

RAPPORT

14 1997



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

Nils Roar Sælthun (red.)

REGIONAL FLOMFREKVENSANALYSE FOR NORSKE VASSDRAG



HYDROLOGISK AVDELING



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL REGIONAL FLOMFREKVENSANALYSE FOR NORSKE VASSDRAG	RAPPORT Nr. 14 1997
SAKSBEHANDLER Nils Roar Sælthun, Ole Einar Tveito, Truls Erik Bønsnes, Lars A. Roald	DATO 30.07.97
	RAPPORTEN ER ÅPEN
OPPDRAGSGIVER ENFO	OPPLAG 300

SAMMENDRAG

I dette arbeidet kombineres GEV-fordelingen med en PWM estimeringsteknikk for å etablere regionale flomfrekvensfordelinger for Norge. Regionene er etablert ved å benytte hierarkisk clusteranalyse, mens regional homogenitet er kontrollert med Wiltshires R-test. Videre er det etablert formelverk for estimering av midlere flom ved hjelp av regresjon. Resultatene er sammenlignet med eksisterende formler i "Regional flomfrekvensanalyse" (Wingård m.fl., 1978), og med observerte flommer. Videre er det utviklet et formelverk for sambandet mellom døgnmiddelflom og kulminasjonsverdi (momentanflom).

SUMMARY

New regional growth curves have been established for Norway for annual daily maximum floods based on the GEV-distribution. The parameters of the regional distributions were estimated by the probability weighted moment (PWM) method. The regions were established by hierarchical cluster analysis. The homogeneity of each region was examined by use of Wiltshires R-test. New regional formulae were established linking the mean annual flood to basin characteristics. The results have been compared to the previous set of regional growth curves and regional formulae predicting the mean annual flood (Wingård et al, 1978). The relation between peak flood and daily values has been examined. A formula for predicting peak flood quantiles for a given daily flood quantile has been developed.

EMNEORD/SUBJECT TERMS

Regional flomfrekvensanalyse, Regionale frekvenskurver
Døgnverdier, Spissverdier

ANSVARLIG UNDERSKRIET

Ola Kjeldsen
for Arne Tollan
avdelingsdirektør

Omslagsbilde: Rena
Foto: Vidar Raubakken

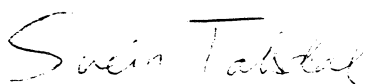
FORORD

Denne rapporten gir resultater fra to nær beslektete prosjekter med sikte på å forbedre metodene for beregning av ekstreme flommer. Det ene prosjektet har hatt som hovedsiktemål å bedre verktøyene for regional flomanalyse, med utgangspunkt i at det siden den forrige analysen i 1978 både har skjedd utvikling på metodikksiden, og bortimot en fordobling av datagrunnlaget. Prosjektet har vært et samarbeid mellom NVE, DNMI og Universitetet i Oslo, Institutt for geofysikk, og har vært finansiert av Vassdragsregulantenenes forening (nå Energiforsyningens fellesorganisasjon, produsentforeningen) og Norsk allmennvitenskapelig forskningsråd (nå Norges forskningsråd). I tillegg har de deltakende institusjoner bidratt med betydelig egeninnsats. Prosjektet har vært del av den norske satsingen innenfor det internasjonale FRIEND-samarbeidet. Den del av arbeidet som er dokumentert her er primært et samarbeid mellom NVE og Universitetet i Oslo. Prosjektarbeidet er først og fremst utført av Ole Einar Tveito, UiO (nå DNMI) med støtte av Lars Roald, NVE og Nils Roar Sælthun, NVE (nå NIVA). Professor Lars Gottschalk, UiO, Professor Ånund Killingtveit, NTNU, 1. amanuensis Kjell Nordseth, UiO og seniorforsker Eirik Førland, DNMI har bidratt gjennom diskusjoner og gode råd.

Det andre prosjektet er en undersøkelse over sambandet mellom kulminasjonsverdier og døgnverdier. Arbeidet inngår i prosjektet A-169 Regional flomfrekvensanalyse og er gjennomført på oppdrag for Vassdragsregulantenenes forening (VR). Medarbeidere i prosjektet har vært: Truls Erik Bønsnes, Lars A. Roald (prosjektleder) og Nils Roar Sælthun.

Sluttredigeringen av rapporten er ved Nils Roar Sælthun.

Oslo, juli 1997



Svein Taksdal
seksjonssjef

INNHOILDSFORTEGNELSE

1	SAMMENDRAG	7
1.1	Regional flomanalyse	7
1.2	Estimering av døgnmiddelflom fra feltparametre	8
1.3	Forholdet momentanflom/døgnmiddelflom	8
2	INNLEDNING	9
2.1	Flomfrekvensanalyse for enkeltstasjoner	9
2.2	Regional analyse	12
2.3	Regionale forskjeller	13
2.4	Tidligere studier i Norge	13
3	REGIONAL FLOMANALYSE	14
3.1	Bakgrunn	14
3.2	Metodikk	14
3.3	Datagrunnlag	17
3.4	Regionalisering	20
4	ESTIMERING AV DØGNMIDDELFLOM	23
4.1	Bakgrunn	23
4.2	Regresjon mot feltparametre	23
4.3	Interpolasjon av middelflom	24
4.4	Verifisering av formelverk for beregning av døgnmiddelflom	25
5	MOMENTANFLOM	28
5.1	Bakgrunn	28
5.2	Problemstilling	28
5.3	Datagrunnlag	29
5.4	Forholdet mellom momentanflom og døgnmiddelflom	31
5.5	Samband mellom forholdstallet og gjentakintervallet	34
5.6	Regresjon mot feltparametre	38
5.7	Verifisering	40
6	KONKLUSJON	47
6.1	Regional flomanalyse	47
6.2	Momentanflom	47
	LITTERATURLISTE	50
	VEDLEGG 1	52
	VEDLEGG 2	63
	Oversikt over feltparametre	63
	Utvalg av feltparametre for en del av stasjonene i undersøkelsen	64
	VEDLEGG 3	68
	Regresjonsligninger for estimering av spesifikk middelflom	68

VEDLEGG 4	69
Avløpstasjoner benyttet i momentanflomanalysen	69
VEDLEGG 5	71
PWM-metoden	71
Gumbel (EV1)-fordelingen	72
General Extreme Value fordelingen (GEV)	73
Wiltshires homogenitetstest	73
VEDLEGG 6	75
NVEs programmer for flomfrekvensanalyse	75
VEDLEGG 7	77
Sammenligning av enkeltserieanalyser og regionale analyser	77
VEDLEGG 8	79
Regresjonslikninger for estimering av forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom..	79
VEDLEGG 9	80
Resultat av verifikasjoner av formelverket for estimering av forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddel.	80

1 SAMMENDRAG

1.1 Regional flomanalyse

Den regionale flomanalysen som er presentert her, er til en viss grad en etterprøving av analysen fra 1978 (Wingård m.fl., 1978), med mer data og nyere metodikk. Undersøkelsen viser at de regionene som ble etablert, ikke kan sies å være homogene - det er store variasjoner i frekvenskurvene innen regionene. En ny regionsinndeling er derfor etablert, med fire vårflomregioner, tre høstflomregioner, to regioner hvor det ikke er naturlig å skille på vårflom og høstflom ("kystregionene") og en breregion (som består av nedslagsfelt med breprosent større enn fem prosent).

For regionene er det etablert nye frekvenskurver (kurver som viser forholdet mellom flommer med forskjellige gjentaksintervall og middelflommen). De nye kurvene skiller seg ikke dramatisk fra de gamle, men noe forskjell er det. Forholdet mellom tusenårsflom og middelflom er som følger (siden regionene ikke sammenfaller, kan det finnes flere "gamle" estimat for hvert nytt:

Region	Nytt estimat	Gammelt estimat
Vårflomregioner:		
1	2,65	3,16
2	2,29	2,72
3	2,48	2,61
4	5,1	
Høstflomregioner:		
1	3,50	4,0
2	3,95	4,2
3	4,7	3,9
Årsflom:		
K1	3,95	3,5
K2	2,7	3,5
Breregionen (BRE):	2,7	3,23

Undersøkelsen retter seg mot større felt, typisk fra 20 km² og oppover.

Undersøkelsen viser ellers at datamaterialet ser ut til å være stort nok til å gi rimelig stabile estimat av regionale flomkurver. Dette er imidlertid ikke uten videre en garanti for at man kan stole på flomkurvenes estimat av ekstreme flommer.

1.2 Estimering av døgnmiddelflom fra feltparametre

Den regionale flomanalysen fra 1978 har også et formelverk for estimering av middelflom på basis av feltparametre og midlere avrenning (som kan hentes fra isohydatkart). Dette formelverket ble etablert for å beregne middelflommen. Når denne er kjent, kan flomstørrelsen beregnes for ulike gjentakintervall for felt uten avløpsregistreringer basert på regionkurvene. Dette formelverket har siden blitt revidert en gang, men det er kjent at dette formelverket har store usikkerheter. I denne undersøkelsen er det derfor utført en ny oppdatering basert på den nye regionsinndelingen. I motsetning til tidligere analyser er det benyttet et fast utvalg av de feltparametrene som har vist seg mest signifikante for alle felt. Dette gir mindre sannsynlighet for at “sporadiske korrelasjoner” skal påvirke resultatet og mer konsistent variasjon over regiongrensene. Prediksjonsligningene som nå er etablert, gir bedre og mer stabile resultater enn de gamle. Usikkerheten er likevel fortsatt så stor at det er på kanten av hva som kan benyttes i praksis. Den er nok mindre enn den man får ved å interpolere fra andre felt, men sannsynligvis dårligere enn metoder basert på data eller modellsimuleringer fra samme felt.

1.3 Forholdet momentanflom/døgnmiddelflom

De landsomfattende regionale flomanalysene som er beskrevet i denne og tidligere rapporter (Wingård m.fl., 1978; Tveito, 1992), behandler flomstørrelser som i prinsipp oppfattes som døgnmiddelverdier. I mindre felt og i felt med liten flomdempning kan vannføringen variere betydelig innen et døgn. I denne rapporten gis resultatene av en undersøkelse om det finnes et samband mellom kulminasjonsverdien heretter betegnet som momentanflommen og døgnmiddelflommen for en stasjon. Dette sambandet kan uttrykkes som et forholdstall mellom midlere momentanflom og midlere døgnmiddelflom. Det er opprettet et samband mellom dette forholdet og feltkarakteristika. Framgangsmåten som benyttes er å forsøke å knytte dette forholdet til feltparametre ved hjelp av multipl regresjon. Videre er det også av interesse å vurdere om forholdstallet endres hvis det benyttes forskjellige flomkvantiler til beregningen, og om dette har innflytelse på sambandet med feltparameterene.

Observasjonsseriene er underkastet en kvalitetsanalyse i form av spredningsplott. Ved plotting av sammenhørende data (parvis momentan/ døgnmiddel i hver sesong) er det mulig å vurdere de enkelte observasjoner noe nærmere. Ekstremverdier (outliers) ble på denne måten kontrollert for eventuelle feil og eventuell tilhørighet til andre populasjoner med annen fordeling. Plotting og analyse av korrelasjon og spredning er med på å danne et bilde av nøyaktigheten ved å benytte forholdstallet til å anslå momentanverdien. Lav korrelasjon og stor spredning fører til større usikkerhet. Korrelasjonskoeffisientene mellom sammenhørende verdier av momentan- og døgnmiddelflommer har i dette materialet verdier mellom 0.85 og 0.99. Smelteflommer har en relativt lang varighet og stort volum. Dette gir et mer dempet avløp og svært ofte et moderat avvik mellom momentan- og døgnmiddelflommen. Regnflommene er oftest kortvarige og er hovedsakelig forårsaket av nedbør med stor intensitet. Det er derfor rimelig å anta en større forskjell på momentan- og døgnmiddelverdi i høstsituasjoner hvor det er regnflommer som dominerer. Undersøkelsen bekrefter dette - det høyeste forholdstallet er på nærmere 3 om høsten, mens maksimum ligger på 2 når det gjelder vårflommene. Det er bare ved noen få stasjoner at høstverdiene er lavere enn vårverdiene.

Det viser seg at stabiliteten i forholdstallet ved forskjellige gjentakintervall kan variere noe. Selv om stasjoner med relativt stabile forholdstall og små endringer dominerer, er det enkelte tilfelle med tildels store differanser. De største differansene er å finne i høstsesongen.

Effektiv sjøprosent og areal viser seg å være de dominerende variabler i prediksjonsligningene. Prediksjonsligningene er relativt stabile og forandres lite ved tilpasningene på 10 og 20 års-flommene.

Det er også utført en verifikasjon på et uavhengig stasjonsutvalg, og prediksjon av vårflommene ga naturlig nok de beste resultatene.

Forenklete ligninger basert på 20-års flommene er som følger:

Vårflom: $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 1.72 - 0.074 \log \text{AREAL} - 0.125 \text{ rASE}$

Høstflom: $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 2.29 - 0.126 \log \text{AREAL} - 0.27 \text{ rASE}$

hvor $\log \text{AREAL}$ står for den Briggske logaritmen til feltarealet i km^2 , og rASE kvadratroten av effektivt sjøareal i prosent.

2 INNLEDNING

Generelt kan metodene for flomberegninger inndeles i to hovedgrupper:

- flomfrekvensanalyser
- nedbør/avløpsanalyser

Flomfrekvensanalyser er basert bare på avløpsserier, mens nedbør/avløpsmetodene enten er basert på en kombinert analyse av nedbør og avløp, eller på frekvensanalyser av nedbørdata, som så overføres til flomverdier ved hjelp av hydrologiske modeller. Denne rapporten omhandler bare flomfrekvensanalyse.

2.1 Flomfrekvensanalyse for enkeltstasjoner

Flomfrekvensanalyser kan igjen deles inn i to klasser - analyse av enkeltserier og regional analyse. Regional analyse krever mer data, men kan gi sikrere ekstrapolasjon mot de sjeldne flomstørrelsene.

Flomfrekvensanalyse baserer seg på en antakelse om at den største flommen hvert år er en tilfeldig hendelse eller observasjon av en underliggende prosess med konstante og enhetlige egenskaper. Vi forutsetter at disse egenskapene kan beskrives av en fordelingsfunksjon som kan tilpasses til en kjent matematisk funksjon ut fra observasjonene. Dersom vi klarer å bestemme denne fordelingen, kan vi så ekstrapolere til flommer med svært lave sannsynligheter. Siden vi oftest er interessert i den ytre delen eller "halen" til fordelingsfunksjonen, er det vanlig å framstille fordelingsfunksjonen, altså sammenhengen mellom flomstørrelse og over- eller underskridelserisiko, i grafer med transformerte akser, slik

at funksjonen framtrer som en rett eller tilnærmet rett linje - se figur 1.

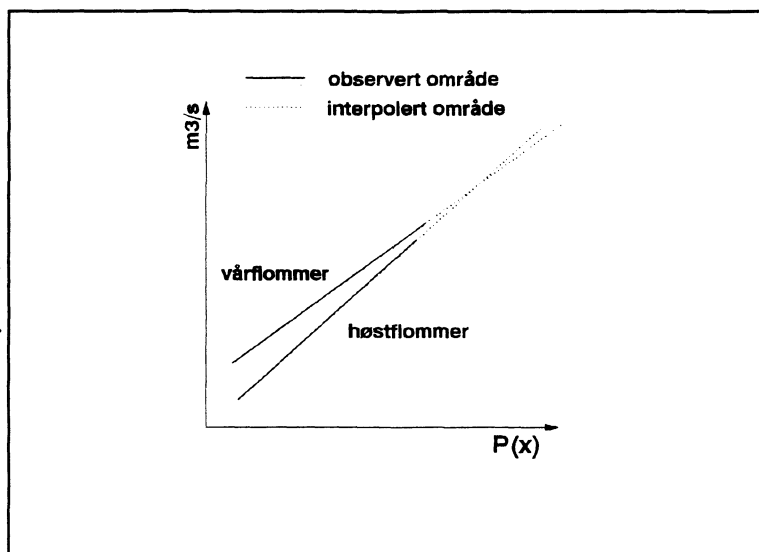
Flomfrekvensanalyse er som regel nokså uproblematisk så lenge man holder seg til gjentakintervall som ikke vesentlig overskrider observasjonsperiodens lengde. Går vi vesentlig ut over denne, som vi må gjøre f.eks. ved damdimensjonering, blir utfordringene langt større.

Antakelsen om at flommene er generert av en underliggende prosess er ikke alltid gyldig. For

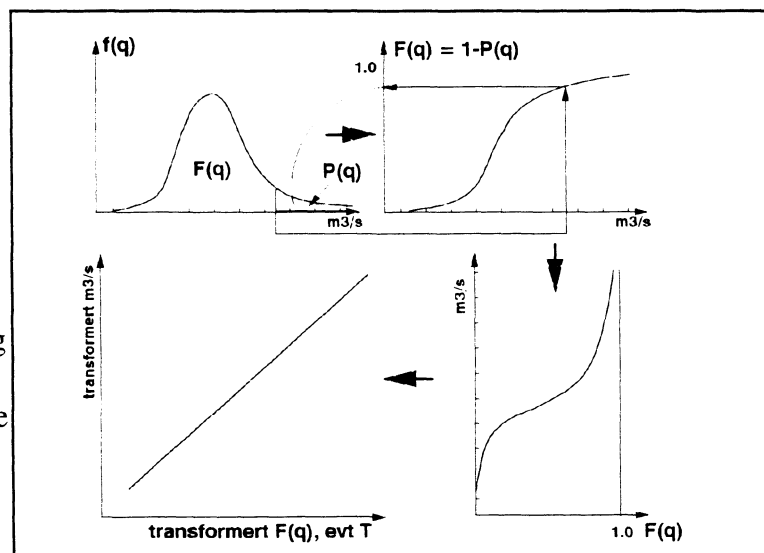
mange vassdrag i Norge kan største årsflom enkelte år være en vårflo som skyldes snøsmelting, og andre år være en ren regnflo om høsten. De underliggende mekanismene er helt forskjellige, og uten å skille på flomtypene kan vi fort få problemer ved ekstrapolasjonen av fordelingen. Vårflommene er årvisse, men flomstørrelsen stiger moderat mot høyere gjentakintervall. Høstflommene kan være små eller mangle mange år, men stiger ofte raskere mot høye gjentakintervall, som illustrert av figur 2. I slike tilfeller er det vanlig å utføre separate analyser på vår- og høstflommene, og ekstrapolere hver for seg. Hvor en av flomtypene dominerer er dette uproblematisk, men rundt et eventuelt krysningspunkt mellom fordelingen må vi ta hensyn til den sammensatte fordelingen - årsflommen blir dobbelt så hyppig som de to flomtypene hver for seg.

Valg av en matematisk beskrivelse av fordelingsfunksjonen. For å ekstrapolere mot høye gjentakintervall må vi velge en matematisk funksjon for å beskrive fordelingen. Det finnes ikke noe solid teoretisk fundament for hvordan en slik funksjon er, selv om det kan framskaffes argument til fordel for familier av beslektete funksjoner. En av disse betegnes Ekstremverdifordelingene, hvorav Gumbel-fordelingen er den mest kjente (se vedlegg 5).

Det som skiller fordelingene er mellom annet hvor mange parametre som skal estimeres på grunnlag av observasjonene. Det vanligste er to eller tre, men det finnes også fordelinger med fire og fem parametre som er beregnet på sammensatte populasjoner. Jo flere parametre, jo mer fleksibel er fordelingen, men desto lettere lar den seg også påvirke av enkeltslengere, "outliers", i observasjonsmaterialet. Denne



Figur 1. Høst- og vårflokker hører vanligvis til forskjellige populasjoner og har ulike fordelinger.



Figur 2. Sammenheng mellom sannsynlighetsfordeling og frekvensfunksjon for flomfrekvensanalyse.

påvirkningen får særlig stort utslag i den ekstrapolerte delen av frekvensfunksjonen. Fordelinger med mer enn tre parametre brukes i praksis bare ved regionale analyser der datamaterialet er større.

Estimeringsmetoder for parametrene i fordelingsfunksjonen. Det finnes en rekke mer eller mindre sofistikerte måter å estimere de ukjente parametrene i fordelingsfunksjonen. De to klassiske er den grafiske metoden og momentmetoden. Disse benyttes først og fremst for topameterfordelinger.

Den grafiske metoden baserer seg på bruk av plotteposisjoner. Observasjonen sorteres i fallende rekkefølge, og hver flom tildeles en sannsynlighet for at den aktuelle vannføringen overskrides ut fra sitt nummer i rekkefølgen. Formelen som tildeler denne sannsynligheten kalles en plotteposisjonsformel. Som eksempel på slike kan nevnes Gringortens formel

$$P(q) = \frac{r - 0.44}{N + 0.12}$$

hvor q er flomstørrelsen, $P(q)$ den tilordnede sannsynligheten for at en gitt vannføring overskrides, r er flommens rangnummer og N antallet observasjoner (flommer) i utvalget. I dag brukes metoden først og fremst til å presentere data og resultatet av flomfrekvensanalyser, men i liten grad til å utføre selve analysen.

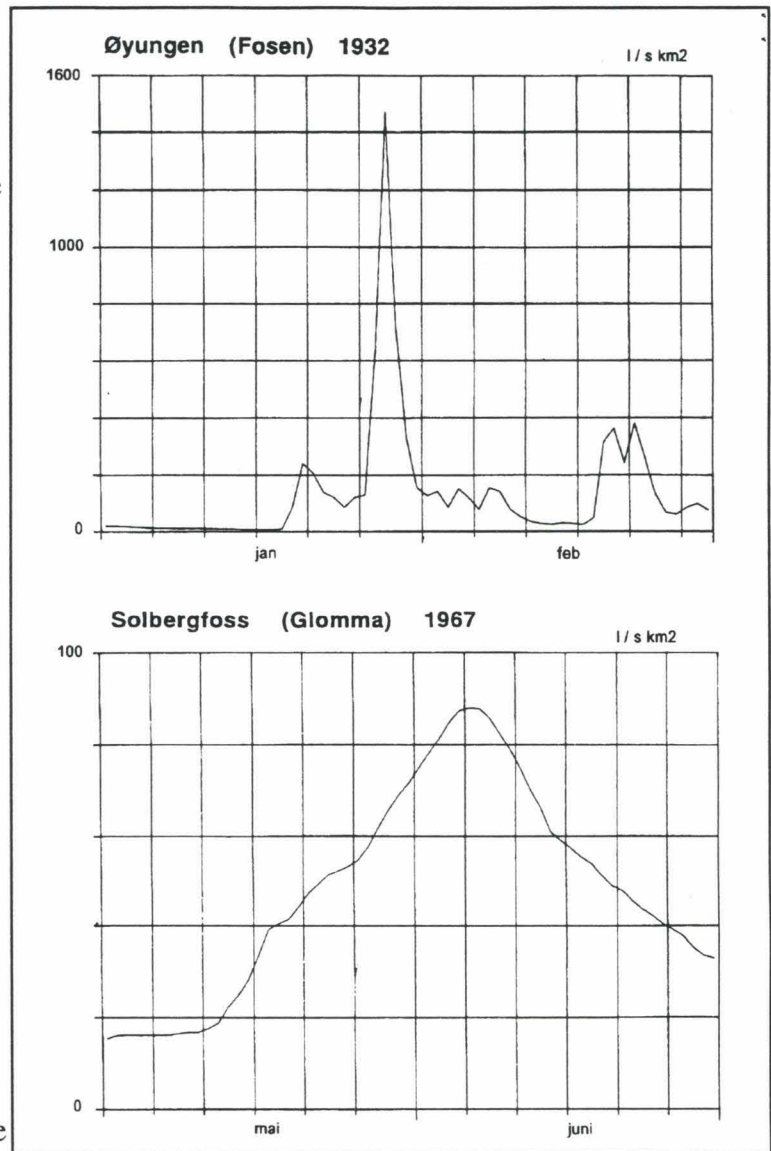
Momentmetoden bygger på at fordelingsfunksjonens parametre er relatert til flomseriens statistiske momenter - de tre første momentene er middelerdi, standardavvik og skjevhet. Estimeringsusikkerheten øker raskt med antallet momenter som kreves.

De estimeringsmetodene som foretrekkes nå er særlig "Maximum Likelihood"-metoden og sannsynlighetsveide momenter - PWM ("Probability Weighted Moments). Den siste er benyttet i denne analysen.

2.2 Regional analyse

Uansett analysemetode blir flomfrekvensanalysen svært usikker i ekstrapolasjonen så lenge man bare baserer seg på enkeltserier. Det er flere grunner til dette:

- Fra en stasjon er observasjonsmaterialet nødvendigvis begrenset, vi er heldige om vi har 50 observasjoner. Usikkerheten synker også langsomt med økende periodelengde, typisk omvendt proporsjonal med kvadratroten av periodelengden.
- Store flommer - slengere - i datamaterialet påvirker resultatene sterkt. Mangel på flommer enkelte år (særlig for høstflom) kan også påvirke analysen på en uheldig måte (lowliers).
- Flommer er som regel observert som vannstand, ikke som vassføring. Usikkerheten i vassføringskurven er stor ved høye vassføringer, og for en enkeltserie en kilde til systematisk feil.



Figur 3. To store flommer i forskjellige vassdrag

Regionale analyser er en vanlig brukt metode for å redusere usikkerheten i ekstrapolasjonene. Forutsetningen er at det lar seg gjøre å definere regioner som har homogene flomforhold. Typiske elementer i en slik analyse er:

- Identifikasjon av antatt homogene regioner.
- Bestemmelse av regionale vekstkurver.
- Etablering av metoder for å bestemme middelflommen og evt standardavviket (spesifikke tall) for sted uten observasjoner.

De regionale vekstkurvene dannes på grunnlag av enkeltstasjonenes frekvenskurver, standardisert ved divisjon på middelflommen (indeksflom-metoden). Et toneangivende arbeid innen regional flomfrekvensanalyse er den britiske "Flood Studies Report" fra midten av syttitallet (NERC, 1975).

2.3 Regionale forskjeller

Nedbørmengde og spesifikt avløp (avløp per km²), inkludert flommer, er mye større i kystområdene fra Sørvestlandet til Nordland enn i de øvrige delene av landet. I tillegg varierer årstiden for de største flommene fra landsdel til landsdel. I kyststrøkene er det høst- og vinterflommene som dominerer; forårsaket av frontalnedbør ofte kombinert med snøsmelting. I innlandsstrøkene kan juni være kritisk, med snøsmelting kombinert med regn, og høstmånedene; regn på mettet mark.

De store feltene krever store volumer av tilført vann for å bygge opp en storflom. Dette kan skyldes sterk snøsmelting kombinert med nedbør, eller nedbørsystemer som stopper opp og blir liggende nesten stasjonære i flere døgn. Dersom fronten da har orientert seg langs et hovedvassdrag, er det store muligheter for dramatiske flomutviklinger.

