn.

Det er god overenstemmelse mellom de beregnete flommene og høstflom estimert ved frekvensanalyse. Når vi ser bort fra Lalm, der vi ikke har noe brukbart estimat på høstflommen, så ligger flom beregnet fra nedbør på fra 81 % (Bulken) til 88 % (Nybergsund) av flom beregnet med frekvensanalyse. Dette er innenfor den usikkerhet vi må regne med at vi har i estimat av 1000 års nedbør og flom.

Det ser altså ut til å være et visst systematisk avvik mellom flommene beregnet ved de to metodene. Man skal være forsiktig med å forsøke å forklare systematiske avvik ut fra fem beregninger av såpass usikre størrelser, men det kan likevel pekes på følgende momenter:

- \* HBV-modellen på døgnbasis er generelt tilpasset, uten spesiell omtanke for store flommer. Da er det lett å gi modellen for svak reaksjon, både ved grafisk tilpasning og ved tilpasning mot kvadratavvik. For alle feltene er overensstemmelsen mellom de to flomverdiene bedre for to-døgnsmidlet enn for ett døgn, noe som tyder på at modellene reagerer noe svakt. En endring av øvre tømme konstant i modellen for Bulken fra 0.3 til 0.45 retter opp avviket, både for ett og to døgn, uten vesentlige endringer av den generelle modelltilpasningen. En annen indikasjon på det samme er at tilsvarende beregninger med VHS flommodell normalt ikke viser systematiske avvik.
- \* For de fleste feltene er det betydelig orografisk nedbørforsterkning i høyereliggende områder. Etter som det foreligger få nedbørdata fra disse høytliggende områdene, er det mulig at de areale nedbørestimat undervurderer den orografiske effekt i disse feltene. Den orografiske nedbørforsterkning er særlig kraftig i nedbørfeltene Bulken (cfr. fig. 40) og Øyungen; dvs. for de to feltene med størst avvik i estimat av 1000 års flom.
- \* Øyungen er nok omtrent nedre grense i feltstørrelse for å anvende HBV-modellen på døgnverdier for flomberegninger. Modellens reaksjon på ekstreme nedbørmengder blir lett for svak i så små felt.

Tabell 7. LALM: Avløp som skyldes arealnedbør med varighet 3 og 4 døgn og gjentaksintervall 1000 år er beregnet med HBV-modellen.  
Markvannsunderskudd: 5 mm

1 døgns avløp med gjentaksintervall 1000 år (aug. - des.) : 910 m<sup>3</sup>/s (?)  
2 døgns avløp : 850 m<sup>3</sup>/s (?)

Nedbør over 3 døgn

| Dag nr. | Antatt temp.<br>Oppstryn (°C) | 1000 års arealnedbør<br>(mm) | Snøsmelting<br>(mm) | Avløp<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|---------|-------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1       | 15                            | 18                           | 0                   | 210                          |
| 2       | 15                            | 85                           | 0                   | 715                          |
| 3       | 15                            | 17                           | 0                   | 1000                         |
| 4       | 15                            | 0                            | 0                   | 850                          |
| 5       | 15                            | 0                            | 0                   | 660                          |

Nedbør over 4 døgn

| Dag nr. | Antatt temp.<br>Oppstryn (°C) | 1000 års arealnedbør<br>(mm) | Snøsmelting<br>(mm) | Avløp<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|---------|-------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1       | 15                            | 13                           | 0                   | 180                          |
| 2       | 15                            | 53                           | 0                   | 490                          |
| 3       | 15                            | 53                           | 0                   | 900                          |
| 4       | 15                            | 12                           | 0                   | 995                          |
| 5       | 15                            | 0                            | 0                   | 830                          |

Tabell 8. MØSVATN: Avløp som skyldes arealnedbør med varighet 3 og 4 døgn og gjentaksintervall 1000 år er beregnet med HBV-modellen.  
Markvannsunderskudd: 15 mm

1 døgn avløp med gjentaksintervall 1000 år (aug. - des.) : 645 m<sup>3</sup>/s  
2 døgn avløp : 565 m<sup>3</sup>/s

Nedbør over 3 døgn

| Dag nr. | Antatt temp.<br>Møsstrand (°C) | 1000 års arealnedbør<br>(mm) | Snøsmelting<br>(mm) | Avløp<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|---------|--------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1       | 10                             | 29                           | 0                   | 115                          |
| 2       | 10                             | 119                          | 0                   | 420                          |
| 3       | 10                             | 28                           | 0                   | 525                          |
| 4       | 10                             | 0                            | 0                   | 440                          |
| 5       | 10                             | 0                            | 0                   | 340                          |

Nedbør over 4 døgn

| Dag nr. | Antatt temp.<br>Møsstrand (°C) | 1000 års arealnedbør<br>(mm) | Snøsmelting<br>(mm) | Avløp<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|---------|--------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1       | 10                             | 26                           | 0                   | 105                          |
| 2       | 10                             | 77                           | 0                   | 300                          |
| 3       | 10                             | 77                           | 0                   | 515                          |
| 4       | 10                             | 25                           | 0                   | 550                          |
| 5       | 10                             | 0                            | 0                   | 455                          |

Tabell 9. BULKEN: Avløp som skyldes arealnedbør med varighet 3 og 4 døgn og gjentaksintervall 1000 år er beregnet med HBV-modellen. Markvannsunderskudd: 5 mm

1 døgn avløp med gjentaksintervall 1000 år (aug. - des.) : 800 m<sup>3</sup>/s  
 2 døgn avløp : 730 m<sup>3</sup>/s

Nedbør over 3 døgn

| Dag nr. | Antatt temp.<br>Reimegrend (°C) | 1000 års arealnedbør<br>(mm) | Snøsmelting<br>(mm) | Avløp<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|---------|---------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1       | 10                              | 44                           | 0                   | 115                          |
| 2       | 10                              | 156                          | 0                   | 410                          |
| 3       | 10                              | 44                           | 0                   | 630                          |
| 4       | 10                              | 0                            | 0                   | 540                          |
| 5       | 10                              | 0                            | 0                   | 400                          |

Nedbør over 4 døgn

| Dag nr. | Antatt temp.<br>Reimegrend (°C) | 1000 års arealnedbør<br>(mm) | Snøsmelting<br>(mm) | Avløp<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|---------|---------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1       | 10                              | 40                           | 0                   | 105                          |
| 2       | 10                              | 103                          | 0                   | 310                          |
| 3       | 10                              | 102                          | 0                   | 565                          |
| 4       | 10                              | 39                           | 0                   | 650                          |
| 5       | 10                              | 0                            | 0                   | 545                          |

Tabell 10. ØYUNGEN: Avløp som skyldes arealnedbør med varighet 3 og 4 døgn og gjentaksintervall 1000 år er beregnet med HBV-modellen. Markvannsunderskudd: 5 mm

1 døgn avløp med gjentaksintervall 1000 år (aug. - des.) : 275 m<sup>3</sup>/s  
 2 døgn avløp : 235 m<sup>3</sup>/s

Nedbør over 3 døgn

| Dag nr. | Antatt temp. Namdalseid (°C) | 1000 års arealnedbør (mm) | Snøsmelting (mm) | Avløp (m <sup>3</sup> /s) |
|---------|------------------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|
| 1       | 10                           | 40                        | 0                | 40                        |
| 2       | 10                           | 161                       | 0                | 165                       |
| 3       | 10                           | 45                        | 0                | 225                       |
| 4       | 10                           | 0                         | 0                | 140                       |
| 5       | 10                           | 0                         | 0                | 70                        |

Nedbør over 4 døgn

| Dag nr. | Antatt temp. Namdalseid (°C) | 1000 års arealnedbør (mm) | Snøsmelting (mm) | Avløp (m <sup>3</sup> /s) |
|---------|------------------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|
| 1       | 10                           | 38                        | 0                | 35                        |
| 2       | 10                           | 106                       | 0                | 115                       |
| 3       | 10                           | 106                       | 0                | 205                       |
| 4       | 10                           | 38                        | 0                | 205                       |
| 5       | 10                           | 0                         | 0                | 125                       |

Tabell 11. NYBERGSUND: Avløp som skyldes arealnedbør med varighet 3 og 4 døgn og gjentaksintervall 1000 år er beregnet med HBV-modellen. Markvannsunderskudd: 25 mm

1 døgns avløp med gjentaksintervall 1000 år (aug. - des.) : 565 m<sup>3</sup>/s  
 2 døgns avløp : 480 m<sup>3</sup>/s

Nedbør over 3 døgn

| Dag nr. | Antatt temp.<br>Drevsjø (°C) | 1000 års arealnedbør<br>(mm) | Snøsmelting<br>(mm) | Avløp<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|---------|------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1       | 10                           | 15                           | 0                   | 105                          |
| 2       | 10                           | 81                           | 0                   | 305                          |
| 3       | 10                           | 15                           | 0                   | 475                          |
| 4       | 10                           | 0                            | 0                   | 435                          |
| 5       | 10                           | 0                            | 0                   | 360                          |

Nedbør over 4 døgn

| Dag nr. | Antatt temp.<br>Drevsjø (°C) | 1000 års arealnedbør<br>(mm) | Snøsmelting<br>(mm) | Avløp<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|---------|------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| 1       | 10                           | 13                           | 0                   | 100                          |
| 2       | 10                           | 50                           | 0                   | 220                          |
| 3       | 10                           | 50                           | 0                   | 420                          |
| 4       | 10                           | 13                           | 0                   | 500                          |
| 5       | 10                           | 0                            | 0                   | 450                          |

## 7. NEDBØRFORLØP UNDER STOR-OFSEN

Flommen på Østlandet i juli 1789, Stor-Ofsen, skyldtes snøsmelting og store nedbørmengder 21. og 22. juli. Mest nedbør falt 22. juli. Kulminasjonsvannføringen ved Lalm er estimert til ca. 1700 m<sup>3</sup>/s den 23. juli av Søgne (1942). Denne verdien er basert på kjennskap til høyeste vannstand under Stor-Ofsen, og er svært usikker siden vassdragsprofilen under flommen ikke er kjent. HBV-modellen for nedbørfeltet til Lalm er brukt til å rekonstruere temperatur- og nedbørforløp i dagene før og under Stor-Ofsen. Siden HBV-modellen som er benyttet regner med døgnmidler av størrelsene som inngår er største døgnmiddelvannføring antatt å være 1650 m<sup>3</sup>/s, dvs. noe lavere enn kulminasjonsvannføringen. Nedbør med varighet 2 og 4 døgn er benyttet.

