

DNMI DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

# *klima*

MANUAL FOR BEREGNING AV  
PÅREGNELIGE EKSTREME NEDBØRVERDIER

av EIRIK J. FØRLAND

RAPPORT NR. 21/92



# DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT  
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3

TELEFON: (02) 96 30 00

ISBN

RAPPORT NR.

21/92 KLIMA

DATO

18.06.1992

## TITTEL

MANUAL FOR BEREGNING AV  
PÅREGNELIGE EKSTREME NEDBØRVERDIER

## UTARBEIDET AV

Eirik J. Førland

## OPPDRAGSGIVER

VASSDRAGSREGULANTENES FORENING  
DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

## SAMMENDRAG

Rapporten gir en beskrivelse av metodikk som benyttes ved DNMI for å estimere påregnelige ekstreme nedbørverdier. Metodikken omfatter bl.a. beregning av 1000 år og PMP-verdier for både punkt og areal, for ulike årstider og ulike varigheter.

I tillegg gis oversikt over meteorologiske bakgrunnsdata som kan benyttes til flomberegninger, bl.a. observerte høye punkt- og arealverdier av nedbør, nedbørforløp i episoder med kraftig nedbør, snøforhold, og temperaturforhold i episoder med snøsmelting og kraftig nedbør.

## UNDERSKRIFT

*Eirik J. Førland*  
.....

Eirik J. Førland

SAKSBEHANDLER

*Bjørn Aune*  
.....

Bjørn Aune

FAGSJEF

### FORORD.

Denne rapporten er en oppsummering av arbeidet i VR-prosjekt A-168 "Ekstreme nedbørverdier" som Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har utført for Vassdragsregulantene Forening (VR).

I alt er det nå foretatt beregning av påregnelige ekstreme nedbørverdier for ca. 300 nedbørfelt. De fleste av disse beregningene er presentert i DNMI's rapportserie "KLIMA". Oversikt over feltet er utført beregninger for er gitt i Appendiks.

Nils Roar Sælthun, NVE og Bjørn Aune og Inger Hanssen-Bauer, DNMI takkes for forslag til forbedringer ved gjennomlesing av manuskriptet. Jan-Erik Evnum, DNMI takkes for rentegning av figur 2 og 3.

INNHOOLD.

1. INNLEDNING .....	3
2. METEOROLOGISKE DATA FOR FLOMBEREGNINGER .....	5
3. BEREGNING AV PUNKTVERDIER AV MT OG PMP .....	7
3.1 Metoder for beregning av påregnelig punktnedbør .....	7
3.2 Metoder for beregning av påregnelig maksimal nedbør (PMP)	13
3.3 Eksempel på presentasjon av påregnelige nedbørverdier for en stasjon .....	15
4. ÅRSTIDSVERDIER .....	16
5. PÅREGNELIGE VERDIER FOR ULIKE VARIGHETER .....	18
6. AREALVERDIER AV PÅREGNELIG NEDBØR .....	20
7. OBSERVERTE HØYE PUNKT- OG AREAL-VERDIER AV NEDBØR .....	22
8. NEDBØRFORLØP .....	24
9. SNØFORHOLD .....	27
10. TEMPERATURFORHOLD .....	30
11. KONSEKVENSER AV KLIMAENDRINGER FOR FLOMBEREGNINGER.....	34
12. EKSEMPEL PÅ BEREGNING AV PÅREGNELIGE EKSTREME NEDBØRVERDIER..	35
13. SLUTTKOMMENTAR .....	38
14. LITTERATUR .....	39
APPENDIKS .....	41

## 1. INNLEDNING.

I "Forskrifter for dammer" (NVE, 1981) heter det bl.a. at : "Det skal utføres hydrologiske beregninger for å fastlegge dimensjonerende tilløpsflom, dimensjonerende avløpsflom, påregnelig maksimal tilløpsflom og påregnelig maksimal avløpsflom, med tilhørende vannstander i magasinet". "Dimensjonerende tilløpsflom skal anvendes ved de beregninger av vannstander og vannføringer som legges til grunn for dimensjonering av dam ved flomløp og flomavledningsorganer, mens påregnelig maksimal tilløpsflom skal legges til grunn for beregningene ved kontroll av dammens sikkerhet mot brudd".

"Dimensjonerende tilløpsflom" er den tilløpsflom som har et gjentaksintervall på 1000 år. I spesielle tilfelle kan Vassdragsdirektoratet fastsette et annet gjentaksintervall. "Påregnelig maksimal tilløpsflom (PMF)" er den største tilløpsflom som kan opptre i et felt, når det er tatt hensyn til overforliggende magasiner og overføringer. En PMF er forårsaket av "Påregnelig maksimal nedbør (PMP)" og tillagt eventuell snøsmelting, og kan ikke knyttes til et bestemt gjentaksintervall. Den fastsettes på grunnlag av en analyse av ugunstige kombinasjoner av meteorologiske og hydrologiske forhold.

Av ovenstående fremgår det at det trengs endel meteorologiske data ved flomberegninger. Dette gjelder dels påregnelige nedbørverdier for gjentaksintervall på 1000 år og "påregnelig maksimal nedbør". Men i tillegg trengs opplysninger om påregnelige nedbørverdier for ulike årstider, for ulike varigheter og for ulike arealstørrelser. Ved skalering av hydrologiske modeller for flomberegninger trengs opplysninger om tidspunkt og størrelse av tidligere observerte ekstreme nedbørepisoder. Det trengs opplysninger om hvordan nedbøren er fordelt i tid og rom gjennom en "ekstrem påregnelig episode", og om nedbørforløp forut for ekstremepisodene. Ved kombinasjon av kraftige nedbørepisoder og snøsmelting trengs data om snøforhold til ulike tider av året, og om hvilken snøsmeltingsintensitet som kan forventes under kraftige nedbørepisoder.

På oppdrag fra Vassdragsregulantenens Forening (VR) har Det norske meteorologiske Institutt (DNMI) utarbeidet metoder som kan fremskaffe det nødvendige bakgrunnsmateriale for flomberegninger. De enkeltstående måleserier av nedbør er for korte til å kunne gi eksakte estimat av så sjeldne begivenheter som 1000 års nedbør og PMP. I tillegg fins det bare unntaksvis representative nedbørserier for de felt det skal beregnes estimat for. Det er derfor lagt vekt på å utvikle metoder som kan brukes både for felt med og uten nedbørmålinger, og som gir et konsistent mønster med beregninger for nabofelt.

Beskrivelse av metodene som benyttes ved DNMI's beregninger av påregnelige nedbørverdier er gitt i en rekke rapporter, bl.a: Førland, 1984, 1987, 1990; Førland & Kristofferssen, 1988, 1989.

Denne rapporten gir en samlet beskrivelse av hvordan beregningene av påregnelige nedbørverdier utføres ved DNMI, og oversikt over hvilke relevante meteorologiske data som kan fremskaffes i forbindelse med flomberegninger.

I rapporten vil det bli benyttet endel forkortelser og definisjoner som er forklart i tabell 1.

Tabell 1 Forkortelser og definisjoner.

PN:	Normal årlig nedbørhøyde i perioden 1931-60
MT:	Nedbørverdi med gjennomsnittlig gjentaksintervall en gang i løpet av T år
M5:	Nedbørverdi med gjennomsnittlig gjentaksintervall en gang i løpet av 5 år
M100, M1000 :	Nedbørverdier med gjentaksintervall på h.h.v 100 og 1000 år ; - dvs. "Påregnelige 100 (1000) års verdier"
MT(x):	Påregnelig nedbørverdi for varighet på x timer
PMP:	Påregnelig maksimal nedbørverdi
ARF:	Arealreduksjonsfaktor

Påregnelig maksimal nedbør (PMP) er definert som den "teoretisk største nedbørmengde som for en gitt varighet er fysikalsk mulig over et gitt nedbørfelt til en gitt tid på året" (WMO, 1986).

Siden 1983 er det ved DNMI beregnet påregnelige ekstreme nedbørverdier for flere hundre nedbørfelt i Norge,- fra små urbane felt og til store vassdrag som Glomma, Gudbrandsdalslågen, Numedalslågen, Otra og Alta. Arealstørrelsen på feltene varierer fra noen få kvadratkilometer og opp til ca. 20 000 km<sup>2</sup>. Fra og med 1985 er de fleste beregninger for felt over 100 km<sup>2</sup> publisert i DNMI's KLIMA-Rapportserie. Oversikt over rapporter med feltberegninger av påregnelig ekstrem nedbør er gitt i Appendiks.

## 2. METEOROLOGISKE DATA FOR FLOMBEREGNINGER.

De viktigste meteorologiske data som trengs til flomberegninger blir presentert som vist i tabell 2. EDB-programmet som benyttes ved DNMI til å generere slike tabeller (ES-EXTR) er beskrevet i en DNMI-Rapport (Sørgård, 1988). Nødvendige input-data som trengs i programmet er:

- 1). Normal årsnedbør (PN) for feltet (pkt. 1 i tabell 2)
- 2). Forholdstallet M5(24t)/PN (pkt. 2)
- 3). M5(årstid)/M5(år) (pkt. 3)
- 4). Arealreduksjonsfaktorer (pkt. 5)
- 5). Opplysninger om målestasjoner og observert nedbør (pkt. 6 og 7)

Tabell 2. Nedbørdata for flomberegninger.

Det Norske Meteorologiske Institutt									
PÅREGNELIG EKSTREMNEDBØR .									
Nedbørfelt : HEGSETFOSS (Nea-Nidelv vassdraget)									
1). Normal årsnedbør (basert på verdier fra normalkart): PN ~ 860 mm									
2). M5(24t) / PN ~ 5.6 %      ==>      M5(24t) ~ 48 mm									
3). Påregnelige 24 timers nedbørverdier :									
	ÅR	SOMMER (J, J, A)	HØST (S, O, N, D)	VINTER (J, F, M)	VÅR (A, M)				
M5(årstid)/M5(år)	1.00	0.87	0.82	0.56	0.52				
M5 (mm)	48	42	39	27	25				
M50 (mm)	75	65	60	45	40				
M100 (mm)	85	75	70	50	45				
M1000 (mm)	125	110	105	80	75				
PMP (mm)	230	215->230	210	165	160				
4). Påregnelige n-timers nedbørverdier									
4.1) Årsverdier :									
Antall timer (n)	6	12	24	48	72	96	120	144	
Nedbørforholdstall									
n timer / 24 timer	0.66	0.81	1.00	1.24	1.39	1.55	1.69	1.83	
M100 (mm)	55	70	85	105	120	130	145	155	
M1000 (mm)	80	100	125	155	175	195	210	225	
PMP (mm)	150	185	230	285	320	355	390	420	
4.2) Årstidsverdier : HØST ( SEP - DES )									
Antall timer (n)	6	12	24	48	72	96	120	144	
Nedbørforholdstall									
n timer / 24 timer	0.66	0.81	1.00	1.24	1.39	1.55	1.69	1.83	
M100 (mm)	45	55	70	85	95	110	120	125	
M1000 (mm)	70	85	105	130	145	165	175	190	
PMP (mm)	140	170	210	260	290	325	355	380	
5). Justering fra punkt til areal-verdi.									
De gitte verdier gir punktnedbør for et "representativt" fiktivt punkt i feltet. For felt på ca. 1520 km fåes et grovestimat av arealnedbør ved å multiplisere punktverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF:									
Antall timer :	6	12	24	48	72	96	120	144	
ARF(1520 kv.km.):	0.81	0.85	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.93	
6). Nærmeste målestasjon : 6842 Aunet (PN= 860 mm/år)									
7). Maksimal observert arealnedbør i feltet (1957-1989):									
1 døgn : 66 mm den 01.08.1989									
2 døgn : 76 mm den 01-02.08.1989									
8). Kommentarer									
Det må presiseres at de gitte verdier for MT og PMP er basert på et relativt sparsomt datagrunnlag .Verdiene må derfor bare betraktes som et grovestimat.									

"Normal årsnedbør" er midlere arealnedbør for feltet. Denne arealnedbøren bestemmes hovedsakelig ut fra kart over normal årsnedbør. (Kart over normal årsnedbør blir publisert i Nasjonalatlas for Norge [SK,1992]). Den estimerte normale arealnedbør sjekkes mot målte verdier for stasjoner i eller nær feltet, og betydningen av orografiske effekter vurderes. For en stor del av feltene det skal beregnes påregnelige nedbørverdier for, foreligger det ingen nedbørmålinger. Den estimerte arealnedbøren (PN) bør derfor for alle felt også jevnføres med normal avrenning (Q) og fordampning (AE) fra feltene.

Normal årsnedbør er basert på målt nedbør, og ikke på nedbør korrigert for oppfangningssvikt p.g.a. vind etc. Ved snøfall og kraftig vind kan oppfangningssvikten i vanlige nedbørmålere utgjøre mer enn 50% (Førland & Aune, 1985). For felt i høyfjellet vil derfor avrenning + fordampning (Q+AE) være noe høyere enn målt nedbør.

For felt der det er urimelig store avvik mellom (Q+AE) og PN, blir det foretatt ekstra vurderinger av arealnedbøren. I kommentaren til beregningene blir det gjort oppmerksom på om avviket mellom nedbør og avrenning er større enn det som kan forklares ved aerodynamisk oppfangningssvikt i nedbørmålerne.

Det må presiseres at normal årsnedbør i tabell 2 er basert på målt nedbør, og ikke skal korrigeres for evt. oppfangningssvikt.

Forholdstallet  $M5(24t)/PN$  bestemmes dels fra kart, og dels fra ekstremverdiberegninger for stasjoner i/nær feltet (Kapittel 3).

Årstidskvotientene (pkt. 3 i tabell 2) blir dels basert på kart, og dels på analyser av punkt- og areal-nedbør i feltet (Kapittel 4).

Påregnelige verdier for ulike varigheter (pkt. 4 i tabell 2) blir dels bestemt fra nomogram, og dels fra ekstremverdi-beregninger for aktuelle stasjoner i/nær feltet (Kapittel 5).

Arealreduksjonsfaktorene (pkt. 5 i tabell 2) fåes fra nomogram (Kapittel 6), og maksimale observerte nedbørverdier fra spesielle utplukksprogram (Kapittel 7).

Detaljert beskrivelse av hvordan verdiene i tabell 2 er beregnet er gitt i kapittel 12.

### 3. BEREGNING AV PUNKTVERDIER AV MT OG PMP.

#### 3.1 Metoder for beregning av påregnelig punktnedbør.

-----

Det er to måter å tilrettelegge ekstremalverdier for frekvensanalyse. Årlige maksimumserier består kun av høyeste verdi for hvert år i serien, og ignorerer at f.eks. nest høyeste verdi et år kan være vesentlig høyere enn maksimumsverdien for andre år. Dette forhold unngås ved å bruke partiell-varighets serier, som består av alle uavhengige maksimumsverdier over en viss grense.

Det finnes en rekke metoder for analyse av ekstremverdier, bl.a. General Extreme Value (GEV), Log-Normal, Extremal Type I, II eller III osv. (WMO, 1981). For analyse av nedbør er det mest vanlig å benytte Extremal Type I (Gumbel) ekstremverdi fordeling (WMO,1981). Denne metoden krever bare kjennskap til middelvei ( $\bar{y}$ ) og standardavvik ( $s$ ) for et utvalg av årlige maksimumsverdier. I forenklet form er verdien MT som ifølge Gumbel-fordelingen kan forventes å bli tangert eller overskredet i middel bare en gang hvert Tår, gitt ved:

$$(1) \quad MT = \bar{y} + (s/s_n) (\ln T - \bar{y}_n)$$

der  $\bar{y}_n$  og  $s_n$  er "reduert" middelvei og standardavvik. Disse avhenger av utvalgstørrelsen (se tabell 3). Parameteren T kalles gjerne midlere gjentaksintervall eller returperiode.