Småfelt, og særlig urbaniserte feltene, er karakterisert ved rask flomstigning og spisse flomforløp. I slike felt opptrer flommer gjerne i forbindelse med heftig konvektiv nedbør om sommer og høst. Større felt reagerer ikke på disse situasjonene; arealutbredelsen er for liten og markvannsunderskuddet vanligvis stort.

Figur 3 viser en typisk flom i et kystnært felt på 230 km², Øyungen på Fosen, og vårflommen i 1967 ved Solbergfoss, et felt på ca 40000 km². Vassføringen er oppgitt som spesifikke tall (l/s km²), legg merke til at feltet på Fosen har over 16 ganger så høy spesifikk maksimalvassføring som østlandsfeltet; dette skyldes både regionale ulikheter og forskjellen i feltstørrelse.

2.4 Tidligere studier i Norge

I Norge utarbeidet Reinhardt Søgne den første landsomfattende flomstudien for over 50 år siden (Søgne, 1942). Dette var en analyse av sammenhengen mellom de største observerte flommer og feltparametre, og Søgne's dimensjoneringsflommer (maksimal flom) var ikke knyttet til noe fast gjentakintervall. Det har vist seg i ettertid at det virkelige gjentakintervallet varierte sterkt. Søgne's formler var likevel i bruk over en mannsalder.

Den første regionale flomfrekvensanalysen i Norge ble utarbeidet på slutten av 70-tallet av Wingård m.fl (1978). Den gir formelverk for estimat av flommer med opp til gjentakintervall 10000 år for et hvert punkt i de norske vassdragene. Analysen baserer seg på treparameterfordelinger opp til 250 års gjentakintervall og regionale vekstkurver over det. For å estimere middelflommen i felt uten målinger ble det utarbeidet et formel basert på topografiske parametre. Norge ble inndelt i 11 regioner, og analysen var begrenset til døgnmiddelflom. Videre i denne rapporten vil vi henvise til denne analysen som RF-78 (Regional flomfrekvensanalyse fra 1978).

3 REGIONAL FLOMANALYSE

3.1 Bakgrunn

Siden den forrige regionale flomfrekvensanalysen (Wingård, 1978) har datagrunnlaget økt betydelig. I tillegg er det utviklet bedre metoder for regionalisering og parameterestimering. Erfaringene med bruk av formelverket tyder på svakheter i formlene for estimat av middelflom - disse har også blitt modifisert (Lundquist m.fl., 1986). Disse faktorene har vært motivasjon for den foreliggende analysen. Siktemålene for undersøkelsen har vært å kontrollere og eventuelt forbedre regioninndelingen i den forrige analysen, etablere nye regionale frekvenskurver på grunnlag av større datagrunnlag og bedre parametriseringsmetoder og om mulig etablere bedre metoder for estimering av middelflom for umålte felt. Dessuten er undersøkelsen utvidet til å omfatte analyser av kulminasjonsflom - tidligere undersøkelser har bare omfattet døgnmiddelverdier.

Hoveddelene av analysen er:

- regionalisering av flomregimer
- regionale frekvenskurver
- formler for estimering av middelflom
- forholdet kulminasjonsflom/døgnmiddelflom

Undersøkelsen retter seg mot større felt, typisk fra 20 km² og oppover. Flommer i mindre felt er m.a. behandlet i et prosjekt initiert av Statens Naturskadebønd (Myrabø, 1991; Berg m.fl, 1992; Watne, 1993).

3.2 Metodikk

Valg av fordeling

Metoden som er benyttet er implementert i NVE's standard program for flomfrekvensanalyse (Roald, 1992). I dette systemet er alle relevante fordelingsfunksjoner tilgjengelige. I en tidlig fase av prosjektet ble flere fordelinger (log-normal, log-Pearson, Gumbel og General extreme value (GEV) og parameter-estimeringsteknikker (maximum likelihood, moment-metoden og sannsynlighetsvektede momenter) testet. General extreme value fordelingen (GEV) og sannsynlighetsvektede momenter (PWM) for parameterestimering, ga de beste resultatene. De regionale kurvene er beregnet ved hjelp av indeksflommetoden.

Regionaliseringen er gjennomført ved hjelp av clusteranalyse. Den regional homogeniteten er kontrollert med Wiltshires homogenitetstest. I det følgende gis en kort oppsummering av disse metodene.

GEV fordelingen

GEV fordelingen er en tre-parameter fordeling som først ble benyttet av Fisher-Tippet. Den kan betraktes som bestående av tre fordelinger, bestemt av den tredje parameteren. Sannsynlighetstetthetsfunksjonen til GEV fordelingen kan skrives på formen:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left(1 - \frac{x-U}{\alpha}\right)^{1/k-1} e^{-(1-k(x-U)/\alpha)^{1/k}}$$

Med kumulativ fordeling:

$$F(x) = e^{-(1-k(x-u)/\alpha)^{1/k}}$$

hvor α er en skalaparameter, U lokaliseringsparameter, mens k er parameter som beskriver kurveforløpet/formen. Hvis $k = 0$, er GEV identisk med Fisher-Tippet 1 eller Extreme value type 1 (EV I) fordelingen, Gumbel fordelingen. Hvis $k < 0$, er GEV identisk med EV II fordelingen og hvis $k > 0$, er GEV identisk med EV III fordelingen.

PWM parameterestimering

Parameterestimeringen i GEV-fordelingen kan foretas ved hjelp av momentmetoden, maximum likelihood, sekstiler og sannsynlighetsvektede momenter (PWM). PWM metoden er å foretrekke sammenlignet med andre metoder (Lu og Stedinger, 1992). Metoden er spesielt god ved små utvalg på grunn av små avvik i kvantil-estimatene. Se vedlegg 5.

Metoder for klassifisering, hierarkisk clusteranalyse

Hierarkisk clusteranalyse er en mye anvendt metode i hydrologi. Algoritmene som benyttes i denne analysen er de samme som presenteres i Gottschalk (1985). Metoden kombinere observasjoner i henhold til en "avstandsfunksjon". Korrelasjonskoeffisienten mellom to observasjonsrekker kan benyttes som en slik funksjon, definert på formen:

$$\rho_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \sum_{i=1}^p (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}}$$

hvor p er antall observasjoner for hver serie, j og k er indekser for seriene. ρ_{jk} for alle seriene danner korrelasjonsmatrisen.

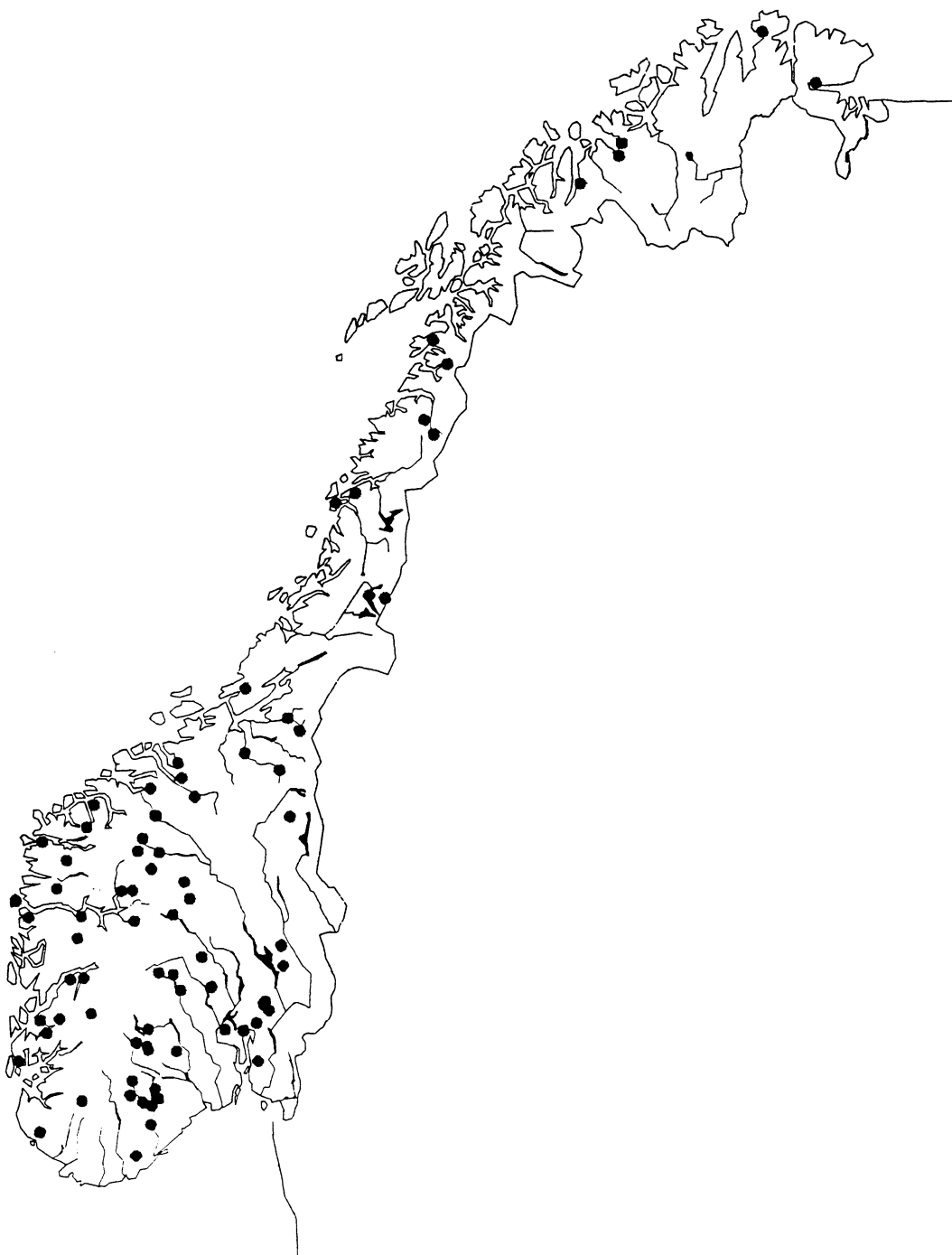
Klassifiseringen er foretatt ved å finne høyeste felles korrelasjon i korrelasjonsmatrisen for å bestemme senteret av clusteret. Når et par er dannet, erstattes de to settene med korrelasjonskoeffisienter med ett, slik at dimensjonen av korrelasjonsmatrisen reduseres med en for hver beregning. Prosedyren gjentas inntil samtlige serier er koblet sammen. Resultatene blir vanligvis presentert som et dendrogram - en trestruktur - som viser rekkefølgen av sammenkoblinger.

Evaluerer av regional homogenitet, Wiltshires homogenitetstest

Hosking (1987) diskuterer problemstillinger omkring regional homogenitet i hydrologien. Han konkluderer med at Wiltshire-testen (Wiltshire, 1986) er å foretrekke for kontroll av homogeniteten i flomregioner. Denne testen er en fordelingsbasert test som kan benyttes til å forkaste hypoteser om at regioner er homogene statistisk sett. Se vedlegg 5.

Estimering av regionale kvantiler; indeksflom-metoden

Indeksflommetoden (NERC, 1975) er benyttet til å beregne regionale kvantiler. Det antas at alle seriene innenfor en region følger samme underliggende fordeling. Standardisert frekvenskurve er beregnet for hver serie i regionen. Denne er beregnet ved å dividere på middelflommen. Videre er middelet for alle kurver ved hvert gjentakintervall beregnet. Dette middelet uttrykker den standardiserte regionale frekvenskurven.



Figur 4. Beliggenheten til avløpsstasjonene i analysen.

3.3 Datagrunnlag

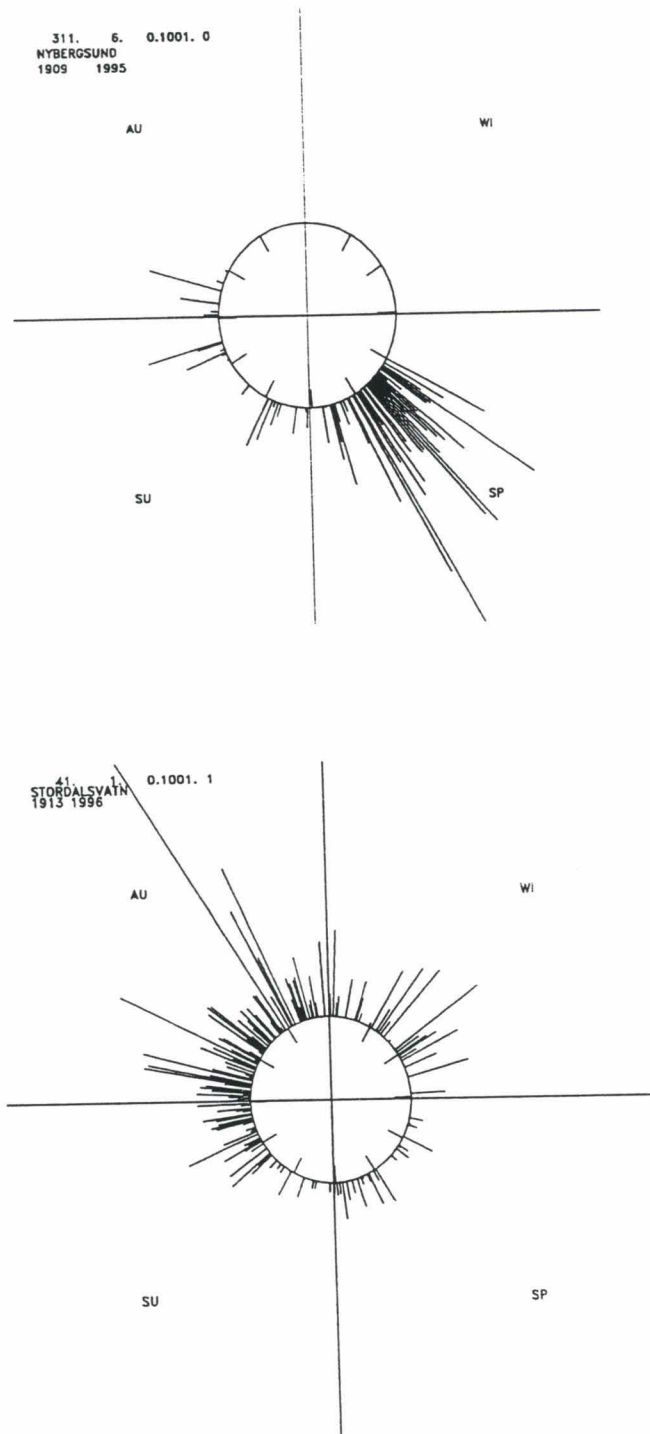
Det er benyttet observasjonsserier fra 212 nedbørfelt, se figur 4 og vedlegg 1. Krav som stilles til observasjonene er at de i liten grad skal være påvirket av reguleringer og overføringer, og at de foreligger i så lang serie som mulig, med et minimum på 20 observasjonsår.

Flommer generert av snøsmelting og flommer som er resultat av nedbørepisoder tilhører to forskjellige populasjoner. Det er derfor nødvendig å foreta en inndeling av datamaterialet i vårflommer (snøsmelting) og høstflommer (regnflommer).

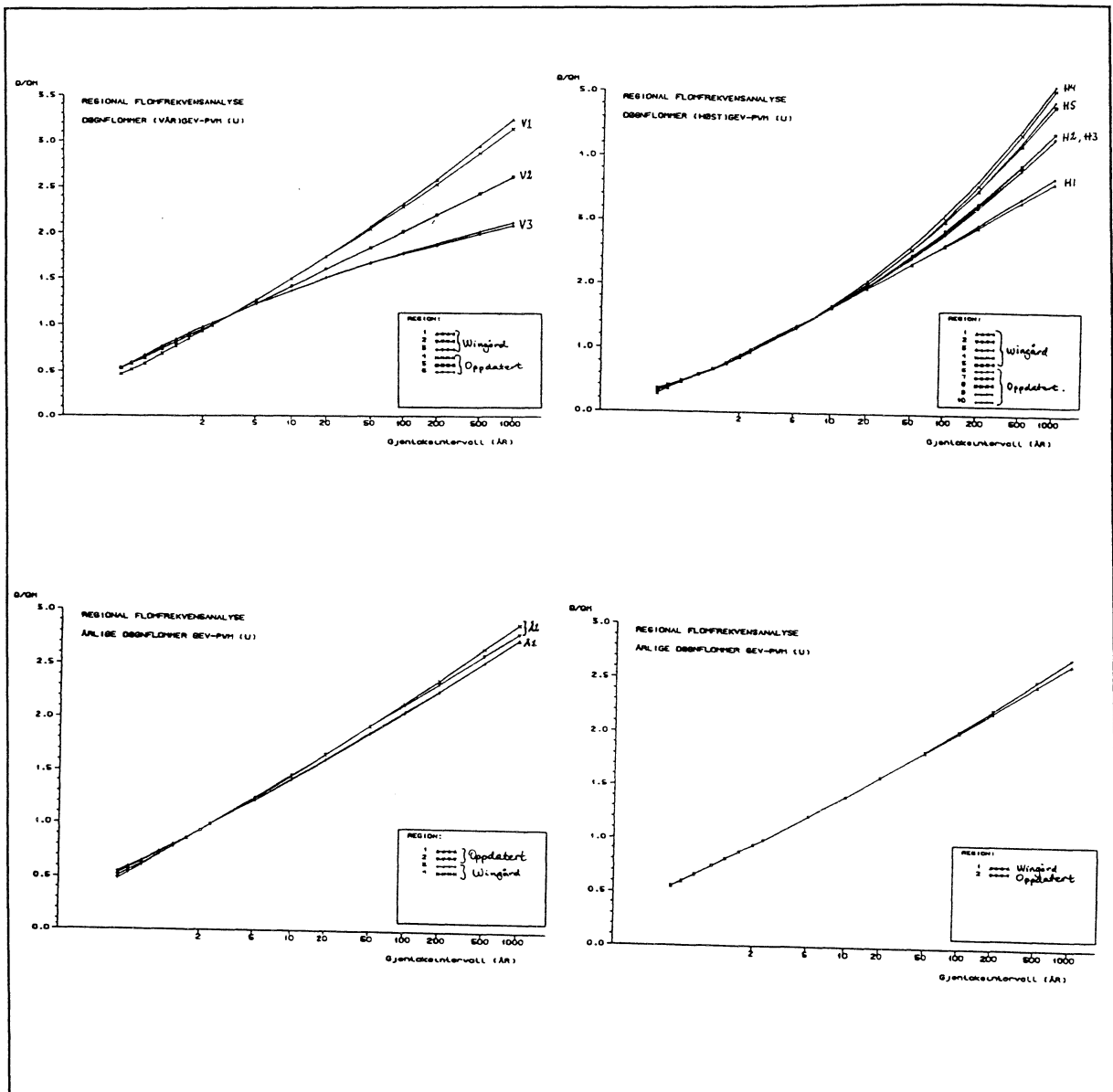
Denne inndelingen ble gjennomført ved at alle observerte vannføringsverdier over en gitt terskel ble plottet som vist på figur 5. I denne undersøkelsen ble terskelen satt til tre ganger standardavviket til døgnavløpet. På denne måten ser en enkelt hvordan flommene fordeler seg over året, og en er i de fleste tilfeller i stand til å bestemme skillet mellom vår- og høstflomsesonen. I enkelte deler av landet er det ikke noe definert skille mellom regn- og snøsmelteflommer. I disse områdene defineres ingen sesonger. Dette er de kystnære områdene, og disse danner grunnlaget for kystregionen. Hver enkelt serie er undersøkt individuelt for å bestemme sesonginndelingen.

Flomseriene er etablert ved at høyeste observerte døgnmiddelflom innen hvert år og sesong er plukket ut og etablerer flomserien for det gitte feltet. For å kunne sammenligne flomverdier fra felt med ulik feltstørrelse, og følgelig forskjellig avløpsvolum, er seriene standardisert ved divisjon på midlere flom.

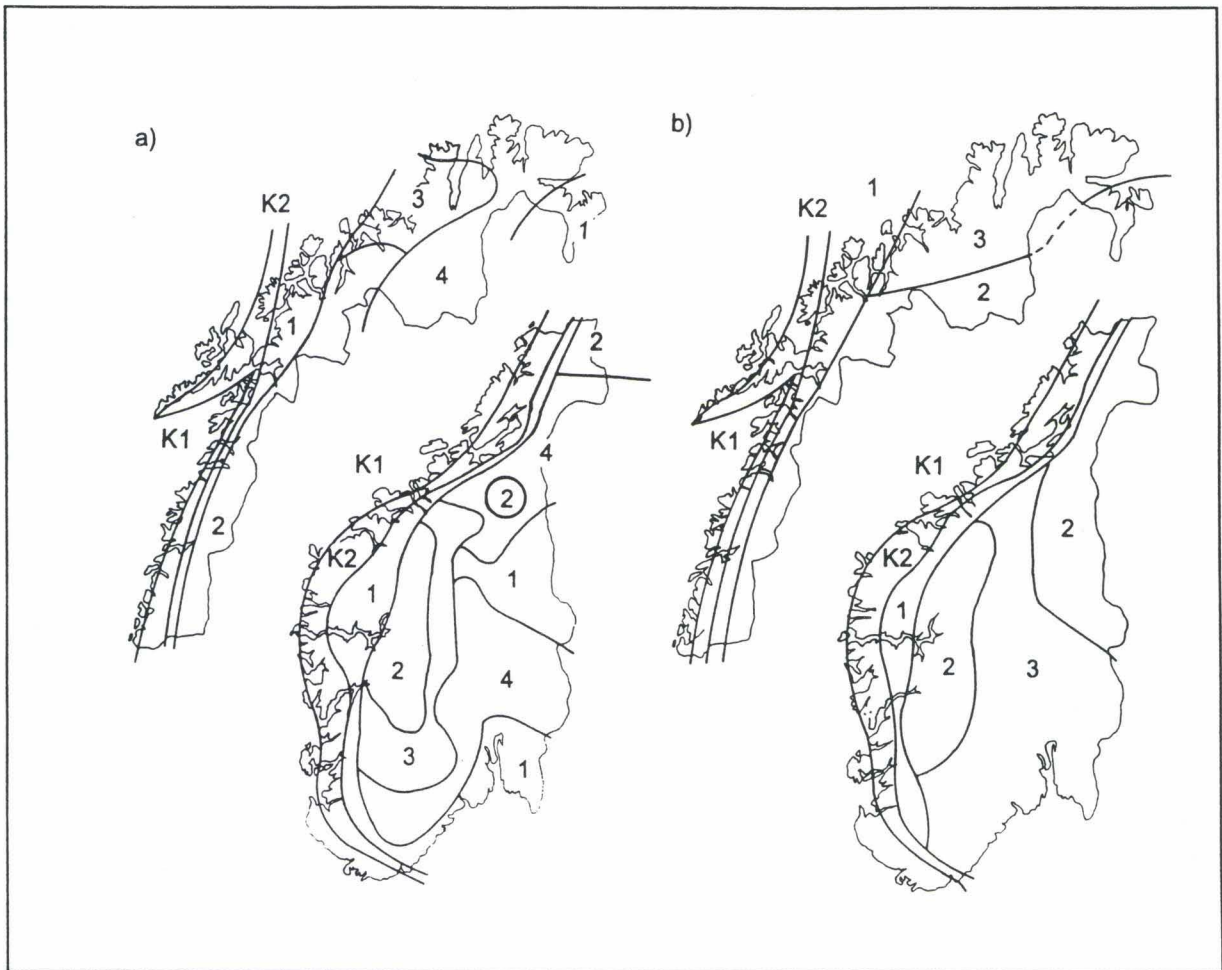
Datautvalget er undersøkt for hvorvidt en lengre observasjonsperiode vil påvirke regionkurvene i forhold til det materialet som RF-78 er basert på. Sammenligning av momenter og regionale kurver viste små forskjeller mellom kurvene (se figur 6). Det virker derfor som om det tilgjengelige datamaterialet er tilstrekkelig for stabil estimering av regionkurver.



Figur 5. "Vindroser" som viser fordelingen av flommer over året for en kyststasjon (586 Stordalsvatn) og en innlandsstasjon (373 Nybergsund). SU: sommer, AU: høst, WI: vinter, SP: vår



Figur 6. Regionale frekvenskurver for datautvalget benyttet i denne analysen og datagrunnlaget fra RF-78.
a: vårflom, b: høstflom, c: årsflom og d: brereionen



Figur 8. Flomregioner, vårflommer (a) og høstflommer (b)

Benyttes gruppetilnærmelsen, kreves det at man har mulighet til å bestemme gruppetilhørigheten til nye flomserier utfra felt- og eller klimatiske parametre. En metode for å bestemme gruppetilhørighet er diskriminantanalyse (Klecka, 1980). I denne undersøkelsen ble det gjort forsøk på å bestemme grupper. Ved verifikasjon av bestemmelse av gruppetilhørighet ved diskriminantanalyse viste det seg at sannsynligheten for feilklassifisering var meget stor, og denne tilnærmelsen ble skrinlagt.

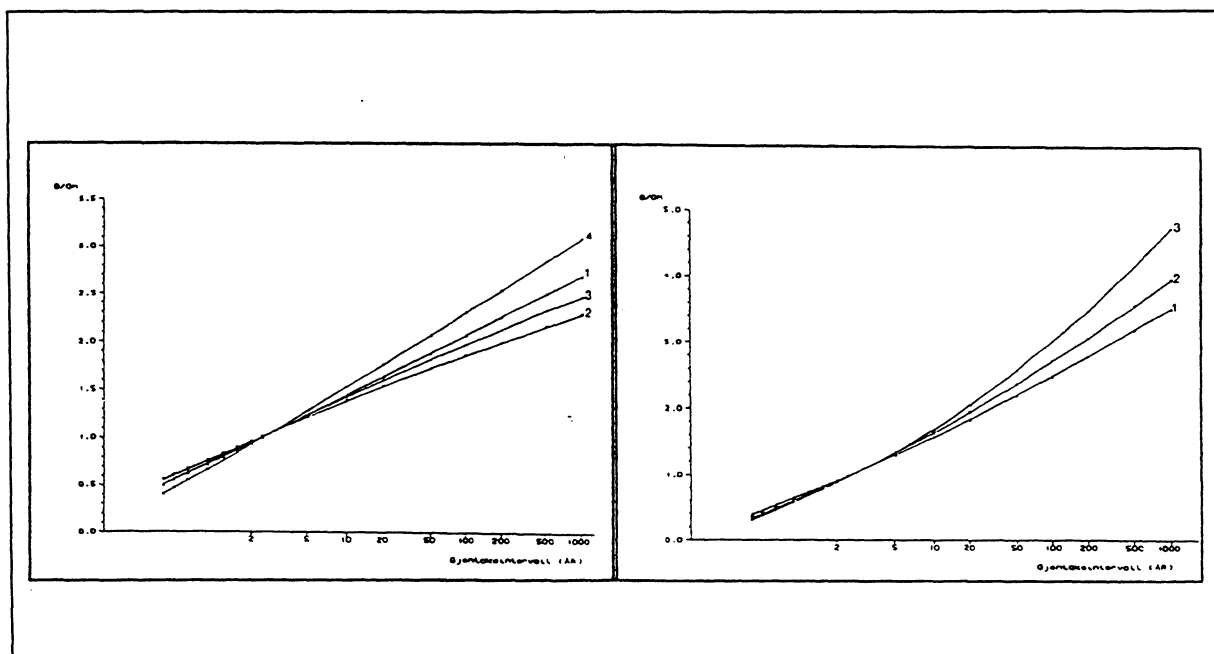
Regionaliseringen hadde derfor som mål å definere geografiske regioner med hensyn på flomfrekvensforløp. Til dette ble hierarkisk clusteranalyse (Gottschalk, 1985) benyttet. Datautvalget ble først inndelt i to grupper, en gruppe med nedbørfelt fra innlandet med definert sesongskille og en med nedbørfelt fra kystnære områder uten definert sesongskille. Som inngangsverdier til clusteranalysen ble det benyttet seks klimatiske parametere (midlere årsnedbør, forholdet midlere årsnedbør og nedbør med fem års gjentakintervall (i prosent), midlere antall dager med snødekke, midlere årlig snødybde, middeltemperatur i januar og juli). Dette resulterte i etablering av fem regioner. Dendrogrammet som viser grupperingen fra clusteranalysen på innlandsfeltene er vist i figur 7.