Værkart for Europa 10. - 24. juli 1789 er utarbeidet ved University of East Anglia, England (Østmoe, 1985). Ved hjelp av disse er det mulig å rekonstruere de meteorologiske forhold over Østlandet i juli 1789. Uværet skyldtes et lavtrykk som den 17. juli lå over Polen. I de følgende dager intensiverte lavtrykket seg kraftig, samtidig som det beveget seg mot nordvest. Mellom dette lavtrykket og et høytrykk over Finland strømmet varm og fuktig luft inn mot sørøst-Norge. Om kvelden den 20. juli nådde lavtrykkets nedbørområde Østlandet. 21. og 22. juli var det tordenvær og kraftig nedbør. De største nedbørmengdene kom 22. juli. Dagen etter var nedbøren mindre intens, og om kvelden 23. juli ble det oppholdsvær som varte resten av måneden. Det hadde vært en del nedbør over Østlandet også i uken før Stor-Ofsen, slik at markvannsunderskuddet var lavt da nedbøren satte inn den 20. juli.

For å rekonstruere de hydrologiske og meteorologiske forhold under Stor-Ofsen har vi benyttet HBV-modellen med bre (se kapittel 6). Siden snøsmelting antas å ha bidratt til flommen trenger vi et estimat av snømagasinet i feltet ved flommens start. Vi har benyttet det største snømagasinet på denne tid av året etter 1957; det opptrådte i 1967. Den 20. juli 1967 var snømagasinet i følge modellsimuleringene på 220 mm (fordelt over hele feltet). Snøen lå fra ca. 1000 m o.h., med 20 % snødekke i 1000 m, 50 % i 1500 m og 98 % i 2000 m.

Feltet var nokså mettet i 1967, med et markvannsunderskudd på 5 mm 20. juli.

Som temperaturserie har vi benyttet døgnmiddeltemperatur på 20 °C på Oppstryn 20 og 21. juli, 15 °C videre. Dette gir en total snøsmelting på 50 - 60 mm (fordelt over hele feltet) for perioden 20. til 23. juli. For å få døgnmiddelvassføringen opp i 1650 m<sup>3</sup>/s viser modellsimuleringene at vi trenger en arealnedbør på ytterligere 150 mm i samme periode. På grunn av reaksjonstiden i feltet er det av liten betydning om den kommer over en, to, tre eller fire dager. Vi har gjort simuleringer for nedbøren fordelt over to og fire døgn, disse er gjengitt i tabell 12.

Med samme nedbørkorreksjoner som ellers er benyttet i simuleringene for Lalm, svarer 150 mm arealnedbør til en observert nedbør på 115 mm, som middel av stasjonene 5870 Oppstryn og 1471 Grov. For fire døgn er dette nedbør med gjentaksinterval i overkant av 1000 år,

for to døgn betydelig over. Nedbøren er noe høyere enn hva som ble observert under 1938-flommen.

Tabell 12. Rekonstruksjon av temperatur, nedbør, snøsmelting og avløp for Lalm under Stor-Ofsen i dagene 20. juli til 26. juli 1789. Beregningene er utført med HBV-modellen.

| Nedbør over 2 døgn |                            |                                   |                  |                  |                           |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| Dato               | Antatt temp. Oppstryn (°C) | Antatt nedbør Oppstryn, Grov (mm) | Arealnedbør (mm) | Snøsmelting (mm) | Avløp (m <sup>3</sup> /s) |
| 20.7.              | 20                         | 0                                 | 0                | 11               | 455                       |
| 21.7.              | 20                         | 48                                | 58               | 23               | 855                       |
| 22.7.              | 15                         | 70                                | 90               | 7                | 1574                      |
| 23.7.              | 15                         | 0                                 | 0                | 3                | 1648                      |
| 24.7.              | 15                         | 0                                 | 0                | 4                | 1314                      |
| 25.7.              | 15                         | 0                                 | 0                | 4                | 1059                      |
| 26.7.              | 15                         | 0                                 | 0                | 4                | 858                       |
| Nedbør over 4 døgn |                            |                                   |                  |                  |                           |
| Dato               | Antatt temp. Oppstryn (°C) | Antatt nedbør Oppstryn, Grov (mm) | Arealnedbør (mm) | Snøsmelting (mm) | Avløp (m <sup>3</sup> /s) |
| 20.7.              | 20                         | 20                                | 26               | 24               | 658                       |
| 21.7.              | 20                         | 33                                | 43               | 21               | 1057                      |
| 22.7.              | 15                         | 60                                | 77               | 7                | 1570                      |
| 23.7.              | 15                         | 5                                 | 6                | 8                | 1647                      |
| 24.7.              | 15                         | 0                                 | 0                | 3                | 1358                      |
| 25.7.              | 15                         | 0                                 | 0                | 4                | 1084                      |
| 26.7.              | 15                         | 0                                 | 0                | 4                | 873                       |

Vannføringen ved Lalm under Stor-Ofsen har gjentaksintervall på knapt 1000 år, og tilsvarende altså omtrent dimensjonerende flom. Dersom vi med samme initialtilstand simulerer vassføringen fra påregnelig maksimal sommernedbør over tre døgn; 225 mm, fordelt i tid som 30, 165 og 30 mm, får vi en vassføring på knapt 2300 m<sup>3</sup>/s. Dette vil være nokså nær påregnelig maksimal flom for en sommer/høstsituasjon for Lalm, for selv om nedbøren kan være noe høyere om høsten kompenseres dette ved mindre snøsmelting. "Observert" avløp ved Lalm under Stor-Ofsen ser dermed ut til å ha vært av størrelseorden 70 % av PMF.

## 8. EPISODEN 30. AUGUST - 1. SEPTEMBER 1938

Nedbørepisoden 30.8. - 1.9.1938 er en av de største 1 - 3 døgns nedbørepisoder som har forekommet over Østlandet i dette århundret. Denne episoden førte til flom både i Møsvatn-området, ved Losna og ved Lalm.

Værsituasjonen var på samme måte som under Stor-Ofsen dominert av et kraftig høytrykk over Finland og Nord-Russland, som dirigerte varm og fuktig luft fra sørøst inn mot Sør-Norge. Over Østlandet dannet det seg et lavtrykks-tråg; med en okkludert front fra Telemark og nordover mot Møre og Romsdal. Denne fronten beveget seg lite i dagene 30.8. og 31.8. Den kvasistasjonære fronten dannet et markert skille mellom den varme, fuktige luften fra sørøst og kjølig luft fra Norskehavet, og førte til intens nedbørutløsning. I tillegg til nedbør pga. fronten og tråget, ble det flere steder kraftig orografisk nedbørforsterkning.

Figur 38 viser fordelingen av 1 døgns nedbør målt kl. 8 hhv. 30.8., 31.8. og 1.9. Den 30.8. var det kraftig nedbør langs fronten, med et stort område langs en nord-sør akse med døgnedbør på over 40 mm. Høyeste døgnedbør hadde 3141 Rjukan med 80 mm, men en rekke stasjoner hadde over 60 mm. Nedbøren avtok raskt mot nord og øst, stasjonene 2892 Veggli, 3080 Tinnoset og 3088 Busnesgrend som ligger 2 - 3 mil øst for Rjukan hadde alle under 20 mm nedbør.

I nedbørdøgnet 31.8. var det fremdeles høy nedbør langs samme N-S akse som den 30.8., men nedbøren var nå kraftig intensivert både lenger mot sør (3610 Østre Moland 72 mm) og nordover mot Romsdal (6320 Dalen i Sunndal og 6340 Sunndalsøra begge med 58 mm). Høyeste døgnedbør hadde 3709 Høgefoss med 97 mm og 3141 Rjukan med 96 mm, men det fremgår av figur 38 at et stort område hadde over 60 mm. Den skarpe gradienten mot øst vedvarte: mens 3709 Høgefoss hadde 97 mm, hadde 3412 Jomfruland og 3037 Bestul i Gjerpen som ligger 6 mil lenger øst hhv. 3 og 4 mm nedbør.

Den 1.9. var det vesentlig mindre nedbør i sørvestlige deler av området (Rjukan hadde 36 mm), mesteparten av nedbøren falt langs en akse fra Sperillen mot Åndalsnes. Høyeste døgnedbør hadde 1380 Sikkilsdal med 95 mm og 1310 Vestre Gausdal med 86 mm, men også dette døgnet hadde store områder døgnedbør på over 60 mm. Et interessant trekk er at aksene for høyeste nedbør lå parallelt med vassdragene i norvestlige del av Østlandet, slik at arealnedbøren i nedbørfeltene ble meget høy.