Tabell 3. Reduserte middelveier ( $\bar{y}_n$ ) og standardavvik ( $s_n$ ) i Gumbelfordelingen for ulike utvalgstørrelser (n).

n (år)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\bar{y}_n$	0.495	0.524	0.536	0.544	0.549	0.552	0.555	0.557	0.559	0.560
$s_n$	0.950	1.063	0.112	1.141	1.161	1.175	1.185	1.194	1.201	1.207

Fremgangsmåten som benyttes ved DNMI for beregning av "påregnelige ekstreme nedbørverdier" tar utgangspunkt i en metode utviklet for Storbritannia i regi av National Environment Research Council (NERC). Ifølge NERC-metoden kan påregnelige ekstreme nedbørverdier med gjennomsnittlig gjentaksintervall på T år beskrives med god tilnærming fra ligningen:

$$(2) \quad MT = M5 \cdot \exp\{c [\ln(T-0.5)-1.5]\}$$

For M5-verdier mellom 25 og 350 mm er det ved DNMI brukt følgende tilnæringsformel for faktor c i lign (2) (se Førland, 1987):

$$(3) \quad c = 0.3584 - 0.0473 \ln(M5)$$

Estimatene fra lign. (2) og (3) av påregnelige 24 timers verdier for norske stasjoner er tidligere sammenlignet med estimat beregnet ved Gumbel-fordelingen (Førland, 1987). For 100 års gjentaksintervall ga de to metodene nesten identiske verdier, mens det for 1000 års estimatene var en svak tendens til at NERC-metoden ga høyere verdier enn Gumbel-estimatene (Førland & Kristofferessen, 1990). Etersom andre ekstremverdi-fordelinger ga høyere verdier enn NERC-verdiene, og tatt i betraktning usikkerheten ved å estimere såvidt sjeldne begivenheter som en 1000-års verdi, ble det konkludert med at NERC-metoden ga realistiske estimat av påregnelige ekstremverdier opp til 1000 års gjentaksintervall.

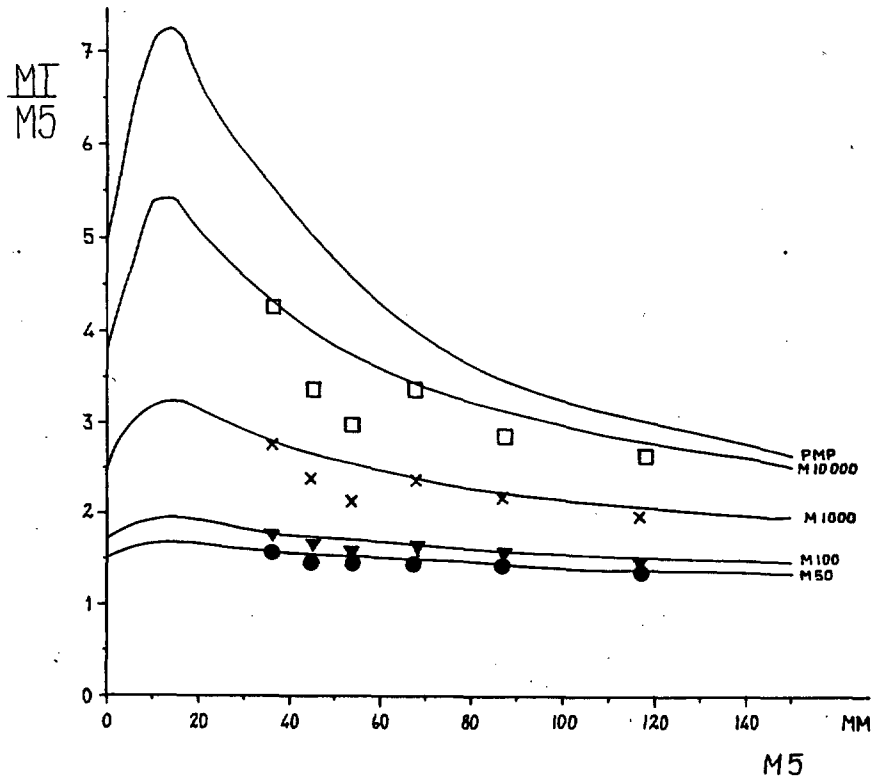
"Vekstfaktoren" (eksponensialledet i lign.(2)) er vist grafisk i figur 1a. De markerte punktverdier er basert på data fra norske måleserier (Førland, 1987). Figur 1b viser verdier med gjentaksintervall på h.h.v. 2, 10, 50, 100 og 1000 år som funksjon av verdien med 5 års gjentaksintervall.

For Sør-Norge er  $M5(24t)$ -verdien beregnet for over 500 nedbørstasjoner, og den storstilte geografiske fordeling er vist i figur 2.  $M5(24t)$  verdien i Norge varierer mellom 26 mm (Skjåk II i Gudbrandsdalen) og 160 mm (Indre Matre på Vestlandet). I Vest-Norge er det en kraftig gradient, - fra under 60 mm ytterst på kysten til over 150 mm enkelte steder i maksimumssonen for årsnedbør. I store deler av Østlandsområdet er  $M5(24t)$ -verdien 45-60 mm.

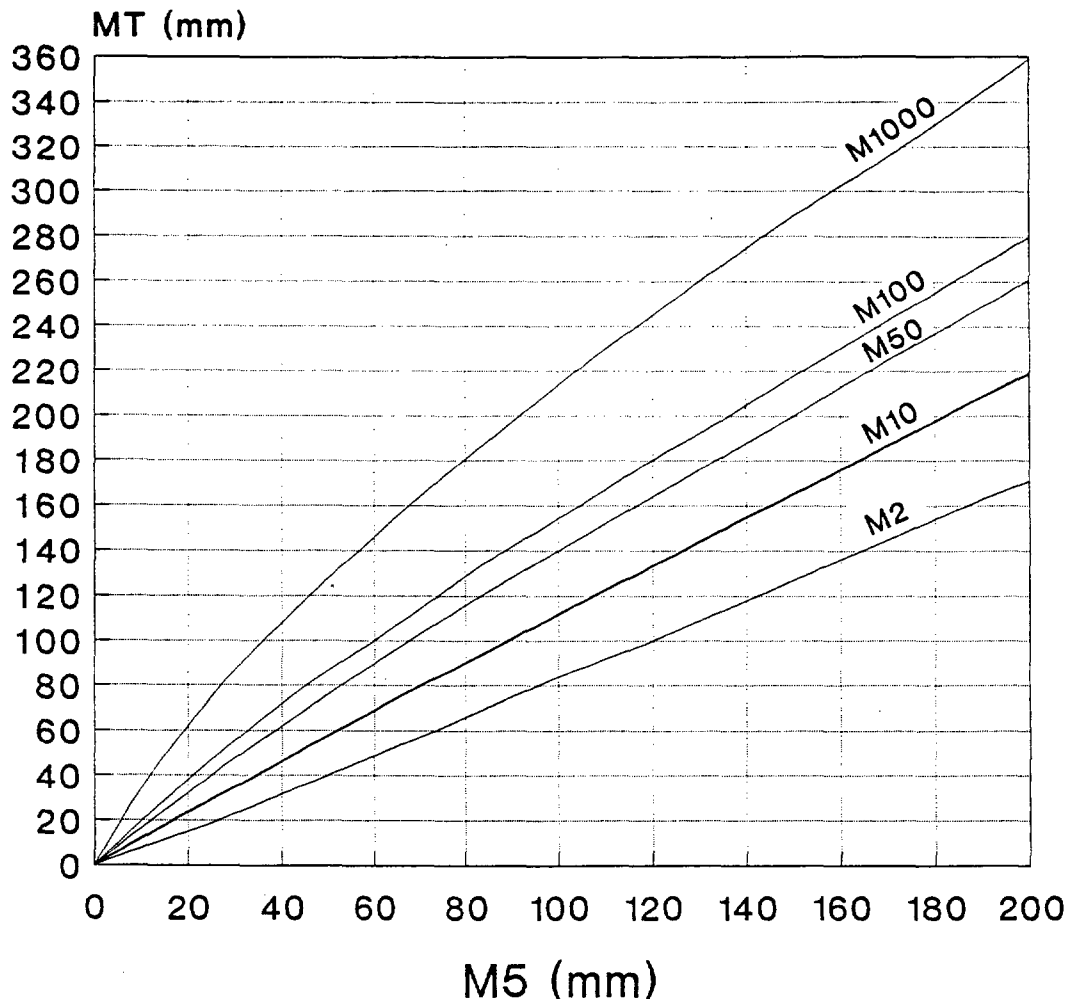
I figur 2 har det bare i liten grad vært mulig å ta hensyn til terrengets innvirkning på nedbørmønsteret. Isolinjemønsteret er derfor mer komplisert og med flere detaljer enn figuren viser.

Isolinjemønsteret i figur 2 har mange likhetstrekk med isohyetmønsteret til normal årlig nedbørhøyde, PN. Kart over normal årsnedbør er publisert i Nasjonalatlas for Norge (SK, 1992). Isohyetene på årsnormalkartet er basert på et stort antall målepunkter, og tar også i stor grad hensyn til terrengets innvirkning på nedbørfordelingen. Isolinjene på årsnormalkartet kan derfor trekkes med større nøyaktighet, og gi større detaljrikdom enn isolinjene for  $M5(24t)$ . Ved å kombinere årsnedbørkart med kart over forholdstallet  $M5(24t)/PN$  (figur 3) er det mulig å få mer nøyaktige verdier for  $M5(24t)$ .

Av isolinjemønsteret for forholdstallet  $M5(24t)/PN$  i figur 3 fremgår det at den kraftige gradienten på Vestlandet fra fig. 2 er nærmest eliminert. Derimot er det blitt sterke gradienter i Østlandsområdet. Men på grunn av den lave årsnedbør i dette området betyr en forskjell i  $M5/PN$ -verdien på 1 prosent-enhet en forskjell i  $M5$ -verdi på under 5 mm. Hovedtrekkene i figur 3 viser at forholdstallet  $M5(24t)/PN$  varierer fra ca. 4% på Vestlandskysten, til ca. 9% i nordlige deler av Østlandet og ca. 10% i enkelte fjordstrøk i Troms og Finnmark. Dette innebærer at i indre områder av Østlandet og Troms/Finnmark utgjør påregnelig 5-års verdi for 24 timers nedbør ca. 10% av normal årsnedbør.



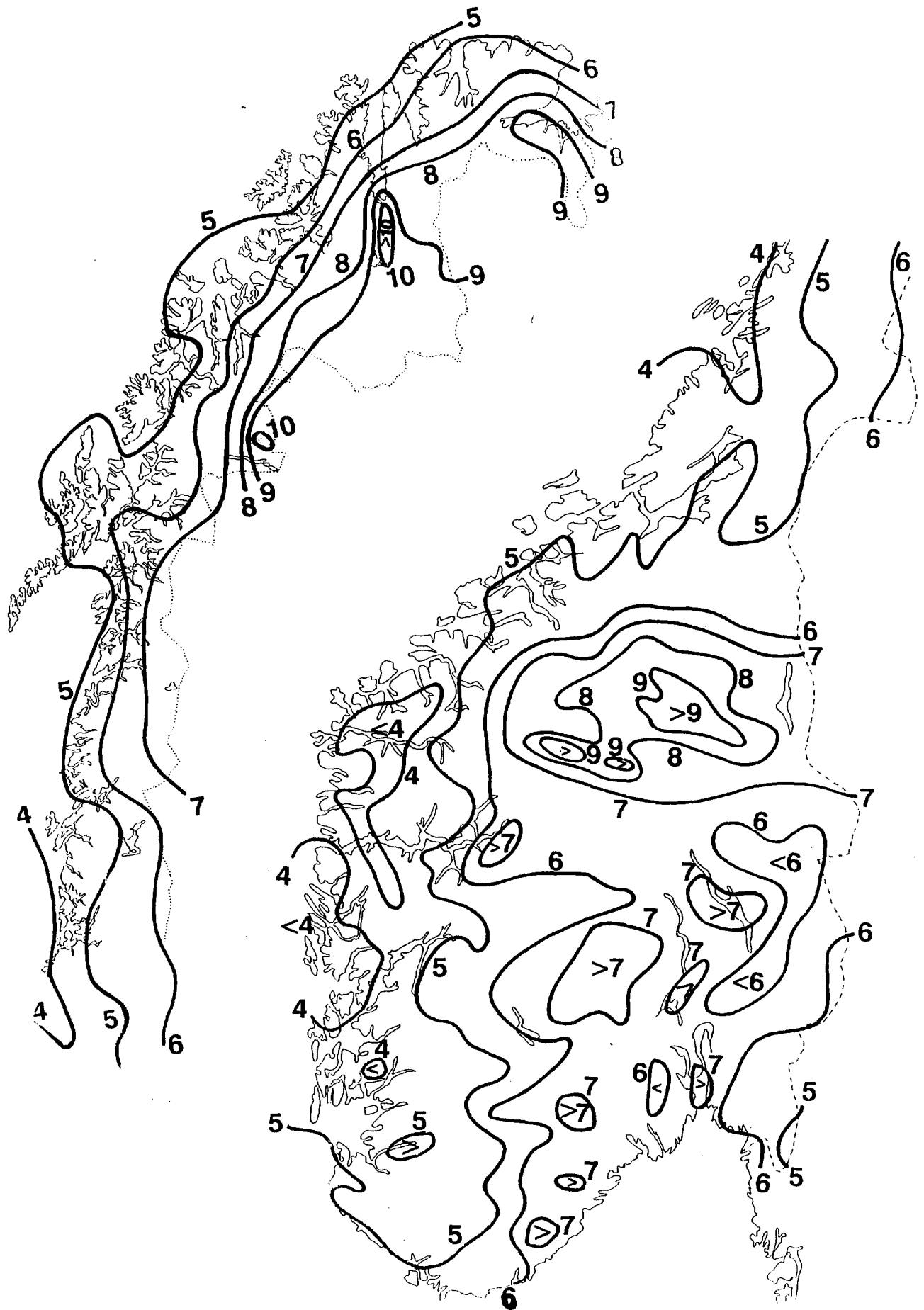
Figur 1a. Forholdstall  $MT/M5$  ("Vekstfaktor") som funksjon av  $M5$ -verdi. Kurvene er basert på data fra NERC (1975), mens punktverdiene er basert på norske måleserier (Førland, 1987).



Figur 1b. Nedbørverdier ( $MT$ ) med gjentaksintervall  $T = 2, 10, 50, 100$  og  $1000$  år som funksjon av verdi ( $M5$ ) med 5 års gjentaksintervall.



Figur 2. M5(24t)-verdier for Norge for tidsrommet 1957-1990.  
(Originalkart er gjengitt i farger i målestokk 1:7 mill i  
Nasjonalatlas for Norge (SK, 1992)).



Figur 3. Forholdstall (i prosent) mellom M5(24t) og normal årsnedbør (1961-1990).