Alle regionene ble bedømt homogene i henhold til Wiltshires homogenitetstest med hensyn på flom. De regionale kurvene ble estimert ved hjelp av indeksflommetoden (NERC, 1975). Dette viste at noen regioner hadde tilnærmet det samme kurveforløpet. Disse ble slått sammen. Regionaliseringen resulterte i fire vårflomregioner, tre høstflomregioner og to kystregioner. I

tillegg til dette ble felter med bredekning større enn 5% gruppert i en egen region. Flomregionene er vist i figur 8 og frekvenskurvene er vist i figur 9. Kurven for breregionen sammenfaller med K2.

De regionale kurvene bekrefter vår kjennskap til den klimatiske innflytelsen. Gradienten på den regionale kurven beskriver sannsynligheten for forskjellige flomstørrelser. Store gradienter indikerer stor flomvariabilitet. I vårflomregionene er det de to kurvene som representerer fjellregionene med stabilt snødekke som har den laveste gradienten. Region 4, som er det området med minst vinternedbør, har den høyeste kurvegradienten. Denne regionen er også influert av "kombinasjonsflommer" i form av regn- og smelteflommer.

Ved vurderingen av høstflomregionene ser vi at kurven med den laveste gradienten er i region 1. Denne regionen er den vestligste innlandsregionen, hvor det også er størst nedbøraktivitet. Flommer opptrer årlig, noe som gir relativt lav variabilitet i flomstørrelsene. I region 2 er det derimot ikke årvisse flommer, og variabiliteten i årsmaksimum er noe større enn for region 1. Dette forklarer at kurven har en noe større gradient i denne regionen. Region 3 er ikke fullt så enkel å forklare. I deler av regionen er det årvisse flommer, mens dette ikke er tilfelle andre steder. I enkelte år oppstår det ekstreme situasjoner, mens det andre år kun forekommer små flommer eller ingen flommer i det hele tatt. I kystsonen er nedbøraktiviteten størst i region 1. Region 2 har en større variabilitet.



Figur 9. Regionale kurver for vårflommer (a) og høstflommer samt årsflommer (b)

4 ESTIMERING AV DØGNMIDDELFLOM

4.1 Bakgrunn

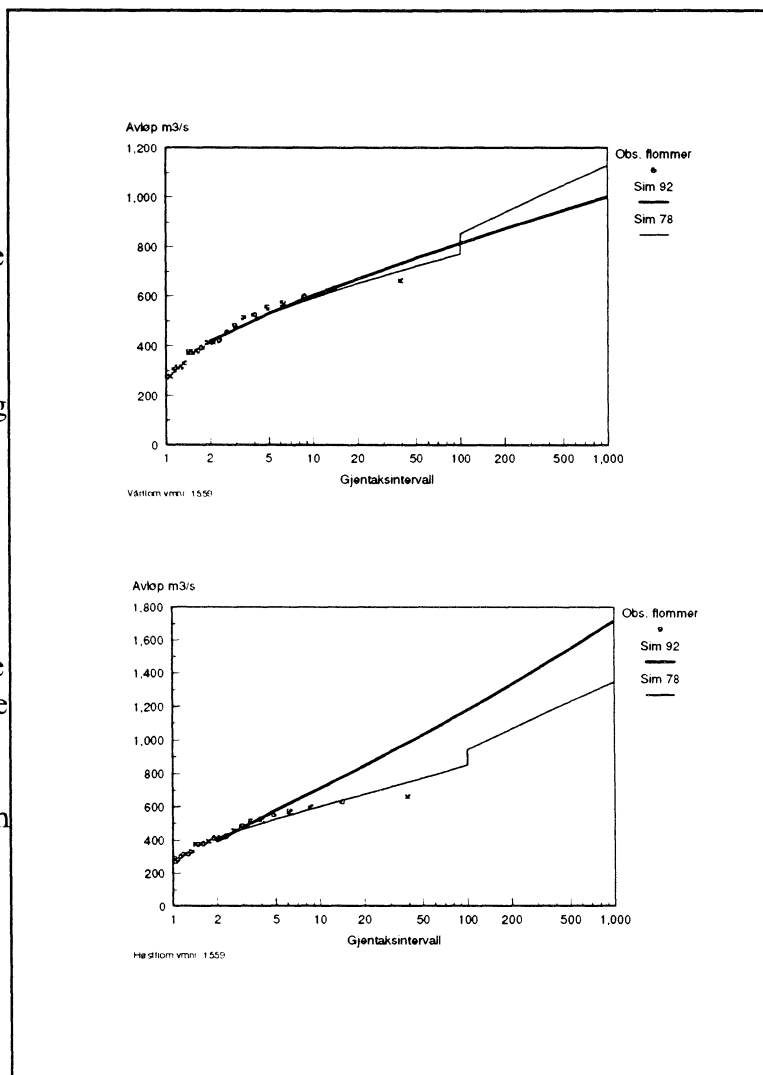
For å kunne benytte de regionale kurvene, så må spesifikk middelflom for den aktuelle serien estimeres. Hvis det bare foreligger korte serier, så kan det med litt forsiktighet benyttes et middel av seriene. Vassføringsserien kan også utvides ved hjelp av regresjon eller modellsimuleringer. EOF-metoden (Hisdal og Tveito, 1990) må benyttes med forsiktighet når det gjelder flommer.

Når det helt mangler data for et felt, kan middelflommen estimeres på grunnlag av topografiske og klimatologiske data. En annen mulighet er å sammenligne med nærliggende felt.

4.2 Regresjon mot feltparametre

Som i RF-78 er det etablert prediksjonsligninger for middelflommen på grunnlag av feltparametre. Utvalget av feltparametre er noe annet, og det er lagt vekt på å benytte de samme parametrene i de forskjellige regionene. Dette reduserer risikoen for at sporadiske korrelasjoner slår ut i formlene, og gir mer konsistente resultat mellom regionene.

For å unngå negative estimater, så er vannføringen (spesifikk middelflom) log-transformert. Noen av de uavhengige variablene er også log-transformert. Følgende uavhengige variable er representert i ligningene (S=Vårflom regioner, R=Høstflom regioner, K=Kystregioner, B=Brerregioner):



Figur 10. Frekvenskurver for Iskvernfoss estimert ved hjelp av enkeltserieanalyse (GEV) og regionale kurver, fra RF-78 og denne analysen.

- hovedelvas gradient (S, R)
- effektiv sjøprosent (S, R, K, B)
- andel snaufjell (S)
- midlere spesifikt avløp (S, R, K, B)
- feltakse (K1, B)
- forholdet feltakse/areal (R)
- midlere årsnedbør (K1)

Beregningene er foretatt ved hjelp av lineær stegvis multipl regresjon. Ligningene er presentert i vedlegg 3.

4.3 Interpolasjon av middelflom

Burn (1990) forsøkte å benytte en influensområde tilnærming (ROI), der omkringliggende stasjoner vektet lineært. Vektene estimeres ved en hjelp av en romlig modell. Denne metoden

Tabell 1. Verifikasjonsfelt.

Vmnr.	Navn	Vassdrag	Feltareal
1125	Bruøy	Driva	473,00
1135	Ogge	Tovdalselv	250,00
1232	Skogsfjordvatn	Skogsfjordelv	134,00
1245	Lille Ropelvvatn	Ropelv	49,00
1364	Akslen	Glomma	791,00
1423	Forsbakk	Straumdalselv	563,00
1427	Djupevad	Hadelandselv	303,00
1463	Ystre Langvatn	Nausta	199,00
1555	Borgåi	Numedalslågen	929,00
1559	Iskvernfoss	Namsen	250,00
1596	Masi	Altaelv	5.693,00
1601	Moavatn	Ulla	224,00
1625	Nerdal	Ulvunda	993,00
1734	Myrkdalsvatn	Vossa	157,00
1750	Middal	Suldalslågen	449,00
1802	Årdal	Sira	76,00
1812	Fura	Glomma	---
1829	Gravå	Nidelv (Agder)	63,00
1860	Kauserud	Rømua	866,00
1880	Sæternbekken	Sandvikselv	6,31

er nær beslektet med geostatistiske metoder. Et lite eksperiment med å estimere spesifikk middelflom ved hjelp av kriging, ga ingen indikasjoner på at denne metoden er direkte anvendbar.

4.4 Verifisering av formelverk for beregning av døgnmiddelflom

Middelflommen er estimert for alle verifikasjonsfeltene hvor de nødvendige feltparameterene var tilgjengelige. Sammenligningen er gjort ved vurdere prosentfeil, midlere relativ feil og midlere prosentfeil og standardavviket på disse. Resultatene er presentert i tabell 2 og 3 for respektive vårflom- og høstflomregionene. Kyst- og brereionene er presentert i tabell 4. SIM-92 representerer resultatene fra metoden i denne undersøkelsen, mens SIM-78 er fra resultatene i RF-78.

For vårflom er det en moderat, men systematisk forbedring av estimatene ved de nye ligningene. Ser en på de enkelte feltene vil forskjellig formelsett være best fra stasjon til stasjon. Feltene med minst areal, vmnr. 1829 og 1880 estimeres dårlig av begge metodene. SIM-92 ga de beste resultatene ved 9 stasjoner, mens SIM-78 var best ved 6. SIM-92 har minst estimeringsusikkerhet, både absolutt og relativt.

Tabell 2. Verifisering av estimert midlere spesifikk flom ($l/s \text{ km}^2$) for vårflommer

Vmnr.	Observert	SIM-92	avvik (%)	SIM-78	avvik (%)
1125	200	309	55	331	66
1232	257	254	-1	259	1
1245	65	73	12	102	57
1423	1046	908	-13	724	-31
1555	275	171	-38	524	18
1596	116	95	-18	87	-25
1601	472	427	-10	445	-6
1625	370	391	6	434	17
1734	523	427	-18	412	-21
1750	540	516	-4	616	-14
1802	524	362	-31	482	-8
1812	244	153	-37	255	-5
1829	147	294	100	452	207
1860	138	89	-35	141	2
1880	150	67	-55	247	64
Middelfeil		-35 (-48*)	- 6 (13*)	30 (-10*)	24 (11*)
Standardavvik		85 (71*)	39 (27*)	146 (130*)	59 (-32*)

*) Stasjon 1829 er ikke inkludert i denne verdien.

Tabell 3. Verifisering av estimert midlere spesifikk flom (l/s km²) for høstflommer.

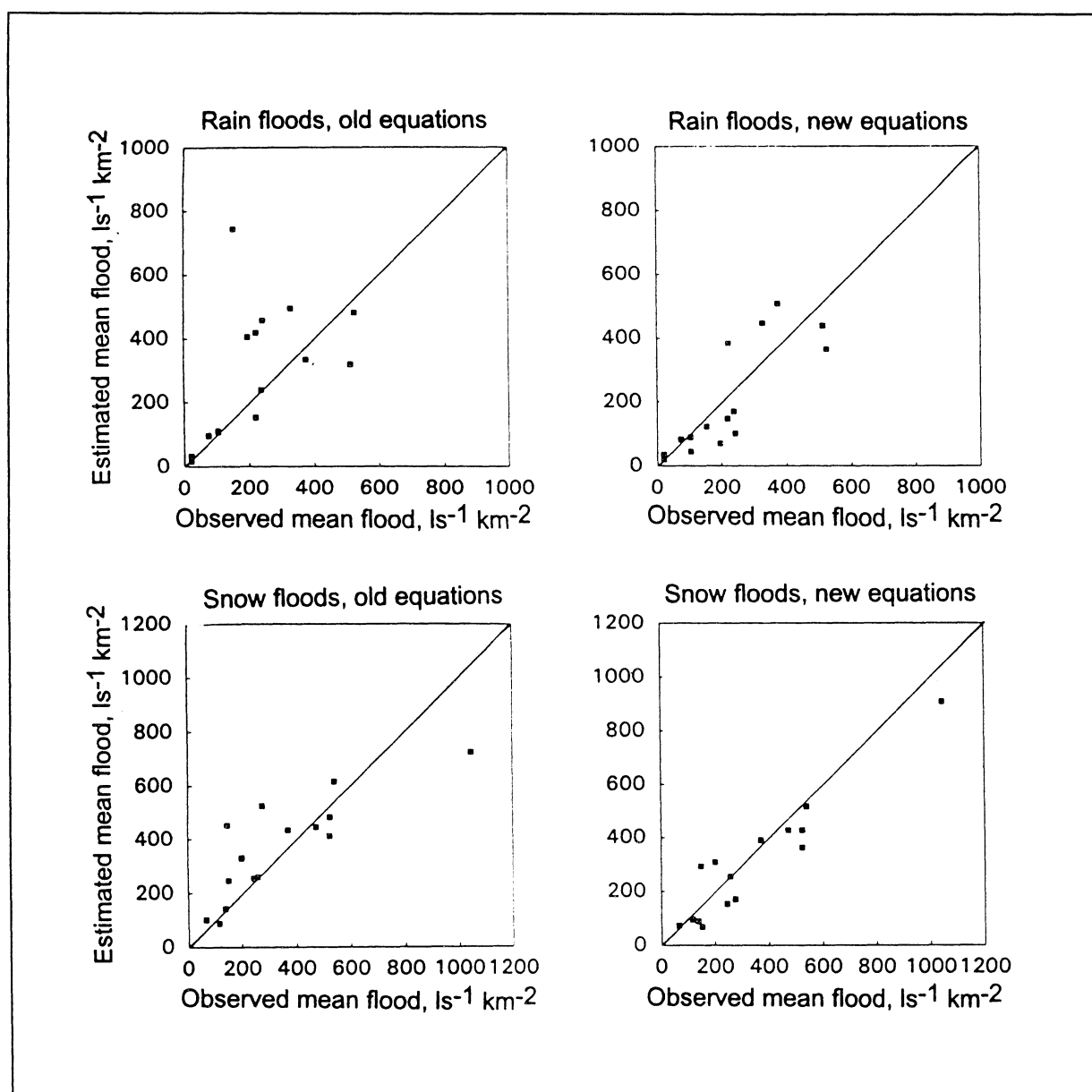
Vmnr.	Observert	SIM-92	avvik (%)	SIM-78	avvik (%)
1125	73	83	14	96	31
1232	237	170	-28	239	1
1245	219	147	-33	152	-30
1423	21	21	0	33	58
1555	103	89	-13	111	8
1596	21	36	71	17	-20
1601	328	446	36	495	51
1625	221	383	73	419	89
1734	513	439	-32	317	-38
1750	374	508	36	333	-11
1802	524	365	-30	482	-8
1812	241	101	-58	457	89
1829	154	122	-21	743	382
1860	104	45	-57	107	0
1880	196	70	-64	405	106
Middelfeil		-20 (-19*)	-7 (-6*)	72 (35*)	47 (23*)
Standardavvik		97 (101*)	44 (46*)	184 (120*)	103 (47*)

*) Stasjon 1829 er ikke inkludert i denne verdien.

Tabell 4. Verifisering av estimert midlere spesifikk flom (l/s km²) for felter uten definerte sesonger.

Vmnr.	Observert	SIM-92	avvik (%)	SIM-78	avvik (%)
1135	236	259	10	239	1
1364	223	260	17	281	26
1423	1046	809	23	1582	51
1427	1364	936	-31	991	-27
Middelfeil		-151	-7	56	13
Standardavvik		223	24	373	29

Estimeringsfeilen er større i høstflomregionene enn vårfloregionene. For høstflommer er vmnr. 1829 er dårlig estimert i SIM-78, men bedre i SIM-92. Dette er et lite felt (6.3 km^2) med stor gradient (høydeforskjell på 690 m og en feltakse på 4.4 km) Feilen ved vmnr. 1596 for SIM-92 er sannsynligvis forårsaket av sjeldne tilfeller av regnflommer i dette området. Feltet ligger i Finnmark, og har et typisk innlandsklima. Avvikene ved vmnr. 1625 har ingen enkel forklaring. Mangelen på innsjøer og snaufjellsområder ved vmnr. 1812 og 1880 kan delvis forklare de store feilene ved disse stasjonene. Sammenligningen mellom feltene gir en fordel 8-7 for SIM-92. Når det gjelder oppsummeringsstatistikken er denne klart bedre for SIM-92 estimatene. De nye ligningene mindre spredning i estimatene på midlere vår- og høstflom. Dette er vist i figur 11. Estimeringsusikkerheten er imidlertid stadig stor.



Figur 11. Sammenligning av middelflom-prediksjonene.

5 MOMENTANFLOM

5.1 Bakgrunn

De regionale frekvensfordelingene og formelverket bygger på analyse av de høyeste årlige døgnmidlene i snøsmeltingsperioden og i den delen av året når flommer i hovedsak skyldes nedbør i form av regn. Grunnen til at døgnverdier er benyttet, er at de lange historiske dataseriene i hovedsak består av en observasjon pr døgn. I mindre nedbørfelt kan variasjonen i vannføring være betydelig i løpet av døgnet, særlig under intense flommer, men de historiske dataseriene inneholder ikke informasjon om dette.

Ved flomberegninger for store nedbørfelt og magasiner kan døgnverdier være tilstrekkelig til beregning av dimensjonerende flom. For de største magasinene vil en frekvensanalyse på flomvolumet over en varighet av flere døgn være viktigere for dimensjoneringen enn døgnverdier. For mindre felt vil derimot kulminasjonsverdien være viktig å fastlegge. I sterkt urbaniserte felt kan forholdstallet mellom kulminasjonsverdien og døgnmidlet løpe opp i 20 for kortvarige, men intense nedbørepisoder. Forholdstallet er lavere for små naturlige felt. For dimensjonering av bekkeinntak, kulverter og ledningsnett for avledning av overflatevann bør analysen fortrinnsvis utføres basert på data med fin tidsoppløsning (VR, 1986). I den foreliggende undersøkelsen betegner vi flommens kulminasjonsverdi som momentanflom.

I en engelsk undersøkelse (NERC, 1975) er det sett nærmere på forholdet mellom både momentanflom og døgnmiddelflom mot flommer av lengre varighet. Her var det spesielt sambandet mellom feltparametere og forholdet døgnmiddelflom mot 3- og 10-døgnsflommer som ga de beste resultatene. I denne undersøkelsen ble det også utarbeidet reduksjonsformler for forholdet mellom både momentan- og døgnmiddelflom mot økende varigheter.

5.2 Problemstilling

Analysen av momentanflommer bygger på to hypoteser; den første at det kan etableres et samband mellom momentanflom og døgnmiddelflom slik at momentanflommen kan estimeres ved en form for skalering når døgnmiddelflommen er kjent. Den enkleste formen et slikt samband kan tenkes å ha er en skaleringsfaktor, for eksempel uttrykt ved forholdstallet mellom midlere momentanflom og døgnmiddelflom eller basert på forholdstallet ved et gitt gjentaksintervall. Flommer i Norge skyldes snøsmelting, sterk nedbør eller kombinasjon av begge årsaker. Forholdstallet for snøsmelteflom og for regnflom vil trolig være forskjellige, og dette blir studert i den foreliggende undersøkelsen. En forutsetning for dette er at forholdstallet er uavhengig av gjentaksintervallet. I denne delen av undersøkelsen benyttes flomserier fra et utvalg av stasjoner hvor dataserier med momentan- og døgnmiddelflommer er tilgjengelig.

De fleste lengre flomseriene i Norge består helt eller delvis av døgnverdier. For å kunne anslå momentanflommene eller fordelingen av denne, er det nødvendig å finne forholdstallet for det aktuelle feltet og flomtypen. I mange undersøkelser er det antatt et samband mellom disse forholdstallene og feltparametre som kan avledes fra topografiske kart. Dette er en vanlig antagelse i regionale studier, (NERC, 1975; Wingård m.fl., 1976; Tveito, 1992; *ibid*). I den foreliggende undersøkelsen blir også denne hypotesen undersøkt. For å verifisere de resulterende prediksjonslikningene blir de anvendt på et antall stasjoner som er holdt utenfor analysen.

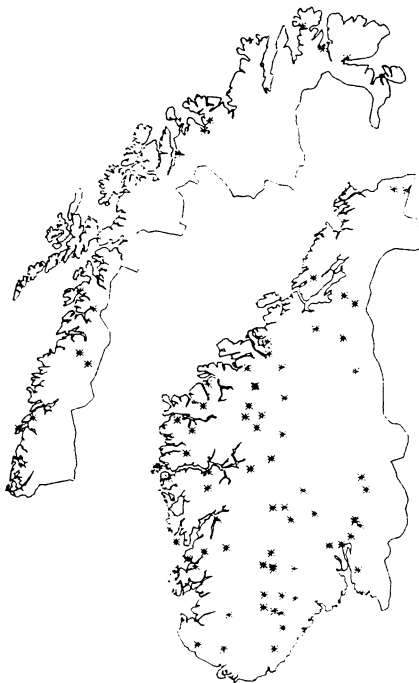
5.3 Datagrunnlag

5.3.1 Sesonginndeling

I store deler av landet vil vårflommer og høstflommer ha forskjellige egenskaper, noe som gjør det nødvendig å behandle disse statistisk adskilt. Sesonginndelingen i datamaterialet bestemmes utfra feltets beliggenhet. Sesongskillet og dermed varigheten av sesongene varierer noe avhengig av klimatiske forhold på stedet. For enkelhets skyld er sesongskillet satt til 1. januar og 30. juni evt. 15 juli. Ved de stasjoner hvor det er umulig å skille mellom to flomtyper, er analysen avgrenset til årsverdiene. Disse stasjonene er identifisert på grunnlag av resultater fra tidligere undersøkelser.

5.3.2 Stasjonsutvalget, serielengder

Observasjonsseriene er hentet fra 82 stasjoner med beliggenhet spredt over hele landet. Kravene som stilles til observasjonene er at de i liten grad skal være påvirket av reguleringer og overføringer, og at de foreligger i så lang serie som mulig, med et minimum på 15 observasjonsår. Data må foreligge for såvel fin tidsoppløsning som for døgnmidler. Det kreves ikke kontinuerlige serier, heller ikke at stasjonene dekker samme periode. Seriene er hentet fra to sesonger, henholdsvis vår og høst. Innenfor hver sesong og år benyttes høyeste registrerte momentanverdi og høyeste registrerte døgnmiddel. Dette innebærer at verdiene kan komme fra uavhengige flomtilfelle. Utvalget er kontrollert for uavhengighet på tvers av sesongskillet. For stasjoner uten markert sesongskille beregnes bare flomserier for en sesong som omfatter hele året. Disse er vanligvis tatt med i datasettet for vårsesongen da disse stasjonene for det meste ligger i fjellet eller langt nord med få tilfeller av regnflommer om høsten. Felt med hyppig forekomst av nedbørfattige høstsituasjoner blir derved holdt utenfor analysen for høstflommene, slik at det ikke benyttes observasjoner fra episoder som ikke kan betraktes som flom. Stasjonsutvalget er presentert i vedlegg 4 samt på kart i figur 12.



Figur 12. Belligheten til avløpsstasjonene i analysen.

5.3.3 Datakvalitet, oppbygging av nye filer

Momentanverdiene som benyttes foreligger i hovedsak med oppløsning på ett minutt, mens døgnmiddelverdiene er middel over kalenderdøgnet. Denne begrensningen er en faktor av betydning for forholdet mellom momentan- og døgnverdier fordi døgnmiddelet ikke foreligger som høyeste 24 timersmiddel. I enkelte situasjoner vil dette føre til at døgnverdien blir relativt lav i forhold til momentanverdien (figur 13). Dette kommer spesielt tydelig til uttrykk i situasjoner hvor det er spisse flommer med relativt kort varighet og kulminasjonstidspunkt som inntreffer omkring midnatt.

Hydrologisk avdeling har gjennomført en betydelig automatisering av stasjonsnettet over en 20 års periode. Mange stasjoner har vært utstyrt med analoge limnigrafer, som nå delvis er erstattet med dataloggere. Disse instrumentene registrerer data kontinuerlig eller til fastsatt tid flere ganger i døgnet. Data fra limnigrammer digitaliseres fortløpende, mens data fra dataloggere avleses hvorefter data føres inn på en separat database (FINDA) for data med høy tidsoppløsning. Liminigrafdata kan tas ut som minuttverdier, selv om nøyaktigheten kan være diskutabel. For loggerdata må de vurderes opp mot tidsintervallet (ofte satt til 1-1½ time) mellom hver registrering. Totalt foreligger data med høy tidsoppløsning for 1.7 mill. døgn på databasen.

Det er opprettet en separat database hvor momentanflommer og tilhørende døgnmiddel-flommer er registrert fra et betydelig utvalg stasjoner i uregulerte nedbørfelt. Disse observasjonene er tilrettelagt parvis som høyeste verdi innenfor hver sesong. Momentanverdiene er i hovedsak hentet fra FINDA mens døgnmidlene er hentet fra arkivet for kontrollerte og isreduerte data, F2. Momentanverdier er også i noen grad tatt ut direkte fra eldre limnigrammer.

Under arbeidet med å tilrettelegge data ble det funnet inkonsistens mellom døgnmidler på F2 og døgnmidler beregnet direkte fra FINDA. Dette opptrådte fortrinnsvis på døgn med stor variasjon i vannføring innen døgnet. Årsaken er at mange limnigrammer er tilbakedigitalisert uten at nye døgnmidler er beregnet. Den manuelle prosedyren for beregning av døgnmiddel inneholder flere muligheter for unøyaktigheter når vannstanden varierer mye. Det er ingen grunn til å anta at samme inkonsistens opptrer ellers i dataseriene. Middelverdier beregnet for lengre tidsrom enn døgn vil derfor i liten grad bli berørt av dette.