Figur 39 viser 3 døgns nedbør 30.8. - 1.9. Det fremgår at store områder i den vestlige delen av Østlandet fikk over 100 mm i løpet av disse 3 døgnene, fra 3845 Herefoss i sør til 6185 Eikesdal i nord. Nedbørsummen for de fem stasjonene med høyest 3 døgnssum er gjengitt i tabell 13, sammen med påregnelige verdier for ulike gjentaksintervall. I tabellen er det også tatt med data fra 1506 Lom, som har normal årsnedbør på 294 mm, og som på tre døgn i 1938 fikk 111 mm. De påregnelige verdiene er basert på data for perioden 1957 - 1988, og til sammenlikning med verdiene fra 1938 er også høyeste målte verdi i denne perioden gjengitt. Det fremgår at 3 døgns summen 30.8. - 1.9.1938 for de fleste stasjonene er mer enn dobbelt så høy som høyeste målte verdi i perioden 1957 - 1988. For

flere av stasjonene var 3 døgns summen vesentlig høyere enn påregnelig 1000 års verdi, og utgjorde opp til 70 % av påregnelig maksimal 3 døgns nedbør.

Tidsfordelingen av nedbør 27.8. - 2.9.1938 er gjengitt lengst til venstre i figur 39. Det fremgår at mesteparten av nedbøren 30.8. - 1.9. falt i løpet av to nedbørdøgn, 30.8. - 31.8. i sør, og 31.8. - 1.9. i nord.

Tabell 13. Observerte og påregnelige nedbørverdier.

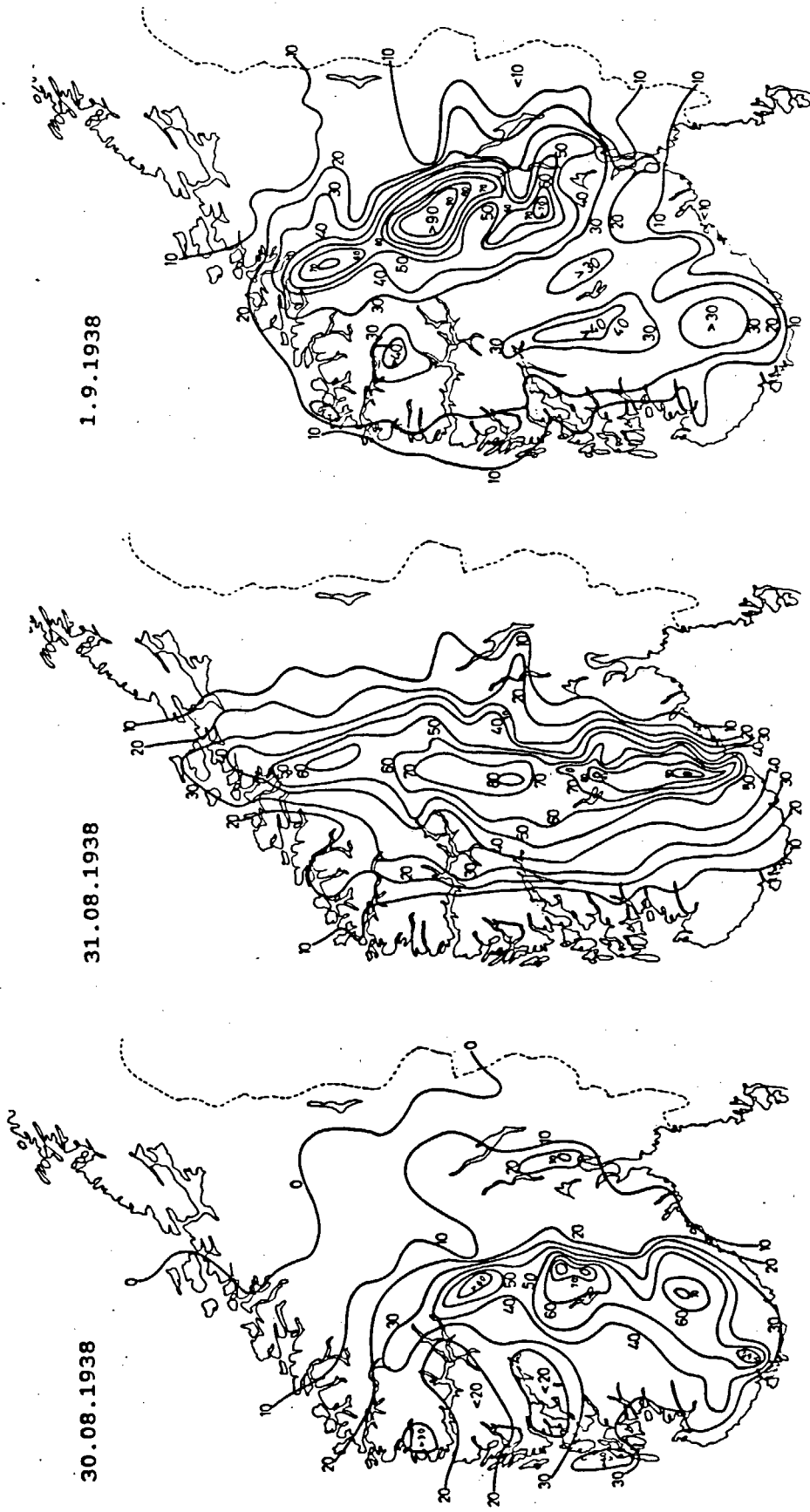
|                   | Observerte<br>aug. - sep. 1938. |       |      |       | Påregnelige<br>3 døgns verdier.<br>Gjentakstid (år) |     |      |     | Maks.obs.<br>3 døgns<br>nedbør<br>1957-1988 |
|-------------------|---------------------------------|-------|------|-------|-----------------------------------------------------|-----|------|-----|---------------------------------------------|
|                   | 30.8.                           | 31.8. | 1.9. | sum   | 10                                                  | 100 | 1000 | PMP |                                             |
| 3141 Rjukan       | 79.7                            | 95.9  | 35.5 | 211.1 | 101                                                 | 142 | 187  | 308 | 105.5                                       |
| 3110 Tessungdalen | 83.9                            | 79.2  | 19.1 | 182.2 | 100                                                 | 146 | 194  | 301 | 111.4                                       |
| 2508 Hemsedal     | 63.8                            | 67.6  | 48.4 | 179.8 | 84                                                  | 119 | 156  | 279 | 95.9                                        |
| 3150 Frøystul     | 64.3                            | 78.3  | 26.7 | 169.3 | 97                                                  | 137 | 180  | 301 | 103.9                                       |
| 3709 Høgefoss     | 59.2                            | 97.0  | 8.2  | 164.4 | 113                                                 | 159 | 207  | 323 | 130.7                                       |
| 1506 Lom          | 8.7                             | 54.0  | 48.5 | 111.2 | 42                                                  | 60  | 78   | 194 | 48.8                                        |

Nedbørsituasjonen ga en betydelig flom over store områder i de østre deler av Langfjellene, i felt som man ellers ville regnet som utpregete vårflomområder. Ved Lalm har flommen et gjentaksintervall på omtrent 100 år, og den ser ut til å ha hatt sitt maksimum i den østre delen av Jotunheimen, med 200 år gjentaksintervall i Vinstra (Bygdin) og Øystre Slidre (Øyangshølen). Nord- og sørover avtar flommen, i øvre del av Lågen (Rosten) har den et gjentaksintervall på ca 20 år, og nedover Hardangervidda har den et gjentaksintervall på under 10 år, mens den har et nytt maksimum i Telemark, med 10 til 20 års gjentaksintervall (Møsvatn, Kirkevoll bru, Seljordvatn; 50 års gjentaksintervall i Hjartdøla).

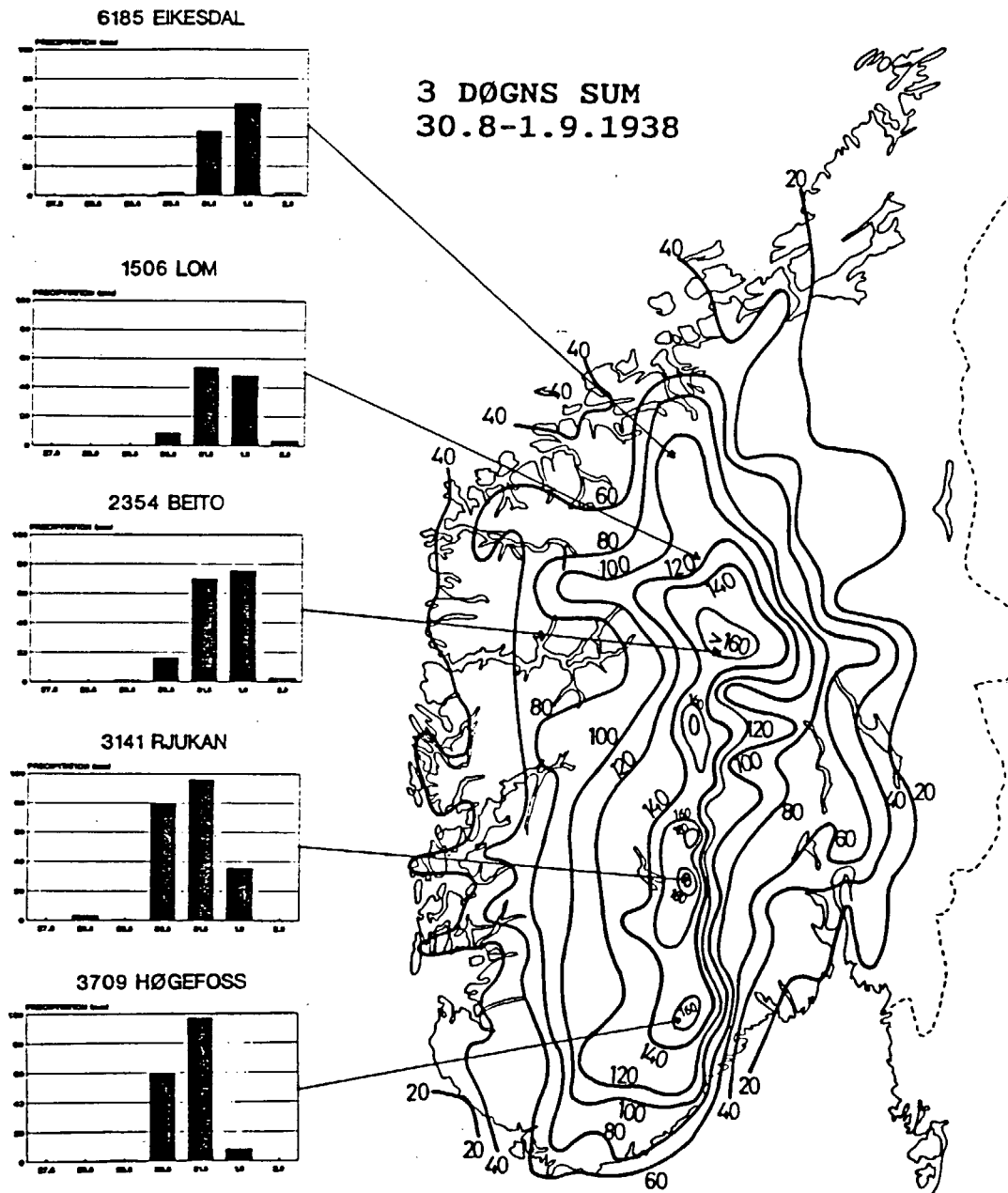
At flommen ikke ble ennå større skyldes nok at august 1938 var svært tørr fram til den aktuelle situasjonen, noe som dempet avløpet en god del i felt med løsavsetninger av betydning.