Fra figur 2 eller 3 er det mulig å estimere  $M5(24t)$  for et vilkårlig punkt. Påregnelige verdier med gjentakintervall på 10, 50, 100 år osv kan deretter beregnes fra lign (2) og (3), eller figur 1. Det finnes bare et fåtall måleserier som er lenger enn 100 år. Selv om det fra ligningene ovenfor teoretisk er mulig å estimere verdier med gjentakintervall på 100, 1000, 10 000 år osv. er det viktig å være klar over at estimatene blir meget usikre for gjentakintervall som er vesentlig lenger enn dataseriene.

De påregnelige verdier gir estimat med gjennomsnittlig gjentakintervall på T år. Dvs. at det kan finnes serier på over 100 år som ikke inneholder noen "100 års verdier", mens det for andre måleserier kan ha opptrådt flere "100 års verdier" i løpet av en gitt 100 års periode. Sannsynligheten P for at en verdi (x) større enn eller lik verdien MT med T års gjentakintervall, skal inntreffe i løpet av en måleserie på n år er gitt ved (se f.eks. Wilson, 1974):

$$P(x \geq MT)_n = 1 - [1 - (1/T)]^n$$

Dette er illustrert i tabell 4, som f.eks. viser at det er 63% sannsynlighet for at en "100 års-verdi" skal inntreffe i en vilkårlig 100 års måleserie.

Tabell 4. Sannsynliget (i %) for overskridelse av påregnelig T års-verdi i løpet av en periode på n år (Wilson, 1974)

Gjentaksintervall	Periodelengde n (år)						
	T (år)	10	50	100	200	500	1000
5		87	100	100	100	100	100
10		65	99	100	100	100	100
50		18	64	87	98	100	100
100		10	40	63	87	99	100
200		5	22	39	63	92	99
500		2	10	18	33	63	87
1000		1	5	10	18	39	63

### 3.2 Metoder for beregning av påregnelig maksimal nedbør (PMP).

-----

Med stadig flere nedbørmålinger må man regne med at oppnådde rekorder for maksimal målt nedbør for ulike varigheter vil bli slått. Teoretisk kan også estimatene fra f.eks. Gumbel eller NERC-metoden ekstrapoleres mot uendelig lange gjentaksintervall. Spørsmålet er imidlertid om rekordene alltid vil fortsette å bli overskredet, eller om det finnes en øvre grense for nedbør, en såkalt "Probable Maximum Precipitation" (PMP).

I de norske damforskrifter heter det at "påregnelig maksimal tilløpsflom (PMF) skal legges til grunn for beregningene ved kontroll av dammens sikkerhet mot brudd. Denne maksimale tilløpsflom skal være forårsaket av en påregnelig maksimal nedbørhøyde (PMP) og tillagt eventuell snøsmelting" (NVE, 1986). I Norge er derfor PMP en viktig størrelse ved estimering av flommer og flomvannstander.

Påregnelig maksimal nedbør er definert som den "teoretisk største nedbørmengde som for en gitt varighet er fysikalsk mulig over et gitt nedbørfelt til en gitt tid på året" (WMO, 1986). PMP har derfor i prinsippet et uendelig stort gjentaksintervall T. Det er to hovedgrupper metoder som brukes til å beregne PMP.

- I). Statistiske metoder basert på målte nedbørverdier
- II). Maksimering av teoretisk utfellbar nedbør fra atmosfæren.

Metode II er mye brukt internasjonalt, bl.a. i USA. Metoden er meget arbeidskrevende, og krever et omfattende datagrunnlag. Metoden blir ekstra komplisert og usikker for områder med mye orografisk nedbør. En detaljert beskrivelse av denne metoden er gitt av WMO (1986). Eksempler på bruk av en slik fysisk-dynamisk modell for norske forhold er gitt av Førland & Kristofferssen (1988, 1989).

De statistiske metodene bruker frekvensanalyse til å estimere verdier med meget lav sannsynlighet. Ved Hershfield's (1965) metode kan PMP estimeres ved relasjonen

$$(4) \quad PMP \sim \bar{P} + K_m * S_p$$

der  $\bar{P}$  og  $S_p$  er h.h.v. middelvei og standardavvik av de årlige maksimale nedbørverdier på en stasjon, og  $K_m$  er en faktor som avhenger av nedbørvarighet og størrelse på  $\bar{P}$ . For 24 timers nedbør i Norge ( $\bar{P} \in [25, 160 \text{ mm}]$ ), svarer dette til  $K_m$  verdier i intervallet 15 - 19. I Hershfields metode er det lagt inn justeringsfaktorer for "outlierverdier" (dvs. observerte verdier som er betydelig høyere enn de øvrige verdier i måleserien), justering for utvalgstørrelse, og omregningsfaktorer fra faste måletidspunkt (f.eks. 1, 2, 4 ganger pr. døgn) til vilkårlige 24 timers perioder. Metoden er utførlig beskrevet av WMO (1986).

I den britiske NERC-undersøkelsen, ble det store datamaterialet (1 døgns nedbør fra over 100 000 stasjons-år) benyttet til å trekke omhyllingskurver i frekvens-diagram. Det ble antatt at omhyllingskurvene ga et mål for PMP. Det viste seg at disse PMP-verdiene lot seg beskrive som en funksjon av M5-verdien (se figur 1a). For noen områder i Storbritannia ble disse verdiene sammenlignet med PMP-verdier basert på maksimal utfellbar nedbør, og det ble konkludert med at det for 1 døgns nedbør var meget godt samsvar mellom disse estimatene (NERC, 1975). For Norge er det også foretatt beregninger av maksimal utfellbar nedbør, og de estimerte PMP-verdier var i god overensstemmelse med verdier fra omhyllingskurvene i figur 1 (Førland, 1988).

For norske måleserier er det foretatt en sammenligning av PMP-estimat med NERC-metoden og Hershfields metode (Førland & Kristofferssen, 1988). Sammenligningen viste at PMP beregnet ved Hershfields metode stort sett ga høyere (og tildels betydelig høyere) PMP-verdier enn NERC-metoden.

I Norge er punktverdiene av M5(24t) i intervallet 25-160 mm, og av figur 1 følger at PMP(24t) dermed er av størrelsesorden 160-410 mm. I Norge har det vært observert 1 døgns punktnedbør som utgjorde opptil 70% av den lokale PMP-verdien (Førland & Kristofferssen, 1988).

Estimering av så sjeldne begivenheter som en "påregnelig maksimal nedbørverdi" lar seg ikke utføre med eksakte metoder. Ingen av de foreliggende metoder gir derfor noen endelig fasitverdi;- samtlige metoder har betydelige svakheter. En ytterligere ulempe er at ingen av metodene gir noe mål for usikkerheten i PMP-estimatene.

I motsetning til de fysisk-dynamiske metodene er NERC-metoden enkel og rask i bruk, og gir også mulighet for å estimere påregnelige nedbørverdier med ulike gjentaksintervall. For flomberegninger der det kreves spesielt nøyaktige estimat av PMP bør det utføres beregninger med flere uavhengige metoder.

### 3.3 Eksempel på presentasjon av punktverdier av påregnelige nedbør.

Påregnelige og maksimale observerte nedbørverdier for enkeltstasjoner (og felt, se kapittel 6) kan ved DNMI fåes fra EDB-programmene ES-NBH (se Sjørgård, 1988) eller TL-NBH (se Løyning, 1989). Programmet ES-NBH kan gi punkt- eller felt-estimat (basert på vektete stasjonsverdier) for varighet 1-2 døgn. Programmet TL-NBH gir tilsvarende beregninger, men kan gi verdier for 1-30 døgn, og kan også baseres kun på episoder med døgnmiddeltemperatur over/under gitte grenser (se tabell 7 og 13).

Tabell 5 . Påregnelige og observerte nedbørhøyder for 24 og 48 timer.  
Eksempel på utskrift fra EDB-programmet ES-NBH.

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT						
STASJON : 5035 SAMNANGER						
DATAGRUNNLAG : 1901 - 1989						
Påregnelige og observerte maksimale nedbørhøyder(mm) i løpet av 24 timer.						
Gjentagelses- tid (år)	Beregnings- metode	ÅRS- VERDI	ÅRSTIDSVERDIER			
			jan-mar	apr-mai	jun-aug	sep-des
5	GUMBEL	144	120	71	91	131
10	GUMBEL	161	142	85	106	149
50	GUMBEL	200	190	117	139	190
100	GUMBEL	216	210	131	152	207
1000	GUMBEL	274	283	179	202	268
5	NERC	142	119	68	89	128
50	NERC	192	164	100	126	175
100	NERC	209	180	111	140	191
1000	NERC	278	244	160	196	257
PMP	NERC	384	353	275	313	363
PMP	HERSHFIELD	448				
Tre høyeste obs. verdier (årstall)		195.0 (1940)	172.8 (1983)	121.3 (1939)	143.0 (1909)	195.0 (1940)
		172.8	156.7	94.0	134.4	156.0
		156.7	155.5	93.6	123.0	155.6
Middelverdier av max.		108.1	82.0	46.5	64.2	95.1
Standardavvik av max.		24.6	30.9	20.6	21.0	26.1
Påregnelige og observerte maksimale nedbørhøyder(mm) i løpet av 48 timer.						
Gjentagelses- tid (år)	Beregnings- metode	ÅRS- VERDI	ÅRSTIDSVERDIER			
			jan-mar	apr-mai	jun-aug	sep-des
5	GUMBEL	195	162	94	123	179
10	GUMBEL	218	190	112	142	205
50	GUMBEL	269	252	151	186	263
100	GUMBEL	291	278	167	204	288
1000	GUMBEL	368	371	226	269	375
5	NERC	190	162	92	120	172
50	NERC	248	215	130	165	227
100	NERC	268	233	143	180	246
1000	NERC	345	306	200	245	320
PMP	NERC	448	412	317	354	425
Tre høyeste obs. verdier (årstall)		310.6 (1953)	223.4 (1934)	155.0 (1939)	214.3 (1984)	310.6 (1953)
		301.0	215.1	129.0	185.0	301.0
		223.4	206.6	127.4	154.4	218.1
Middelverdier av max.		159.0	122.4	69.1	94.2	140.1
Standardavvik av max.		35.9	43.0	27.2	30.3	40.5

\* For beregning av gjentakintervall for observerte verdier, se kap.5

#### 4. ÅRSTIDSVERDIER.

For de fleste nedbørfelt er det nødvendig å vurdere flomfaren separat for ulike årstider. Vinterstid blir nedbøren i høyereliggende felt akkumulert som snø, slik at høye nedbørverdier ikke resulterer i flom. Om våren derimot kan høye nedbørverdier inntreffe samtidig med kraftig snøsmelting. Sommerstid er gjerne markvannsunderskuddet så stort, at en stor del av nedbørvolumet i ekstrem-episoder magasineres i feltet (Beldring et al, 1989). Om høsten er generelt markvannsunderskuddet mindre enn om sommeren, og det kan forekomme episoder der nesten hele nedbørvolumet går til avrenning.

For flomberegninger er det derfor av avgjørende betydning å kjenne de påregnelige nedbørverdier for de mest kritiske årstider. Hvilke årstider og måneder som er mest kritiske avhenger av feltenes beliggenhet. Lavtliggende, kystnære felt kan ha kombinasjon av regn og snøsmelting gjennom hele vinteren, mens høytliggende felt kan ha denne kombinasjonen gjennom store deler av sommersesongen.

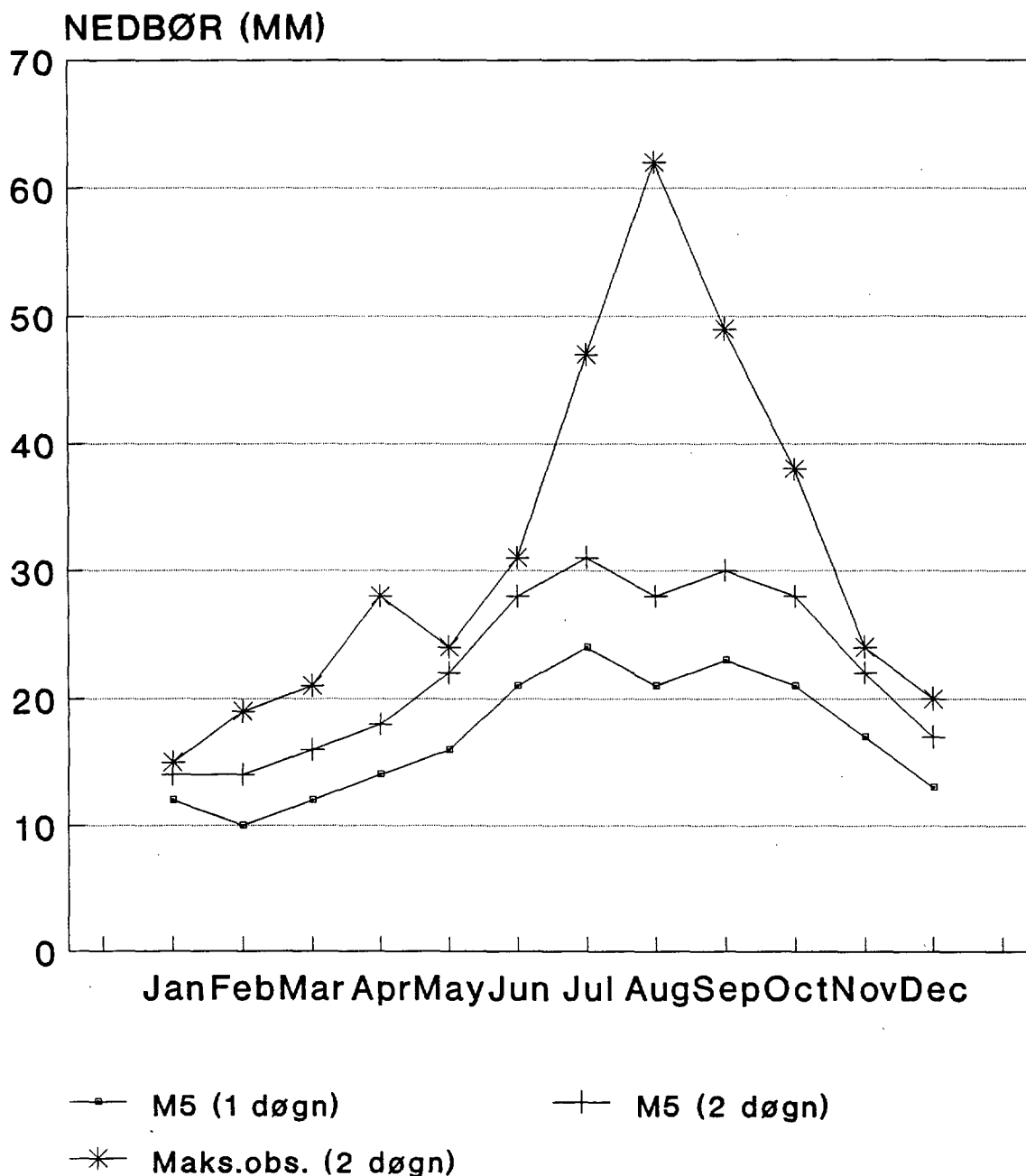
I standardberegningene ved DNMI (se tabell 2 og 5) er det benyttet følgende årstidsinndeling :

VÅR : april, mai  
 SOMMER : juni, juli, august  
 HØST : september, oktober, november, desember  
 VINTER : januar, februar, mars

For hver av disse årstidene er det tidligere beregnet forholdstall mellom 24 timers verdier av  $M5(\text{årstid})/M5(\text{år})$  (Førland, 1984 side 20 og 21). Sommerstid er  $M5$ -verdiene i mesteparten av Østlandsområdet og Finnmarksvidda 90-100% av årsverdien, mens de i midtre strøk av Vestlandet og på kysten fra Møre til Troms er under 60%. Høstverdiene utgjør over 90% av årsverdiene av  $M5$  for hele kyststrekningen fra Oslofjorden til Troms. På Finnmarksvidda er  $M5$ -verdiene om høsten under 70% av årsverdiene, og i nordlige deler av Østlandet under 60%.