En svakhet i de manuelle dataseriene er også at observatøren i noen tilfeller har sørget for å avlese kulminasjonsvannstanden snarere enn vannstanden til et fast tidspunkt. Dette varierer trolig fra stasjon til stasjon, men innfører ytterligere et usikkerhetsmoment. En mangel i data fra FINDA er at de selvregistrerende instrumentene tidvis svikter, noe som dessverre særlig kan inntreffe under ekstreme forhold. Dette har medført at den høyeste flomepisoden kan ha falt bort enkelte sesonger og år og at den nest høyeste flommen er benyttet i stedet. Data på FINDA er heller ikke korrigert for isoppstuvning, men dette forekommer sjelden eller aldri under årets kulminasjonsflom. Situasjoner hvor isoppstuvning kan forklare høye vannføringer er eliminert fra datamaterialet forut for analysen.

Som følge av de påviste svakhetene er tidsseriene som ble brukt i analysen i hovedsak tatt ut direkte fra FINDA både for momentanverdier og døgnverdier. Det foreligger betydelige datamengder på ennå ikke digitaliserte limnigrammer. Denne og liknende undersøkelser vil lettere kunne gjennomføres om hele det historiske materialet digitaliseres.

5.3.4 Feltparametere

Feltparametere benyttes som uavhengige variable i regresjonsanalysen. Kriterier for valg av parametere bygger hovedsakelig på tidligere undersøkelser (Wingård m.fl., 1978). Noen av variablene er dessuten transformert før de benyttes i undersøkelsen. De transformasjonene som er benyttet er Briggske logaritmer, kvadratroter og kvadrering. Feltparametrene som er testet er:

- feltareal
- laveste punkt i feltet
- medianhøyde i feltet
- høyeste punkt i feltet
- effektiv sjøprosent
- sjøprosent
- breprosent
- snaufjellsprosent
- skogprosent
- myrprosent
- feltlengde
- feltrelieff
- hovedelvas gradient
- feltform
- feltgradient

I tillegg er følgende hydrologiske parametere benyttet:

- midlere spesifikk vannføring
- midlere døgnmiddelflom
- midlere momentanflom

Definisjon av parametrene er gitt i vedlegg 1.

Det testes på tre avhengige variabler, forholdet midlere momentanflom / midlere døgnmiddelflom og det samme forholdet beregnet på basis av 10 og 20 års gjentaksintervall. Det foretas ingen transformasjon av de avhengige variablene.

Feltparametrene er beregnet ved hjelp av subjektive metoder på grunnlag av forskjellige kartserier med varierende kvalitet. Dette er å betrakte som en feilkilde som nødvendigvis også vil prege resultatene. I fremtiden vil beregningen foretas ved hjelp av objektive metoder. Dette betyr at dagens parametere blir erstattet av nye parametere beregnet ved hjelp av geografiske informasjonssystemer (GIS).

5.4 Forholdet mellom momentanflom og døgnmiddelflom

5.4.1 Bestemmelse av forholdet mellom momentanflom og døgnflom

Forholdstallet mellom momentan- og døgnmiddelflom danner grunnlag for anslag av momentanverdien når døgnmiddelflommen er en kjent størrelse. Forholdet bestemmes ved et utvalg av avløpstasjoner hvor både momentan- og døgnmiddelflommen er kjente. Ved først å foreta en sesonginndeling beregnes seriens middelflomme av den høyeste registrerte momentan-

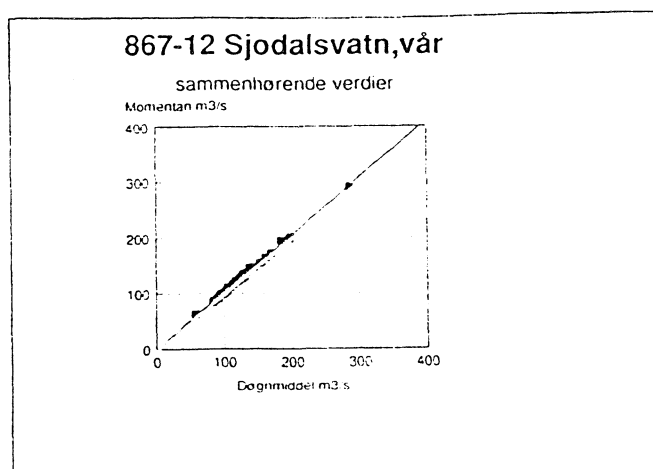
og døgnmiddelverdi innenfor hver sesong. I de fleste tilfelle viser det seg at den høyeste momentan- og døgnmiddelverdien faktisk er å finne ved det samme flomtilfelle. Dette er ikke fastsatt som noe kriterium for bestemmelse av forholdstallet, derfor benyttes det også verdier hentet fra uavhengige episoder. Det er viktig å oppnå uavhengighet mellom verdier på tvers av sesongskillet. For å oppnå dette er flomforløpet analysert, slik at det med større sikkerhet kan avgjøres om verdiene er uavhengige. Forholdet midlere momentan- og døgnmiddelflom er utarbeidet fra stasjoner med serier på minimum 15 år. Det er ikke stilt krav om samme år eller serielengde.

Observasjonsseriene er underkastet en kvalitetsanalyse i form av spredningsplott. Ved plotting av sammenhørende data (parvis momentan/døgnmiddel i hver sesong) er det mulig å vurdere de enkelte observasjoner noe nærmere. Ekstremverdier (outliers) ble på denne måten kontrollert for eventuelle feil og eventuell tilhørighet til andre populasjoner med annen fordeling. Plotting og analyse av korrelasjon og spredning er med på å danne et bilde av nøyaktigheten ved å benytte forholdstallet til å anslå momentanverdien. Lav korrelasjon og stor spredning fører til større usikkerhet. Figur 13 a gir et eksempel på et dempet samband hvor forholdet nærmer seg 1 og dessuten har en særdeles høy korrelasjon. Et noe annet bilde får man ved å vurdere situasjonen i figur 13 b. Her er korrelasjonen noe lavere og med en større spredning. I figur 13 c ser man et godt samband ved moderate flomstørrelser, men med en antydning til brudd ved mer ekstreme verdier. Den høyeste verdien er hentet fra en ekstrem situasjon i oktober 1987. Korrelasjonskoeffisientene mellom sammenhørende verdier av momentan- og døgnmiddelflommer har verdier mellom 0.85 og 0.99. I enkelte situasjoner vil årsaken til lave døgnmiddelverdier være at det ikke er det høyeste 24 timersmiddel som benyttes.

Smelteflommer har en relativt lang varighet og stort volum. Dette gir et mer dempet avløp og svært ofte et moderat avvik mellom momentan- og døgnmiddelflommen. Forskjellen skyldes først og fremst døgnvariasjonen i snøsmeltingen, som er mest utpreget for små felt. Regnflommene er oftest kortvarige og er hovedsakelig forårsaket av nedbør med stor intensitet. Det antas derfor et større avvik mellom momentan- og døgnmiddelverdi i høstsituasjoner hvor det er regnflommer som dominerer. En samordning av forholdet i analysematerialet i sortert orden bekrefter denne antagelsen (se figur 14). Det høyeste forholdstallet er på noe under 3 om høsten, mens maksimum ligger på 2 når det gjelder vårmaterialet. Det er kun ved noen få unntak at høstverdiene er lavere enn vårverdiene. En eventuell omforming av døgnmiddelverdi til høyeste 24 timers middel kan endre forholdstallet noe.

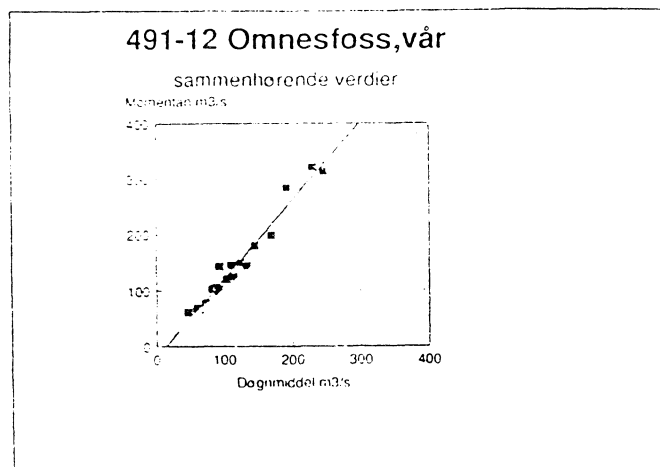
Figur 13 a.

Relasjonen momentanflom døgnmiddelflom
sammenhørende verdier vmnr. 867-12
Sjodalsvatn. Verdiene er hentet fra
vårsesongen mellom 1.1 og 15.7.
Dempning i avløpet ved utløpet av
Sjodalsvatn forklarer en nærmere diagonal
tilnærming, 1.023. $r^2 = 0.999$, $N = 45$.



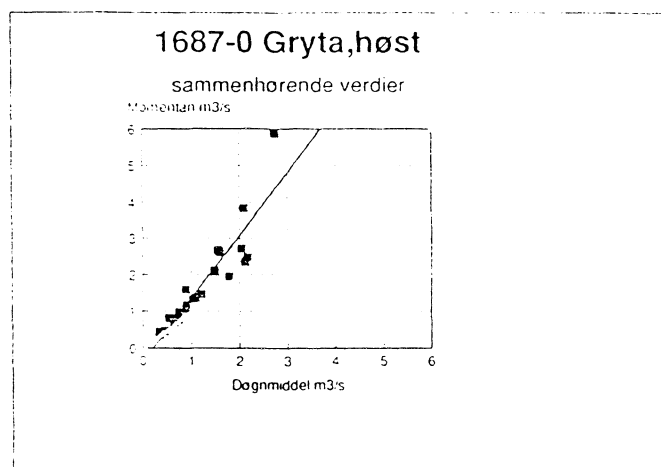
Figur 13 b.

Relasjonen momentanflom døgnmiddelflom
sammenhørende verdier vmnr. 491-12
Omnesfoss. Verdiene er hentet fra
vårsesongen mellom 1.1 og 30.6. En mer
markert spredning i materialet og mindre
dempning i avløpet gir forholdet 1.244.
 $r^2 = 0.981$, $N = 19$.



Figur 13 c.

Relasjonen momentanflom døgnmiddelflom
sammenhørende verdier vmnr. 1697-0 Gryta.
Verdiene er hentet fra høstsesongen mellom
30.6 og 1.1. Et godt samband ved mer moderate
flomstørrelser, men antydning til brudd i denne
sammenheng ved ekstreme verdier. Den høyeste
verdien er hentet fra en ekstrem situasjon i oktober
1987. Forhold 1.422. $r^2 = 0.949$, $N = 25$

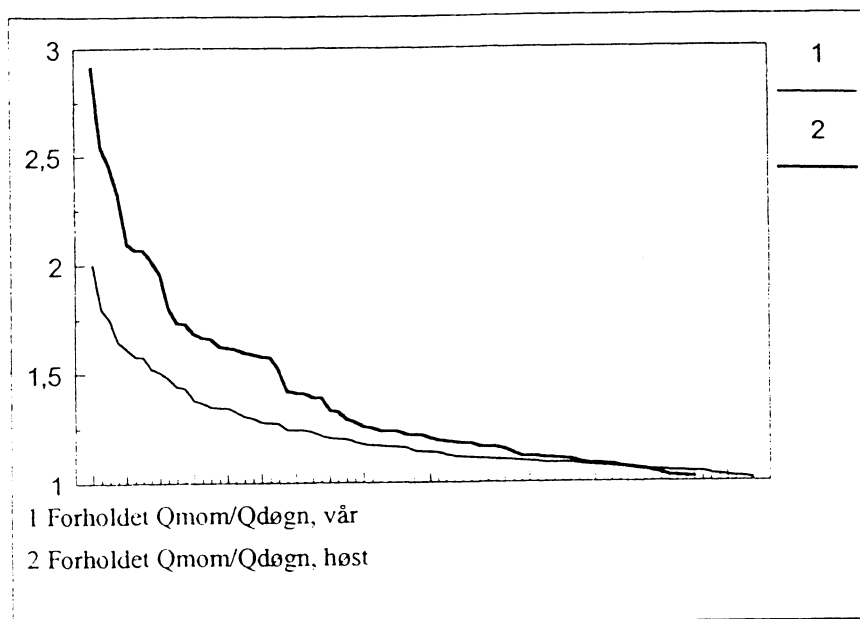


5.5 Samband mellom forholdstallet og gjentakintervall

Vårflommene har gjerne en moderat økning med økende gjentakintervall. Flommene har ofte stort volum og en relativt lang varighet, noe som ofte fører til et lite avvik mellom momentan- og døgnmiddelverdi. Høstflommer øker normalt raskere med økende gjentakintervall. Det kan ofte være stor forskjell mellom momentan- og døgnmiddelverdi på regnflommer (figur 14). Bestemmelse av gjentakintervall på momentanflommer og døgnmiddel-flommer hver for seg, gjør det mulig å vurdere om forholdstallet endres med endring av gjentakintervall.

Flomfrekvensfordelingen som benyttes er Gumbel (EV1) to- parameter fordeling (se vedlegg 5). Det velges en to-parameterfordeling fordi tilpasning av en tredje parameter har en tendens til å bli usikker i tilknytning til korte måleserier. Dessuten er “General Extreme Value” (GEV) fordelingen benyttet. Den omfatter tre fordelingsfunksjoner med ulike egenskaper avhengig av verdien på den tredje parameteren, k . Dersom $k=0$, reduseres fordelingen til Fisher-Tippet type 1, som er identisk med Gumbels fordeling eller EV1. For å verifisere gyldigheten av å benytte Gumbel (EV1) fordelingen til eksperimentene, er også GEV tilpasset dataseriene med påfølgende beregning av forholdstallet ved ulike gjentakintervall. Tabell 5 viser statistikk for k -verdien i GEV for de ulike datasettene. Som vi ser ligger middelverdien nær null, men spredningen er, ikke uventet, betydelig.

Fordelingsfunksjonen er tilpasset på momentan- og døgnmiddelverdiene separat, slik at tilpasningene foretas på fire separate måleserier. Formålet er å undersøke om forholdstallet forandres med stigende gjentakintervall og om dette har innflytelse på relasjonen til feltparameterene. Fordi måleseriene i datamaterialet er av relativt kort varighet, med nedre begrensning på 15 år, vil det være knyttet usikkerhet til høyere gjentakintervall enn 20 år. Forsøkene med regresjon mot feltparametere gjøres derfor med forholdstall beregnet på 10 20 års kvantilene.



Figur 14. Framstilling av forholdet momentanflom/døgnmiddelflom. Sorterte verdier basert på grunnlag av 80 avløpstasjoner fra vårsesongen og 73 fra høstsesongen.

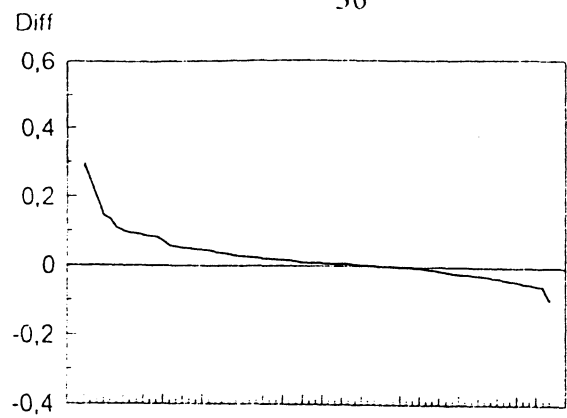
Tabell 5. Statistikk for parameteren k for fire separate måleserier

k	Vår momentan	Døgnmiddel, vår	Høstmomentan	Døgnmiddel, høst
Middel	0.047	0.101	-0.005	0.018
Std.avvik	0.294	0.242	0.296	0.273
Skjevhet	-0.539	0.411	0.291	0.115
Maksimum	0.782	0.793	0.740	0.821
Minimum	-0.840	-0.393	-0.605	-0.690

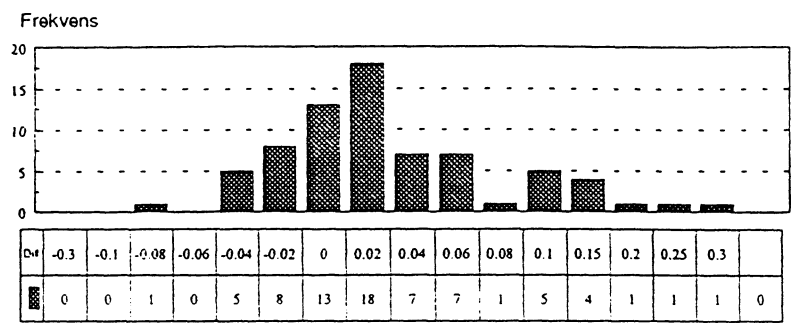
Tabell 6. Forholdstall ved forskjellige gjentakintervall. Se forøvrig presentasjon av tilpasningene i figur 17 og 18. GEV funksjonen er tilpasset på disse stasjonene for å illustrere forskjeller og likheter i resultater.

Vmnr.	Funksjon	Qm/Qd 5	Qm/Qd 20	Qm/Qd 100	Qm/Qd 500	Diff 5 - 500
608,0 H	Gumbel EV1	1.163	1.163	1.163	1.163	0
608,0 H	GEV	1.174	1.154	1.127	1.099	-0.075
1762,0 H	Gumbel EV1	1.612	1.450	1.344	1.277	-0.335
1762,0 H	GEV	1.619	1.450	1.357	1.310	-0.309
1812,0 H	Gumbel EV1	2.752	3.017	3.182	3.283	0.531
1812,0 H	GEV	2.568	3.290	4.339	5.752	3.184

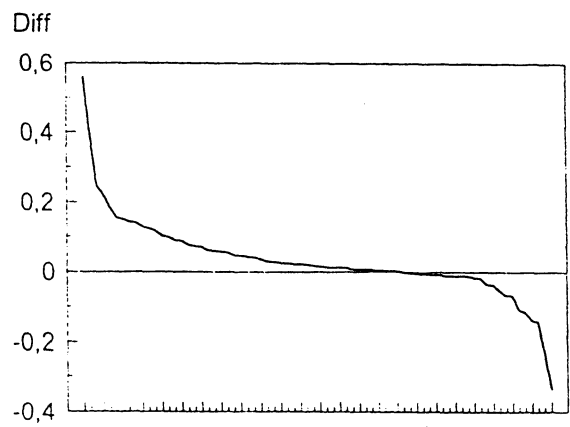
I figur 15 a-d og tabell 6 vises fordelingen av differansen i forholdstallet mellom midlere momentan- og døgnmiddelflom og 20 års kvantilen i henholdsvis vår- og høst- materialet. Dette viser at stabiliteten i forholdstallet ved endring av gjentakintervall kan variere noe. Selv om stasjoner med relativt stabile forholdstall og små endringer dominerer, er det enkelte tilfelle med tildels store differanser. De største differansene er å finne i høstsesongen. De største differansene inntreffer ikke ved de samme stasjoner i begge sesonger. Fordelingen av stasjoner er i det hele tatt høyst ulik i sesongene. Noe definert regionalt mønster var det heller ikke mulig å finne i dette materialet. Differansen i forholdstallet mellom 5 og 500 års kvantilen (figur 16 a-d) viser den samme tendensen. Fordelingen av differansen i forholdstall mellom 5 og 500 års kvantilen er til forveksling lik fordelingen av den samme differansen mellom middelverdien og 20 års kvantilen. Dette viser at den største endringen inntreffer mellom middelverdien og verdier basert på korte gjentakintervall. Stasjoner hvor det kun foreligger årsserier, er ikke vurdert i tilknytning til dette.



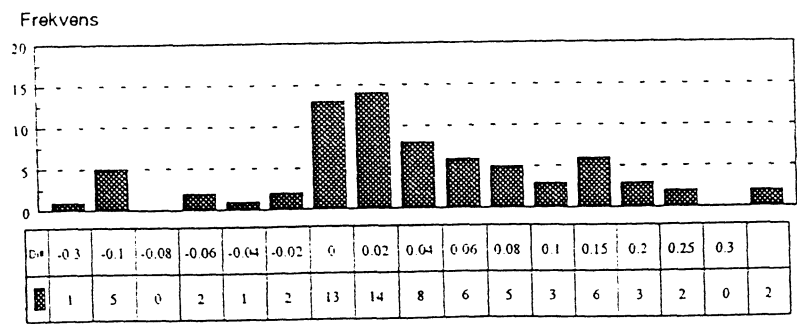
Figur 15 a. Differanse i forholdstall, vår middelvei -20 år gjentaksintervall.



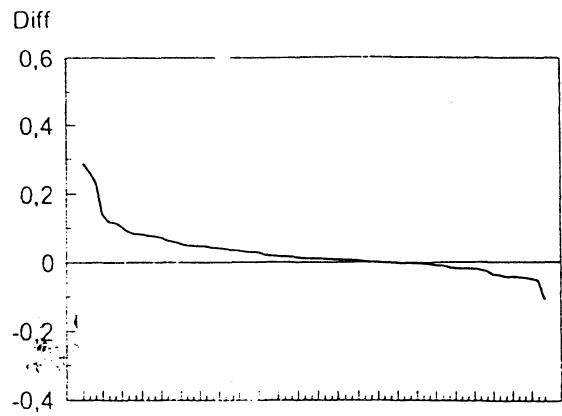
Figur 15 b. Frekvensfordeling av differanse i forholdstall, vår middelvei - 20 år gjentaksintervall.



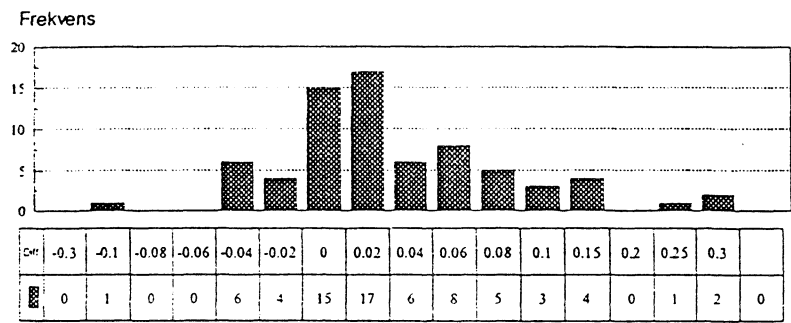
Figur 15 c. Differanse i forholdstall, høst middelvei- 20 år gjentaksintervall.



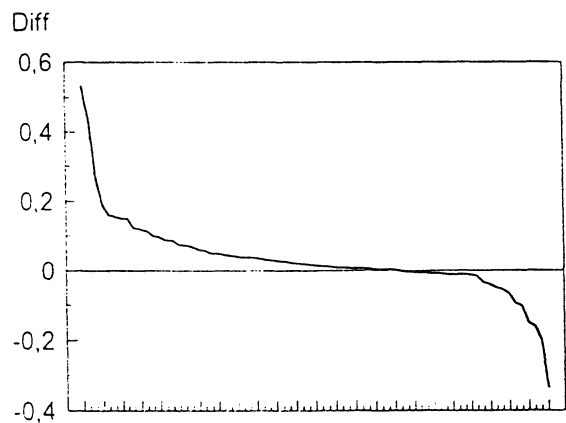
Figur 15 d. Frekvensfordeling av differanse i forholdstall, høst middelvei - 20 år gjentaksintervall.



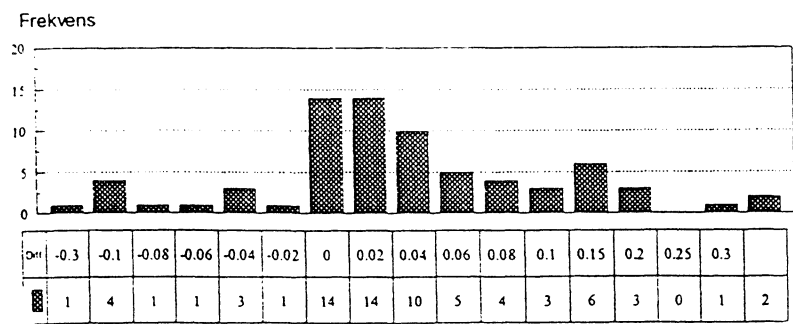
Figur 16 a. Differanse i forholdstall, vår 5 - 500 år gjentaksintervall.



Figur 16 b. Frekvensfordeling av differanse i forholdstall, vår 5 - 500 år gjentaksintervall.



Figur 16 c. Differanse i forholdstall, høst 5 - 500 år gjentaksintervall.



Figur 16 d. Frekvensfordeling av differanse i forholdstall, høst 5 - 500 år gjentaksintervall.

5.6 Regresjon mot feltparametere

Regresjonsanalysen er foretatt ved hjelp av alminnelig lineær trinnvis multipl regressjon.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i + e \quad \text{der } i = 1, \dots, n$$

Som uavhengige variable benyttes feltparametere. Utvalget av feltparametre som er brukt i denne undersøkelsen, er presentert i tabell 3.2. For hver sesong gjøres tilpasninger på tre avhengige variable; forholdet midlere momentanverdi/døgnmiddelverdi og forholdet momentanverdi/døgnmiddelverdi med 10 og 20 års gjentaksintervall. De fulle regresjonsligningene er presentert i vedlegg 8.

Effektiv sjøprosent og areal viser seg å være dominerende variabler i begge sesonger. Ligninger basert på disse to variablene og 20-års flommene blir:

Vårflom:	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 1.72 - 0.17 \log \text{AREAL} - 0.125 \text{ rASE}$
Høstflom:	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 2.29 - 0.29 \log \text{AREAL} - 0.27 \text{ rASE}$

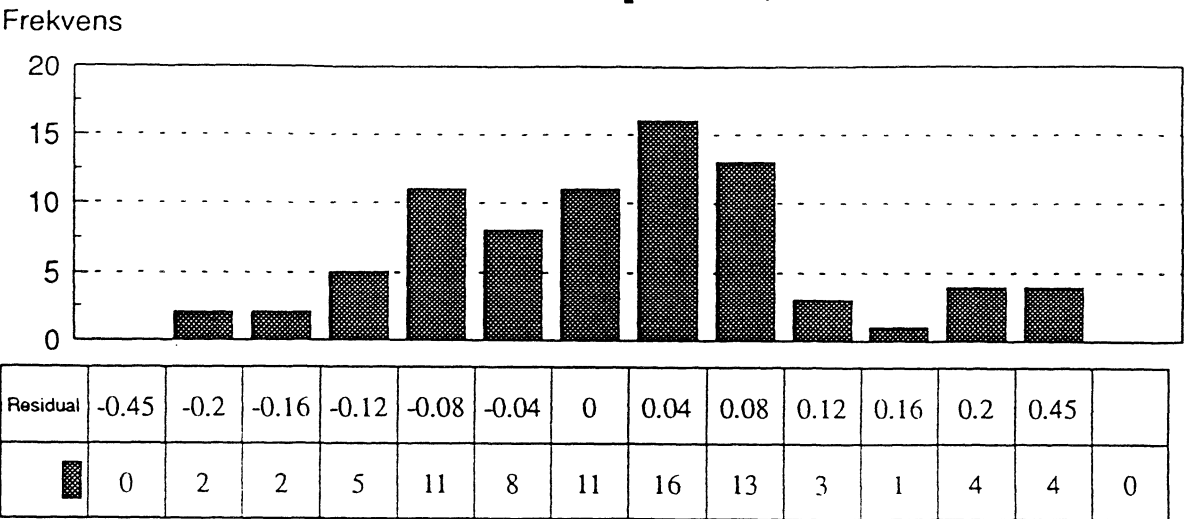
hvor **logAREAL** står for den Briggske logaritmen til feltarealet i km², og **rASE** kvadratroten av effektivt sjøareal i prosent.