Som et kuriosum kan nevnes at en gruppe på ca. 15 studenter (deriblant noen vordende meteorologer) var på ekskursjon i Jotunheimen i månedskiftet august/september 1938. Ifølge tidligere fagsjef Petter Dannevig, DNMI (pers. medd.) ble studentene liggende værfaste på Spiterstulen fordi flommen tok broene nedover dalføret, bl.a. én like ved hytten. De nådde derfor ikke ned til immatrikulering i Oslo. I stedet ble de immatrikulert på Spiterstulen av professor Werenskiold, som for andledning var iført regnkappe og benyttet en kjede av curonnebrikker med en kubjelle nederst som insignia. En isøks ble brukt som scepter. Studentene var iført "studenterluer" i form av sydvester med dusker av barberkoster. Immatrikuleringen bød visstnok på mange underholdende innslag,

tilpasset det høye nivå studentene ifølge Werenskiold befant seg på. Da uværet ga seg måtte tilbaketuren gå via Galdhøpiggen til Røysheim. (Flommen er utførlig beskrevet i en hovedfagsoppgave av Bertha Eeg, 1941.)



Figur 38. Nedbørfordeling (mm) 30.8. - 1.9.1938.



Figur 39. 3 døgns nedbør 30.8. - 1.9.1938.  
Diagrammet til venstre viser døgnlige nedbørverdier  
(målt kl. 8) for døgnene 27.8. - 2.9.1938.

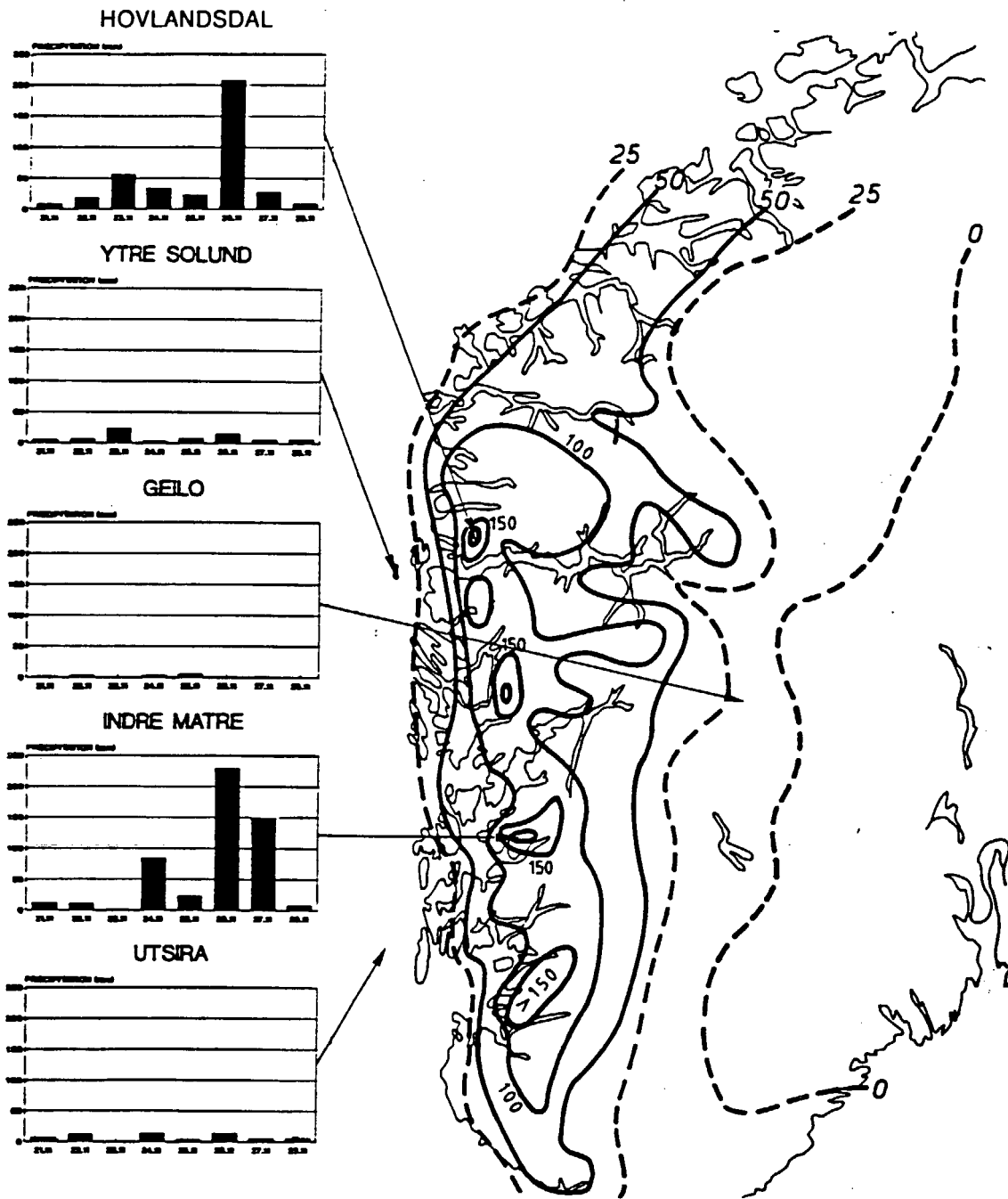
## 9. EPISODEN 25. - 27. NOVEMBER 1940

Den 26. og 27. november 1940 ble det målt hhv. 229.6 mm og 149.3 mm ved Indre Matre i Sunnhordland. Regnmåleren rant over den 26.11., slik at den reelle nedbørverdien var noe over 230 mm. Både 1 døgnverdien og 2 døgnverdien (på 378.9 mm) er de høyeste som er målt i Norge. Også i nedbørfeltet til Bulken er dette den største 1 - 3 døgn nedbørepisode i dette århundret.

Værsituasjonen i Nord-Europa var dominert av et kraftig høytrykk over Kontinentet. Dette dirigerte mild og fuktig luft fra sørvest inn mot Vest-Norge. Sørlige del av Vestlandet lå i varmesektoren like sør for polarfronten i mesteparten av episoden, mens det nord for fronten strømmet inn kjølig luft fra nordvest. Det var kraftig pålandsvind i hele perioden, og løftingen av de milde og fuktige luftmassene over fjellene på Vestlandet førte til intens orografisk nedbørutløsning.

Figur 40 viser at mens kyststasjoner som Utsira og Ytre Solund fikk ca. 15 mm den 26.11., fikk Indre Matre og Hovlandsdal, som begge ligger ca 4 - 5 mil lenger øst, mer enn 200 mm nedbør. Øst for Langfjellene var det lite nedbør (Geilo ca. 15 mm).

I maksimalsonen ga situasjonen flommer med gjentaksintervall på rundt 100 år fra Ryfylke til Sunnfjord. De største var i Ulla (Hauge bru), gjentaksintervall 500 år, og i Etneelv (Stordalsvatn). I Etneelv kulminerte flommen om natten,; klokka 7 om morgenen var vassføringen knapt 250 m<sup>3</sup>/s, fra det 129 km<sup>2</sup> store feltet svarer dette til 2000 l/s km<sup>2</sup>. Døgnavlesning kl 12 på 240 m<sup>3</sup>/s ligger nok over døgnmidlet, men selv om vi reduserer verdien med 40 m<sup>3</sup>/s, til 200 m<sup>3</sup>/s, som en antatt døgnverdi, får likevel flommen et gjentaksintervall på ca 2000 år.



Figur 40. 1 døgns nedbør (mm) 26.11.1940.  
Diagrammet til venstre viser døgnlige nedbørverdier  
(målt kl. 8) for døgnene 21.11. - 28.11.1938.

## 10. KONKLUSJON

I de undersøkte nedbørfeltene finnes det flere eksempler på at de største nedbørepisodene fører til store flommer. Den innbyrdes rangering er imidlertid ulik, men forskjellen mellom verdiene er ofte liten slik at dette ikke må tillegges for stor betydning. Samsvaret mellom nedbør og avløp varierer med det hydrologiske regimet nedbørfeltet ligger i.