Vinterstid er  $M5$ -verdiene 80-90% av årsverdiene i en sone like innenfor kysten på strekningen fra Boknafjorden og til Troms. Vinterverdiene på Finnmarksvidda er under 40% av årsverdiene, og i indre Østlandsstrøk under 30%. Om våren er det forholdsvis små regionale forskjeller i forholdstallet  $M5(\text{vår})/M5(\text{år})$ ; - fra under 40% i nordlige del av Østlandet, til ca. 55% i sørlige deler av Østlandet og langs kysten nordover til Lofoten.

For aktuelle felt kan det beregnes verdier for andre årstidsinndelinger og eventuelt separat måneder dersom det er behov for det. Figur 4 viser eksempel på hvordan  $M1000$ -verdiene varierer fra måned til måned gjennom året for Høyegga-delfeltet i Glomnavassdraget. Det fremgår at  $M1000$ -verdiene er relativt lave gjennom vinteren til og med april; for så å stige raskt i mai og juni til et maksimum i juli.



Figur 4. Årsvariasjon av M5(1d), M5(2d) og maksimal observert arealnedbør for Glomma oppstrøms Sarpsborg.

Ved beregning av påregnelige verdier ved DNMI blir årstidskvotientene for hvert felt bestemt dels ved direkte analyse av punktverdier, og for større felt også ved analyse av døgnlige verdier for arealnedbør. I Østlandsområdet er f.eks. punktverdiene relativt høye sommerstid p.g.a. lokale sommerbyger. Disse bygene dekker bare små områder, og kvotienten  $M5(\text{sommer})/M5(\text{år})$  blir derfor i dette området vanligvis lavere for arealverdier enn for punktverdier.

### 5. PÅREGNELIGE VERDIER FOR ULIKE VARIGHETER.

Basisverdiene for DNMI's beregninger av påregnelige ekstreme nedbørverdier er M5-verdien for 1 døgn nedbør. Disse 1-døgn verdiene er basert på et fiksert "nedbørdøgn" fra kl 08-08. For flomberegninger er det imidlertid nedbørverdier i løpet av vilkårlige n timers intervall som er dimensjonerende. Nedbørverdien for et vilkårlig 24 timers intervall er vanligvis noe høyere enn i det fikserte nedbørdøgn fra kl 08-08. Ved hjelp av kontinuerlige nedbørregistreringer er det funnet at forholdstallet mellom påregnelige nedbørverdier i løpet av ( $n \cdot 24$  timer) og ( $n \cdot 1$  døgn) i middel er som angitt i tabell 6.

Tabell 6 Justeringsfaktorer for omregning fra n nedbørdøgn til vilkårlige  $n \cdot 24$  timer (WMO, 1974)

	1d -24t	2d -48t	3d -72t	4d -96t	5d -120
Forholdstall	1.13	1.04	1.03	1.02	1.02

Tabell 6 blir benyttet ved DNMI for påregnelige punktverdier basert på målte døgnlige nedbørverdier. For punkt/felt der det ikke foreligger nedbørmålinger, må beregningene baseres på ekstrapolasjonsmetoder. Ved DNMI benyttes for umålte felt en fremgangsmåte tilsvarende den NERC (1975) anbefalte for Storbritannia. Ved denne fremgangsmåten er M5(24t) basisverdien. (Retningslinjer for å finne M5(24t) for umålte felt er gitt i kapittel 3). Verdiene for M5 for andre varigheter enn 24 timer estimeres ved å bruke skaleringsfaktorer som avhenger av normal årsnedbør. Disse skaleringsfaktorer er gjengitt i figur 5.

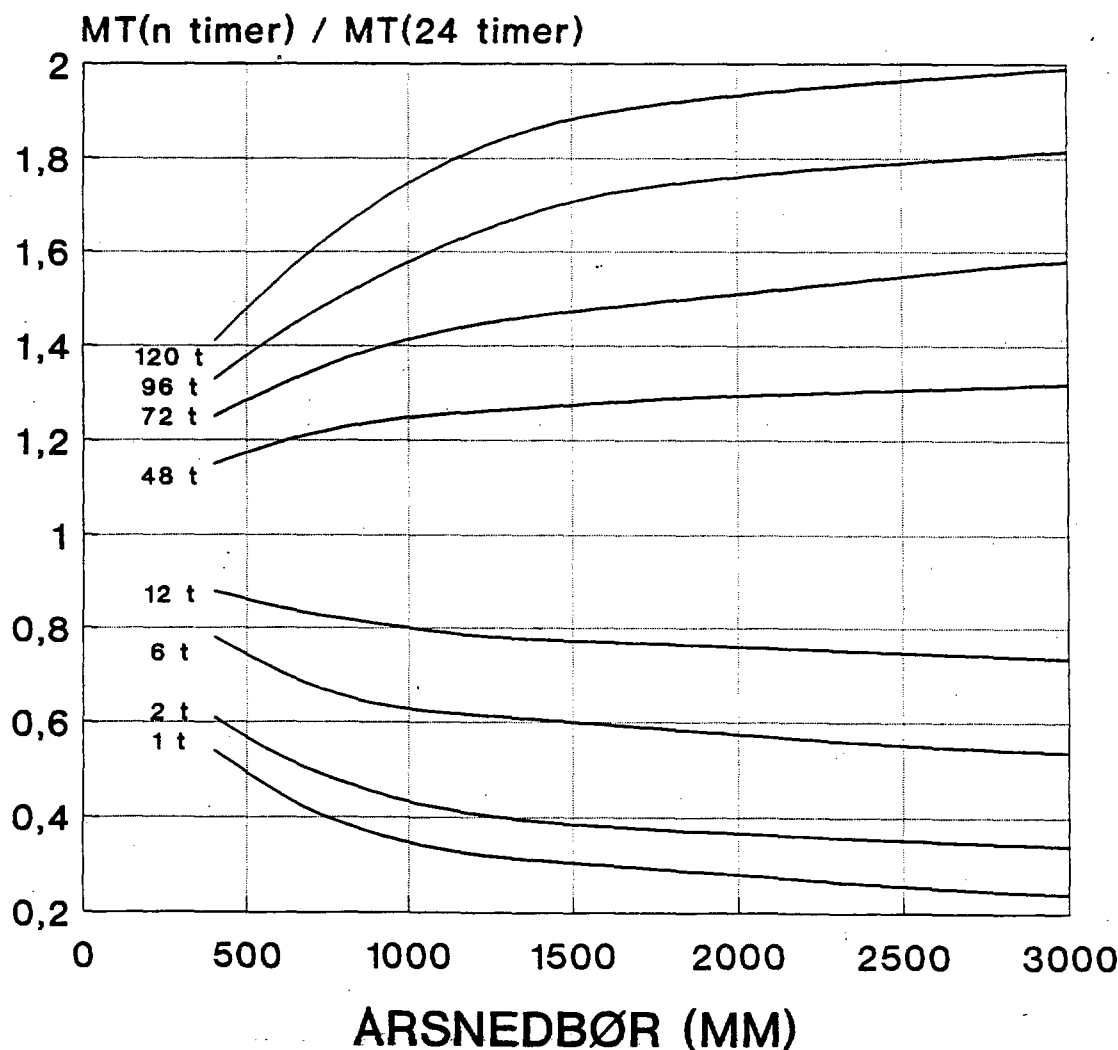
Kurvene i figur 5 er basert på data fra den britiske NERC-undersøkelsen. Tilsvarende skaleringsfaktorer for M5-verdier er også beregnet fra norske nedbørdata, og var stort sett i godt samsvar med resultatene fra Storbritannia (Førland, 1987).

De kvalitative trekk i figur 5 samsvarer bra med nedbørmønsteret i Norge. I områder med liten årsnedbør er ekstreme nedbørepisoder karakterisert ved høy intensitet og relativt kort varighet. Figuren viser f.eks. at for målesteder med årsnedbør på 400 mm, utgjør 1-times nedbørverdien mer enn halvparten av 24-timers verdien. For målested med årsnedbør på 2500 mm utgjør 1-times verdien bare 25% av 24-timers verdien. Verdien for nedbør i løpet av 5 døgn er for PN=400 mm/år ca. 1.4 ganger større enn 24-timers verdien, mens den for PN=2500 mm/år er nesten dobbelt så stor som 24-timers verdien.

I den britiske NERC-undersøkelsen (NERC, 1975) blir skaleringsfaktoren for en vilkårlig varighet på  $n$ -timer benyttet på verdien for  $M5(24 \text{ timer})$ , og  $MT(n \text{ timer})$  beregnes så fra denne  $M5(n \text{ timer})$  verdi v.h.j.a. lign.2. For norske forhold gir denne prosedyre for lave estimat for lange varigheter.

Ved DNMI estimeres derfor først 24 timers verdien av  $M5$ ,  $MT$  og  $PMP$  som angitt i kapittel 3.1-3.2. Deretter brukes skaleringsfaktoren fra figur 5 direkte på disse estimatene for å finne  $M5$ ,  $MT$  og  $PMP$  for andre varigheter enn 24 timer.

Det er viktig å være oppmerksom på at skaleringsfaktorene  $MT(n \text{ timer})/MT(24 \text{ timer})$  gir estimat av påregnelig nedbør i løpet av  $n$  timer. Spesielt for  $n < 24$  timer trenger ikke denne maksimalverdien nødvendigvis å inntreffe i samme episode som gir maksimal 24-timers nedbør. Eksempelvis vil høye 1-timers verdier på Vestlandet vanligvis være knyttet til kraftige byger, mens høye 24 timers verdier forekommer ved vedvarende kraftig pålandsvind og orografisk nedbør.

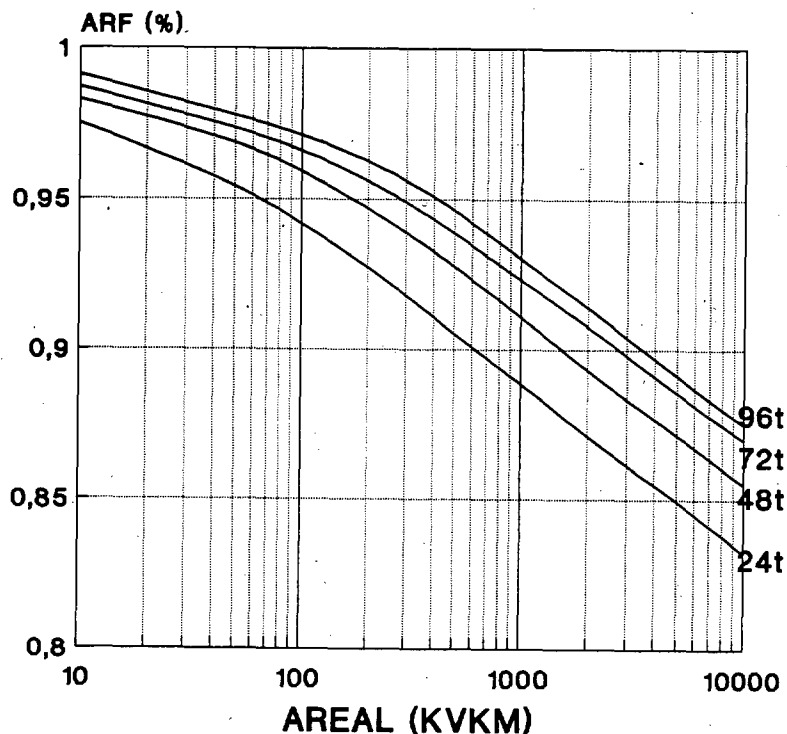


Figur 5. Forholdstall mellom  $MT(n \text{ timer})$  og  $MT(24 \text{ timer})$  som funksjon av normal årsnedbør.

## 6. AREALVERDIER AV PÅREGNELIG NEDBØR.

De foregående kapitler beskriver hvorledes man kan estimere nedbør i et punkt for et gitt gjentaksintervall for en gitt varighet og til en gitt årstid. I de fleste praktiske anvendelser er det imidlertid nødvendig å beregne påregnelig arealnedbør for et nedbørfelt med en gitt størrelse. Denne arealnedbøren vil være mindre enn høyeste punkt- nedbør i feltet. Det er derfor vanlig å uttrykke arealnedbøren som en prosentandel av en "representativ" punktnedbørverdi i feltet. Denne prosentandel eller forholdstall kalles Areal-Reduksjons-Faktoren (ARF)

For et gitt nedbørfelt med areal A, og for et gitt gjentaksintervall T, vil ARF øke med økende varighet D (se figur 6). For en gitt D og T vil ARF avta med økende A. Derimot er det ikke selvvinnlysende hvordan ARF for gitt A og D vil variere med gjentaksintervall T. For Storbritannia ble det i NERC-undersøkelsen (1975) konkludert med at denne variasjonen var så liten at den kunne neglisjeres ved praktiske beregninger. Videre viste undersøkelsen i Storbritannia at variasjonen i ARF med areal-størrelse og varighet var den samme for hele landet. Ut fra dette ble det ved hjelp av data for felt med ulik størrelse gitt diagram for hvordan ARF varierer med varighet og arealstørrelse. Hovedtrekkene i diagrammet er gjengitt i figur 6.



Figur 6. Arealreduksjonsfaktor (ARF) som funksjon av varighet og arealstørrelse. (Figuren er basert på data fra NERC, 1975).

Det må presiseres at det er flere måter å beregne ARF på (Førland, 1987), og at verdiene i figuren gjelder ARF for et gitt område ("fixed area"). Arealreduksjonen er vesentlig større for såkalte "nedbørområde-sentrerte" ("storm-centered") beregninger. ARF-verdiene i figur 6 er i god overensstemmelse med tilsvarende resultat fra USA (Bell, 1976) og for norske felt med arealstørrelse mindre enn  $1000 \text{ km}^2$  (Førland, 1987). Ved DNMI benyttes ARF-verdier tilsvarende verdiene i figur 6, og som "representativ punktverdi" benyttes verdier for et fiktivt punkt med årsnedbør (PN) lik feltets arealnedbør, og med  $M5(24t)$  (eventuelt  $M5(24t)/PN$ ) som svarer til en middelvei for feltet. Det er viktig å være klar over at denne fiktive "representative punktverdien" er lavere enn høyeste punktverdi i feltet!

For større felt ( $A > 1000 \text{ km}^2$ ), og for felt med god stasjonsdekning baserer DNMI ekstremverdi-analysen på døgnlige arealnedbør, der arealnedbøren er beregnet ved vekting av punktverdier. (Disse beregningene kan ved DNMI utføres med EDB-programmene ES-NBH eller TL-NBH (se tabell 7)). Ved denne metoden unngås bruk av skjematiskerte ARF-verdier. Det er stort sett meget god overensstemmelse mellom disse estimatene, og verdier basert på punkttestimat redusert med ARF-verdier (Førland, 1990).