Samvariasjonen med effektiv sjøprosent bekrefter at dempningen i avløpet har stor betydning for forholdstallet. En høy partiell korrelasjon med arealet viser at dempningen knyttet til feltstørrelsen også er viktig. Siden datamaterialet for det meste består av forholdsvis små felt, fører dette til at arealet ikke er en like fremtredende forklaringsvariabel som forventet. Det er grunn til å tro at en større andel av store felt i materialet vil forsterke arealets betydning. De dominerende variablene er relativt stabile og forandres lite ved tilpasningene på 10 og 20 års kvantilene. Den totale korrelasjonen avtar noe, mens feilen øker med økende gjentaksintervall. Stabiliteten i disse tilpasningene kan tyde på at de forandringer i forholdstall som inntreffer ved høyere gjentaksintervall, ikke har stor betydning for sambandet med feltparametere. Et markert unntak inntreffer imidlertid i vårsesongen. Her reduseres betydningen av effektiv sjøprosent, mens betydningen av arealet økes ved tilpasningen på kvantilbaserte forholdstall. Øvrige signifikante variabler bidrar med relativt lave andeler av den totale variasjonen.

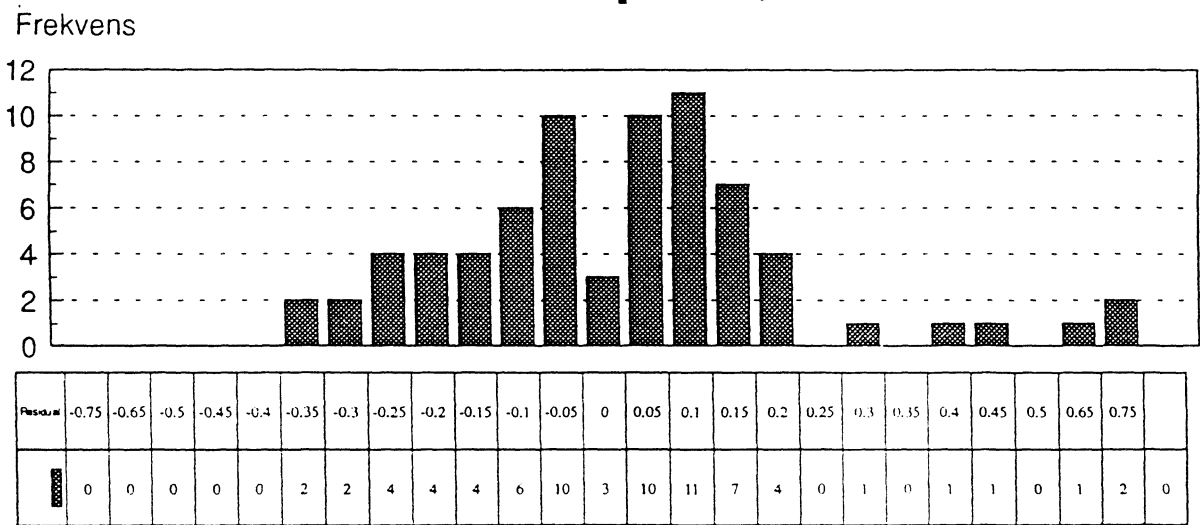
Residualene har en relativt god tilnærming til normalfordelingen (figur 17). Det er heller ingen markerte regionale mønstre i dette materialet. Tolkning av restvariasjonen tyder heller ikke på noen markerte trender. Fordelingene er også markert forskjellige mellom sesongene. På grunnlag av dette er det vanskelig å bedømme hvilke viktige faktorer i forholdet momentanflom/døgnmiddelflom som ikke er beskrevet i ligningene.

Det er viktig å være klar over at disse empiriske ligningene har en form som kan gi urealistiske verdier, f.eks. vil et feltareal på over 17000 km² for vårflom, og 28000 km² for høstflom, gi et forholdstall på 1 eller mindre, selv uten innsjøer. Formlene må derfor ikke benyttes ukritisk utenfor det intervallet de er tilpasset for.

Residualplott,vår



Residualplott,høst



Figur 17. Residualenes tilnærming til normalfordelingen fra ligning Vmiddel og Hmiddel.

5.7 Verifisering

Observasjoner fra 24 uavhengige stasjoner benyttes til verifikasjon av regresjonsligningene. Stasjonsutvalget er presentert i tabell 6 samt på kart i figur 18. Observasjonsseriene er noe kortere i dette utvalget enn i analysegrunnlaget. Dette kan gi et noe mindre sikkert estimat av forholdstallet enn når det benyttes lengre serier. Forøvrig er seriene kontrollert etter samme metode som det øvrige analysematerialet. Verifikasjonsresultatene er presentert på tabellform

Tabell 6. Oversikt over avløpsstasjoner som benyttes i verifikasjonen. N (V / H) :
Seriellengde vår / høst.

Vmnr.	Stasjon	N (V / H)	Vmnr.	Stasjon	N (V / H)
658,0	Næverdal	15 / 15	1796,0	Leirpoldvatn	9 / 8
685,0	Øyungen	15 / 16	1802,0	Årdal	9 / 11
925,0	Røykenes	12 / 13	1883,0	Eggedal	11 / 14
1150,0	Myglevann NDF	9 / 8	1910,0	Kvænangselv bru	14 / 11
1161,0	Jægervatn	10 / 8	2020,0	Åbogstjønn NDF	13 / 12
1211,0	Øksfjordvatn	12 / 13	2024,0	Søgne	15 / 16
1407,0	Kilen	12 / 11	2150,0	Sundbyfoss	10 / 12
1408,0	Nigardsjøen	8 / 8	2152,0	Fiskum	8 / 8
1529,0	Reinsnosvatn	6 / 6	2181,0	Sagstua	7 / 7
1538,0	Farstad	9 / 9	2205,0	Dyrdalsvatn	14 / 13
1596,0	Masi	8 / 8	2252,0	Kvalsund	11 / 12
1604,0	Brustuen	7 / 7	2254,0	Cærrogæsjokka	14 / 14

i vedlegg 9. Korrelasjonskoeffisienten basert på sammenhørende verdier er å finne i de samme tabellene. Denne gir en indikasjon på spredningen i materialet forholdstallet er beregnet fra. Sammenligningen mellom observert og simulert forholdstall er foretatt ved å bestemme prosent avvik fra observert verdi. Ligningene V_{middel} og H_{middel} er tilpasset på forholdstallet fra empiriske middelverdier, mens $10V$, H og $20V$, H er tilpasset henholdsvis på 10 og 20 års kvantilen. Det er kun ligning V_{middel} og H_{middel} som benyttes til verifikasjon.

Sammenligning av ligning (V_{middel}) og (H_{middel}): Resultatene beskriver en større usikkerhet når det gjelder høstflommer. En høyere standardfeil ved beregning av forholdstallet for høstflommer gir lavere presisjon på estimatene. Ved noen av stasjonene kan det påvises et relativt stort avvik mellom observert og simulert verdi i begge sesonger. Dette gjelder stasjonene 1408, 1796, 2152, 2181 og 2252. Avviket er større enn standardavviket i begge sesongene. Det er ingen spesielle forhold som kan påpekes når det gjelder disse stasjonene. Beliggenheten er også i vidt forskjellige deler av landet. Dette eliminerer

muligheten for at det kan være noe regionalt mønster. Den faktiske årsaken til feilen er at de to dominerende faktorer, areal og effektiv sjøprosent, ikke beskriver forholdet momentanflom døgnmiddelflom godt nok. Tolkning av residualene tyder heller ikke på noen markerte trender som kan forklare feilestimeringene. De øvrige stasjoner hvor verdiene estimeres med relativt store feil, har mer moderate feil i den andre sesongen. Usikkerhet i prediksjonslikningen som fører til en tilfeldig fordeling av feilene på grunn av den uforklarte restvariasjonen, er sannsynligvis en del av årsaken til feilestimeringene.



Figur 18. Beliggenheten til avløpsstasjonen i verifikasjonsanalysen.

Sammenligning av ligning (V_{middel}), (10V) og (20V): Den største forskjellen mellom ligning V_{middel} og de to øvrige, er den kraftige reduksjonen i partiell korrelasjon for r_{ASE} og en tilsvarende økning for $\log \text{AREAL}$. Utover dette er ligningene relativt like, både når det gjelder uavhengige variable og statistiske parametere. Den totale korrelasjonen avtar noe, mens feilen øker med økende gjentakintervall.

Sammenligning av ligning (H_{middel}), (10H) og (20H): De dominerende variablene, r_{ASE} og $\log \text{AREAL}$ er stabile, mens det er noen forskjeller for de øvrige variablene. Små endringer av statistiske parametere. Forholdstallet beregnet på observerte verdier gir i begge sesonger en bedre relasjon til felt-parameterene enn forholdstallet beregnet på 10 og 20 års kvantilene. Det er også her en reduksjon i total korrelasjon og en økning i feilen med økende gjentakintervall.

Forholdet momentanflom døgnmiddelflom endres noe avhengig av gjentakintervall. Denne endringen kan ifølge disse resultatene sies å ha liten betydning på sambandet med feltparametere når forholdstallet beregnes på basis av 10 og 20 års kvantilene.

I figur 19 a-d gjengis fordelingen av forholdstallet i verifikasjonsmaterialet. Kurvene er flatere enn i analysematerialet, og alle forholdstall er lavere enn faktor 2. Andelen stasjoner hvor høstverdiene tangerer vårverdiene er tilnærmet den samme. Tilhørende simulerte verdier (basert på ligning (Vmiddel) og (Hmiddel)) viser at høstverdiene er betydelig dårligere estimert. Feilen i høstverdiene er spesielt markert i de situasjoner hvor forholdstallet overestimeres (figur 20). Fordelingen omkring 0 er den samme i begge sesonger. Feilen er her gitt som prosent avvik fra observert verdi.

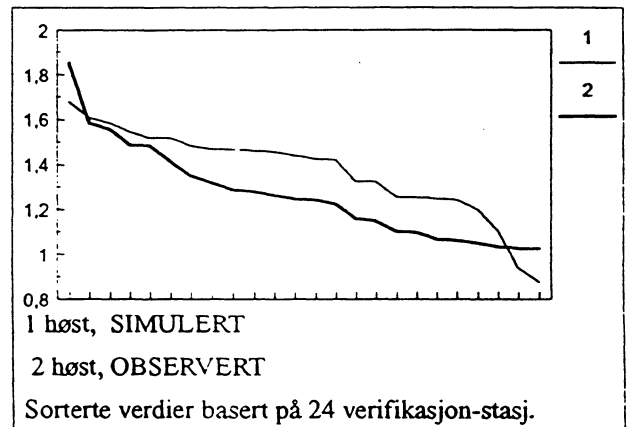
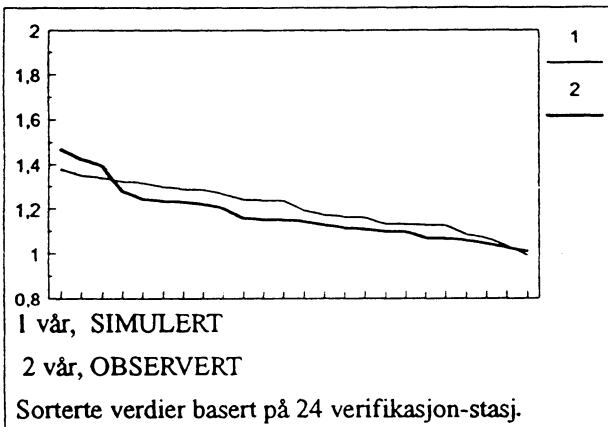
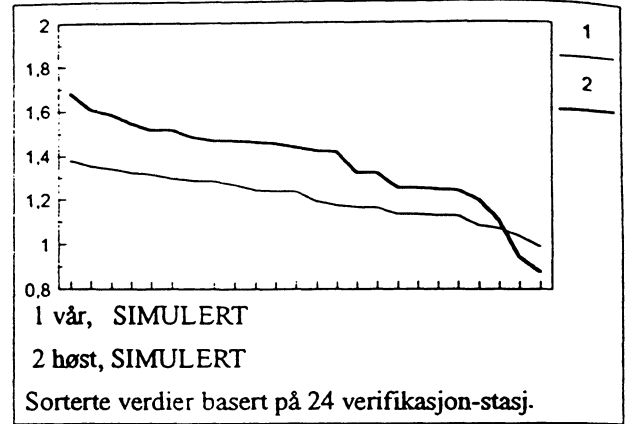
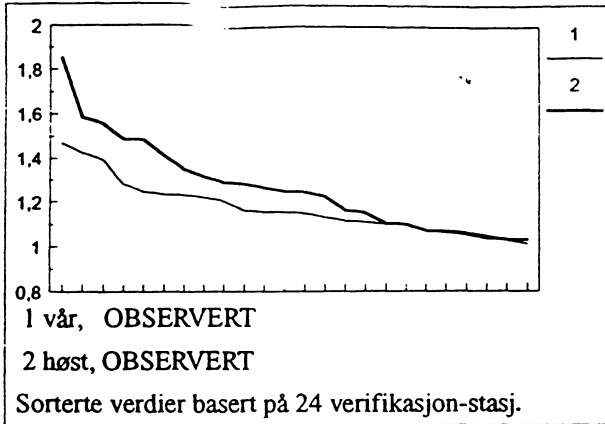
I figur 21 - 23 presenteres momentanflom beregnet ved hjelp av observert og simulert forholdstall (OBS og SIM). Feilen mellom observert momentanflom og beregnet momentanflom fra OBS ($Q_{mom}/Q_{døgn}$) forklares ved spredningen i relasjonen momentanflom døgnmiddelflom. Når momentanflom beregnes med SIM($Q_{mom}/Q_{døgn}$), kommer usikkerheten gjennom regresjonsberegningen i tillegg. Ved stasjon 1161 har forholdet momentanflom/døgnmiddelflom en r^2 -verdi på 0.998 og en feil mellom observert og simulert forholdstall på 1.23%. Dette gir derfor et spesielt godt resultat. Ved de to andre stasjonene har den observerte relasjonen større spredning, men den største feilen forklares med avviket mellom observert og simulert forholdstall. Dette avviket er for stasjon 1407 på -12.53% og stasjon 2024 på 31.12%. Ved stasjon 1407 oppveies feilen fra beregningene med observert forholdstall i de fleste av verifikasjonsårene når simulert forholdstall benyttes. Dette betyr at beregnet momentanflom fra SIM($Q_{mom}/Q_{døgn}$) ofte gir bedre resultater enn beregnet momentanflom fra OBS ($Q_{mom}/Q_{døgn}$) ved denne stasjonen. Ved den siste stasjonen forsterkes derimot feilen ytterligere i de fleste verifikasjonsårene ved bruk av SIM($Q_{mom}/Q_{døgn}$).

I figur 24 er observert momentanflom beregnet momentanflom OBS ($Q_{mom}/Q_{døgn}$) og SIM($Q_{mom}/Q_{døgn}$) for stasjon 1407 tilpasset Gumbel EV1 fordelingen. Selv om presisjonen på beregnet momentanflom ikke er spesielt god i alle årene (figur 23), er tilpasningen til fordelingsfunksjonen relativt god ved disse tre forsøkene. Plottene avslører at seriene er forskjellige, men det introduseres ingen ekstremverdier i materialet med beregnede momentanverdier.

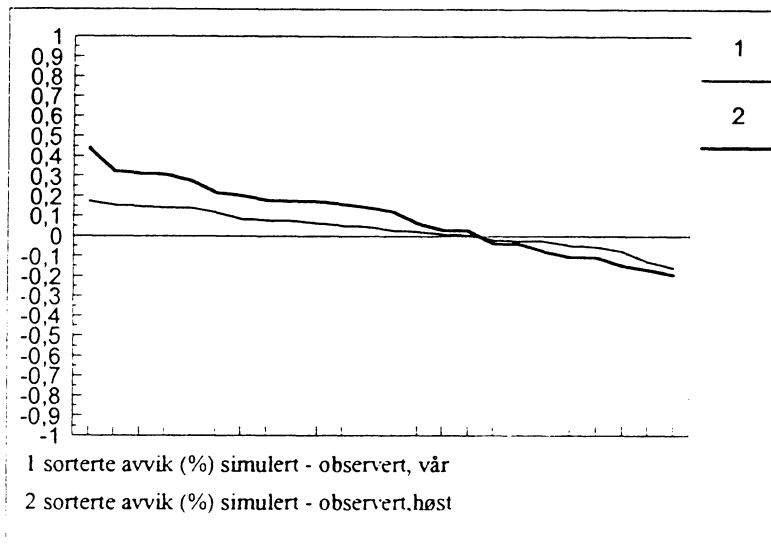
Tabell 8. Forholdstall ved forskjellige gjentakintervall. Se forøvrig presentasjon av tilpasningene i figur 17 og 18. GEV funksjonen er tilpasset på disse stasjonene for å illustrere forskjeller og likheter i resultater.

Vmnr.	Funksjon	Qm/Qd 5	Qm/Qd 20	Qm/Qd 100	Qm/Qd 500	Diff 5 - 500
608,0 H	Gumbel EV1	1.163	1.163	1.163	1.163	0
608,0 H	GEV	1.174	1.154	1.127	1.099	-0.075
1762,0 H	Gumbel EV1	1.612	1.450	1.344	1.277	-0.335
1762,0 H	GEV	1.619	1.450	1.357	1.310	-0.309
1812,0 H	Gumbel EV1	2.752	3.017	3.182	3.283	0.531
1812,0 H	GEV	2.568	3.290	4.339	5.752	3.184

I figur 15 a-d og tabell 6 vises fordelingen av differansen i forholdstallet mellom midlere momentan- og døgnmiddelflom og 20 års kvantilen i henholdsvis vår- og høst- materialet. Dette viser at stabiliteten i forholdstallet ved endring av gjentakintervall kan variere noe. Selv om stasjoner med relativt stabile forholdstall og små endringer dominerer, er det enkelte tilfelle med tildels store differanser. De største differansene er å finne i høstsesongen. De største differansene inntreffer ikke ved de samme stasjoner i begge sesonger. Fordelingen av stasjoner er i det hele tatt høyst ulik i sesongene. Noe definert regionalt mønster var det heller ikke mulig å finne i dette materialet. Differansen i forholdstallet mellom 5 og 500 års kvantilen (figur 16 a-d) viser den samme tendensen. Fordelingen av differansen i forholdstall mellom 5 og 500 års kvantilen er til forveksling lik fordelingen av den samme differansen mellom middelveiden og 20 års kvantilen. Dette viser at den største endringen inntreffer mellom middelveiden og verdier basert på korte gjentakintervall. Stasjoner hvor det kun foreligger årsserier, er ikke vurdert i tilknytning til dette.



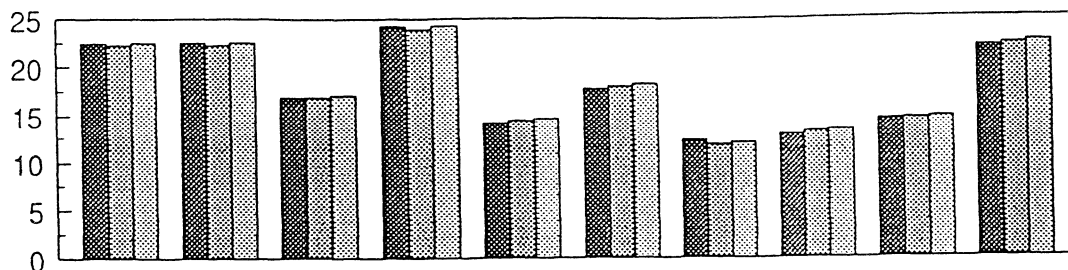
Figur 19 a-d. Framstilling av forholdet momentanflom døgnmiddelflom i verifikasjonsmaterialet. Simulerte verdier er beregnet gjennom ligning V_{middel} og H_{middel} .



Figur 20. Fordeling av feilen angitt som prosent avvik fra observerte verdi. Simulerte verdier er beregnet gjennom ligning V_{middel} og H_{middel} .

1161,0 Jægervatn, vår

Momentan m³/s

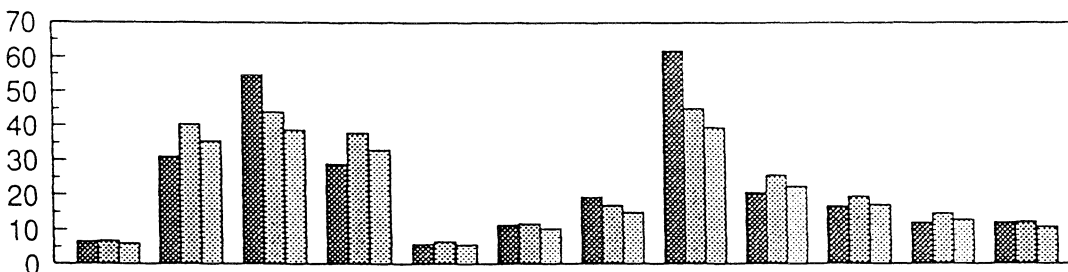


	1971	1972	1973	1976	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Observert	22.4400	22.5200	16.8000	24.2300	14.1500	17.5900	12.1900	12.8700	14.5600	21.9400
OBSr(Qm/Qd)	22.2425	22.2425	16.8100	23.9543	14.4013	17.9068	11.7465	13.1918	14.5858	22.1708
Annk OBS(Qm/Qd)	(0.0088)	(0.0123)	0.0006	(0.0114)	0.0178	0.0180	(0.0364)	0.0250	0.0018	0.0105
SIMr(Qm/Qd)	22.5159	22.5159	17.0166	24.2487	14.5783	18.1269	11.8909	13.3539	14.7650	22.4433
Annk SIM(Qm/Qd)	0.0034	(0.0002)	0.0129	0.0008	0.0303	0.0305	(0.0245)	0.0376	0.0141	0.0229

Figur 21. Observert momentanflom. Momentanflom beregnet ved OBS (Qm/Qd).
Momentanflom beregnet ved SIM (Qm/Qd).

1407,0 Kilen, vår

Momentan m³/s

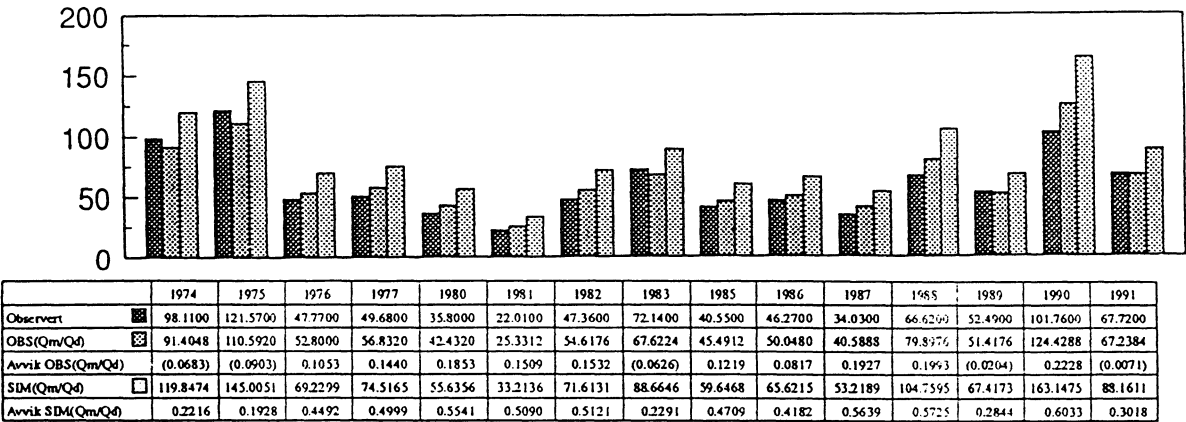


	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1985	1990	1991	1992
Observert	6.4600	30.9100	54.6300	28.9500	5.8000	11.2500	19.4300	61.8000	20.6200	16.7900	12.0400	12.0100
OBSr(Qm/Qd)	6.7593	40.2994	43.9849	37.6810	6.4604	11.6971	16.9906	44.9383	25.6292	19.4809	14.6284	12.1524
Annk OBS(Qm/Qd)	0.0463	0.3038	(0.1949)	0.3016	0.1139	0.0397	(0.1255)	(0.2728)	0.2429	0.1603	0.2150	0.0119
SIMr(Qm/Qd)	5.9123	35.2499	38.4737	32.9597	5.6509	10.2314	14.8617	39.3076	22.4179	17.0399	12.7955	10.6297
Annk SIM(Qm/Qd)	(0.0848)	0.1404	(0.2957)	0.1385	(0.0257)	(0.0905)	(0.2351)	(0.3640)	0.0872	0.0149	0.0628	(0.1149)

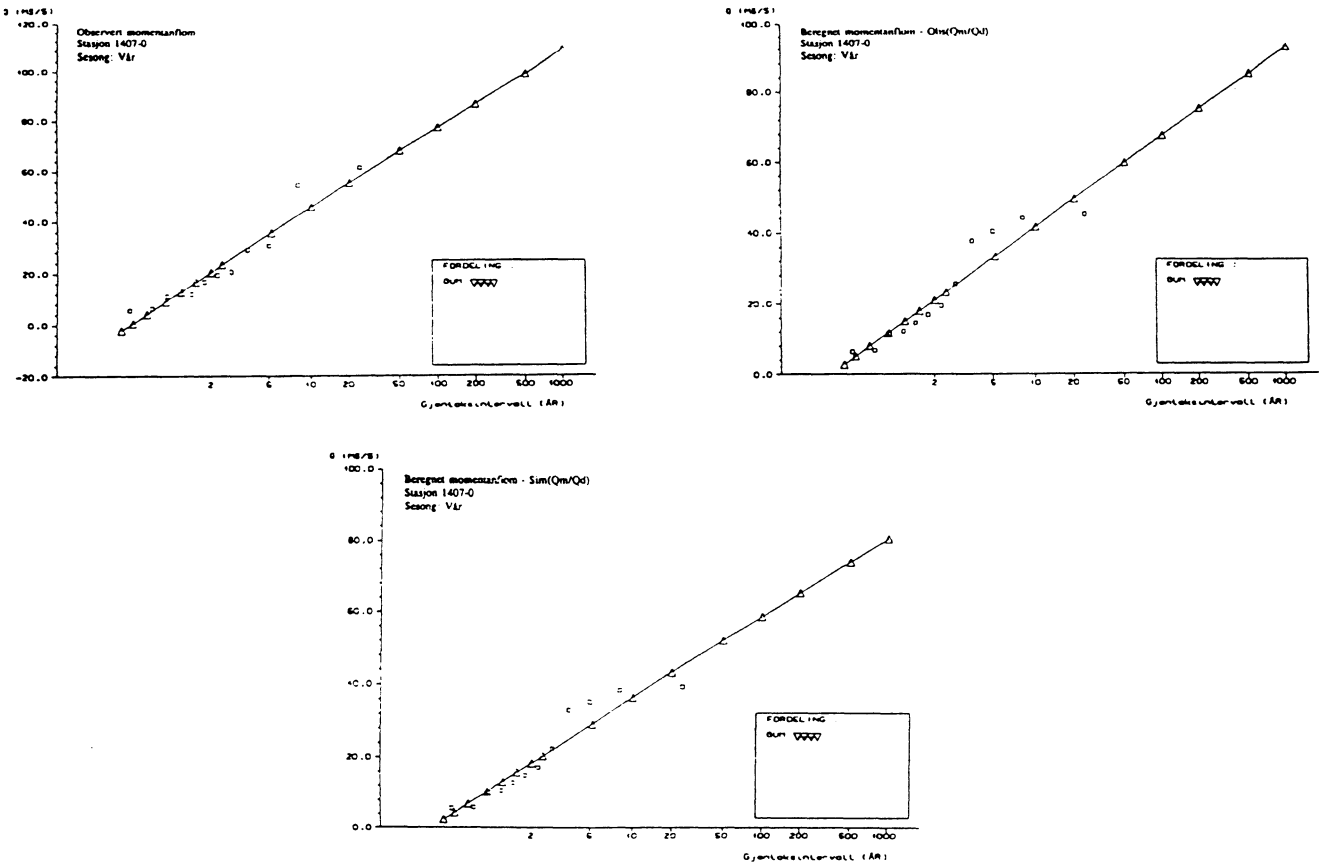
Figur 22. Observert momentanflom. Momentanflom beregnet ved OBS (Qm/Qd).
Momentanflom beregnet ved SIM (Qm/Qd).