For feltene som ligger i fjellregimet på Østlandet domineres avløpet av smelteflommer. Både Lalm, Losna, Kirkevoll bru og Nybergsund har flest store flommer om våren og på sommeren. I de fleste tilfeller har nedbør bidratt til å øke størrelsen på flommene. Det er likevel nedbørepisoden i 1938 som forårsaket den største flommen ved Lalm og Losna, og en av de største flommene ved Kirkevoll bru. Ved Kirkevoll bru førte også nedbørepisoden i 1934 til stort avløp, og den største registrerte flommen, i 1927, skyldes også store nedbørmengder, riktig nok i snøsmelteperioden.

I disse nedbørfeltene faller mye av nedbøren på høsten og akkumuleres helt eller delvis i snømagasinet. Flere av de 20 største nedbørepisodene har likevel ført til flommer ved Losna og Kirkevoll bru, men som regel er de mye mindre enn smelteflommene. Ved Lalm finner de største nedbørepisodene sted så sent på året at nedbøren faller som snø. For Nybergsunds nedbørfelt er magasineringsevnen så stor at regnflommenes volum er mye mindre enn volumet av nedbøren.

Bulken ligger også i fjellregimet, men her er forholdene mer kompliserte. Store flommer finner sted både om våren og på forsommeren, og på høsten og tidlig på vinteren. Nedbøren kan falle som regn eller snø store deler av året, og snøsmelting kan inntreffe til alle tider. De fleste av de største nedbørepisodene førte til flom, og i mange tilfeller bidro snøsmelting til avløpet. I 6 av 20 tilfeller er det samsvar mellom de største nedbørepisodene og flommene.

I Øyungens nedbørfelt finner de fleste nedbørepisoder og flommer sted på høsten og vinteren. Samsvaret mellom de største nedbørepisodene og de største flommene er bra, i halvparten av tilfellene er en av de 20 største flommene forårsaket av en av de 20 største nedbørepisodene. Nedbør og snøsmelting bidrar ofte sammen til store flommer.

Volumet av nedbør og avløp stemmer ofte bra overens når nedbørepisodene finner sted i en periode med lite markvannsunderskudd og temperatur over frysepunktet. Gjentakintervallene for nedbør og avløp stemmer også, hvis ekstremverdianalysen for avløpet baseres på høstsesongen når regnflommer dominerer. Benyttes avløpsdata fra hele året fører smelteflommene til at størrelsen på flommer med høyt gjentakintervall øker. Dermed blir gjentakintervallene for flommene mindre enn gjentakintervallene for nedbørepisodene, selv om volumet stemmer. I de tilfellene nedbøren ikke har generert et tilsvarende stort avløp skyldes det at den er magasinert i feltet.

Det er nesten overraskende godt samsvar mellom flomfrekvensanalysene for nedbør og avløp. At det finnes en sammenheng mellom

nedbør- og avløpsstatistikken er ikke overraskende; det utnyttes f.eks i urban hydrologi, og det er i samsvar med antakelsen som ligger til grunn for den franske flomberegningsmetoden (GRADEX; Duband m.fl., 1988); som er at stigningsforholdet for frekvenskurvene for avløp kan hentes fra analyser av nedbør. At overensstemmelsen er så god i blandete smelteflom/regnflom regimer må likevel sies å være uventet.

Den klare sammenhengen mellom frekvenskurvene indikerer at de lokale feltforholdene spiller mindre rolle for stigningsforholdet til flomfrekvenskurven; disse forholdene vil først og fremst ha innflytelse på middelflommen. Ut fra dette kan en også anta at stigningsforholdet vil vise et regionalt mønster, noe som er i samsvar med tidligere norske flomanalyser (Wingård m.fl., 1978) og internasjonale (NERC, 1976).

Rent praktisk betyr dette at man ved dårlig dataunderlag i beregningen av dimensjonerende flom og andre store flommer kan støtte seg på regionale analyser som angitt i de norske retningslinjene for flomberegninger (Lundquist m.fl., 1986), og ikke minst på nedbøranalyser; spesialanalyser for det aktuelle området og landsomfattende analyser som i DNMI's rapporter (f.eks Førland & Iden, 1984).

Flommer beregnet ved hjelp av HBV-modell på basis av 1000 års nedbør, uten snøsmelting eller snøakkumulasjon, viser god overensstemmelse med 1000 års høstflom, beregnet med flomfrekvensanalyse. Dette er i samsvar med resultatene fra flomberegninger gjort ved Hydrologisk avdeling, f.eks for Holsvassdraget, som viser meget god overensstemmelse mellom de to metodene (Pettersson, 1988a). Dette tyder på at de metoder som benyttes ved DNMI og NVE for beregning av ekstrem nedbør og flom gir realistiske og konsistente estimater.

Å sammenligne dimensjonerende flom beregnet med flomfrekvensanalyse med flom beregnet med hydrologisk modell på grunnlag av nedbør med 1000 års gjentakintervall, noe som i dag i stor grad blir gjort ved flomberegninger ved Hydrologisk avdeling, gir en god uavhengig kontroll av resultatene. For felt der vårflommen dominerer over høstflom kan imidlertid en slik beregning, uten snøsmelting, gi for lave verdier.

I denne undersøkelsen er det benyttet full HBV-modell med tidsskritt ett døgn. Når denne benyttes til flomberegninger må man passe på at reaksjonen på store flommer blir god nok.

Selv om nedbør- og avløpsanalysene som er gjort i denne undersøkelsen støtter hverandre, garanterer ikke dette at de beregnede 1000 års flommer virkelig har et "ekte" gjentakintervall på 1000 år. Dette er avhengig av at de virkelig ekstreme flommene tilhører samme statistiske fordeling som de mer vanlig forekommende flommene, og at denne fordelingen er riktig beskrevet i våre analyser. Denne undersøkelsen tyder på at store flommer opptrer ved en kombinasjon av ugunstige faktorer mer enn som resultat av "katastrofale" enkeltfaktorer. Slik sett skulle de ekstreme flommene kunne ekstrapoleres ut fra en vanlig tidsserie av rimelig lengde. Det er imidlertid vel verdt å merke seg at selv i et så klart "vårflomregime" som i

Otta og den østre delen av Jotunheimen er den største observerte flommen en regnflom om høsten (1938-flommen). For alle feltene bortsett fra Nybergsund er de største flommene forårsaket av ekstrem nedbør. Nybergsund er i denne sammenhengen nokså spesiell pga. den store dempingen i Femunden, som fører til at det skal en meget langvarig nedbør/snøsmelting til for å bygge opp flomavløp fra den øvre halvparten av feltet.

I det materialet som er undersøkt har vi to flommer med gjentakintervall på ca 1000 år; Stor-Ofsen i Lågen og 1927-flommen i Tinnsjø-feltet. Sannsynligvis gjelder det samme for 1940-flommen i Etneelv.

De beregnete markvannsunderskudd viser at for vårflommer og for høstflommer i vestlige felt er det liten grunn til å spesifisere annet enn mettet felt ved beregning av påregnelig maksimal flom. Markvannsunderskuddet blir svært lite sammenlignet med de nedbør- og snøsmeltingsmengder det er tale om. For høstflommer på Østlandet, i Telemark og indre strøk av Finnmark er forholdet noe annet; markvannsunderskuddet kan her være 10 til 20 mm selv i de fuktigste årene, og kan dermed ha en merkbar innflytelse på beregnet flom.

Simuleringen av snømagasin viser at for større felt, og særlig for felt med store høydeforskjeller, kan det være urimelig å anta et snømagasin som varer flommen gjennom og som dekker hele feltet ved simulering av høstflom. For Lalm f.eks., vil stabile vinterforhold ha inntrådt i de øvre delene av feltet før det finnes snø i de lavere. Simuleringene i denne undersøkelsen kan gi visse pekepinner for hvilke snømengder man kan regne med til de forskjellige tider av året, men det er verdt å merke seg at disse snømengdene er sterkt avhengig av høydeforholdene i feltet, og derfor ikke uten videre kan anvendes for nabofelter eller delfelt. Det er heller ikke angitt hvor stor snødekningsgrad man kan regne med. Ved hjelp av HBV-modellen er det imidlertid enkelt å gjøre slike analyser for andre felt, eller for spesifikke høydenivå innen et område eller en region.

**SLUTTORD**

En hjertelig takk til følgende personer for deres bidrag:

Brita Ullestad, DNMI, har gjort en stor innsats med å tilrettelegge nedbørdata for episoden i 1938.

Åse Wenche Lunde, NVE, har hjulpet til med å rentegne figurer.

Dan Lundquist og Lars-Evan Pettersson, begge NVE, har lest manuskriptet og bidratt med forslag til forbedringer.