## 7. OBSERVERTE HØYE PUNKT- OG AREAL-VERDIER AV NEDBØR.

For å teste hvor realistiske de hydrologiske vannbalansemodeller er til å beskrive ekstreme begivenheter, kan det være nyttig å prøve modellene på aktuelle ekstreme nedbørepisoder. Videre er det viktig å kjenne gjentaksintervallet til de høyeste observerte areale nedbørverdier for feltet. Disse opplysninger kan ved DNMI fås fra de to beregningsprogrammene TL-NBH (se Løyning, 1989) og ES-AREAL (se Sørgård, 1988). Eksempel på anvendelse av TL-NBH er vist i tabell 7 for Glomma-vassdraget oppstrøms Kongsvinger (ca. 18 000 km<sup>2</sup>). I eksemplet er det gjengitt beregninger for 2 døgn, men programmet kan gi verdier for varigheter fra 1 til 30 døgn.

Tabell 7 Observert og påregnelig ekstremnedbør for Kongsvinger.  
(Eksempel på utskrift fra program TL-NBH)

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT						
FELT: GLOMMA-KONGSVINGER						
Følgende stasjoner er med i beregningen (veker i parentes) :						
0604( 0.13) 0655( 0.05) 0701( 0.06) 0725( 0.10) 0790( 0.12)						
0818( 0.10) 0871( 0.09) 0910( 0.13) 0987( 0.09) 1040( 0.13)						
DATAGRUNNLAG : 1957 - 1989						
FORDELING AV ÅRSTIDSNEDBØR ER BASERT PÅ MEDIANDATO.						
Påregnelige og observerte maksimale nedbørhøyder(mm) i løpet av 48 timer.						
Gjentagelses- tid (år)	Beregnings- metode	ARS- VERDI	ÅRSTIDSVERDIER			
			jan-mar	apr-mai	jun-aug	sep-des
5	NERC	36	14	20	33	28
50	NERC	56	24	33	53	45
100	NERC	64	28	39	61	52
1000	NERC	99	46	63	94	82
PMP	NERC	196	100	135	188	169
Ti høyeste obs. verdier		64.1	17.9	29.9	64.1	44.3
		51.6	17.6	26.3	51.6	36.6
		44.3	17.0	23.5	34.5	35.5
		36.6	16.9	22.6	34.4	27.7
		35.5	15.2	20.8	31.6	27.2
		34.5	13.1	20.6	31.6	27.1
		34.4	13.0	20.4	31.4	25.7
		31.6	12.8	19.2	30.0	25.3
		31.6	12.8	19.2	30.0	24.7
		31.4	12.6	17.2	28.8	24.2
Arstall:		1989	1961	1984	1989	1988
		1973	1979	1973	1973	1985
		1988	1989	1980	1986	1980
		1985	1988	1962	1965	1976
		1980	1974	1967	1982	1957
		1986	1960	1977	1969	1975
		1965	1981	1983	1964	1964
		1982	1966	1964	1957	1987
		1969	1978	1972	1985	1969
		1964	1968	1966	1978	1981
Middelverdier av max.		29.4	11.5	15.4	26.8	22.1
Standardavvik av max.		9.3	3.0	5.4	9.8	7.0

Tabell 7 viser at høyeste observerte 2 døgns sum er 64 mm, dvs. det samme som påregnelig "100-års" verdi for 48 timer. Disse tallene er imidlertid ikke direkte sammenlignbare, ettersom 48 timers estimatene er justert opp fra 2-døgns estimat med faktoren 1.04 (se tabell 6). Påregnelig 2-døgns verdi blir derfor  $64/1.04 = 62$  mm, dvs. den observerte verdien på 64 mm har et gjentaksintervall på litt over 100 år. Tabell 7 viser at denne verdien har forekommet i sommersesongen (jun-aug) i 1989. Nøyaktig datering for de 40 høyeste nedbørepisoder i løpet av 1 og 2 døgn kan ved DNMI fåes fra EDB-programmet ES-AREAL. Eksempel på utskrift fra dette programmet er vist i tabell 8, og det fremgår at den høyeste 2-døgns nedbøren ble målt 1-2. august 1989.

Tabell 8 Ti høyeste arealnedbørverdier (1957-90) for Glomma-Kongsvinger.  
Eksempel på utskrift fra EDB-program ES-AREAL

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT				
Maksimal observert midlere nedbørhøyde for feltet: GLOMMA-KONGSVINGER				
Data-periode: 01.1957 - 08.1990				
Følgende stasjoner er med i beregningen (Vekter i parentes):				
0604( 0.13) 0655( 0.05) 0701( 0.06) 0725( 0.10) 0790( 0.12)				
0818( 0.10) 0871( 0.09) 0910( 0.13) 0987( 0.09) 1040( 0.13)				
Tabell over de 10 høyeste observasjonene for feltet				
Verdien i tabellen er for 2 døgn og i mm.				
nedbør- høyde	tidspunkt år	for observasjonen måned	dag	antall stasjoner
64.1	1989	08	02	10
51.6	1973	07	10	10
44.3	1988	09	04	10
44.2	1973	07	22	10
41.2	1988	09	13	10
36.6	1985	09	08	10
35.5	1980	10	19	10
34.5	1986	06	09	10
34.4	1965	07	28	10
31.6	1982	07	05	10

Listen over de høyeste målte verdier i tabell 8 er ikke identisk med tabell 7. De påregnelige verdier i tabell 7 er basert på "årlige maksimumsserier" (se kapittel 3.1), og inneholder derfor bare en verdi for hvert år. Tabell 8 viser at det både i 1973 og i 1988 har vært 2 episoder som er blandt de 5 høyeste som er registrert i feltet.

## 8. NEDBØRFORLØP.

De største nedbørflommer forekommer når jordsmonnet er mett med vann, - f.eks. når det har vært rikelig med nedbør i dagene forut for en kraftig nedbørepisode. For små felt spiller dessuten nedbørforløpet under nedbørepisoden en stor rolle, - dvs. om nedbørintensiteten har vært jevn under hele episoden eller om en stor del av nedbøren har kommet i løpet av noen få timer.

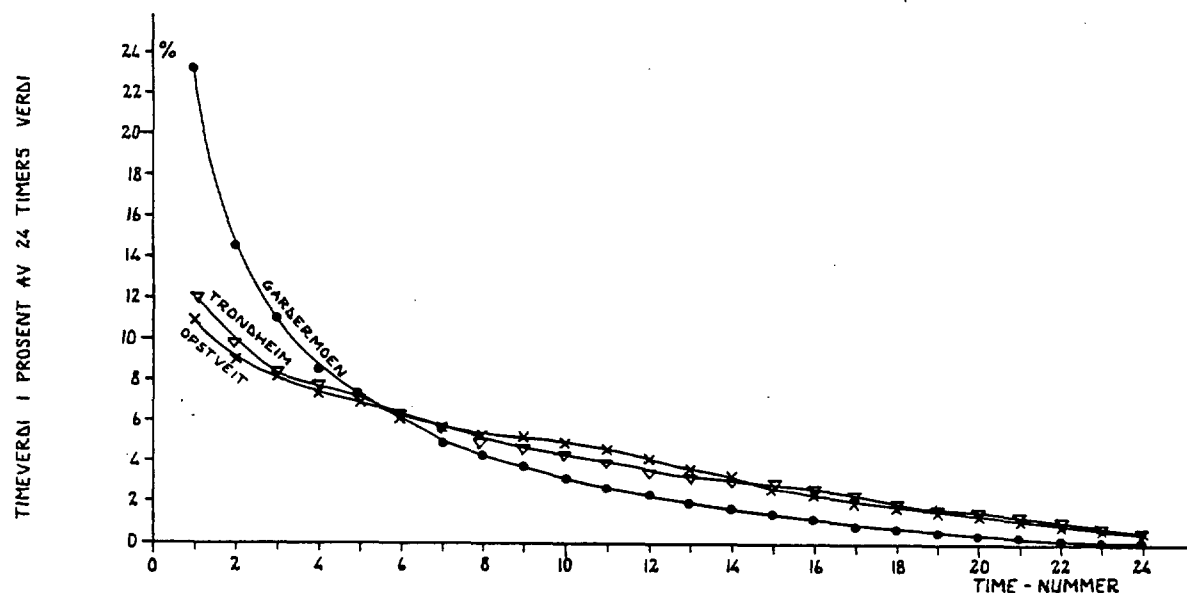
Som generelle retningslinjer for modellering av nedbørforløp ved flomberegninger, anvender NVE en "tilnærmet symmetrisk fordeling omkring høyeste nedbørintensitet dersom kritisk varighet er mindre enn eller lik 2 døgn. Dersom den kritiske varighet er mer enn to døgn, benyttes et observert forløp med hovedtyngden av nedbøren sist i perioden" (NVE, 1986).

Slike modeller for nedbørforløp er nyttige og nødvendige for flomberegninger, men spørsmålet er hvor realistiske de er. Det er også sannsynlig at "typisk" nedbørforløp vil variere med årstid og med geografisk lokalitet. Ideelt sett bør derfor modeller for nedbørforløp i et vassdrag baseres på nedbørregistreringer fra målesteder i selve nedbørfeltet. Imidlertid er det så få registrerende nedbørmålere i drift utenom tettbygde strøk i Norge, at det bare unntaksvis foreligger representative data for de nedbørfelt det skal utføres flomberegninger for.

Analyse av kontinuerlige nedbørregistreringer for stasjoner på Østlandet, Vestlandet og i Trøndelag tyder på at det for norske stasjoner ikke finnes noe typisk mønster for nedbørforløp i 24-timers episoder med ekstrem nedbør (Førland, 1987). Timeverdiene med høyest nedbør kan forekomme når som helst i løpet av 24-timers perioden, og det er bare unntaksvis symmetri om høyeste timeverdi. På Vestlandet og i Trøndelag er nedbørforløpet i slike døgn oftest karakterisert ved relativt høy nedbørintensitet gjennom store deler av døgnet, mens det på Østlandet i tillegg er endel episoder der mesteparten av døgnedbøren kommer i løpet av noen få timer.

Metodikken med "tilnærmet symmetrisk fordeling omkring høyeste nedbørintensitet" er imidlertid en vanlig brukt fremgangsmåte internasjonalt, bl.a. i USA (WMO, 1986). For å belyse nedbørforløpet i ekstreme nedbørepisoder, ble timeverdiene for de 10 høyeste 24-timers episodene fra tre målesteder sortert etter fallende verdier. Resultatene er vist i figur 7. Det fremgår f.eks. at ved Gardermoen kom i middel 23% av døgnedbøren i løpet av timen med høyest intensitet, 15% i løpet av timen med nest høyest intensitet osv. Ved Opstveit i Sunnhordland kom i middel bare 11% av døgnedbøren i timen med høyest intensitet.

Ved hjelp av figur 7 er det mulig å konstruere et teoretisk nedbørforløp for døgn med stor nedbørhøyde. Timeverdiene kan enten fordeles tilnærmet symmetrisk om maksimalverdien, eller ordnes med hovedtyngden av nedbør sist i nedbørdøgnet (Førland, 1987).



Figur 7. Midlere timevis nedbørandel\* for 10 døgn med høy 24 timers nedbørverdi ved Gardermoen, Opstveit og Trondheim.  
(\* Ordnet etter fallende verdier).

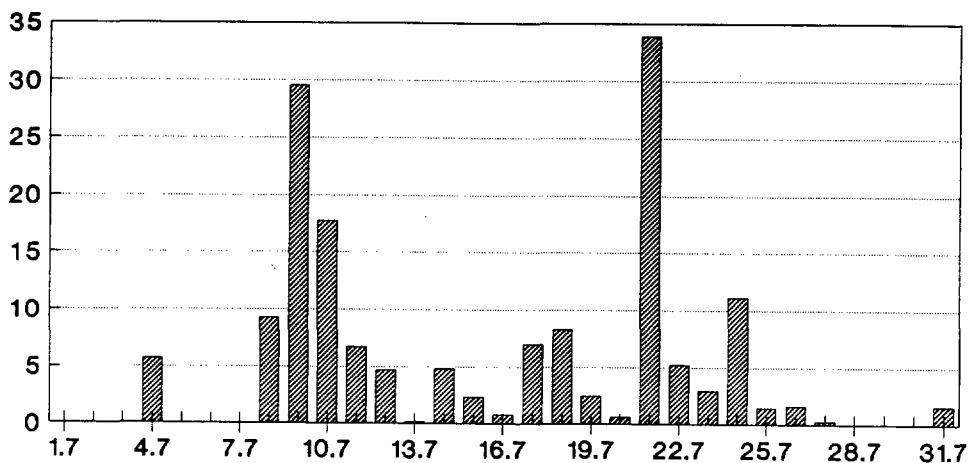
Ved vurdering av nedbørforløp for flomestimering er det viktig å vite hvor stor del av døgnet nedbøren som kan ventes i løpet av korte tidsintervall. For Opstveit og Trondheim utgjorde 1-timers verdien maksimalt h.h.v. 19 og 24% av 24-timers verdien i ekstremepisodene, mens den for Gardermoen maksimalt utgjorde 45% (Førland, 1987). Som supplerende opplysninger ved flomberegning gir DNMI opplysninger om høyeste registrerte korttids-intensiteter ved nærliggende PLUMATIC-stasjoner. Eksempel på slike data er gjengitt i tabell 9.

Tabell 9. Høyeste målte nedbørhøyder (mm) for forskjellige varigheter

Stasjons- nr	navn	Måle- periode	V a r i g h e t ( t i m e r )					
			1	2	3	6	12	24
0122	Halden	1974-1986	22	24	27	27	37	55
0284	Høland-Kollerud	1972-1986	36	45	47	50	50	53
0303	Fredrikstad	1970-1988	33	35	37	41	43	50
0381	Askim	1968-1986	35	41	43	43	43	69
0478	Gardermoen	1967-1987	22	25	26	31	43	48
1229	Hamar	1968-1986	17	18	24	33	36	45
1267	Lillehammer	1969-1986	16	17	23	29	34	50
6683	Sæter i Kvikne	1968-1983	26	28	28	28	33	43

En av forutsetningene for at en kraftig nedbørepisode skal føre til flom i et vassdrag, er at lite av nedbøren magasineres i nedbørfeltet (i jordsmonn, magasin/innsjøer, snømagasin). Dette forekommer f.eks. når det er barfrost, eller når jordsmonnet er mettet med vann fra foregående regnvær eller p.g.a. snøsmelting. I større nedbørfelt vil en regnflom kunne forsterkes dersom det fortsetter å regne i nedre del av feltet i tiden etter en episode med kraftig døgnetnedbør.

For å kunne vurdere disse forhold er det viktig å kjenne nedbørforløpet for dagene før og etter døgnet med stor nedbørhøyde. Figur 8 viser eksempel på forløp for døgnetlig arealnedbør for Glomma oppstrøms Høyegga. Høyeste 1 døgnet arealnedbør i denne episoden var 34 mm, og ble registrert 21.07.1973.



Figur 8. Døgnetlig arealnedbør (mm) i Høyegga-feltet i juli 1973.

## 9. SNØFORHOLD.

I en rekke vassdrag opptrer de største flommene ved kombinasjon av kraftig snøsmelting og nedbør (se f.eks. Beldring et al, 1989). For simulering av smelteflommer om våren trengs data om snømagasinet ved slutten av akkumuleringssesongen. Men det er viktig å være klar over at også "regnflommer" om høsten kan få betydelige bidrag fra snøsmelting i høyereliggende deler av feltet. Der det finnes representative nedbørstasjoner, kan målinger av snødybde bidra til å belyse snøforholdene i feltet til ulike tider av året. Tabell 10 og 11 gir eksempler på månedsverdier av midlere og maksimal snødybde for Røssvatn-feltet. Det fremgår av tabell 11 at det både i mai/juni og september/oktober kan være betydelige snømengder i høyereliggende deler av feltet.