2024,0 Søgne, høst

Momentan m3/s



Figur 23. Observert momentanflom. Momentanflom beregnet ved OBS (Qm/Qd). Momentanflom beregnet ved SIM (Qm/Qd).



Figur 24. Tilpasning av Gumbel EV1 på vårflokker for stasjon 1407. Tilpasningene er foretatt på a) Observert momentanflom, b) Beregnet momentanflom, Obs (Qm/Qd) og c) Beregnet momentanflom, Sim (Qm/qd).

6 KONKLUSJON

6.1 Regional flomanalyse

Analysen viste at det kun er små forskjeller i fordelingene når det benyttes lengre måleserier for de stasjonsvise vurderingene så vel som de regionale betraktningene.

Regionene som ble etablert i RF-78 viste seg å ikke være homogene. En ny regionalisering basert på klimatiske karakteristika ga homogene regioner i henhold til Wiltshire (1986).

Ved å betrakte frekvenskurveestimatene ved hvert enkelt felt, er det ingen betydelige forskjeller mellom metoden fra RF-78 og metoden benyttet i denne analysen. Undersøkelsen viste dog at GEV fordelingen med bruk av PWM estimeringsteknikker var bedre egnet enn Log-Pearson type III fordelingen. Bruk av regionkurver for alle gjentakintervall gir mer stabile estimater enn å koble en fordelingsfunksjon og regionkurver. Man unngår diskontinuiteter i koblingspunktet, dessuten vil bestemmelse av parametere i fordelingen være heftet med store usikkerheter, særlig for felt med få eller ingen observasjoner. Ved å benytte regionkurver trenger man kun å bestemme middelflommen.

Estimering av middelflommen baseres på de samme prinsipper som i RF-78. Det er kun små forskjeller når det gjelder valg av feltparametere. Muligens er valg av parametere mer robust i denne analysen, fordi det samme utvalget benyttes i alle regionene (med unntak av regioner uten definert sesongskille), noe som fører til mer stabile regresjonskoeffisienter. Verifiseringen viste kun små, men signifikante mellom metodene. Verifikasjonen viser likevel at middelflomestimatene har en standardfeil på rundt 40 %, dette må sies å være for mye til praktisk operasjonell bruk. Denne usikkerheten forplanter seg jo til alle gjentakintervall.

6.2 Momentanflom

En samordning av forholdet momentan- og døgnmiddelflommer i sortert orden viser at vårflommer har et mindre avvik mellom momentan- og døgnmiddelverdier enn høstflommer (se figur 17). Det høyeste forholdstallet dette materialet er på noe under tre om høsten, mens maksimum ligger på to når det gjelder vårmaterialet. Det er kun ved noen få unntak at høstverdiene er lavere enn vårverdiene. En eventuell omforming av døgnmiddelverdi til høyeste 24 timers middel kan endre forholdstallet noe. Ved anvendelse av predikerte forholdstall for felt hvor det ikke foreligger fin oppløsning vil det imidlertid være umulig å gjøre en tilsvarende omforming av døgnmiddelverdien.

Effektiv sjøprosent og areal viser seg å være de mest dominerende variabler i prediksjonsligningene. En høy partiell korrelasjon til effektiv sjøprosent bekrefter at forholdstallet har en høy samvariasjon til dempningen i avløpet. Jo mindre magasinet er, jo større betydning får kulminasjonsvannføringen for avløpsflommen. Intense regnflommer med kort varighet dempes derfor kraftigere ved passering av et magasin enn mindre intense smelteflommer med større volum. Denne effekten gjenspeiles i den høyere partiell korrelasjonskoeffisient på høstmaterialet for den effektive sjøprosenten ved etablering av prediksjonsligningene.

En høy partiell korrelasjon med arealet kan tyde på at dempningen knyttet til feltstørrelsen også er avgjørende. Små felt har ofte en kortere reaksjonstid, derfor vil kortvarige intense nedbørsituasjoner være langt mer kritiske enn for store felt. Dette fører til at forholdstallet mellom momentan- og døgnmiddelverdien ofte er høyere enn for store felt hvor nedbøren jevnes mer ut i tid og rom. Regnflommer er ofte vanskeligere å beskrive enn smelteflommer på grunn av varierende nedbørfordeling. Smelteflommer har i større grad tilsig fra hele feltarealet, avhengig av snø- og høydefordelingen i feltet. Sammensetningen av datamaterialet med forholdsvis små felt, fører muligens til at arealet kanskje ikke er en like fremtredende forklaringsvariabel som forventet. Det er grunn til å tro at en større andel av store felt i materialet vil forsterke arealets betydning.

Øvrige signifikante variabler bidrar med relativt lave andeler av den totale variasjonen. Hvorvidt disse er signifikante på grunn av datasammensetningen eller om de har en faktisk betydning, er usikkert. Forholdstallet beregnet på 10 og 20 års kvantilene gav ingen markerte forandringer i prediksjonsligningene. De dominerende variablene er stabile med tilnærmet den samme betydning i alle tre ligningene innenfor hver sesong. Et markert unntak inntreffer imidlertid i vårsesongen. Her reduseres betydningen av effektiv sjøprosent, mens betydningen av arealet økes ved tilpasningen på kvantilbaserte forholdstall. Denne forandringen forsterker imidlertid antagelsen om at sjøenes effektive dempning ikke har den samme betydning for smelteflommer som for regnflommer. Stabiliteten i disse tilpasningene kan tyde på at forandringer i forholdstall som følge av høyere gjentakintervall ikke har stor betydning for sambandet til feltparameterene. Tolkning av residualene tyder heller ikke på noen markerte trender. På grunnlag av dette er det vanskelig å bedømme hvilke viktige faktorer i forholdet mellom momentanflom og døgnmiddelflom som ikke beskrives i ligningene.

Feltparameterene er beregnet ved hjelp av subjektive metoder på grunnlag av forskjellige kartserier med varierende kvalitet. Dette er å betrakte som en feilkilde som nødvendigvis også vil prege resultatene. Sensitivitet ved endring av datamaterialets sammensetning vitner om feil i ved beregning av parametere eller om innslag av atypisk felt i materialet. Det anbefales derfor at prediksjonsligningene beregnes og testes på nytt når det foreligger feltparametere beregnet ved hjelp av objektive metoder (GIS).

Det er relativt moderate endringer i forholdstall ved endring av gjentakintervall. Ved enkelte stasjoner er det riktignok store forandringer, men de fleste stasjonene har små endringer. De største endringene er å finne i høstmaterialet, men inntreffer ikke ved de samme stasjonene i begge sesonger. Det er heller ikke noe definert regionalt mønster i dette materialet. Gjentakintervallet har derfor forholdsvis liten innflytelse på forholdstallet, med unntak av noen få stasjoner hvor det er tildels store endringer. Dette kan også ha med instabilitet i fordelingsfunksjonene å gjøre, situasjoner hvor ekstremverdier i materialet fører til dårlige tilpasninger.

Forsøkene med sesongklassifisering på basis av forholdet mellom forholdstallet for vår og høst førte ikke fram. Utgangspunktet for den undersøkelsen var en teori om at årstiden har liten betydning for flomtypen på stasjoner hvor dette forholdet er stabilt.

Verifikasjonen gir gode resultater ved flere av stasjonene. Det er spesielt vårflommene som kan beregnes bra. Relasjonen momentanflom/døgnmiddelflom er godt definert i testutvalget

uten markerte ekstremverdier. De korte måleseriene representerer imidlertid en usikkerhet.

Arbeidet har avslørt inkonsistens mellom data med fin tidsoppløsning og beregnede døgnmidler på dager med store flomverdier dersom disse er tatt ut manuelt fra limnigrammene. Avvikene opptrer fortrinnsvis på døgn med stor variasjon i vannføringen innen døgnet. Middelverdier over lengre tidsrom enn døgn vil derfor i liten grad berøres av dette. Det anbefales derfor at alle gamle serier etter hvert tilbakedigitaliseres og at døgnmidler beregnes på nytt for alle data i perioden det foreligger data med fin oppløsning for.

En interessant videreføring av dette arbeidet er å titte nærmere på egenskaper til alle flommer over en kritisk størrelse ("Peak over threshold"). Dette gjør det mulig å anvende stasjoner med adskillig kortere tidsserier i materialet. Problemer oppstår imidlertid i forbindelse med frekvensanalyse, fordi det benyttes flere flomtilfelle enn maksimumsverdien fra hver sesong. I tillegg til dette kan det være viktig å satse på utvikling av metoder for sammenligning av observasjoner med forskjellig oppløsning, som forholdet mellom både momentanflom og døgnmiddelflom mot økende varigheter. Slike reduksjonskurver og deres egenskaper bør også studeres nærmere, fordi formen på disse vil variere med nedbørfeltets karakteristika. En annen angrepsmåte er å benytte en form for fysisk modellering, hvor fysiske prosesser i feltet studeres nærmere. Tilrettelegging av HBV-modellen for finere oppløsning kan også være en eventuell mulighet for en slik analyse.

LITTERATURLISTE

- Berg, A., Lunde, T. & Mosevoll, G. (1992)
Flomberegning og kulvertdimensjonering. SINTEF NHL, STF60 A92101, Trondheim, ISBN 82-595-7415-2
- Burn, D. (1990)
Evaluation of Regional Frequency Analysis With a Region of Influence Approach. Water Resour. Res., 26(10), 2257-2265.
- Clark, W, A, V. & Hosking, P, L. (1986)
Statistical methods for geographers, Wiley, New York.
- Flödeskomiteén (1990)
Riktlinjer för bestemmning av dimensjonerende flöden för damanläggningar, Sluttrapport. Statens Vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreringen och SMHI, Stockholm & Norrköping, Sweden
- Gottschalk, L. (1985)
Hydrological regionalization of Sweden. Hydrological Sciences Journal, 30,1,65-83
- Greenwood, J. A., Landwehr, J, M., Matalas, N.C. & Wallis, J. R. (1979)
Probability Weighted Moments: Definition and Relation to Parameters of Distribution Expressible in Inverse Form. Water Resour. Res., 15 (5), 1049-1054
- Hisdal, H. & Tveito, O.E. (1990)
Regioninndeling med henblikk på EOF-metoden. NVE, Oppdragsrapport 4-90.
- Holder, R. L. (1985)
Multiple regression i hydrology, Institute of hydrology, Wallingford.
- Hosking, J. R. M. (1986)
The theory of probability weighted moments. Research Report RC12210, IBM Research, Yorktown Heights, N.Y.
- Hosking, J. R. M. (1987)
Regional homogeneity, Review of statistical flood frequency estimation. Open file report, no. 6, Institute of Hydrology, Wallingford.
- Klecka, W. R. (1980)
 Discriminant analysis. Sage University Paper on Quantitative Applications in the social Sciences, series no. 70-001, Sage Publications, Beverly Hills/London
- Lu, L & Stendinger, J. R. (1992)
Sampling variance of normalized GEV/PWM quantile estimators and a regional homogeneity test. Journal of Hydrology, 138, 223-245.
- Lundquist, D., Petterson, L. E., Skofteland, E. & Sælthun, N. R. (1986)
Beregning av dimensjonerende og påregnlige maksimalflom. Retningslinjer. V-Informasjon 1 (V-Publikasjon 1), NVE, Oslo.
- Myrabø, S. (1991)
Flomberegning. NVE, Hydrologisk avdeling, oppdragsrapport 8-91, Oslo
- NERC (1975)
Flood studies report. Natural Environment Council, London
- Roald, L. (1992)
Flomfrekvensanalyse, systemdokumentasjon. Arbeidsnotat, Hydrologisk avd, dataseksjonen, NVE, Oslo.
- Søgnen, R. (1942)
Beregning av sjøers naturlige reguleringsevne og flommer i norske vassdrag. Joh.

- Nordahls trykkeri, Oslo
- Tveito, O. E. (1992)
A regional flood frequency analysis of Norwegian catchments,
Rapport nr. 86, Institutt for geofysikk, Universitetet i Oslo.
- VR (1986)
Bekkeinntak på kraftverkstunneller, Sluttrapport utgitt av "Bekkeinntakskomiteen"
Vassdragsregulantenenes forening, Asker, juni 1986
- Wathne, M. (1993)
Beregning av overvann i små umålte felt. SINTEF NHL, STF60 A93039, Trondheim,
ISBN 82-595-7709-7
- Wiltshire, S. E. (1986)
Regional Flood Frequency analysis I: Homogeneity statistics, Hydrological Sciences
Journal, 31, 3, 321-333
- Wingård, B., Hegge, K., Mohn, E., Nordseth, K. & Ruud, E. (1978)
Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 2, NVE, Oslo.

VEDLEGG 1**Stasjonsoversikt**

24.05.1997

Stasjonsnummer	Stasjonsnavn	Gammelt nummer	Feltareal
2 . 9	VÅLÅSJØ	HH 398-11	
2 . 12	SJODALSVATN	HH 867-12	
2 . 94	MARSTEIN	HH 294-11	819
2 . 130	ATNA BRU	HH 400-0	470
2 . 133	SJØMOEN	HH 402-12	1.180
2 . 142	KNAPPOM	HH 410-0	1.625
2 . 222	NARSJØ	HH 887-0	119
2 . 232	ELVESETER	HH 992-11 HH 992-12	148
2 . 254	SANDVATN	HH 1252-0	703
2 . 268	AKSLEN	HH 1364-0	791
2 . 273	RYFETTEN	HH 1474-0	1.306
2 . 275	LIAVATN	HH 1476-0	235
2 . 276	FURUSJØEN	HH 1489-0	68
2 . 279	KRÅKFOSS	HH 1572-0	418
2 . 280	KRINGLERDAL	HH 1573-0	262
2 . 287	ROTUA	HH 1591-0	56
2 . 288	HARASJØEN	HH 1602-0	56
2 . 289	HØYDALSVATN	HH 1603-0	78
2 . 291	TORA	HH 1605-0	260
2 . 292	SKJØLI	HH 1606-0 HH 1606-99	182
2 . 295	TUNDRA	HH 1609-0	135
2 . 303	DOMBÅS	HH 1663-0	490

Stasjonsnummer	Stasjonsnavn	Gammelt nummer	Feltareal
2 . 323	FURA	HH 1812-0	40
2 . 614	ROSTEN	HH 411-11	1.755
2 . 686	Rena ndf. Storsjøen dam	HM 1602	
2 . 687	Rena ovf. Mistra	HM 1604	
3 . 22	HØGFOSS	HH 2158-0	297
6 . 10	GRYTA	HH 1687-0	08
8 . 2	BJØRNEGÅRDSVINGEN	HH 1727-0	193
11 . 4	ELGTJERN	HH 2123-0	07
12 . 13	RYSNA	HH 2009-0	
12 . 70	ETNA	HH 437-0	557
12 . 72	JAREN	HH 439-11	108
12 . 95	USTEDALSVATN	HH 455-0	568
12 . 96	OPPSJØ	HH 456-0	1.709
12 . 106	VIKEVATN	HH 464-11 HH 464-12	134
12 . 150	BUVATN	HH 1380-0	25
12 . 154	LIO	HH 1433-0	128
12 . 171	HØLERVATN	HH 1736-0	79
12 . 188	LANGTJERNBEKK	HH 2017-0	05
15 . 19	FØNNEBØFJORD	HH 476-0 HH 1686-0	701
15 . 49	HALLDALSVATN	HH 1379-0	58
15 . 53	BORGÅI	HH 1555-0	93
16 . 10	OMNESFOSS	HH 491-12	
16 . 34	TOTAK	HH 494-11	860
16 . 37	VINJEVATN	HH 496-11	908
16 . 66	GROSETTJERN	HH 1128-0	07

Stasjonsnummer	Stasjonsnavn	Gammelt nummer	Feltareal
16 . 75	TANNSVATN	HH 1206-0	116
16 . 104	KILEN	HH 1407-0	119
16 . 108	GJEVARVATN	HH 1509-0	34
16 . 112	BYRTEÅI	HH 1552-0	38
16 . 122	GROVÅI	HH 1932-0	41
18 . 8	UBERGELV	HH 514-0	291
19 . 55	JØRUNDLAND	HH 938-0	345
19 . 73	KILÅI BRU	HH 1613-12	63
19 . 76	TOVSLIØYTJØNN	HH 1768-0	115
19 . 79	GRAVÅ	HH 1829-0	06
19 . 80	STIGVASSÅI	HH 1892-0	16
19 . 82	RAUÅNA	HH 1945-0	09
19 . 89	SKORNETTEN	HH 2018-0	03
19 . 96	STORGAMA OVF	HH 2072-0	01
20 . 2	AUSTENÅ	HH 530-0	286
20 . 3	FLAKSVATN	HH 531-0	1.794
20 . 4	VIKSTØLVATN	HH 532-0	75
20 . 6	OGGE	HH 1135-12	250
20 . 11	TVEITDALEN	HH 1927-0	00
22 . 16	MYGLEVATN NDF.	HH 1150-0	180
24 . 1	TINGVATN	HH 556-0	266
25 . 7	REFSTI	HH 560-11 HH 560-12	197
25 . 8	MYGLAND	HH 895-0	47
26 . 4	FIDJELANDSVATN	HH 561-0	627
26 . 5	DORGEFOSS	HH 562-0	801

Stasjonsnummer	Stasjonsnavn	Gammelt nummer	Feltareal
26 . 6	LINDELAND	HH 563-0	934
26 . 7	SIRDALSVATN	HH 564-0	1.501
26 . 8	LUNDEVATN	HH 565-0	1.872
26 . 9	VALEVATN	HH 566-0	112
26 . 10	LILAND	HH 917-0	74
26 . 26	JOGLA	HH 1950-0	31
27 . 3	HETLAND	HH 569-0	70
27 . 14	SAGLANDSVATN	HH 1852-0	02
27 . 20	GYA	HH 919-0	55
28 . 7	HAUGLAND	HH 574-0	135
31 . 2	LYSEDALEN	HH 1181-0	46
33 . 2	TVEID	HH 580-0	501
35 . 2	HAUGE BRU	HH 581-0	388
36 . 1	SULDALSOSET	HH 582-0	1.308
36 . 2	RØLDALSVATN	HH 583-1	503
36 . 9	MIDDAL	HH 1750-0	45
39 . 1	TYSVÆR	HH 2085-0	03
41 . 1	STORDALSVATN	HH 586-0	127
42 . 2	DJUPEVAD	HH 1427-12	30
42 . 6	BAKKELIHØL	HH 1762-0	20
46 . 3	ØYRESELV	HH 962-0	83
47 . 1	EIDEVATN	HH 590-0	80
47 . 7	FODNASTØL	HH 1449-0	42
48 . 1	SANDVENVATN	HH 591-0	464
48 . 5	REINSNOSVATN	HH 1529-0	119

Stasjonsnummer Stasjonsnavn			Gammelt nummer	Feltareal
50 .	1	HØLEN	HH 592-0	229
50 .	4	VIVELI	HH 877-0	386
51 .	2	AUSTDALSVATN ØVRE	HH 1066-0	89
55 .	4	RØYKENES	HH 925-0	50
62 .	4	RJOANDE	HH 288-12	139
62 .	10	MYRKDALSVATN	HH 1420-0 HH 1734-0	157
68 .	1	KLØVTVEITVATN	HH 603-0	04
70 .	7	TISTEL	HH 1728-0	16
72 .	5	BREKKE BRU	HH 606-12 HH 606-11	265
72 .	7	VASSBYGDVATN	HH 607-0 HH 2782-0	762
73 .	1	LO BRU	HH 608-0	557
74 .	1	ÅRDALSVATN	HH 609-0	989
74 .	2	TYA	HH 798-11	292
74 .	5	NYSETELV	HH 1239-0	106
74 .	16	LANGEDALEN	HH 1943-0	24
75 .	2	YTRI BRU	HH 611-0	367
75 .	23	KROKENELV	HH 1511-0	46
75 .	28	FEIGUMFOSS	HH 1944-0	48
76 .	1	KROKEN	HH 1121-11 HH 1121-12	357
77 .	2	VEITESTRANDSVATN	HH 613-0	384
77 .	3	SOGNDALSVATN	HH 1389-0	111
78 .	3	BØYUMSELV	HH 1556-0	40
81 .	1	HERSVIKVATN	HH 931-0	07
82 .	4	NAUTSUNDVATN	HH 614-0	220
83 .	2	VIKSVATN	HH 615-0	505

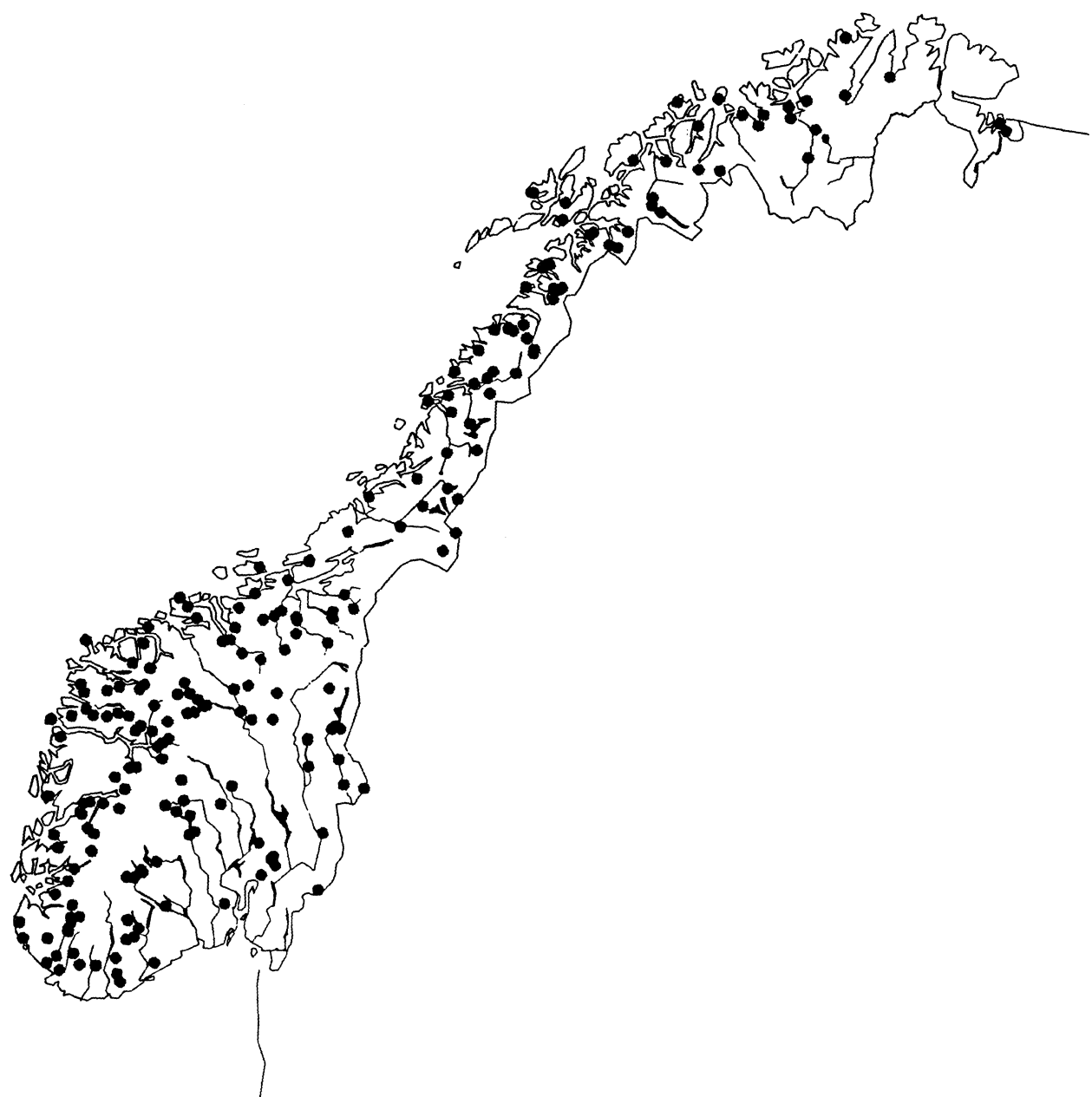
Stasjonsnummer	Stasjonsnavn	Gammelt nummer	Feltareal
83 . 7	GRØNENGSTØLSVATN	HH 1525-0	66
83 . 8	YNDESTAD	HH 1393-0	30
83 . 12	HAUKEDALSVATN NDF.	HH 616-12	205
85 . 1	NORDDAL	HH 619-0	97
85 . 2	BLÅMANNSVATN	HH 878-0	225
86 . 4	STOREVATNET	HH 1464-0	56
86 . 7	BORTNE	HH 1837-0	15
87 . 1	BREIMSVATN	HH 620-0	585
88 . 2	OLDEVATN	HH 621-11 HH 621-12	204
88 . 4	LOVATN	HH 622-11	234
91 . 2	DALSBØVATN	HH 955-0	26
97 . 1	FETVATN	HH 1107-0	88
97 . 4	SKJÅSTAD	HH 1571-0	10
98 . 4	ØYE NDF.	HH 630-0	138
101 . 2	ENGSETVATN NDF	HH 635-11	42
103 . 1	STORHØLEN	HH 255-0 HH 1862-0	416
103 . 3	STUGUFLÅTEN	HH 352-0 HH 1861-0	414
103 . 4	HORGHEIM	HH 636-0	1.142
103 . 20	MORSTØL BRU	HH 1912-0	44
105 . 1	ØREN	HH 267-0 HH 642-0	94
107 . 3	FARSTAD	HH 1538-0	24
108 . 1	NÅSVATN	HH 643-0	55
109 . 1	LITLEDALSELV	HH 644-0	330
109 . 3	ELVERHØY BRU	HH 646-0	2.443
109 . 9	RISEFOSS	HH 956-0	738