## REFERANSER:

- Duband, D., C. Michel, H. Garros, J. Astier, 1988:  
Evaluation des crues extrêmes et de la crue de projet par la méthode du GRADEX. Int. Comm. on Large Dams, 16. kongress, San Francisco. Q63, R60. (I fransk og engelsk versjon).
- Brandt, M., S. Bergström, M. Gardelin, G. Lindström, 1987:  
Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd. SMHI hydrologi nr 14.
- Engen, I.K., 1988: Flommen på Sør- og Østlandet i oktober 1987. NVE, Vassdragsdirektoratet, V-publikasjon 15.
- Førland, E.J., 1984: Påregnelige ekstreme nedbørverdier. Det norske meteorologiske institutt, fagrapport 3/84 KLIMA.
- Førland, E.J., 1987: Beregning av ekstrem nedbør. Det norske meteorologiske institutt, fagrapport 23/87 KLIMA.
- Førland, E.J. & K. Iden, 1984: Ekstrem nedbør i løpet av 1 - 30 døgn. Det norske meteorologiske institutt, fagrapport 4/84.
- Gottschalk, L., J.L. Jensen, D. Lundquist, R. Solantie, A. Tollan, 1979:  
Hydrologic Regions in the Nordic Countries. Nordic Hydrology, 10, 273-286.
- Lundquist, D., L.-E. Pettersson, E. Skofteland, N.R. Sælthun, 1986:  
Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer. NVE, Vassdragsdirektoratet, V-informasjon 1.
- Mørk, G., 1989: Effektiv nedbør og snøsmeltebidrag i noen store flomepisoder. NHL-rapport STF60 A89058.
- NVE, 1980: Forskrifter for dammer. Universitetsforlaget.
- NERC, 1976: Flood studies report. National environmental research council, London.
- Pettersson, Lars-Evan, 1988a: Flomberegning Holsvassdraget. NVE, Hydrologisk avdeling, Oppdragsrapport 12-88.
- Pettersson, Lars-Evan, 1988b: Flomberegning Svelgen. NVE, Hydrologisk avdeling, Oppdragsrapport 13-88.
- Roald, L.A., 1984: En undersøkelse av flommer i Tinnsjøens nedbørfelt. NVE, Hydrologisk avdeling, Oppdragsrapport 1-84.
- Shaw, E., 1983: Hydrology in Practice. Van Nostrand Reinhold, Wokingham, England.
- Sælthun, N.R., 1989: Flomberegninger for Tinnsjø og Møsvatn. NVE, Hydrologisk avdeling, Oppdragsrapport 10-89.
- Søgnen, R., 1942: Beregning av sjøers naturlige reguleringsevne og flommer i norske vassdrag. Joh. Nordahls trykkeri, Oslo.

- Wingård, B., K.Hegge, E.Mohn, K.Nordseth, E.Ruud, 1978:  
Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag.  
Vassdragsdirektoratet, Hydrologisk avd., rapport 2-78.
- Østmoe, A., 1985: Stor-Ofsen 1789, Oversiktsregisteret, Ski.

# Appendiks 1

## Maksimale observerte arealnedbørverdier.

Maksimal observert midlere nedbørhøyde for feltet: LALM

Dataperiode: 1957 - 1982

Følgende stasjoner er med i beregningen:

1455 1471 1506 1543 1566 1572 5490 5870

Tabell over de 20 høyeste observasjonene for feltet.

Nedbørverdiene i tabellen er for 2 døgn og i mm.

| Nr. | Nedbør-<br>høyde | Dato<br>dag måned år | Antall<br>stasjoner | Flom<br>nr. |
|-----|------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 1   | 53.2             | 01.09.1957           | 8                   |             |
| 2   | 40.1             | 21.01.1957           | 8                   |             |
| 3   | 37.5             | 21.12.1957           | 8                   |             |
| 4   | 37.0             | 28.06.1960           | 8                   |             |
| 5   | 37.0             | 19.12.1966           | 8                   |             |
| 6   | 35.5             | 03.11.1971           | 8                   |             |
| 7   | 33.5             | 29.03.1976           | 8                   |             |
| 8   | 33.3             | 28.12.1975           | 8                   |             |
| 9   | 33.0             | 28.12.1957           | 8                   |             |
| 10  | 32.7             | 29.06.1971           | 8                   |             |
| 11  | 31.1             | 30.12.1980           | 8                   |             |
| 12  | 30.9             | 13.09.1969           | 8                   |             |
| 13  | 29.3             | 22.07.1973           | 8                   |             |
| 14  | 29.3             | 22.12.1975           | 8                   |             |
| 15  | 28.9             | 26.02.1976           | 8                   |             |
| 16  | 28.6             | 07.02.1967           | 8                   |             |
| 17  | 28.3             | 23.11.1978           | 8                   |             |
| 18  | 28.1             | 10.09.1973           | 8                   |             |
| 19  | 27.7             | 06.03.1979           | 8                   |             |
| 20  | 27.6             | 20.02.1959           | 8                   |             |

Maksimal observert midlere nedbørhøyde for feltet: LOSNA

Dataperiode: 1957 - 1980

Følgende stasjoner er med i beregningen:

1330 1331 1370 1390 1471 1506 1543  
1566 1572 1624 1660 1661 5490 5870

Tabell over de 20 høyeste observasjonene for feltet.

Nedbørverdiene i tabellen er for 2 døgn og i mm.

| Nr. | Nedbør-<br>høyde | Dato<br>dag måned år | Antall<br>stasjoner | Flom<br>nr. |
|-----|------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 1   | 38.6             | 28.06.1960           | 12                  |             |
| 2   | 36.2             | 29.06.1971           | 12                  | 17          |
| 3   | 34.3             | 01.09.1957           | 12                  |             |
| 4   | 32.0             | 10.08.1979           | 12                  |             |
| 5   | 30.3             | 21.01.1957           | 12                  |             |
| 6   | 29.2             | 22.07.1973           | 12                  |             |
| 7   | 28.7             | 02.06.1973           | 12                  | 3           |
| 8   | 28.5             | 19.12.1966           | 12                  |             |
| 9   | 28.0             | 22.12.1957           | 12                  |             |
| 10  | 27.6             | 05.10.1967           | 12                  |             |
| 11  | 26.8             | 13.09.1969           | 12                  |             |
| 12  | 25.9             | 09.07.1973           | 12                  | 14          |
| 13  | 25.4             | 25.07.1975           | 12                  |             |
| 14  | 25.3             | 28.12.1957           | 12                  |             |
| 15  | 24.9             | 20.06.1972           | 12                  |             |
| 16  | 24.8             | 19.07.1979           | 12                  |             |
| 17  | 24.7             | 20.07.1968           | 12                  |             |
| 18  | 24.3             | 16.11.1978           | 12                  |             |
| 19  | 24.2             | 03.11.1971           | 12                  |             |
| 20  | 24.1             | 08.08.1972           | 12                  |             |

Maksimal observert midlere nedbørhøyde for feltet: KIRKEVOLL BRU

Dataperiode: 1957 - 1982

Følgende stasjoner er med i beregningen:

3080 3086 3108 3110 3141 3158 3161 3160 3166 4935

Tabell over de 20 høyeste observasjonene for feltet.

Nedbørverdiene i tabellen er for 2 døgn og i mm.

| Nr. | Nedbør-<br>høyde | Dato<br>dag måned år | Antall<br>stasjoner | Flom<br>nr. |
|-----|------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 1   | 61.6             | 06.11.1957           | 6                   |             |
| 2   | 60.7             | 04.09.1968           | 7                   | 11          |
| 3   | 60.1             | 16.08.1959           | 6                   |             |
| 4   | 58.3             | 01.08.1972           | 7                   |             |
| 5   | 55.7             | 15.08.1979           | 7                   |             |
| 6   | 51.1             | 28.10.1959           | 6                   |             |
| 7   | 50.3             | 01.08.1965           | 7                   |             |
| 8   | 49.7             | 10.08.1963           | 7                   |             |
| 9   | 47.0             | 09.08.1972           | 7                   |             |
| 10  | 46.9             | 29.09.1968           | 7                   |             |
| 11  | 45.4             | 25.10.1961           | 7                   |             |
| 12  | 44.7             | 11.10.1964           | 7                   |             |
| 13  | 44.5             | 15.10.1967           | 7                   |             |
| 14  | 43.5             | 09.08.1979           | 7                   |             |
| 15  | 43.4             | 06.09.1967           | 7                   |             |
| 16  | 43.4             | 20.07.1967           | 7                   |             |
| 17  | 43.0             | 11.11.1961           | 7                   |             |
| 18  | 42.0             | 23.11.1982           | 6                   |             |
| 19  | 41.0             | 09.10.1964           | 7                   |             |
| 20  | 40.0             | 28.09.1981           | 7                   |             |

Maksimal observert midlere nedbørhøyde for feltet: BULKEN

Dataperiode: 1957 - 1987

Følgende stasjoner er med i beregningen:

5147 5156 5157 5158 5159 5167 5340 5341 5222 5005 5318

Tabell over de 20 høyeste observasjonene for feltet.

Nedbørverdiene i tabellen er for 2 døgn og i mm.

| Nr. | Nedbør-<br>høyde | Dato<br>dag måned år | Antall<br>stasjoner | Flom<br>nr. |
|-----|------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 1   | 114.5            | 28.12.1957           | 5                   |             |
| 2   | 110.9            | 21.01.1957           | 5                   |             |
| 3   | 105.1            | 31.08.1984           | 7                   | 16          |
| 4   | 104.1            | 28.09.1963           | 6                   |             |
| 5   | 101.8            | 09.01.1957           | 5                   |             |
| 6   | 101.7            | 19.12.1966           | 6                   |             |
| 7   | 100.1            | 29.03.1976           | 7                   |             |
| 8   | 98.9             | 03.11.1971           | 6                   | 1           |
| 9   | 97.2             | 21.09.1983           | 7                   | 6           |
| 10  | 96.9             | 11.11.1986           | 7                   | 4           |
| 11  | 95.4             | 16.10.1967           | 6                   | 10          |
| 12  | 94.9             | 22.12.1957           | 5                   |             |
| 13  | 94.0             | 26.02.1976           | 7                   |             |
| 14  | 91.6             | 10.03.1983           | 7                   |             |
| 15  | 90.6             | 16.11.1978           | 7                   |             |
| 16  | 89.2             | 28.12.1975           | 7                   |             |
| 17  | 88.4             | 22.12.1975           | 7                   |             |
| 18  | 88.1             | 21.02.1973           | 7                   |             |
| 19  | 87.8             | 31.10.1983           | 7                   |             |
| 20  | 87.1             | 27.10.1983           | 7                   | 2           |

Maksimal observert midlere nedbørhøyde for feltet: ØYUNGEN

Dataperiode: 1957 - 1987

Følgende stasjoner er med i beregningen:

7115 7180 7181 7210

Tabell over de 20 høyeste observasjonene for feltet.