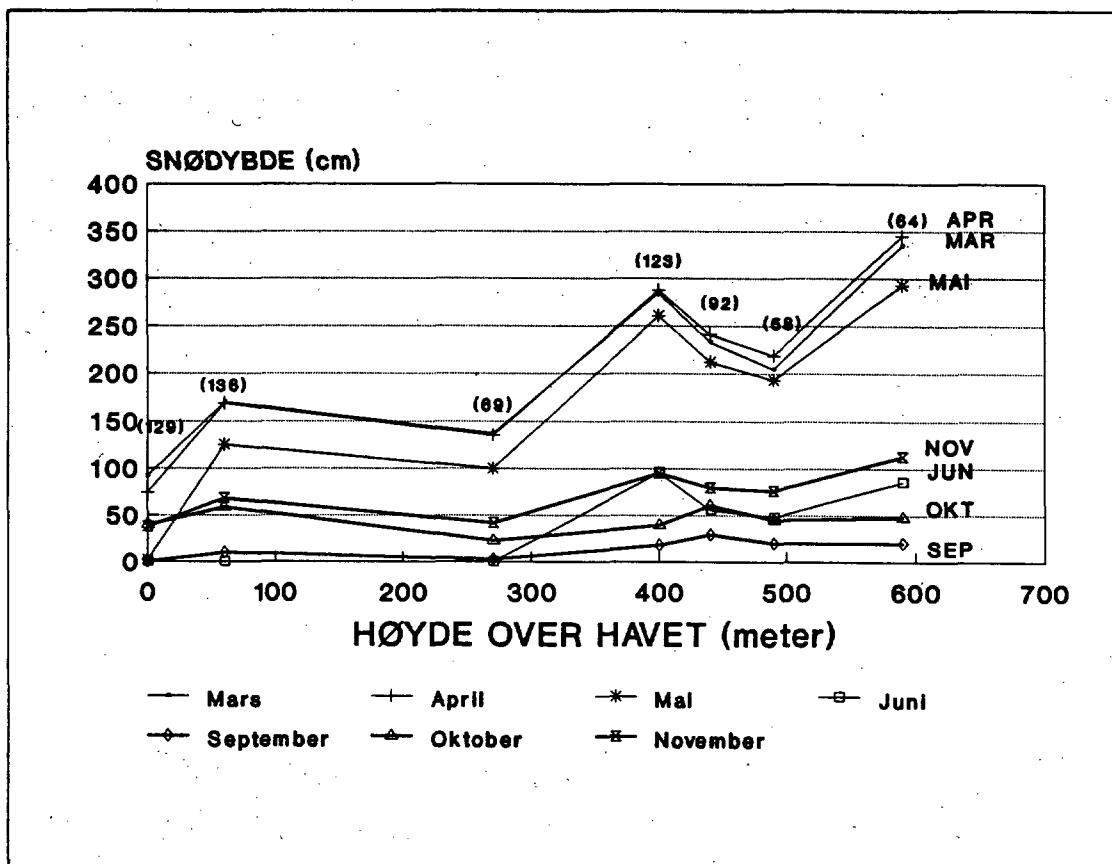
Tabell 10. Midlere månedlig snødybde (i cm) i Røssvatn-området

Stasjon	hoh	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
7719 Mosjøen	4	29	30	22	6	0	0	0	0	0	1	7	15
7810 Drevja	63	40	57	62	41	5	0	0	0	0	2	10	24
7775 Susendal-B.	265	53	63	69	52	10	0	0	0	0	1	9	26
7885 Røssvatn	399	91	119	140	136	67	1	0	0	0	3	21	52
7861 Tustervatn	439	72	95	112	109	49	1	0	0	0	3	17	44
7877 Favnvatnet	487	93	116	129	120	62	1	0	0	0	3	21	57
7871 Krutå	594	111	142	161	155	88	8	0	0	0	6	36	78

Tabell 11. Maksimal målt snødybde (i cm) i Røssvatn-området

Stasjon	hoh	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
7719 Mosjøen	4	145	128	92	74	2	0	0	0	0	40	38	75
7810 Drevja	63	183	206	170	169	125	0	0	0	10	59	68	115
7775 Susendal-B.	265	150	162	137	135	100	0	0	0	3	23	42	92
7885 Røssvatn	399	253	285	285	288	261	96	0	0	18	40	95	183
7861 Tustervatn	439	234	253	233	241	212	56	0	0	30	61	80	168
7877 Favnvatnet	487	209	239	205	219	193	48	0	0	20	45	76	166
7871 Krutå	594	260	284	335	345	293	86	0	0	20	48	113	173

Punktverdiene for snødybde er påvirket av både storstilte forhold (høyde over havet, avstand fra kysten) og av lokale forhold (topografi, vind) (Hanssen-Bauer, 1991). Det er derfor vanskelig ut fra de spredte måleverdier som i tabell 10 og 11 å gi noen generell sammenheng mellom snødybde og høyde over havet. For Røssvatn-feltet er høydevariasjonen av de maksimale snødybde observasjonene for mars-juni og september-november vist i figur 9. Tallene i parentes angir normal årsnedbør ved stasjonene i prosent av normal årsnedbør (1200 mm) i Røssvatn-feltet.



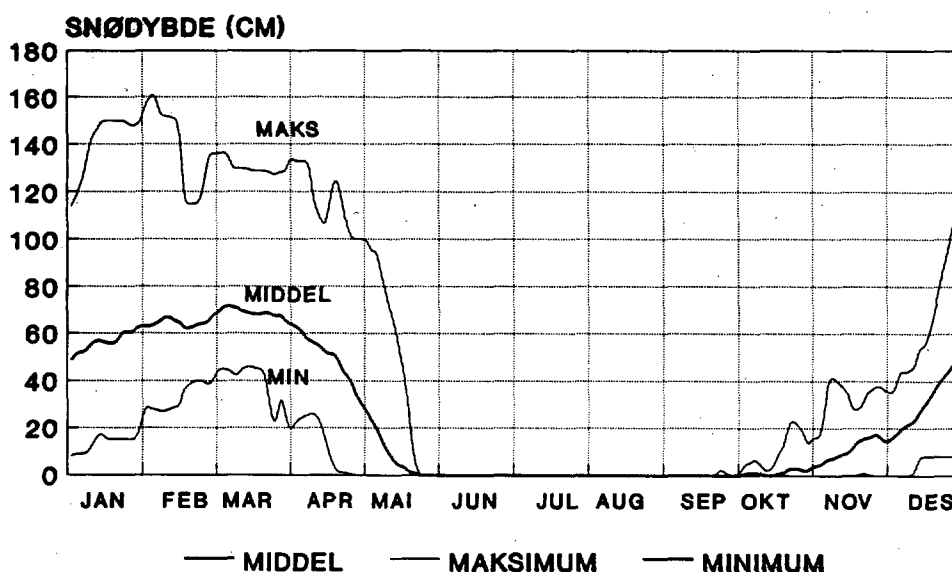
Figur 9. Høyeste målte snødybder ved endel stasjoner nær Røssvatn-feltet (se tabell 11) som funksjon av stasjonenes høyde over havet.

Tallene i parentes angir normal årsnedbør ved stasjonene i prosent av normal areal årsnedbør for nedbørfeltet.

Årsvariasjonen i snødybde ved 7775 Susendal-Bjormo er vist i figur 10. Kurvene viser årlig gang av h.h.v. midlere, maksimal og minimal snødybde. Det fremgår at det har forekommet døgn med noen få centimeter snødybde allerede i slutten av september, mens det andre år først blir mer enn 10 cm snødybde i slutten av desember.

Figur 10 viser også at det har forekommet år der snødybden på stasjonen har sunket til null i slutten av april, mens det andre år har ligget over 1 meter snø på denne tiden. Siste dato for snødybde over 10 cm om våren er 22 mai. I middel for perioden 1976-1987 passerte snødybden 5 cm den 8 november, 10 cm ca. 20 november, lå mellom 60 og 70 cm i tiden 22 januar-6 april, og sank til under 10 cm den 12 mai.

Nedbørfeltet til Røssvatn ligger i høydesjiktet 380-1900 m o.h. Store deler av feltet vil derfor ha vesentlig større snødybder og lenger snøvarighet enn Susendal og stasjonene i tabell 10 og 11. I DNMI's snøakkumuleringsmodeller (se f.eks. Bjørnbæk, 1979, 1980) blir det antatt at snøakkumuleringen i Røssvatn-området starter ca. 30 oktober i 400 m nivået, ca. 15 oktober i 800 m, og ca. 2 oktober i 1200 m nivået.



Figur 10. Midlere, maksimal og minimal snødybde for hver dag i året ved 7775 Susendal-Bjormo (265 m o.h.).  
Tidsrom: 1976 - 1987.

## 10. TEMPERATURFORHOLD.

I de fleste hydrologiske modeller (f.eks. HBV-modellen, Killingtveit et al, 1990) beregnes snøsmelting på grunnlag av lufttemperaturen. Tradisjonelt benytter HBV-modellen en konstant temperaturfaktor CX ved beregning av snøsmelting:  $SM = CX * (TT - TS)$ , der TT er lufttemperatur, og TS er en terskeltemperatur. For å kunne vurdere maksimale snøsmeltings-intensiteter fra graddagsmodeller, trengs opplysninger om de høyeste målte temperaturer til ulike årstider. Tabell 12-15 gir eksempler på data som kan benyttes til å belyse temperaturforholdene. (Eksempelene er hentet fra Numedalsvassdraget). De oppgitte døgn-middeltemperaturer er beregnet som middel av temperatur kl 07 og 19, samt av døgnetts maksimums- og minimums-temperatur.

Tabell 12 Høyeste døgnmiddel- og maksimums-temperatur ved 2836/37 Kongsberg (1957-89), 2880 Lyngdal i Numedal (1957-89), 2559 Geilo-Geilostølen (1966-89) og 2584 Finse (1969-89)

		H Ø Y E S T E D Ø G N M I D D E L T E M P E R A T U R (°C)											
St.nr.	m o.h.	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
2836/37	170	10.1	8.7	10.1	12.4	19.8	25.7	23.7	25.5	18.0	15.5	10.0	8.1
2880	288	8.2	8.4	8.8	11.5	19.1	23.5	21.9	22.3	17.5	15.0	9.8	8.8
2559	810	4.9	5.7	4.2	7.0	14.3	19.6	20.2	19.9	13.1	12.6	6.8	5.9
2584	1224	2.7	0.8	1.0	5.1	8.3	17.5	15.9	15.7	11.1	9.5	4.8	2.8

		H Ø Y E S T E M A K S I M U M S - T E M P E R A T U R (°C)											
St.nr.	m o.h.	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
2836/37	170	14.2	12.7	17.1	21.1	28.0	34.6	31.7	34.5	28.0	24.6	15.0	12.0
2880	288	11.5	12.5	16.6	20.5	26.6	32.6	30.5	32.2	25.9	24.0	14.8	13.4
2559	810	7.8	11.5	9.5	13.8	21.0	26.5	29.0	28.5	24.0	19.4	10.0	7.8
2584	1224	6.0	5.0	4.9	9.1	15.0	22.1	21.0	24.8	17.8	14.3	6.7	6.0

Tabell 12 viser bl.a. at det i mai måned har vært målt 15 °C i 1200 m nivået, og at høyeste døgnmiddeltemperatur i mai i dette nivået er ca. 8 °C. Tabell 12 omfatter imidlertid både døgn med oppholdsvær og døgn med nedbør. For flomberegninger er det viktig å kunne vurdere kombinasjonen av snøsmelting og nedbør, f.eks. ved å kjenne de høyeste temperaturer som kan forventes i episoder med kraftig nedbør. Slike informasjon kan fås ved å beregne påregnelige nedbørverdier for episoder med middeltemperatur over visse grenser (se tabell 13), eller ved kryssortering av døgnnedbør og døgnmiddeltemperatur (se tabell 14).

Tabell 13 Påregnelige og observerte nedbørverdier ved døgnmiddeltemperatur over 4 °C ved 2559 Geilostølen (810 m o.h.)  
(Eksempel på utskrift fra EDB-program TL-NBH)

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT						
STASJON : 2559 GEILO - GEILOSTØLEN						
DATAGRUNNLAG : 1967 - 1989						
TEMPERATUR-INTERVALL : ( 4.0, 40.0) GRADER C						
Påregnelige og observerte maksimale nedbørhøyder(mm) i løpet av 24 timer.						
Gjentagelses- tid (år)	Beregnings- metode	ÅRSTIDSVERDIER				
		april	mai	juni	oktober	
5	GUMBEL	-	17	20	15	
10	GUMBEL	-	23	25	21	
50	GUMBEL	-	34	34	32	
100	GUMBEL	-	38	38	37	
1000	GUMBEL	-	55	52	55	
5	NERC	-	17	19	13	
50	NERC	-	28	32	22	
100	NERC	-	33	38	25	
1000	NERC	-	54	61	42	
PMP	NERC	-	118	132	92	
Ti høyeste obs. verdier		4.7	22.2	22.7	23.8	
		1.7	21.1	21.4	21.0	
		1.5	16.6	20.8	17.3	
		0.2	16.1	20.2	14.8	
		0.1	15.4	18.4	14.4	
		0.0	15.0	18.3	10.0	
		0.0	14.0	17.3	9.3	
		0.0	13.9	14.5	9.1	
		0.0	12.7	14.2	8.0	
		0.0	11.8	13.6	8.0	
Arstall:		1988	1980	1985	1979	
		1980	1983	1968	1975	
		1968	1984	1969	1987	
		1974	1976	1970	1984	
		1989	1971	1976	1980	
		1987	1979	1980	1977	
		1986	1981	1973	1971	
		1985	1975	1984	1967	
		1984	1973	1972	1985	
		1983	1969	1977	1981	

De påregnelige verdier i tabell 13 er for enkelte måneder basert på et meget spinkelt datagrunnlag, og må brukes med stor forsiktighet. Men listen over de høyeste observerte verdier viser f.eks. at det i mai 1980 falt 22 mm nedbør på et døgn der døgnmiddeltemperaturen var over 4 °C. I april måned ikke har vært målt nedbør over 5 mm ved temperatur over 4 °C. Samvariasjonen mellom nedbør og temperatur kan også belyses ved kryss-sorteringstabeller.

I kryssorterings-programmet som benyttes ved DNMI (TS-KRSRT) kan bokslengde for nedbør og temperatur velges fritt. Tabell 14 viser at det i juni ved stasjon 2559 Geilo-Geilostølen har vært 4 nedbør-episoder med døggnedbør mellom 20 og 25 mm, og at høyeste døgnmiddeltemperatur i disse episodene lå i intervallet 14.0-15.9 °C.