Stasjonsnummer Stasjonsnavn			Gammelt nummer	Feltareal
109 .	12	BRUØY	HH 1125-0	473
111 .	3	TODALSELV	HH 649-0	207
111 .	8	NERDAL	HH 1625-0	99
111 .	9	SØYA	HH 2059-0	137
112 .	3	SVORKA	HH 651-12 HH 651-11	84
112 .	8	RINNA	HH 1755-0	88
117 .	1	VALEN	HH 923-11	40
119 .	4	ROVATN	HH 653-0	237
120 .	1	BRATTFOSS	HH 655-0	56
121 .	9	NÆVERDAL	HH 658-0	792
121 .	10	BJØRSET DAM	HH 659-0 HH 2578-0	2.286
121 .	11	ÅMOT	HH 660-0	279
122 .	2	HAGA BRU	HH 661-0	3.062
122 .	9	GAULFOSS	HH 985-0	3.085
122 .	11	EGGAFOSS	HH 1055-0	653
122 .	13	ØKDALSMO BRU	HH 1431-0	107
123 .	13	STOKKE	HH 940-11	1.997
123 .	24	ROTLA BRU	HH 1527-0	257
123 .	31	KJELSTAD	HH 2204-0	141
124 .	2	HØGGÅS BRU	HH 666-0	491
124 .	10	MANNSETER	HH 1499-0	95
133 .	2	RØDSJØ	HH 680-0	205
133 .	7	KRINSVATN	HH 1668-0	205
138 .	1	ØYUNGEN	HH 685-0	238
139 .	5	NAMSVATN	HH 687-11 HH 1368-0	696

Stasjonsnummer	Stasjonsnavn	Gammelt nummer	Feltareal
139 . 11	TUNNSJØPLASS	HH 690-0	468
139 . 16	TRANGEN	HH 946-0	852
140 . 2	SALSVATN	HH 694-0	
144 . 1	ÅBJØRVATN	HH 697-0	384
150 . 1	SØRRA	HH 1162-0	06
151 . 7	KAPSKARMO	HH 703-0	475
151 . 9	UNKERVATN	HH 880-0	756
152 . 1	FUSTVATN	HH 705-11 HH 705-13	520
153 . 1	STORVATN	HH 706-0	49
155 . 2	TUSTERVATN	HH 708-11	1.500
156 . 3	STORE AKERSVATN	HH 711-11 HH 711-12	129
156 . 7	JORDBRU	HH 836-11 HH 836-12	342
156 . 9	KROKSTRAND	HH 989-0	745
156 . 13	BJØRNFOSS	HH 1198-0	303
156 . 15	FORSBAKK	HH 1423-0	56
157 . 3	VASSVATN	HH 714-0	16
159 . 3	ENGABREVATN	HH 1774-0	50
161 . 1	ÅGNES	HH 716-0	199
161 . 2	SELFOSS	HH 717-0	797
161 . 3	ARSTADFOSSEN	HH 718-0	198
162 . 3	SKARSVATN	HH 720-0	144
163 . 5	JUNKERDALSELV	HH 990-0	422
163 . 6	JORDBRUFJELL	HH 1098-0	69
163 . 7	KJEMÅVATN	HH 1782-0	36
165 . 6	STRANDÅ	HH 726-0	23

Stasjonsnummer	Stasjonsnavn	Gammelt nummer	Feltareal
166 .	1 LAKSHOLA	HH 727-0	230
167 .	2 SØRFJORDVATN	HH 728-0	111
167 .	3 KOBBVATN	HH 729-0	386
167 .	4 SJØFOSSEN	HH 1422-0	76
168 .	1 STORVATN	HH 730-0	71
168 .	3 LAKSÅ BRU	HH 1173-0	26
172 .	1 FORSAVATN	HH 734-0	232
172 .	3 BØRSVATN NDF	HH 736-0	80
173 .	1 KJÅRDAELV	HH 738-0	71
173 .	4 NORDELVKORS	HH 741-0	401
174 .	8 SILDVIKVATN	HH 747-0	19
177 .	4 SNEISVATN	HH 751-0	29
178 .	1 LANGVATN	HH 1176-0	18
185 .	1 GÅSLANDSVATN	HH 950-0	08
194 .	4 MEVATN	HH 814-0	180
196 .	4 STORFOSS	HH 758-0	1.252
196 .	7 FISKELØSVATN	HH 1321-0	54
196 .	12 LUNDBERG	HH 1361-0	248
196 .	13 BARDUJORD	HH 1362-0	67
197 .	2 FAGERTUN	HH 1116-0	18
200 .	3 SKOGSFJORDVATN	HH 1232-0	134
203 .	1 JÆGERVATN	HH 1161-0	94
204 .	1 SOLLI	HH 854-0	415
205 .	1 HELLIGSKOGEN	HH 855-0	359
206 .	3 MANNDALEN BRU	HH 1828-0 HH 1884-0	199

Stasjonsnummer	Stasjonsnavn	Gammelt nummer	Feltareal
208 .	2 OKSFJORDVATN	HH 1211-0	266
209 .	4 LILLEFOSSEN	HH 1348-0	324
210 .	1 ØVREFOSS	HH 1358-0	169
212 .	3 JOTKAJAVRRE	HH 765-0	101
212 .	7. LILLE MATTISVATN	HH 1008-0	319
212 .	10 MASI	HH 1596-0	5.693
212 .	49 HALSNES	HH 1598-0	143
213 .	2 LEIRBOTNVATN	HH 1359-0	136
220 .	1 HAMNEVATN	HH 1246-0	55
223 .	1 STABBURSELV	HH 769-11	1.103
228 .	1 MATTUSJAVRI	HH 1236-0	102
230 .	1 NORDMANNSET	HH 1314-0	20
241 .	1 BERGEBY	HH 1315-0	239
246 .	4 LILLE ROPELVVATN	HH 1245-0	49
307 .	5 MURUSJØ	HH 784-0	349
307 .	7 LANDBRU LIMN	HH 1077-0	60
307 .	14 SAKSVATN	HH 1281-0	64
308 .	1 LENGELINGEN	HH 787-0	448
310 .	1 STØA	HH 370-0	908
311 .	4 FEMUNDSENDEN	HH 372-11	1.769
311 .	6 NYBERGSUND	HH 373-0	4.410
311 .	7 ENGEREN	HH 374-0	400
311 .	10 GALTEN	HH 1123-0	2.452
311 .	11 ISTEREN	HH 1122-0	
313 .	3 MAGNOR	HH 380-11 HH 380-12	357



VEDLEGG 2

Oversikt over feltparametre

Oversikt over feltparametre, klimatiske og hydrologiske parametre som er benyttet i analysen.

FELT- PARAMETERE	
AREAL	Feltareal [km ²].
LAVESTE	Lavestliggende posisjon i nedbørfeltet [m]
MEDIAN	Medianhøyde [m]
HØYESTE	Høyestliggende posisjon i nedbørfeltet [m]
ASE	Effektiv sjøprosent: $100 \sum (A_i * a_i) / \text{AREAL}$. Der A_i er tilsigsarealet til innsjø i og a_i er arealet av innsjø i .
AS	Sjøprosent, sjø i nedbørfeltet [%]
BRE	Breprosent, bre i nedbørfeltet [%]
FJELL	Snaufjellprosent, snaufjell i nedbørfeltet [%]
SKOG	Skogprosent, skog i nedbørfeltet [%]
MYR	Myrprosent, myr i nedbørfeltet [%]
LF	Feltlengde [km].
SLOPE	Relieff forholdet: $\Delta H / LF$, der ΔH er største høydeforskjell i nedbørfeltet [m/ km].
EGRAD	Hovedelvas gradient målt fra utløpet til hovedelva forlenget til vannskillet [m/km].
ALF	Forhold mellom feltareal og feltakse (AREAL / LF) [km]
F	Feltform forholdet: AREAL / LF^2 . L_a er feltaksen fra avløpstasjon til fjerneste punkt på vannskillet [1].
RF	Midlere feltgradient [m/km]. $RF = \Delta h * \sum Li / 10 * \text{AREAL}$, der Δh er ekvidistanse mellom høydekurver og Li er lengden av høydekurver.
KLIMATISKE - PARAMETERE	
PNOR	Midlere årsnedbør [mm]
QNOR	Midlere spesifikk vannføring, 30 års normal, evt. lengste tilgjengelige serie, [l/s km ²].
HYDROLOGISKE - PARAMETERE	
SPQMID	Spesifikk midlere døgnflom [l/s km ²]
QMID	Midlere døgnmiddelflom.
QMOM	Midlere momentanflom.
QMOM/QMID	Forholdet midlere montanflom / midlere døgnmiddelflom. Forholdet bestemmes også på grunnlag av 10 og 20 års gjentakintervall.

Utvalg av feltparametre for en del av stasjonene i undersøkelsen

St.nr.	Middel- flom	Felt- areal	Effektiv sjø%	Bre %	Snaufjell %	Felt- lengde	Felt- gradient	Elve- gradient	Form	Middel- nedbør	Middel- avløp
372	72.250	1769.000	11.800	0.000	35.000	57.200	6.000	1.000	54.000	600.000	13.868
373	320.952	4410.000	2.100	0.000	32.000	143.700	7.000	2.000	21.000	600.000	15.796
374	54.806	400.000	3.100	0.000	27.000	42.200	10.000	13.000	22.000	600.000	19.104
380	32.760	357.000	0.450	0.000	0.000	29.000	6.070	9.000	44.000	800.000	15.418
398	20.037	126.900	1.020	0.000	71.000	15.000	9.000	31.000	56.000	800.000	14.836
400	73.896	470.000	1.190	0.200	75.000	34.600	23.000	23.000	39.000	700.000	22.304
402	143.389	1180.000	0.450	0.000	36.000	63.000	12.000	9.000	30.000	600.000	24.577
410	167.201	1625.000	0.070	0.000	0.000	65.000	6.000	6.000	38.000	700.000	14.183
411	305.065	1755.000	0.070	0.000	73.000	88.000	17.000	17.000	22.000	1000.000	18.454
437	105.666	557.000	0.130	0.000	27.000	46.200	12.000	16.000	26.000	900.000	17.796
439	9.197	108.000	1.070	0.000	0.000	19.100	12.000	19.000	31.000	700.000	13.314
455	134.405	568.100	3.600	2.850	96.000	52.000	13.000	12.000	20.000	1100.000	37.014
456	297.119	1709.000	1.000	1.000	76.000	73.000	16.000	18.000	30.000	850.000	33.965
464	15.589	134.000	2.200	0.000	1.000	14.000	9.000	15.000	69.000	1200.000	24.140
476	146.662	701.000	0.370	0.000	78.000	44.000	13.000	15.000	36.000	800.000	19.508
494	188.910	860.000	6.100	0.000	67.000	69.000	19.000	12.000	18.000	1050.000	36.042
496	205.991	908.000	1.100	0.000	66.000	65.000	20.000	15.000	22.000	1050.000	44.420
530	61.012	286.000	2.000	0.000	55.000	41.000	18.000	17.000	17.000	1100.000	37.854
531	283.917	1794.000	0.540	0.000	16.000	96.000	15.000	9.000	19.000	1350.000	34.547
532	17.290	75.000	4.840	0.000	6.000	15.100	11.000	13.000	33.000	1300.000	42.100
556	118.275	266.000	3.300	0.000	61.000	31.000	20.000	17.000	28.000	1500.000	60.929
561	220.824	627.000	1.120	0.000	92.000	41.300	12.000	10.000	37.000	1550.000	65.682
562	282.493	801.000	0.690	0.000	94.000	51.000	18.000	11.000	31.000	1650.000	62.426
563	318.263	934.000	0.490	0.000	92.000	61.000	17.000	12.000	25.000	1600.000	61.760
564	393.185	1500.600	1.600	0.000	84.000	99.000	19.000	9.000	15.000	1550.000	60.044
565	451.101	1871.600	1.050	0.000	80.000	111.000	18.000	8.000	15.000	1600.000	61.102
566	41.013	112.000	3.190	0.000	89.000	16.150	12.000	17.000	43.000	1650.000	77.549
569	38.262	70.300	0.770	0.000	93.000	17.400	12.000	12.000	23.000	1600.000	56.777
574	49.565	135.000	0.390	0.000	40.000	17.000	10.000	17.000	46.000	1800.000	48.430
581	200.001	387.940	7.400	0.000	91.000	40.000	21.000	25.000	34.000	2200.000	80.692
582	350.586	1308.000	2.500	0.500	84.000	68.000	21.000	25.000	34.000	1900.000	64.986
583	190.667	503.000	1.600	1.300	95.000	36.000	25.000	31.000	38.000	1700.000	69.161
586	77.442	127.000	6.320	0.000	49.600	22.800	33.300	44.700	24.400	3500.000	99.846

St.nr.	Middel- flom	Felt- areal	Effektiv sjø%	Bre %	Snauffjell %	Felt- lengde	Felt- gradient	Elve- gradient	Form	Middel- nedbør	Middel- avløp
591	280.222	464.000	1.130	8.600	62.300	25.600	29.000	38.000	71.000	2100.000	82.528
598	284.975	1102.000	0.870	0.300	42.000	46.600	25.000	20.000	51.000	1500.000	59.232
603	1.956	4.290	21.300	0.000	50.000	2.300	90.000	80.000	81.000	3600.000	141.229
606	91.077	265.000	0.560	0.800	86.000	30.300	29.000	39.000	29.000	1400.000	57.302
607	288.060	762.000	0.350	1.500	96.000	33.000	23.000	32.000	67.000	1500.000	49.157
608	143.523	557.000	1.730	0.000	91.000	15.000	23.000	59.240	89.000	1200.000	29.502
609	281.482	989.000	1.300	4.100	91.000	44.000	36.000	38.000	50.000	1500.000	45.695
611	129.724	367.000	0.240	10.000	93.000	30.000	30.000	41.000	40.000	2200.000	53.443
614	218.303	220.000	2.120	0.000	43.000	22.000	25.000	21.000	45.000	3200.000	88.976
615	140.780	505.000	3.450	4.100	58.100	43.200	20.000	27.000	27.000	2400.000	81.335
635	9.055	41.700	10.440	0.000	23.800	12.330	23.500	57.800	27.400	1600.000	53.606
644	106.457	330.000	1.800	0.300	99.000	31.000	29.000	42.000	77.000	1500.000	39.479
646	456.423	2442.800	0.070	0.200	78.000	67.000	23.000	13.000	55.000	800.000	26.762
649	94.524	207.000	0.210	0.000	86.000	67.000	33.000	61.000	49.000	600.000	57.178
658	146.533	792.000	0.100	0.000	80.000	36.000	13.000	12.600	62.000	550.000	19.557
659	438.858	2286.000	0.010	0.000	61.000	79.000	15.000	9.000	34.000	800.000	20.820
660	52.848	279.000	0.640	0.000	28.000	23.000	11.000	27.000	51.000	750.000	27.204
661	693.173	3062.000	0.040	0.000	44.000	41.000	31.000	25.000	182.000	900.000	25.610
666	158.835	491.200	2.400	0.000	36.000	39.500	36.900	11.000	31.120	1100.000	43.604
685	125.881	237.810	1.200	0.000	32.000	22.100	14.000	15.000	48.000	2100.000	51.481
694	90.140	421.600	12.600	0.000	47.000	37.400	20.000	5.000	30.000	1900.000	59.086
697	216.105	384.000	1.200	0.000	84.000	30.900	20.000	23.000	41.000	2500.000	76.199
703	286.737	475.000	1.760	0.400	46.500	33.600	19.000	28.000	42.000	1300.000	61.738
705	156.647	520.000	1.550	0.800	53.000	26.200	22.000	16.000	76.000	1600.000	61.762
706	42.448	48.900	7.650	0.000	77.000	14.000	37.000	52.000	25.000	2000.000	106.782
708	242.601	1500.000	11.000	1.100	58.000	49.000	21.000	29.000	62.000	1500.000	43.854
711	29.647	129.000	11.000	0.000	58.000	13.000	21.000	26.000	73.000	1100.000	39.541
714	21.238	16.100	7.370	0.400	61.000	4.400	37.000	117.000	83.000	1600.000	124.179
720	41.836	143.800	0.780	0.000	58.000	18.000	15.000	20.000	42.000	1000.000	36.127
726	11.718	23.000	1.830	0.000	39.000	10.210	33.000	94.000	22.000	1750.000	53.942
726	11.718	23.000	1.830	0.000	39.000	10.210	33.000	94.000	22.000	1750.000	53.942
727	77.181	230.300	1.090	1.300	72.000	119.100	25.000	27.000	2.000	1200.000	59.529
728	34.666	111.000	6.010	0.000	69.000	18.400	22.000	43.000	32.000	1600.000	57.370
729	119.002	386.000	2.620	3.600	64.000	25.000	25.000	54.000	62.000	1700.000	65.071
730	27.740	70.580	8.260	1.000	61.000	11.000	42.000	67.000	58.000	1700.000	70.890
738	19.666	71.100	1.800	0.000	92.000	13.000	38.000	63.000	45.000	1000.000	43.390
741	123.864	401.000	0.570	3.200	97.000	27.000	28.000	32.000	57.000	1000.000	36.512

St.nr.	Middel- flom	Felt- areal	Effektiv sjø%	Bre %	Snauffjell %	Felt- lengde	Felt- gradient	Elve- gradient	Form	Middel- nedbør	Middel- avløp
751	21.098	29.200	2.800	0.000	55.000	7.050	82.000	39.000	59.000	2300.000	96.067
751	21.098	29.200	2.800	0.000	55.000	7.050	82.000	39.000	59.000	2300.000	96.067
758	204.241	1252.000	6.000	0.000	76.000	63.000	16.000	8.000	29.000	1000.000	22.263
763	50.792	143.000	0.890	0.000	76.900	21.600	23.000	27.000	31.000	700.000	34.030
765	13.988	101.000	4.300	0.000	86.000	11.000	4.000	20.000	83.000	450.000	14.031
769	243.591	1103.000	0.100	0.000	89.000	59.000	5.000	9.000	32.000	700.000	19.419
784	49.417	349.000	5.590	0.000	17.200	33.700	11.000	9.000	30.000	750.000	24.297
787	110.261	448.000	4.200	0.000	59.000	34.000	14.000	15.000	39.000	700.000	31.661
798	56.973	292.000	6.000	2.700	92.000	27.000	20.000	43.000	40.000	1750.000	40.490
814	59.687	180.000	2.700	0.000	57.000	22.000	22.000	26.000	36.000	1300.000	56.472
844	29.459	124.000	0.320	0.000	19.000	17.700	8.000	10.000	40.000	400.000	19.985
854	127.312	415.000	0.100	0.000	84.000	30.000	26.000	25.000	43.000	700.000	27.656
877	122.117	386.000	0.000	0.000	91.000	24.600	13.000	13.000	63.000	1300.000	40.259
880	136.869	756.000	3.500	0.000	57.000	72.000	16.000	9.000	15.000	1500.000	23.433
887	24.296	119.000	1.510	0.000	59.000	18.500	10.000	19.000	35.000	600.000	19.473
895	27.154	46.600	0.520	0.000	82.000	16.100	12.000	26.000	18.000	1550.000	53.255
917	27.072	73.900	1.930	0.000	81.000	17.800	15.000	43.000	23.000	1600.000	60.183
919	51.915	55.100	0.360	0.000	74.000	14.000	25.000	31.000	32.000	2200.000	93.531
925	50.561	50.000	4.050	0.000	45.000	16.000	42.000	34.000	20.000	2900.000	95.729
938	51.202	344.700	3.320	0.000	20.000	36.100	13.000	12.000	26.000	1100.000	34.402
950	1.688	8.100	17.860	0.000	38.000	4.600	30.000	18.000	36.000	1300.000	45.934
950	1.688	8.100	17.860	0.000	38.000	4.600	30.000	18.000	36.000	1300.000	45.934
955	10.526	25.800	4.940	0.000	81.000	7.670	52.000	49.000	43.000	1700.000	62.561
956	193.318	738.000	0.030	0.800	89.000	37.300	12.000	15.000	53.000	750.000	22.253
989	294.217	744.500	0.900	0.000	91.000	29.000	13.000	20.000	88.000	1500.000	39.735
990	133.529	422.000	0.030	0.900	78.000	29.600	25.000	35.000	48.000	1000.000	32.378
1008	90.220	319.000	0.000	0.000	77.000	30.100	14.000	21.000	35.000	600.000	26.083
1055	167.274	653.000	0.200	0.000	64.000	33.000	10.000	16.600	60.000	1200.000	26.247
1066	43.096	88.700	1.100	4.400	100.000	16.000	17.000	32.000	32.000	1500.000	72.891
1077	16.985	59.800	7.700	0.000	69.000	9.900	17.000	46.000	57.000	1000.000	37.823
1098	22.133	69.200	1.480	0.000	69.000	14.610	13.000	22.000	32.000	1000.000	35.240
1107	75.857	88.400	1.160	4.700	81.400	13.600	61.000	37.000	47.000	2300.000	87.234
1122	140.187	2417.000	6.700	0.000	36.000	70.900	6.000	2.000	48.000	600.000	14.283
1125	94.710	473.000	0.090	2.500	78.000	23.400	26.000	40.000	86.000	1100.000	25.288
1128	1.547	5.910	2.700	0.000	8.000	2.900	16.000	48.000	70.000	1050.000	21.379
1135	59.434	250.000	3.380	0.000	1.000	24.400	9.000	8.000	42.000	1400.000	37.770
1150	69.551	180.000	1.910	0.000	14.000	23.700	11.000	11.000	32.000	1500.000	45.028

St.nr.	Middel- flom	Felt- areal	Effektiv sjø%	Bre %	Snauffjell %	Felt- lengde	Felt- gradient	Elve- gradient	Form	Middel- nedbør	Middel- avløp
1173	33.905	26.100	7.700	0.000	42.000	7.710	42.000	89.000	44.000	1000.000	69.290
1176	7.701	18.300	9.070	0.000	50.000	6.530	45.000	96.000	43.000	1700.000	67.673
1181	37.197	46.200	0.560	0.000	95.000	13.000	44.000	62.000	28.000	1650.000	76.176
1206	24.482	116.000	5.210	0.000	25.000	14.800	11.000	19.000	53.000	1050.000	22.192
1211	65.699	266.000	2.120	1.500	78.000	27.900	29.000	29.000	34.000	700.000	39.057
1232	33.772	134.000	10.700	0.800	59.000	17.300	18.000	30.000	45.000	1300.000	50.153
1239	44.539	106.000	0.170	0.900	86.800	15.200	27.000	71.000	46.000	1300.000	40.556
1245	3.190	49.000	14.800	0.000	29.000	10.300	12.000	10.000	46.000	400.000	13.216
1246	24.311	54.500	1.280	0.000	90.000	40.000	23.000	70.500	31.000	850.000	38.789
1321	7.215	54.400	15.630	0.100	44.000	10.300	19.000	17.000	51.000	1000.000	29.497
1359	44.789	136.000	1.240	0.000	84.000	15.300	12.000	25.000	58.000	500.000	26.144
1361	78.452	248.000	0.010	8.600	75.000	24.800	40.000	27.000	40.000	1000.000	43.386
1379	7.011	58.000	3.810	0.000	16.000	11.000	11.000	20.000	48.000	750.000	12.732
1380	3.519	25.000	5.780	0.000	0.000	8.200	9.000	25.000	37.000	700.000	12.589
1422	37.388	75.800	2.010	0.000	56.000	12.200	29.000	43.000	51.000	1500.000	58.297
1423	58.893	56.300	0.060	0.400	69.000	9.900	28.000	67.000	57.000	2500.000	85.778
1431	45.015	107.000	0.000	0.000	16.000	23.000	10.000	33.000	20.000	700.000	33.125
1433	36.407	128.000	0.340	0.000	83.000	25.000	15.000	33.000	24.000	900.000	29.347
1474	139.154	1306.000	0.020	0.000	61.000	53.800	11.000	22.000	45.000	450.000	11.157
1529	48.062	118.500	2.740	1.700	85.000	15.800	20.000	48.000	47.000	2300.000	67.987
1552	26.733	37.900	0.290	0.000	78.000	12.300	29.000	52.000	25.000	1050.000	59.908
1668	129.805	205.000	1.180	0.000	68.300	22.500	15.800	18.500	38.000	1000.000	60.965

VEDLEGG 3**Regresjonsligninger for estimering av spesifikk middelflom**

Prefixet **ln** indikerer at naturlig logaritme av parameteren er benyttet.