Nedbørverdiene i tabellen er for 2 døgn og i mm.

| Nr. | Nedbør-<br>høyde | Dato<br>dag måned år | Antall<br>stasjoner | Flom<br>nr. |
|-----|------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 1   | 122.2            | 04.12.1962           | 3                   | 3           |
| 2   | 114.9            | 25.11.1983           | 3                   | 5           |
| 3   | 113.5            | 09.01.1957           | 3                   | 2           |
| 4   | 106.2            | 07.10.1971           | 3                   | 11          |
| 5   | 100.1            | 26.03.1982           | 3                   | 1           |
| 6   | 87.6             | 19.09.1978           | 3                   | 20          |
| 7   | 86.0             | 04.12.1981           | 3                   | 8           |
| 8   | 85.6             | 22.11.1961           | 3                   | 15          |
| 9   | 82.8             | 24.04.1987           | 3                   | 4           |
| 10  | 82.5             | 20.09.1966           | 3                   |             |
| 11  | 82.0             | 16.09.1982           | 3                   |             |
| 12  | 79.1             | 09.01.1981           | 3                   |             |
| 13  | 79.0             | 10.12.1987           | 3                   |             |
| 14  | 76.7             | 31.10.1983           | 3                   | 6           |
| 15  | 75.8             | 16.01.1961           | 3                   |             |
| 16  | 73.8             | 14.08.1962           | 3                   |             |
| 17  | 72.4             | 01.03.1975           | 3                   |             |
| 18  | 71.3             | 22.10.1968           | 3                   |             |
| 19  | 71.1             | 12.11.1971           | 3                   |             |
| 20  | 68.3             | 07.09.1976           | 3                   |             |

Maksimal observert midlere nedbørhøyde for feltet: NYBERGSUND

Dataperiode: 1957 - 1986

Følgende stasjoner er med i beregningen:

0029 0030 0060 0080

Tabell over de 20 høyeste observasjonene for feltet.

Nedbørverdiene i tabellen er for 2 døgn og i mm.

| Nr. | Nedbør-<br>høyde | Dato<br>dag måned år | Antall<br>stasjoner | Flom<br>nr. |
|-----|------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 1   | 67.9             | 10.07.1973           | 3                   |             |
| 2   | 63.0             | 08.09.1985           | 3                   | 19          |
| 3   | 51.6             | 29.07.1965           | 3                   |             |
| 4   | 50.5             | 22.07.1973           | 3                   |             |
| 5   | 47.7             | 09.06.1986           | 3                   |             |
| 6   | 45.9             | 13.09.1969           | 3                   |             |
| 7   | 41.4             | 14.06.1972           | 3                   |             |
| 8   | 41.2             | 25.09.1971           | 3                   |             |
| 9   | 40.8             | 17.08.1960           | 3                   |             |
| 10  | 39.4             | 01.04.1960           | 3                   |             |
| 11  | 38.9             | 02.07.1960           | 3                   |             |
| 12  | 37.9             | 21.09.1964           | 3                   |             |
| 13  | 36.9             | 28.07.1981           | 3                   |             |
| 14  | 36.6             | 03.08.1961           | 3                   |             |
| 15  | 36.0             | 28.05.1984           | 3                   |             |
| 16  | 35.4             | 24.06.1963           | 3                   |             |
| 17  | 35.1             | 20.10.1970           | 3                   |             |
| 18  | 34.9             | 19.10.1980           | 3                   |             |
| 19  | 33.1             | 31.08.1964           | 3                   |             |
| 20  | 32.0             | 29.06.1980           | 3                   |             |

## Appendiks 2

### Maksimale observerte midlere døgnavløp.

Maksimalt døgnmiddelavløp ved LALM.

Dataperiode: 1957 - 1982

Tabell over de 20 høyeste verdiene.

Avløpsverdiene er beregnet tilsig (døgnmidler) som absolutte verdier i m<sup>3</sup>/s og spesifikke verdier i mm/døgn.

| Nr. | Avløp             |         | Dato |       |      | Nedbør-episode nr. |
|-----|-------------------|---------|------|-------|------|--------------------|
|     | m <sup>3</sup> /s | mm/døgn | dag  | måned | år   |                    |
| 1   | 1205              | 26.4    | 02.  | 07.   | 1958 |                    |
| 2   | 1141              | 25.0    | 04.  | 07.   | 1968 |                    |
| 3   | 1114              | 24.4    | 08.  | 06.   | 1972 |                    |
| 4   | 918               | 20.1    | 01.  | 06.   | 1971 |                    |
| 5   | 907               | 19.9    | 09.  | 07.   | 1973 |                    |
| 6   | 902               | 19.8    | 16.  | 06.   | 1964 |                    |
| 7   | 867               | 19.0    | 28.  | 06.   | 1976 |                    |
| 8   | 864               | 18.9    | 26.  | 05.   | 1981 |                    |
| 9   | 851               | 18.6    | 20.  | 06.   | 1968 |                    |
| 10  | 819               | 18.0    | 07.  | 06.   | 1979 |                    |
| 11  | 799               | 17.5    | 02.  | 06.   | 1961 |                    |
| 12  | 772               | 16.9    | 21.  | 07.   | 1967 |                    |
| 13  | 764               | 16.7    | 03.  | 07.   | 1962 |                    |
| 14  | 729               | 16.0    | 03.  | 06.   | 1967 |                    |
| 15  | 717               | 15.7    | 26.  | 06.   | 1979 |                    |
| 16  | 716               | 15.7    | 04.  | 08.   | 1967 |                    |
| 17  | 714               | 15.7    | 18.  | 06.   | 1957 |                    |
| 18  | 681               | 14.9    | 13.  | 06.   | 1975 |                    |
| 19  | 681               | 14.9    | 02.  | 06.   | 1973 |                    |
| 20  | 667               | 14.6    | 20.  | 06.   | 1974 |                    |

Maksimalt døgnmiddelavløp ved LOSNA.

Dataperiode: 1957 - 1980

Tabell over de 20 høyeste verdiene.

Avløpsverdiene er beregnet tilsig (døgnmidler) som absolutte verdier i m<sup>3</sup>/s og spesifikke verdier i mm/døgn.

| Nr. | Avløp             |         | Dato<br>dag måned år | Nedbør-<br>episode nr. |
|-----|-------------------|---------|----------------------|------------------------|
|     | m <sup>3</sup> /s | mm/døgn |                      |                        |
| 1   | 2122              | 16.5    | 03.07.1958           |                        |
| 2   | 1991              | 15.5    | 01.06.1967           |                        |
| 3   | 1991              | 15.5    | 02.06.1973           | 3                      |
| 4   | 1927              | 15.0    | 09.06.1972           |                        |
| 5   | 1821              | 14.2    | 02.06.1971           |                        |
| 6   | 1705              | 13.3    | 20.05.1966           |                        |
| 7   | 1666              | 13.0    | 03.07.1972           |                        |
| 8   | 1619              | 12.6    | 08.06.1979           |                        |
| 9   | 1517              | 11.8    | 28.05.1978           |                        |
| 10  | 1491              | 11.6    | 06.06.1961           |                        |
| 11  | 1488              | 11.6    | 05.07.1968           |                        |
| 12  | 1429              | 11.1    | 17.06.1964           |                        |
| 13  | 1410              | 11.0    | 21.06.1968           |                        |
| 14  | 1355              | 10.6    | 10.07.1973           | 12                     |
| 15  | 1351              | 10.5    | 07.06.1968           |                        |
| 16  | 1350              | 10.5    | 18.06.1965           |                        |
| 17  | 1350              | 10.5    | 30.06.1971           | 2                      |
| 18  | 1340              | 10.4    | 27.06.1979           |                        |
| 19  | 1306              | 10.2    | 30.05.1963           |                        |
| 20  | 1303              | 10.2    | 02.06.1980           |                        |

Maksimalt døgnmiddelavløp ved KIRKEVOLL BRU.

Dataperiode: 1957 - 1982

Tabell over de 20 høyeste verdiene.

Avløpsverdiene er beregnet tilsig (døgnmidler) som absolutte verdier i m<sup>3</sup>/s og spesifikke verdier i mm/døgn.

| Nr. | Avløp             |         | Dato<br>dag måned år | Nedbør-<br>episode nr. |
|-----|-------------------|---------|----------------------|------------------------|
|     | m <sup>3</sup> /s | mm/døgn |                      |                        |
| 1   | 1089              | 24.5    | 28.05.1978           |                        |
| 2   | 1028              | 23.1    | 19.05.1966           |                        |
| 3   | 989               | 22.3    | 30.05.1971           |                        |
| 4   | 968               | 21.8    | 02.06.1967           |                        |
| 5   | 967               | 21.8    | 02.06.1967           |                        |
| 6   | 960               | 21.6    | 01.06.1973           |                        |
| 7   | 863               | 19.4    | 29.05.1963           |                        |
| 8   | 844               | 19.0    | 07.06.1972           |                        |
| 9   | 770               | 17.3    | 28.05.1977           |                        |
| 10  | 741               | 16.7    | 02.06.1961           |                        |
| 11  | 724               | 16.3    | 04.09.1968           | 2                      |
| 12  | 724               | 16.3    | 23.05.1981           |                        |
| 13  | 721               | 16.2    | 18.05.1971           |                        |
| 14  | 697               | 15.7    | 06.06.1968           |                        |
| 15  | 696               | 15.7    | 25.05.1972           |                        |
| 16  | 661               | 14.9    | 21.05.1960           |                        |
| 17  | 657               | 14.8    | 31.05.1982           |                        |
| 18  | 648               | 14.6    | 20.06.1962           |                        |
| 19  | 639               | 14.4    | 15.06.1977           |                        |
| 20  | 632               | 14.2    | 05.07.1978           |                        |

Maksimalt døgnmiddelavløp ved BULKEN.