Tabell 14. Kryssortering av døggnedbør og døgnmiddeltemperatur.  
Eksempel på utskrift fra programmet TS-KRSRT.  
(Tabellen gir antall tilfelle i hvert intervall)

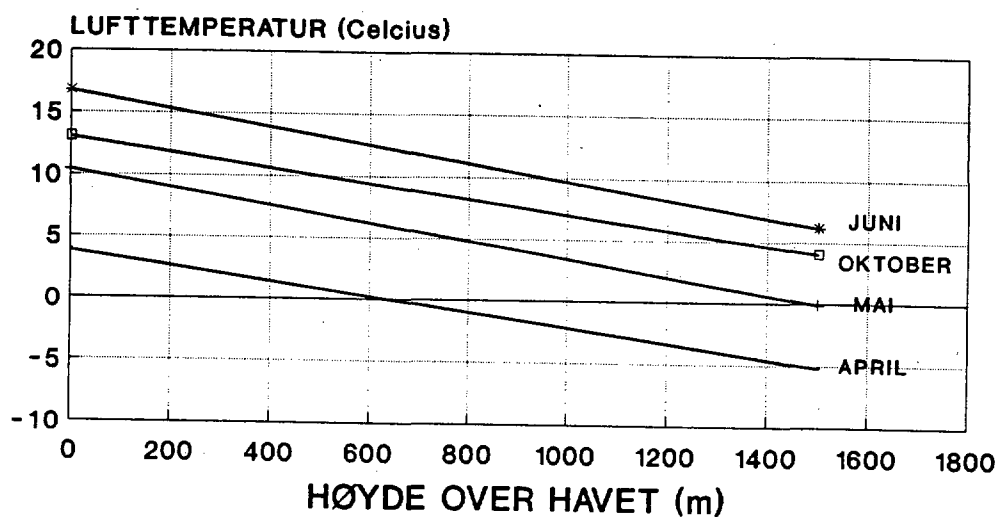
STASJON: 2559 GEILO-GEILOSTØLEN		DRIFTSÅR 1967 - 1989												
SESONG : JUNI		L U F T T E M P E R A T U R ( ° C )												
		0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	SUM
NEDBØR (mm)		1.9	3.9	5.9	7.9	9.9	11.9	13.9	15.9	17.9	19.9	21.9	23.9	
OPPHOLD		0	3	21	64	60	71	74	70	15	4	0	0	382
0.0/ 4.9		1	16	24	65	55	22	15	9	3	0	0	0	210
5.0/ 9.9		2	2	12	13	14	12	5	2	0	1	0	0	63
10.0/ 14.9		0	2	3	3	7	4	3	1	0	0	0	0	23
15.0/ 19.9		0	1	0	3	1	1	1	1	0	0	0	0	8
20.0/ 24.9		0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	4
SUM		3	24	60	149	139	110	98	84	18	5	0	0	

En oppsummering av resultatene fra tabell 14 er gjengitt i tabell 15, og supplert med tilsvarende data fra 3 andre stasjoner. Stasjonene er rangert etter høyde over havet. De oppgitte temperaturer er sentralverdi ved høyest forekommende 2°C temperatur-intervall.

Tabell 15 . Høyeste døgnmiddeltemperatur (°C) i episoder med døggnedbør over 10 og 20 mm ved fire stasjoner i Numedalsvassdraget.

	Hoh (m)	RR ≥ 10.0 MM				RR > 20.0 MM			
		APR	MAI	JUN	OKT	APR	MAI	JUN	OKT
2836/37 Kongsberg	170	9	17	21	11	3	15	17	11
2880 Lyngdal i Numed.	288	7	17	19	11	1	11	17	9
2559 Geilostølen	810	1	13	15	9	-1	7	15	5
2584 Finse	1224	-1	7	9	7	-	1	7	7

Fra dataene i tabell 14 og 15 er det mulig å slutte seg til typiske temperaturer (og dermed graddags-smelteverdier) for episoder med kraftig nedbør. Av tabellene fremgår det f.eks. at det i 1200 m nivået ved Finse har falt over 20 mm nedbør i juni ved en døgnmiddeltemperatur på ca.  $+7^{\circ}\text{C}$ . I episoder med nedbør vil vanligvis lufttemperaturen avta med ca.  $0.6^{\circ}\text{C}$  pr 100 m høydeøkning. Verdiene i tabell 14 og 15 kan dermed benyttes til å estimere temperaturer i ulike høydenivå. Eksempler på dette er gitt i figur 11.



Figur 11. Høyeste observerte døgnmiddeltemperatur Numedalsvassdraget i episoder med kraftig nedbør, som funksjon av høyde over havet.

## 11. KONSEKVENSER AV KLIMAENDRINGER FOR FLOMBEREGNINGER.

Modellberegninger av klimaendringer ved dobling av mengden av drivhusgasser i atmosfæren gir betydelige endringer i nedbør og temperatur i Norge (Eliassen & Grammelvedt, 1990). Årsnedbøren vil ifølge disse modellene øke med ca. 10% frem til år 2030. Økningen ventes å bli størst vår og sommer (10-15 %), og minst høst og vinter (~ 5%). Vintertemperaturen forventes å bli 3-4 °C høyere; sommertemperaturen ca. 2 °C høyere.

Systematiske klimaendringer vil ha betydning både for estimatene av påregnelige nedbørverdier, og for øvrige klimatiske bakgrunnsdata i hydrologiske modeller for flomberegninger. For nedbør vil eventuelle endringer i sirkulasjonsmønster over Norge føre til endringer i nedbørforhold som er vesentlig større enn de generelle estimat referert ovenfor.

Foreløpig er det ikke mulig å kvantifisere eventuelle endringer i nedbørintensitet som følge av øket drivhuseffekt. Det er derfor vanlig å anta at ekstremnedbøren vil øke proporsjonalt med totalnedbøren. Med beregningsmetodikken som er beskrevet i denne rapporten innebærer dette at man kan få et grovestimat av mulig økning i påregnelige ekstreme nedbørverdier forårsaket av øket drivhuseffekt, ved å anta at års- og årstidsverdien av M5(24t) vil øke proporsjonalt med økningen i års- og årstidsnedbør.

Det er viktig å være klar over at det også er store naturlige variasjoner i års- og årstidsnedbør, både fra år til år, men også systematiske trender over flere år.

For den nye normalperioden 1961-1990 er årsnedbøren over store deler av Vestlandet 5-10% høyere enn langtidsmidlet for perioden 1901-1990, mens høstnedbøren er opptil 20% høyere enn langtidsverdien (Førland & Hanssen-Bauer, 1992). For enkeltstasjoner viser trendanalyse at det både på årsbasis og om høsten er en tendens til økende nedbørverdier utover i dette hundreåret (Førland et al., 1991). Det er på det nåværende tidspunkt ikke mulig å fastslå om disse trendene skyldes naturlige variasjoner, eller er et symptom på øket drivhuseffekt.

Sælthun et. al. (1990) har foretatt en vurdering av mulige endringer i flomforhold under forutsetning av at ekstrem nedbør og lufttemperatur øker som angitt av Eliassen & Grammelvedt (op.cit.). Vårflommene vil med de gitte scenarier reduseres nesten overalt. Høst/vinterflommene vil øke, delvis gjennom økt nedbør nedbør, men særlig gjennom lengre flomsesong. Generelt vil det bli økt flomrisiko i felt som allerede er utsatt for høstflommer og for felt i lavere deler av de områdene som idag har stabilt snødekke om vinteren. For lavlandsfelt i ytre kyststrøk vil flommene stort sett øke proporsjonalt med nedbøren. Den største økning (15-20%) ventes i kystnære felt opp til 1000 m o.h.

## 12. EKSEMPEL PÅ BEREGNING AV PÅREGNELIGE EKSTREME NEDBØRVERDIER.

Som et praktisk eksempel på påregnelige ekstreme nedbørverdier er det nedenfor vist hvorledes beregningene for nedbørfeltet oppstrøms Hegsetfoss i Nea-Nidelv-vassdraget er utført (Førland, 1990). Oversikt over de estimerte nedbørverdier for dette feltet er gitt i tabell 2 på side 5. Punktene nedenfor henviser til punktene i tabell 2.

- 1). Ut fra kart over normal årsnedbør (1931-1960) er den areale årsnedbøren for feltet anslått til ca. 860 mm. Normalt årsavløp er oppgitt til 1160 mm. Avviket mellom avløp og nedbør er noe større enn hva som kan forklares ut fra fordampning i feltet og aerodynamisk oppfangningssvikt i nedbørmålerne.
- 2). Fra figur 3 på side 11 fremgår at  $M5(24t)/PN \sim 0.056$ . Dette forholdstallet er også sjekket med analyser av tilgjengelige data for stasjoner i området. Med dette forholdstallet blir:  $M5(24t) = 0.056 \cdot 860 \text{ mm} = 48 \text{ mm}$ . Denne verdi er i god overensstemmelse med figur 2.
- 3). Følgende årstidsinndeling er valgt: VÅR: April-Mai, SOMMER : Juni-August, HØST: September-Desember, VINTER : Januar-Mars.

Grovestimat av årstidskvotienter kan fås fra tidligere publiserte kart (figur 10-13 i Førland (1984)).

Ved beregningene ved DNMI blir årstidskvotientene beregnet ved ekstremverdi-analyse for samtlige nedbørstasjoner nær feltet.  $M5(24t)$ -verdiene blir estimert for hver av årstidene, og det blir beregnet forholdstall mellom årstids-verdiene og årsverdiene av  $M5(24t)$ . Tilsvarende analyse blir også gjort for arealnedbør for nedbørfeltet.

Ut fra slike punkt- og arealestimat ble det funnet følgende årstidskvotienter for Hegsetfoss: SOMMER=0.87, HØST=0.82, VINTER=0.56, VÅR=0.52. Med disse årstidskvotientene blir  $M5(24t)$ -verdiene for Hegsetfoss som angitt i pkt. 3 i tabell 2, her gjengitt i tabell 16.

Tabell 16. Påregnelige 24 timers nedbørverdier for Hegsetfoss.

	ÅR	SOMMER (J, J, A)	HØST (S, O, N, D)	VINTER (J, F, M)	VÅR (A, M)
$M5(\text{årstid})/M5(\text{år})$	1.00	0.87	0.82	0.56	0.52
$M5(24t)$ (mm)	48	42	39	27	25
$M50(24t)$ (mm)	75	65	60	45	40
$M100(24t)$ (mm)	85	75	70	50	45
$M1000(24t)$ (mm)	125	110	105	80	75
PMP(24t) (mm)	230	215-→230	210	165	160

Fra  $M5(24t)$ -verdiene for år- og årstid i tabell 16, kan 24 timers verdier av  $M50$ ,  $M100$ ,  $M1000$  og PMP beregnes som angitt i kapittel 3.1-3.2.

For  $M5=48$  mm blir (fra lign.3)  $c = 0.3584 - 0.0473 \cdot 3.871 = 0.1753$

Fra lign. (2) følger f.eks at

$$M50 = 48 \cdot \exp(0.1753 \cdot [\ln(49.5) - 1.5]) = 48 \cdot \exp(0.421) = 48 \cdot 1.524 = 73$$

Dvs. 24 timers punktverdi med gjennomsnittlig gjentakintervall på 50 år er 73 mm.

Ved DNMI blir alle påregnelige verdier avrundet til nærmeste hele 5 mm, dvs.  $M50(24t) \sim 75$  mm.

Istedet for å bruke lign.(2), kan man finne grovestimat av påregnelige verdier med gjentakintervall på h.h.v. 2, 10, 50, 100 og 1000 år fra nomogrammet i figur 1b.

Fra figur 1a fremgår det at  $PMP/M5$  er 4.8 for  $M5=48$ . Påregnelig maksimal 24 timers nedbør blir dermed  $PMP(24t) \sim 4.8 \cdot 48 \text{ mm} = 230$  mm.

Påregnelige nedbørverdier for de ulike årstider beregnes på tilsvarende måte ut fra de gitte årstidverdier av  $M5(24t)$ . Eneste unntak er PMP-verdi for årstid med høyest  $M5$ -verdi. Årsverdien av  $PMP(24t)$  må nemlig forekomme i en av de fire årstider, og det blir i beregningene ved DNMI antatt at sannsynligheten er størst for at den vil forekomme i årstiden med høyest  $M5$ -verdi. For Hegsetfoss har sommeren høyest  $M5(24t)$ -verdi med 42 mm. Denne  $M5$ -verdi tilsvarer en  $PMP(24t) \sim 215$  mm. Men siden årsverdien av  $PMP(24t)$  er 230 mm, blir sommer-verdien av PMP justert fra 215 til 230 mm. Dette er i tabell 16 markert ved å sette PMP som 215  $\rightarrow$  230 mm.

#### 4). Påregnelige n-timers nedbørverdier.

Påregnelige nedbørverdier for andre varigheter enn 24 timer beregnes ved å bruke forholdtallene fra figur 5. For Hegsetfoss er normal årsnedbør 860 mm, og forholdstallene blir da som angitt i pkt. 4. i tabell 2, her gjengitt i tabell 17.

Tabell 17. Påregnelige n-timers nedbørverdier for Hegsetfoss.

Antall timer (n)	6	12	24	48	72	96	120	144
Nedbørforholdstall n timer / 24 timer	0.66	0.81	1.00	1.24	1.39	1.55	1.69	1.83
M100 (mm)	55	70	85	105	120	130	145	155
M1000 (mm)	80	100	125	155	175	195	210	225
PMP (mm)	150	185	230	285	320	355	390	420

Eksempelvis finnes M1000(72t) ved å benytte faktoren 1.39 på M1000(24t), dvs.  $M1000(72t) = 1.39 \cdot 125 \text{ mm} = 173.8 \text{ mm} \sim 175 \text{ mm}$ .

For skjematiske beregninger benyttes de samme skaleringsfaktorer både for års- og årstidsverdier.

(Ved beregninger foretatt ved DNMI blir det for større nedbørfelt foretatt direkte beregninger av MT(n timer) basert på ekstremverdi-analyse av døgnlig arealnedbør, se kapittel 6).

#### 5). Justering fra punkt- til areal-verdier.

Tabell 16 og 17 gir punktnedbør for et "representativt punkt" i feltet (se kapittel 6). Skjematiske faktorer for omregning fra punkt- til feltverdi er vist i figur 6. For Hegsetfoss med feltareal på ca. 1500 km<sup>2</sup> blir arealreduksjonsfaktoren (ARF) som angitt i tabell 18 (se også punkt 5 i tabell 2).

Tabell 18 Arealreduksjonsfaktorer for Hegsetfoss

Varighet (timer)	24	48	72	96
Arealreduksjonsfaktor	0.88	0.90	0.91	0.92

For Hegsetfoss blir f.eks. 24 timers arealnedbør med gjentaksintervall på 1000 år lik  $0.88 \cdot 85 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$ .

### 13. SLUTTKOMMENTAR.

Uansett hvilken metode som velges, vil det være usikkerhet forbundet med estimat av påregnelige nedbørverdier med høye gjentaksintervall. Dette gjelder selv for de lengste, homogene måleserier av punktnedbør i Norge. (Bare et fåtall stasjoner har måleserier på over 100 år). Men det gjelder i enda høyere grad for arealverdier for spesifiserte nedbørfelt;- felt der det bare unntaksvis finnes representative måleserier for nedbør. I metodikken beskrevet ovenfor er det derfor lagt liten vekt på avanserte statistiske metoder for ekstremverdi-analyse av lange måleserier. I stedet er det utarbeidet en metodikk som er robust; som kan brukes for felt både med og uten nedbørmålinger, og som gir påregnelige verdier som er konsistente med verdier fra nabofelt. Men det er viktig å være klar over at metoden innebærer endel grove forenklinger.