Vårflom-regioner

1	$\ln SPQMID = 0.27 \ln EGRA - 0.14 \ln ASE + 0.10 \ln FJELL + 0.62 \ln QNOR - 4.80$	$r^2=0.91$
2	$\ln SPQMID = 0.093 \ln EGRA - 0.082 \ln ASE + 0.028 \ln FJELL + 0.51 \ln QNOR - 3.32$	$r^2=0.66$
3	$\ln SPQMID = 0.31 \ln EGRA - 0.022 \ln ASE + 0.094 \ln FJELL + 0.33 \ln QNOR - 3.82$	$r^2=0.78$
4	$\ln SPQMID = 0.185 \ln EGRA - 0.0137 \ln ASE + 0.087 \ln FJELL + 0.51 \ln QNOR - 4.14$	$r^2=0.81$

Høstflom-regioner

1	$\ln SPQMID = 1.28 \ln QNOR - 0.23 \ln ALF + 0.066 ASE + 0.066 EGRA - 5.91$	$r^2=0.86$
2	$\ln SPQMID = 1.29 \ln QNOR - 0.16 \ln ALF + 0.051 ASE + 0.0065 EGRA - 6.26$	$r^2=0.92$
3	$\ln SPQMID = 1.20 \ln QNOR - 0.082 \ln ALF + 0.027 ASE + 0.0013 EGRA - 5.84$	$r^2=0.63$

Bre og årsflom regioner

K1	$\ln SPQMID = 1.52 \ln QNOR - 1.15 \ln PNOR - 0.057 ASE - 0.0093 LF + 1.89$	$r^2=0.90$
K2	$\ln SPQMID = 1.15 \ln QNOR - 0.046 ASE - 5.34$	$r^2=0.76$
BRE	$\ln SPQMID = 0.012 QNOR - 0.085 ASE + 0.0165 LF - 1.10$	$r^2=0.83$

VEDLEGG 4**Avløpstasjoner benyttet i momentanflomanalysen**

N (V / H): serielengde vår / høst

* V: Kun serier fra vårsesong, H: Kun serier fra høstsosong, Å: Høyeste årsverdi.

Stnr.	Stasjon	N (V / H)	Stnr.	Stasjon	N (V / H)
491,12	Omnesfoss	19 / 19	1602,0	Harasjøen	17 /
586,0	Stordalsvatn	22 / 22	1603,0 *Å	Høydalsvatn	19 /
592,0	Hølen	26 / 26	1605,0 *Å	Tora	26 /
603,0	Kløvtveitvatn	21 / 22	1606,0 *Å	Skjøli	18 /
608,0	Lo bru	18 / 17	1613,12	Kilå bru	21 / 24
615,0	Viksvatn	23 / 24	1625,0	Nerdal	22 / 18
661,0	Haga bru	37 / 35	1663,0 *Å	Dombås	17 / 16
666,0	Høggås bru	26 / 25	1668,0	Krinsvatn	16 / 15
706,0	Storvatn	15 / 18	1687,0	Gryta	25 / 25
728,0	Sørfjordvatn	26 / 26	1727,0	Bjørnegårsvingen	18 / 20
730,0	Storvatn	30 / 30	1728,0	Tistel	18 / 19
867,12	Sjodalsvatn	45 / 40	1734,0	Myrkalsvatn	20 / 21
887,0	Narsjø	20 / 17	1736,0	Hølervatn	21 / 18
931,0 *H	Hersvikvatn	/ 15	1750,0	Middal	18 / 17
1055,0	Eggafoss	47 / 45	1762,0	Skredalselv	17 / 16
1077,0	Landbru limn	47 / 45	1768,0	Tovsliøytjønn	22 / 19
1098,0	Jorbrufjell	16 / 16	1782,0	Kjemåvatn	20 / 23
1107,0	Fetvatn	16 / 15	1803,0	Sandvatn	20 / 20
1125,0	Bruøy	22 / 22	1812,0	Fura	20 / 21
1128,0	Grosettjern	29 / 30	1829,0	Gravå	20 / 22
1162,0	Sørre	29 / 30	1837,0	Bortne	16 / 16
1206,0	Bordalsvatn NDF	18 / 19	1852,0	Saglandsvatn	21 / 21
1281,0	Saksvatn	29 / 29	1861,0	Stuguflåten	18 / 18
1314,0 *Å	Nordmannset	26 /	1862,0	Storhølen	19 / 18
1315,0 *Å	Bergeby	20 /	1884,0 *Å	Manndalen bru	15 /
1316,0 *Å	Smalfjord	19 /	1892,0	Stigvassåi	20 / 19

1348,0	Lillefossen	16 / 15	1912,0	Morstøl bru	18 / 19
1358,0	Øvrefoss	19 / 16	1927,0	Tveitdalen	20 / 19
1379,0	Halldalsvatn	25 / 28	1932,0	Grovåi	20 / 19
1380,0	Buvatn	25 / 23	1943,0	Langedalen	17 / 18
1427,12	Djupevad	27 / 26	1944,0	Feigumfoss	20 / 21
1449,0	Fodnastøl	26 / 26	1945,0	Rauåna	20 / 20
1464,0	Gjengedalsvatn	23 / 23	1950,0	Jogla	18 / 20
1476,0	Liavatn	26 / 26	2009,0	Rysna	15 / 16
1499,0	Mannseter	21 / 20	2017,0	Langtjernbekk	16 / 18
1509,0	Gjevarvatn	18 / 18	2018,0	Skornetten	18 / 17
1555,0	Borgåi	25 / 26	2059,0 *V	Søya	15 /
1571,0	Skjåstad	25 / 26	2072,0	Storgama OVF	16 / 17
1572,0	Kråkfoss	20 / 17	2085,0	Tysvær	18 / 18
1573,0	Kringlerdal	23 / 23	2123,0	Elgtjem	16 / 16
1591,0	Rotua	24 / 24	2158,0 *H	Høgfoss	/ 16

VEDLEGG 5

PWM-metoden

PWM (probability weighted moments - sannsynlighetsveide momenter) er definert av (Greenwood *m.fl.*, 1979):

$$M_{ijk} = E[x^i F^j (1-F)^k] = \int_0^1 x(F)^i F^j (1-F)^k dF$$

hvor i, j og k er heltall. Hosking *m.fl.* (1985) presenterer sannsynlighetene ved hjelp av plotteposisjons-formler. Et forventningsrett estimat er definert slik:

$$F_i = i/N$$

hvor i er rang og N antall observasjoner ($i = 1, 2, \dots, N$). Formulert slik kan PWM presenteres:

$$M_{ij0} = 1/N \sum_{i=1}^N x_i^i F_i^j$$

$$M_{10k} = 1/N \sum_{i=1}^N x_i (i - f_i)^k$$

Relasjonen mellom disse uttrykkene kan benyttes til å finne lineære sammenhenger mellom momentene.

Hosking *m.fl.* (1985) utviklet en metode som inkluderer L-momenter i henhold til:

$$L_{r+1} = (-1)^r \sum_{k=0}^r (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{k} M_{10k}$$

hvor de tre første L-momentene kan uttrykkes slik:

$$L_1 = M_{100}$$

$$L_2 = M_{100} - 2M_{101}$$

$$L_3 = M_{100} - 6M_{101} + 6M_{102}$$

L-momentene vil ofte variere fra felt til felt, avhengig av størrelsen på dataene. Derfor introduseres standardiserte L-momenter, som defineres slik:

$$\tau_r = L_r / L_2; r \geq 3$$

L_1 , L_2 og τ_3 representerer lokalisering, skala og skjevhet.

Gumbel (EV1)-fordelingen

Sannsynlighetstettheten til Gumbel-fordelingen kan skrives på formen:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-(x-U)/\alpha} e^{-e^{-(x-U)/\alpha}}$$

Med kumulativ fordeling:

$$F(x) = e^{-e^{-(x-U)/\alpha}}$$

Dersom vi innfører en standardisert variabel z :

$$z = (x - U)/\alpha$$

Som gir:

$$g(z) = e^{-e^{-z}}$$

Kvantiler beregnes ved å løse uttrykket for kumulativ sannsynlighet mhp. x dvs:

$$x = U - \alpha \log(-\log F(x))$$

Momentene til Gumbel-fordelingen er:

Forventning:

$$\mu = U + 0.5772\alpha$$

Varsians:

$$\sigma^2 = \frac{\pi^2 \alpha^2}{6}$$

Skjevhet:

$$\gamma = 1.14$$

Kurtose:

$$\lambda = 5.4$$

General Extreme Value fordelingen (GEV)

General Extreme Value fordelingen ble lansert av Fisher -Tippet. Den omfatter tre fordelingsfunksjoner med ulike egenskaper avhengig av verdien på den tredje parameteren, k . Dersom $k = 0$, reduseres fordelingen til Fisher - Tippet type 1, som er identisk med Gumbels fordeling eller EV1.

Sannsynlighetstetthets-funksjonen til GEV kan skrives på formen:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left(1 - \frac{x-U}{\alpha} k\right)^{1/k-1} e^{-(1-k(x-U)/\alpha)^{1/k}}$$

Kumulativ fordeling er:

$$F(x) = e^{-(1-k(x-u)/\alpha)^{1/k}}$$

Fordelingen kan også skrives på invers form:

$$x = u + \alpha/k + \alpha \log F(x)$$

I figuren vises fordelingen til parameteren k . Parameterens avvik fra 0 kan samtidig betraktes som et avvik fra Gumbel EV1 fordelingen. Det er foretatt en standardisering ved divisjon på middelflom for hver serie slik at verdiene kan sammenlignes.

Wiltshires homogenitetstest

Hosking (1987) diskuterer problemstillinger omkring regional homogenitet i hydrologien. Han konkluderer med at Wiltshire-testen (Wiltshire, 1986) er å foretrekke for kontroll av homogeniteten i flomregioner. Denne testen er basert på at den underliggende fordeling antas å være kjent.

Gitt en region som der det inngår N dataserier. Den j -te dataserien består av n_j verdier. For disse dataseriene er det bestemt en regional frekvensfordeling som i den foreliggende undersøkelsen er GEV-fordelingen. Vi skriver den kumulative fordelingen:

$$F(x) = e^{-(1-k(x-u)/\alpha)^{1/k}}$$

eller:

$$G(y) = e^{-(1-ky)^{1/k}}$$

der $y = (x - u)/\alpha$ og u , α og k er parametrene til den regionale fordelingen. For hver flom verdi i regionen kan da den tilhørende sannsynligheten beregnes. Wiltshire har utviklet en test som måler avviket fra denne fordelingen over alle flomverdier som inngår i dataseriene for den tilpassete regionale fordelingen. Dersom dette avviket er større enn det som kan forventes pga samplingusikkerhet, er det grunn til å anta at regionen er heterogen.

For den k -te flommen for stasjon nr. j , blir sannsynligheten G_{jk} . Wiltshire har definert en transformasjon av denne ved:

$$G'_{jk} = 2|(G_{jk} - 0.5)|$$

Testen på om regionen er homogen utføres ved å beregne størrelsen:

$$R = \sum_{j=1}^N \frac{(G'_j - G'_{..})^2}{u_j}$$

der G'_j er middelveien av n_j G' -verdiene i den j -te regionen og u_j er samplevariansen av G'_j , gitt ved:

$$u_j = VS/n_j$$

der VS er konstant og lik $1/12$, mens $G'_{..}$ er den middelveien over alle verdiene i regionen, gitt ved:

$$G'_{..} = \sum_{j=1}^N n_j G'_j / \sum_{j=1}^N n_j$$

Observatoren R er χ^2 -fordelt med $N-1$ frihetsgrader. Dersom R -verdien overskrider grenseverdien for χ^2 ved det aktuelle antall frihetsgrader og signifikansnivå, betraktes regionen som ikke homogen.

Wiltshire har også utviklet en test på om to eller flere regioner er signifikant forskjellige, basert på liknende betraktninger. Han har utviklet en annen teststørrelse, Z -testen for dette. Denne testen er svakere enn R -testen, men har også blitt benyttet i den foreliggende undersøkelsen.

Vedlegg 6

NVEs programmer for analyse av flomdata

I programsystemet til NVE inngår programmer for presentasjon og analyse av flomdata for enkeltserier og for regionale analyser. Data hentes fra databasen Hydra II, vanligvis i form av årlige maksimale døgnverdier i løpet av hele året eller for en avgrenset sesong. Det er nå tilrettelagt en egen tabell for kvalitetskontrollerte momentanflommer, med minst den største vår- og høstflommen hvert år, men med mulighet for å legge inn flere mindre flommer i samme tabell, utvalgt som uavhengige flomverdier over en gitt terskel (POT-metoden).

Mye av programmene ble skrevet for NVEs tidligere databasesystem på CDC-Cybermaskiner. Endel av programmene er kjørbare mot Hydra II, andre vil bli rekonvertert. Det gjenstår også utvidelser av funksjonaliteten i programmer som nå er i drift.

Programmer for dataoppslag og visning av flomdata:

DAGUT DAGUT_NY	Generelt program for visning, tabulering og plotting av døgnverdier ut fra ulike utvalgskriterier, deriblant maksimalverdier for år og faste sesonger.
FINUT	Generelt program for visning, tabulering og plotting av data med fin tidsoppløsning. NB! Programmet arbeider mot tabellen hykval hvor alle findata lagres. Det er nødvendig med en grundig vurdering av flomdataene før de brukes videre i analyser, derfor vil aldri analyseprogrammene lese hykval direkte.
MAXMIN	Visning og utlisting av ekstremverdier med dato
FLROSE	Plotting av sesongfordeling av flom basert på døgnverdier. Flommene velges ut ved POT-metoden.

Program for analyse av flomserier:

TSA1	Generell tidsserieanalyse av enkeltserier. Kan brukes både for flomstørrelse og flomtidspunkt.
-------------	--

Program for flomfrekvensanalyse:

Enkeltserier

EKSTREM	Flomfrekvensanalyse av enkeltserier.
FLOMVOL	Analyse av årlige flomvolumer. Flomvolumene beregnes for den største flommen i året med "baseflow"-separasjon forut for frekvensanalyse.
EKSRatio	Analyse av forholdet mellom momentan og døgnmiddelflom.

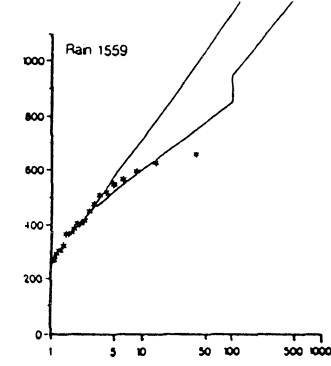
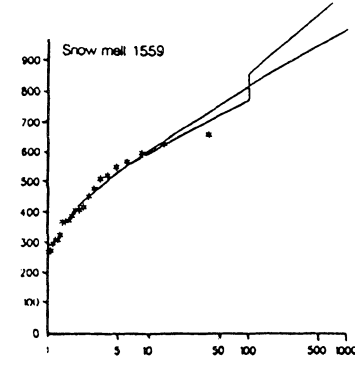
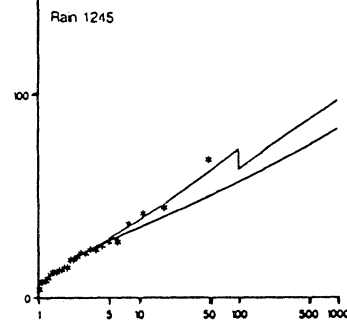
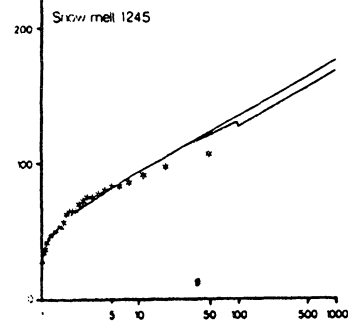
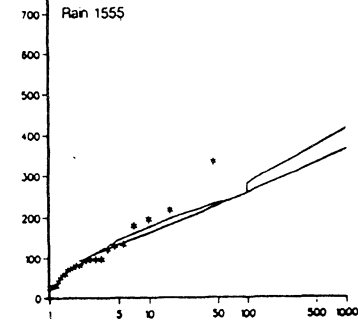
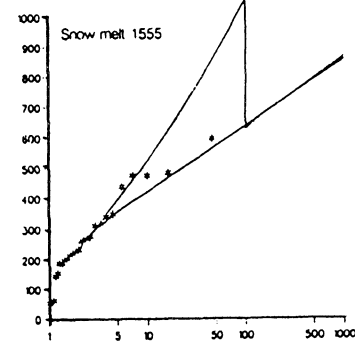
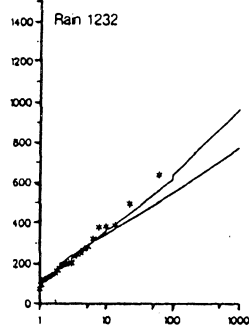
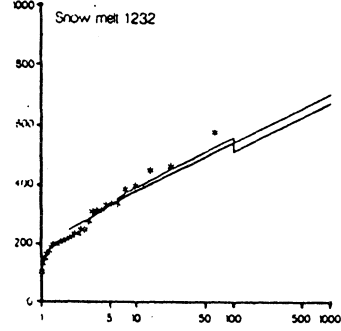
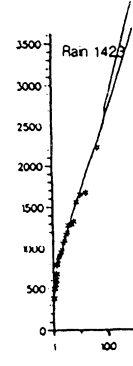
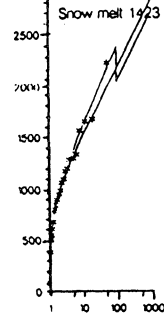
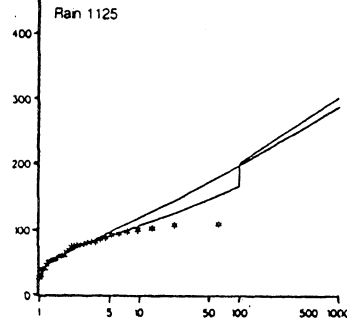
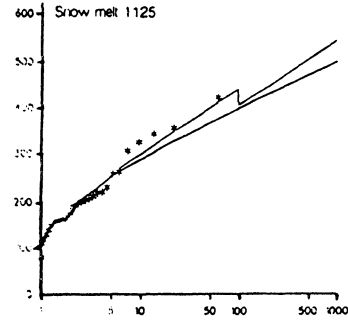
Regional analyse

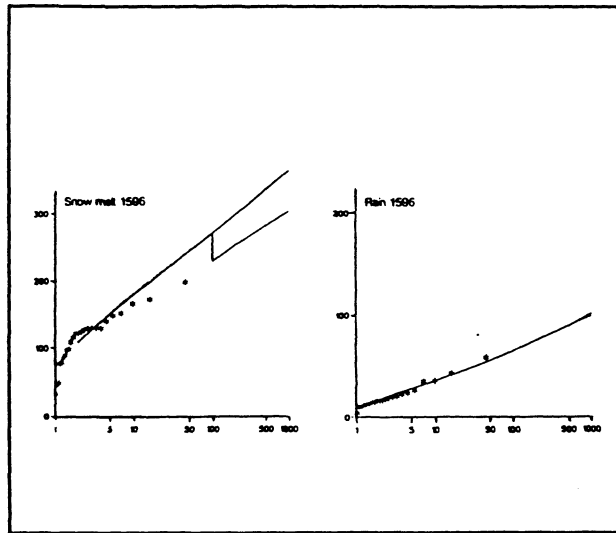
REGEKS	Regional flomfrekvensanalyse basert på metoden brukt ved Institute of Hydrology, Wallingford.
REGSIN	Regional flomfrekvensanalyse. Alle seriene i regionen analyseres enkeltvis og den regionale fordelingen bestemmes ut fra de individuelle kurvene. Gir direkte mål for spredningen inne regionen ved ulike gjentakintervall. Dette programmet egner seg til en første analyse, men endelig bestemmelse av den regionale fordelingen bør utføres med program Regeks.
SYNFLO	Synoptisk flom. Programmet undersøker om det på en gitt data +/- en margin på et lite antall døgn har vært en flomtopp og utfører så en flomfrekvensanalyse med påfølgende beregning av gjentakintervallet for den aktuelle flommen for hver serie.

Programsystemet vil bli fullstendig dokumentert i neste utgave av Roald (1992).

VEDLEGG 7

Sammenligning av enkeltserieanalyser og regionale analyser





VEDLEGG 8

Regresjonslikninger for forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom.

VÅRFLOM	
(Vmiddel) $Q_{mom}/Q_{mid} = 1.71944 - 0.00013 \text{ LAVEST} - 0.16983 \text{ LNAREAL} - 0.12351 \text{ RASE}$	
SE residual 0.1174	F 51.76
Multiple R : 0.5322 RASE, 0.2656 LNAREAL, 0.0216 LAVEST, - Total: 0.8194	
(10V) $Q_{mom}/Q_{mid} = 1.81372 - 0.00015 \text{ LAVEST} - 0.20009 \text{ LNAREAL} - 0.13137 \text{ RASE}$	
SE residual 0.1348	F 49.04
Multiple R : 0.5026 LNAREAL, 0.2879 RASE, 0.0215 LAVEST, Total: 0.8120	
(20V) $Q_{mom}/Q_{mid} = 1.83952 - 0.00015 \text{ LAVEST} - 0.20798 \text{ LNAREAL} - 0.13422 \text{ RASE}$	
SE residual 0.1421	F 46.91
Multiple R : 0.5051 LNAREAL, 0.2791 RASE, 0.0216 LAVEST, Total: 0.8058	

HØSTFLOM	
(Hmiddel) $Q_{mom}/Q_{mid} = 1.91997 - 0.00021 \text{ LAVEST} - 0.33255 \text{ LNAREAL} - 0.29865 \text{ RASE} + 0.38055 \text{ LNQNOR} - 0.00001 \text{ KVSLOPE}$	
SE residual 0.2159	F 36.76
Multiple R : 0.6169 RASE, 0.1862 LNAREAL, 0.0217 LNQNOR, 0.0116 LAVEST, 0.0197 KVSLOPE, Total: 0.8561	
(10H) $Q_{mom}/Q_{mid} = 1.85405 - 0.33012 \text{ LNAREAL} - 0.30407 \text{ RASE} + 0.39212 \text{ LNQNOR} - 0.00001 \text{ KVSLOPE}$	
SE residual 0.2624	F 31.16
Multiple R : 0.5943 RASE, 0.1779 LNAREAL, 0.0143 LNQNOR, 0.0179 KVSLOPE, Total: 0.8044	
(20H) $Q_{mom}/Q_{mid} = 2.28615 - 0.28840 \text{ LNAREAL} - 0.26902 \text{ RASE}$	
SE residual 0.2896	F 47.74
Multiple R : 0.5847 RASE, 0.1749 LNAREAL Total: 0.7596	

VEDLEGG 9

Resultat av verifikasjonen av formelverket for estimering av forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom.

Vmnr.	Qmom/Qmid observert	Qmom/Qmid simulert	avvik (%)	r2 observert
658,0	1.1520	1.1257	-2.28	0.989
685,0	1.0970	1.1672	6.40	0.997
925,0	1.2330	1.1755	-4.67	0.980
1150,0	1.0460	1.1332	8.34	0.983
1161,0	1.0250	1.0376	1.23	0.998
1211,0	1.0700	1.1271	5.34	0.988
1407,0	1.4230	1.2447	-12.53	0.919
1408,0	1.1140	1.2708	14.07	0.988
1529,0	1.0610	1.0852	2.28	0.998
1538,0	1.2810	1.2894	0.65	0.972
1596,0	1.0080	0.9911	-1.68	1.000
1604,0	1.0990	1.1320	3.00	0.957
1796,0	1.4670	1.2373	-15.66	0.987
1802,0	1.2220	1.1954	-2.17	0.993
1883,0	1.1090	1.1625	4.82	0.996
1910,0	1.1620	1.0730	-7.66	0.968
2020,0	1.2350	1.3777	11.55	0.986
2024,0	1.2040	1.2977	7.78	0.957
2150,0	1.1470	1.3178	14.89	0.980
2152,0	1.1530	1.3540	17.43	0.968
2181,0	1.1290	1.2874	14.03	0.985
2205,0	1.3940	1.3231	-5.09	0.870
2252,0	1.0720	1.2383	15.52	0.976
2254,0	1.2480	1.3427	7.59	0.987
Middelfeil			3.47	
Standardavvik			8.91	

Vmnr.	Qmom/Qmid observert	Qmom/Qmid simulert	avvik (%)	r2 observert
658,0	1.2890	1.2448	-3.43	0.959
685,0	1.2460	1.4238	14.27	0.978
925,0	1.4130	1.4573	3.14	0.904
1150,0	1.0360	1.3236	27.76	0.997
1161,0	1.0520	0.9428	-10.38	0.986
1211,0	1.0640	1.2499	17.47	0.993
1407,0	1.5850	1.4174	-10.57	0.970
1408,0	1.1610	1.5171	30.67	0.744
1529,0	1.0690	1.2562	17.51	0.990
1538,0	1.3510	1.5149	12.13	0.996
1596,0	1.0260	0.8774	-14.48	0.997
1604,0	1.0990	1.3232	20.40	0.981
1796,0	1.4860	1.1997	-19.27	0.937
1802,0	1.2430	1.4672	18.04	0.930
1883,0	1.2230	1.2588	2.92	0.989
1910,0	1.1500	1.1058	-3.84	0.994
2020,0	1.5560	1.4394	-7.50	0.949
2024,0	1.2800	1.6783	31.12	0.897
2150,0	1.4880	1.5850	6.52	0.853
2152,0	1.3190	1.6092	22.00	0.975
2181,0	1.1030	1.4616	32.51	0.992
2205,0	1.8500	1.5450	-16.49	0.730
2252,0	1.0300	1.4854	44.21	0.996
2254,0	1.2630	1.4662	16.09	0.985
Middelfeil			9.62	
Standardavvik			17.61	

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)
Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

I 1997 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

- Nr 1 Ingebrigt Bævre: Skjøtselsplan for vegetasjon i Surna (112.Z) og regulerte sideelver. (17 s.)
- Nr 2 Ånund Sigurd Kvambekk: Temperatur- og saltmålinger og isforhold i Holandsfjorden og Glomfjorden før åpningen av Svartisen kraftverk (1976-1993). (24 s.)
- Nr 3 Sverre Husebye: Fysiske og kjemiske forhold undersøkt i forbindelse med vanninntak; Tvillingvatn, Ny-Ålesund, Spitsbergen. (21 s.)
- Nr 4 Hans Otnes, Frode Trengereid og Kjetil Storset: Årsrapport for Norges vassdrags- og energiverk (NVEs) havarigruppe. (17 s.)
- Nr 5 Torger Wisth og Mads Johnsen: E6 Mediå - Okshammeren. Vassdragsvurderinger. (11 s.)
- Nr 6 Bjarne Kjøllmoen: Volumendringer på Harbardsbreen 1966-96. (17 s.)
- Nr 7 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Riksheimelva (097.6Z). (15 s.)
- Nr 8 Eirik Traae: Oppfylling av Eikebergmyra - Vassdragsteknisk vurdering. (12 s.)
- Nr 9 Randi Pytte Asvall: Nytt Tyin kraftverk. Virkninger på vanntemperatur- og isforhold samt forekomst av frostrøyk. (18 s.)
- Nr 10 Hans Christian Olsen og Margrethe Cecilie Elster: Sedimentundersøkelser i Mandalsvassdraget (vassdragsnr. 022) 1993-1995. (52 s.)
- Nr 11 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Gjøv (019.CZ). (14 s.)
- Nr 12 Ingjerd Haddeland og Lars-Evan Pettersson: Flomfrekvensanalyse og vannlinjeberegning, Alta sentrum (212.A0). (9 s.)
- Nr 13 Roger Sværd: Flomberegning for Rotenvikvatnet ved Lyngseidet. (17 s.)
- Nr 14 Nils Roar Sæltun (red.): Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. (81 s.)