Dataperiode: 1957 - 1987

Tabell over de 20 høyeste verdiene.

Observerte avløp (døgnmidler) som absolutte verdier i m<sup>3</sup>/s og spesifikke verdier i mm/døgn.

| Nr. | Avløp             |         | Dato<br>dag måned år | Nedbør-<br>episode nr. |
|-----|-------------------|---------|----------------------|------------------------|
|     | m <sup>3</sup> /s | mm/døgn |                      |                        |
| 1   | 508               | 41.0    | 03.11.1971           | 8                      |
| 2   | 443               | 35.7    | 27.10.1983           | 20                     |
| 3   | 438               | 35.4    | 31.05.1967           |                        |
| 4   | 435               | 35.1    | 12.11.1986           | 10                     |
| 5   | 427               | 34.4    | 29.05.1985           |                        |
| 6   | 426               | 34.4    | 20.09.1983           | 9                      |
| 7   | 424               | 34.2    | 23.05.1981           |                        |
| 8   | 416               | 33.6    | 24.11.1980           |                        |
| 9   | 410               | 33.1    | 26.09.1975           |                        |
| 10  | 394               | 31.8    | 16.10.1967           | 11                     |
| 11  | 392               | 31.6    | 11.09.1982           |                        |
| 12  | 378               | 30.5    | 11.01.1971           |                        |
| 13  | 378               | 30.5    | 01.06.1973           |                        |
| 14  | 362               | 29.2    | 02.06.1979           |                        |
| 15  | 360               | 29.1    | 31.05.1971           |                        |
| 16  | 353               | 28.5    | 31.08.1984           | 3                      |
| 17  | 351               | 28.3    | 04.12.1986           |                        |
| 18  | 329               | 26.5    | 19.09.1979           |                        |
| 19  | 328               | 26.4    | 12.06.1975           |                        |
| 20  | 327               | 26.4    | 24.06.1962           |                        |

Maksimalt døgnmiddelavløp ved ØYUNGEN.

Dataperiode: 1957 - 1987

Tabell over de 20 høyeste verdiene.

Observerte avløp (døgnmidler) som absolutte verdier i m<sup>3</sup>/s og spesifikke verdier i mm/døgn.

| Nr. | Avløp             |         | Dato<br>dag måned år | Nedbør-<br>episode nr. |
|-----|-------------------|---------|----------------------|------------------------|
|     | m <sup>3</sup> /s | mm/døgn |                      |                        |
| 1   | 235               | 85.3    | 26.03.1982           | 5                      |
| 2   | 208               | 75.6    | 09.01.1957           | 3                      |
| 3   | 185               | 67.1    | 03.12.1962           | 1                      |
| 4   | 179               | 64.9    | 24.04.1987           | 9                      |
| 5   | 170               | 61.8    | 25.11.1983           | 2                      |
| 6   | 141               | 51.4    | 30.10.1983           | 14                     |
| 7   | 128               | 46.4    | 30.01.1981           |                        |
| 8   | 128               | 41.4    | 04.12.1981           | 7                      |
| 9   | 127               | 46.0    | 11.01.1971           |                        |
| 10  | 125               | 45.5    | 15.05.1979           |                        |
| 11  | 124               | 45.1    | 07.10.1971           | 4                      |
| 12  | 124               | 45.1    | 23.03.1973           |                        |
| 13  | 113               | 40.9    | 01.05.1966           |                        |
| 14  | 113               | 40.9    | 06.04.1969           |                        |
| 15  | 109               | 39.7    | 23.11.1961           | 8                      |
| 16  | 109               | 39.7    | 26.04.1968           |                        |
| 17  | 105               | 38.1    | 25.04.1984           |                        |
| 18  | 102               | 36.9    | 09.03.1964           |                        |
| 19  | 102               | 36.9    | 22.05.1976           |                        |
| 20  | 98                | 35.8    | 18.09.1978           | 6                      |

Maksimalt døgnmiddelavløp ved NYBERGSUND.

Dataperiode: 1957 - 1986

Tabell over de 20 høyeste verdiene.

Observert avløp (døgnmidler) som absolutte verdier i m<sup>3</sup>/s og spesifikke verdier i mm/døgn.

| Nr. | Avløp             |         | Dato<br>dag måned år | Nedbør-<br>episode nr. |
|-----|-------------------|---------|----------------------|------------------------|
|     | m <sup>3</sup> /s | mm/døgn |                      |                        |
| 1   | 621               | 12.2    | 02.06.1967           |                        |
| 2   | 570               | 11.2    | 20.05.1966           |                        |
| 3   | 457               | 8.9     | 29.05.1985           |                        |
| 4   | 440               | 8.6     | 12.05.1986           |                        |
| 5   | 437               | 8.6     | 30.04.1959           |                        |
| 6   | 379               | 7.4     | 15.05.1963           |                        |
| 7   | 363               | 7.1     | 15.09.1957           |                        |
| 8   | 363               | 7.1     | 25.05.1978           |                        |
| 9   | 361               | 7.1     | 25.05.1979           |                        |
| 10  | 351               | 6.9     | 12.05.1975           |                        |
| 11  | 344               | 6.7     | 29.05.1982           |                        |
| 12  | 342               | 6.7     | 19.05.1971           |                        |
| 13  | 335               | 6.6     | 25.05.1977           |                        |
| 14  | 331               | 6.5     | 19.05.1960           |                        |
| 15  | 324               | 6.4     | 24.05.1962           |                        |
| 16  | 323               | 6.3     | 20.05.1957           |                        |
| 17  | 318               | 6.2     | 02.06.1973           |                        |
| 18  | 298               | 5.8     | 17.05.1981           |                        |
| 19  | 288               | 5.6     | 08.09.1985           | 2                      |
| 20  | 283               | 5.6     | 17.05.1969           |                        |





**Nybergsund:**

|         |                                                    |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |
|---------|----------------------------------------------------|---|--------------|-------|--|--|--|-------|-------|--|--|
| NAVN    | 30NYBERGSUND                                       | 1 | 4396.19301.0 | 701.0 |  |  |  | 800.5 | 310.5 |  |  |
| MAGASIN | 150. 20. 50.                                       |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |
| SNEMAG  | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.                      |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |
| HBV3    | 0.101 0. 200. 3.0 30.0 0.20 0.05 0.60 0.02 .00     |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |
| SNE     | 1.0 0.0 3.0 .01 0.08 1.05 1.05 0.0 2.0 0.09        |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |
| HYP SO  | 496. 662. 696. 731. 766. 800. 842. 890. 960. 1368. |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |
| DIST    | 0.0 0.0 0.0 0.0 2.0 1.25 .75 0.50 0.0 20.          |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |
| DIVERSE | -0.6 -0.6 0.02 0.50 0.25 0.25                      |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |
| REFH    | 672. 621.                                          |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |
| ROUT    | -204.2 -0.40-39.75 -2.38                           |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |
| EPOT    | 0.0 0.0 0.0 0.5 3.0 4.0 4.0 3.0 0.7 .17 0.0 0.0    |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |
| SISTE   |                                                    |   |              |       |  |  |  |       |       |  |  |

**Sperillens lokalfelt:**

|         |                                                             |                   |
|---------|-------------------------------------------------------------|-------------------|
| NAVN    | 18SPERIL LOKAL11765.050101.023161.0                         | 0.022360.523160.5 |
| HBV3    | .10 0.10100.00 2.00 10.00 .40 .10 1.00 .010 0.00            |                   |
| MAGASIN | 80.00 10.00 50.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00   |                   |
| SNE     | 0.5 0.5 1.00 .01 .10 1.10 1.20 0.0 0.0 00.00                |                   |
| DIST    | 0.0 0.0 0.0 0.0 2.0 1.25 .75 0.25 0.0 20.                   |                   |
| HYP SO  | 300.00560.00740.00810.00960.00                              |                   |
| REFH    | 634.00395.00                                                |                   |
| EPOT    | .10 .10 .30 1.20 2.00 3.00 3.00 2.00 1.20 .30 .100.1        |                   |
| FORST   | 0.0 0.4 0.2                                                 |                   |
| DIVERSE | -0.6 -0.6 0.02 2.00 0.00 0.50                               |                   |
| SISTE   | 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 |                   |

**Øyungen:**

|         |                                                   |   |                    |         |
|---------|---------------------------------------------------|---|--------------------|---------|
| NAVN    | 26ØYUNGEN                                         | 1 | 238. 6851.072141.0 | 72141.0 |
| MAGASIN | 100. 20. 50.                                      |   |                    |         |
| SNEMAG  | 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.                     |   |                    |         |
| HBV3    | 0.044 0.0 100. 3.0 15.0 0.70 0.15 1.00 0.03 .00   |   |                    |         |
| SNE     | 0.5 0.5 3.0 .01 0.08 1.06 1.15 0.0 2.5 0.10       |   |                    |         |
| HYP SO  | 142. 196. 222. 249. 280. 318. 367. 415. 470. 590. |   |                    |         |
| DIST    | 0.0 0.0 0.0 0.0 2.0 1.25 .75 0.25 0.0 20.         |   |                    |         |
| DIVERSE | -1.0 -0.4 0.02 0.50 0.25 0.25                     |   |                    |         |
| REFH    | 86. 86.                                           |   |                    |         |
| EPOT    | 0.0 0.0 0.0 0.5 1.5 2.5 2.5 2.0 0.7 .17 0.0 0.0   |   |                    |         |
| SISTE   |                                                   |   |                    |         |