Ved bruk av kart og nomogram presentert i denne rapporten er det mulig å utføre grovestimat av påregnelige nedbørverdier for punkt og felt; for ulike gjentaksintervall og ulike varigheter. Det må understrekes at både kart (figur 2 og 3) og nomogram (figur 1, 5 og 6) er generaliserte. For beregninger som skal benyttes som basisdata for dimensjonering, bør analysene utføres på aktuelle data fra området rundt nedbørfeltet (se f.eks. Førland, 1991).

I tillegg til usikkerhet ved nedbørestimatene, er det også usikkerhet knyttet til den videre bruk av nedbørdata ved flomberegninger: fordeling av nedbørvolum i rom og tid, forhåndstilstand i feltet (markvannsunderskudd), bidrag fra snøsmelting osv.

Beldring et. al. (1989) har vist at flommer beregnet ved HBV-modell på basis av 1000 års nedbør;- uten snøsmelting eller snøakkumulering,- viser god overensstemmelse med 1000 års høstflom beregnet ved flomfrekvensanalyse. Dette tyder på at de metoder som benyttes ved DNMI og NVE for beregning av ekstrem nedbør og flom,- til tross for usikkerhetsfaktorene nevnt ovenfor,- gir realistiske og konsistente estimater.

For flomberegninger er det en god uavhengig kontroll å sammenligne dimensjonerende flom beregnet med hydrologisk modell på grunnlag av nedbør med 1000 års gjentaksintervall, med flom beregnet ved flomfrekvensanalyse.

14. LITTERATUR

- Beldring, S. 1989 Store flommer. En sammenlikning mellom nedbørepisoder og flommer i en del norske vassdrag.  
DNMI-rapport 24/89 KLIMA, NVE-Rapport 12-89
- Bell, F.C. 1976 The areal reduction factor in rainfall frequency estimation.  
Inst. of Hydr. Rep. no. 35, Wallingford
- Bjørnbæk, G. 1979 Når legger snøen seg i Norge ?  
Været nr. 4/1979
- Bjørnbæk, G. 1980 Hva er et snøakkumuleringskart ?  
Været nr. 1/1980
- Eliassen, A. 1990 Scenarier (2xCO<sub>2</sub>) i Norge. Notat til den  
Grammeltvedt, A. interdepartementale klimagruppen.  
DNMI-Notat 01.02.1990
- Førland, E.J. 1984 Påregnelige ekstreme nedbørverdier.  
DNMI-Fagrappport nr. 3/84 KLIMA
- Førland, E.J 1985 Comparison of Nordic methods for point  
Aune, B. precipitation correction.  
Correction of precipitation measurements  
Zurcher Geographische Schriften No. 23
- Førland, E.J. 1987 Beregning av ekstrem nedbør.  
DNMI-Fagrappport nr. 23/87 KLIMA
- Førland, E.J 1988 Påregnelig maksimal nedbør beregnet ved ulike  
Kristofferssen, D. metoder.  
DNMI-Rapport nr. 9/88 KLIMA.
- Førland, E.J 1989 Estimation of extreme Precipitation in Norway  
Kristofferssen, D. Nordic Hydrology 20, p. 257-276
- Førland, E.J. 1990 Ulike metoder for beregning av påregnelig  
arealnedbør.  
DNMI-Rapport nr. 22/90 KLIMA
- Førland, E.J. 1990 Nea-Nidelv vassdraget. Påregnelige ekstreme  
nedbørverdier.  
DNMI-Rapport nr. 28/90 KLIMA
- Førland, E.J. 1991 Langtidsvariasjoner av nedbør.  
Hanssen-Bauer, I. DNMI-Rapport 02/91 KLIMA  
Nordli, P.Ø.
- Førland, E.J. 1991 Namsen-vassdraget. Påregnelige ekstreme  
nedbørverdier. DNMI-Rapport 40/91 KLIMA.

- Førland, E.J. 1992 Analyse av lange nedbørserier.  
Hanssen-Bauer, I. DNMI-Rapport 01/92 KLIMA
- Hanssen-Bauer, I. 1991 Innfjordvassdraget. Påregnelige ekstreme nedbørverdier. DNMI-Rapport 31/91 KLIMA.
- Hershfield, D.M. 1965 Method for estimating maximum precipitation  
J. American Waterworks Association, Vol 57
- Killingtveit, Å. 1990 Programmet HBV-modellen  
et.al. NHL-Rapport STF60, A90033 (147s)
- Løyning, T. 1989 EDB-programmet TL-NBH (Ekstrem nedbør)  
Beskrivelse, brukerveiledning og eksempler  
DNMI-Rapport 3/89 KLIMA
- Nemec, J. 1972 Engineering Hydrology  
McGraw-Hill Publishing Company Limited,
- NERC 1975 Flood Studies Report, Vol II  
National Environment Research Council, London
- NVE 1981 Forskrifter for dammer.  
Universitetsforlaget
- NVE 1986 Beregning av dimensjonerende og påregnelig  
maksimal flom. Retningslinjer.  
V-informasjon nr. 1, NVE-Oslo.
- SK 1992 Nasjonalatlas for Norge. Temadel: Luft og Vann  
Statens Kartverk / DNMI
- Sælthun, N.R. 1990 Klimaendringer og vannressurser. Bidrag  
et. al. til den interdepartementale klimautredningen.  
NVE-Publikasjoner, Nr. V-30
- Sørgård, E. 1988 Minimale og maksimale nedbørmengder.  
Brukerveiledning for EDB-program.  
DNMI-Rapport 4/88 KLIMA
- Wilson, E.M. 1974 Engineering Hydrology.  
Macmillan Press Ltd, London (232s)
- WMO 1974 Guide to hydrological practices  
WMO, Geneve
- WMO 1981 Selection of distribution types for extremes  
of precipitation.  
WMO-No. 560. Operational Hydrology Rep. 15
- WMO 1986 Manual for estimation of probable maximum  
precipitation. Second edition.  
WMO-No. 332. Operational hydrology.

## APPENDIKS.

## OVERSIKT OVER PMP-BEREGNINGER UTFØRT VED DNMI I TIDEN 1984-1991.

Ajour pr. 01.06.1992

FELT	VASSDRAG	RAPP-NR	BREV-DATO
Adamsfjord	Adamsfjord	-	27.10.86
Akersvatn	Akersvatn	-	12.03.84
Akksjøen	Akksjøen	55/86	
Alta	Altavassdraget	-	13.12.84
Altevatn	Barduassdraget	09/90	
Arendal-nedre del	Arendalsvassdr.	-	03.01.89 (5.10.84)
Arendal-totalfelt	Arendalsvassdr.	-	03.01.89
Arendal-øvre del	Arendalsvassdr.	-	03.01.89 (5.10.84)
Askjellidalsvatn	Førde/Eksinged.	04/90	
Aurland	Aurlandsvassdr.	62/86	
Aursjø	Gudbrandsdalsl.	22/89	
Aursjødammen	Aura (Op)	-	17.04.84
Aursunden	Aursunden (ST)	-	16.01.84
Austrheim	Austrheim	-	14.08.86
Bardu-Lokalfelt	Barduassdraget	09/90	
Bardu-Totalfelt	Barduassdraget	09/90	
Berillvatn	Innfjordvassdr.	31/91	
Bitdalsmagasinet	Bitdalsmagasinet	12/87	
Bjørdal	Ørsta	-	17.04.84
Bjørheimsvatn	Bjørheim	28/86	
Bleiehølen	Nedre Otra	14/91	
Bleikvatn	Røssåga	11/86	
Bordalen	Tokke	-	13.02.84
Borredalsdammen	Fredrikstad	-	28.06.89
Botnavatn	Botnavatn (Ho)	-	11.05.85
Botnedalsvatn	Byrtevatn (Te)	-	25.03.85
Botsvatn	Otra	19/88	
Breidalsvatn	Øvre Otta	36/85	
Brulandsfoss	Jølstra	49/86	
Bygdin	Gudbrandsdalsl.	22/89	
Bygdin	Gudbrandsdalsl.	32/87 (1. versjon)	
Byglandsfjord	Otra	19/88	
Byglandsfjord (Total)	Otra	19/88	
Byrtevatn	Byrtevatn (Te)	-	25.03.85
Båtsvatn	Skjomen	19/91	
Daleelven	Sima	15/91	
Djupdal	Numedalslågen	25/90	
Dokka lokalfelt	Dokka	-	09.01.86
Dokkfløyvatn	Dokka	-	09.01.86
Dravladalsvatn	Folgefonn	42/85	
Einøvlingvatn	Hjerkinn	33/86	
Eitrheimsvågen	Ødda	-	14.05.91
Eksingedal-Vatn k1016	Eksingedal	21/88	
Elgsjøen & Marsjøen	Hjerkinn	33/86	
Emhjellevatn	Osely (S&F)	33/85	
Engeren	Trysil	-	19.02.87
Femundsenden	Trysil	-	19.02.87
Fergen	Ågårdselv (NT)	-	13.04.84
Fiskeløysa	Numedalslågen	25/90	
Fjergen	Meråkervassdrag	30/90	
Folla	Surna	50/85	
Fossmark	Fossdalselv (Ho)	03/92	
Fossvatn	Kobbely (No)	-	13.04.84
Fønnebufjorden	Numedalslågen	25/90	
Galten	Trysil	-	19.02.87
Gaula	Gaula	-	27.06.84
Gausvikvassdraget	Gausvik-Hinnøy	-	21.02.85
Glomfjord	Glomfjord	12/86	
Glomma+Gudbr.lågen	Glomma+Lågen	13/92	
Gravvatn	Sira-Kvina	22/91	
Grøttavatn	Grytten	06/91	
Gyvatn	Nedre Otra	14/91	
Gåseflå	Nedre Otra	14/91	
Hagavatn	Håelven	41/86	
Hajern	Hakavik	05/89	
Halden	Haldensvassdr.	48/86	
Halnefjorden	Numedalslågen	25/90	
Hanavatn	Numedalslågen	25/90	
Hartevatn	Otra	19/88	
Haugsdal	Haugsdalsvassdr.	11/91	
Haugfoss	Simoavassdraget	43/91	
Hegsetfoss	Nea/Nidelv	28/90	
Heimdalsvatn	Vinstra	01/88	
Hekni	Otra	19/88	
Hekni (Totalfelt)	Otra	19/88	
Hersla-inntak	Innfjordvassdr.	31/91	
Hersla totalfelt	Innfjordvassdr.	31/91	
Hittersjøen (Røros)	Hittersjøen	45/87	

## APPENDIKS forts.

Hjartdøla	Hjartdøla	21/86	
Hjerkinnmyra	Hjerkinn	33/86	
Holevatn	Stryn	67/86	
Holtsjø	Lundesokna	39/91	
Homstølvatn	Sira-Kvina	22/91	
Hoppestadvatn	Numedalslågen	25/90	
Hunsfoss	Nedre Otra	14/91	
Hvittingfoss	Numedalslågen	25/90	
Høyanger-Vestre	Høyanger	38/90	
Høyanger-Østre	Høyanger	38/90	
Høyegga	Glomma	30/89	
Håen	Lundesokna	39/91	
Innsetvatn	Barduvassdraget	09/90	
Iptovatn	Skjomen	19/91	
Jostedal - felt 1-2	Jostedal	-	09.04.85
Juklavatn	Folgefonn	42/85	
Juvann	Mandalselven	01/89	
Kaldfjord	Gudbrandsdalsl.	22/89	
Kaldfjord & Øyangen	Vinstra	01/88	
Kaldevatn	Røldal	63/86	
Kaldåni (Kaldavatn)	Eksingedal	21/88	
Katla	Aurland	62/86	
Kjørkjevatt	Numedalslågen	25/90	
Kjårdavatn	Skjomen	19/91	
Kongsfoss	Simoavassdraget	43/91	
Kongsvinger	Glomma	34/90	
Kragerø-felt 2-5	Kragerøvassdrag	20/90	
Krokvatn/Steindalsv	Oselven (Hord)	-	24.06.87
Kvanndalsvatn	Ørsta (M&R)	-	17.04.84
Kvilesteinvatn	Vik-Anlegga	07/91	
Lalm	Gudbrandsdalsl.	22/89	
Langavatn	Aurland	62/86	
Langevann	Mandalselven	01/89	
Langevatn	Sima	15/91	
Langlivassdraget	Maridalsvasdr.	13/89	
Langåsdammen	Levangerelven	-	08.07.87
Langvatn	Langvatn (M&R)	38/85	
Langvatn	Kobbelv (No)	-	13.04.84
Litledalselv	Litledalselv	03/87	
Losna	Gudbrandsdalsl.	22/89	
Lundevatn	Sira-Kvina	22/91	
Luru	Namsen	40/91	
Lutufallet	Trysil	-	19.02.87
Lyngsvatn	Årdal (Ro)	-	08.03.85
Lyse - restfelt	Lyse (Ro)	-	08.03.85
Mandal-felt 6+7	Mandalselven	01/89	
Mannflåvann	Mandalselven	01/89	
Mardalsvatn	Grytten	06/91	
Maridalselva	Maridalsvasdr.	13/89	
Meltingen	Meltingen (NT)	-	02.04.84
Mjølfjell	Mjølfjell	-	19.09.86
Mjøsa	Gudbrandsdalsl.	22/89	
Moksa	Moksavassdr.	30/85	
Muravatn	Vikja (S&F)	-	17.04.84
Mykstufoss	Numedalslågen	25/90	
Myrestølvatn	Førde/Eksinged.	04/90	
Mysevatt	Folgefonn	42/85	
Møsvatn felt 1	Tinnsjø	-	13.11.84
Møsvatn	Tinnsjø	-	14.04.88
Målsetvatn	Vik-Anlegga	07/91	
Mår	Tinnsjø	-	13.11.84
Mår-Kalhovd-Gøyst	Tinnsjø	-	14.04.88
Namsen felt 8-9	Namsen	40/91	
Namsvatn	Namsen	40/91	
Nedre Otra felt 14-18	Nedre Otra	14/91	
Nedre Skjærlivatn	Vikvassdraget	16/92	
Nesjøen	Nea (ST)	-	24.01.84
Neselva	Namsen	40/91	
Nesjen	Sira-Kvina	22/91	
Nilsebuvatn	Lyse (Ro)	-	08.03.85
Nomeland	Nedre Otra	14/91	
Norddalen	Skjomen	19/91	
Nord-Mesna	Mesna	-	18.10.85
Nordre Ankaltrud	Dokka	56/86	
Numedal-felt 20-33	Numedalslågen	25/90	
Nybergsund	Trysil	-	19.02.87
Nybro/Gammelbrofoss	Numedalslågen	25/90	
Ognhellervatn	Sira-Kvina	22/91	
Olstappen	Gudbrandsdalsl.	22/89	
Olstappen	Vinstra	01/88	
Opstveitvatn	Opstveit	-	21.02.85
Ormsa	Otra	-	22.05.85
Ousdalsvatn	Sira-Kvina	22/91	
Pikerfoss	Numedalslågen	25/90	
Piksvatn	Eksingedal	21/88	
Pinslevatt	Førde/Eksinged.	04/90	
Pålsbuffjorden	Numedalslågen	25/90	
Raudalsvatn	Gudbrandsdalsl.	22/89	
Rausandvatn	Rausandv (M&R)	39/85	
Refsdal	Refsdal (S&F)	-	13.04.84

## APPENDIKS forts.

Rembesdalsvatn	Sima	15/91	
Ringedalsmagasinet	Tyssedal	23/86	
Ringedalsvatn	Tyssedal	-	15.05.85
Roskreppfjorden	Sira-Kvina	22/91	
Rosten	Gudbrandsdalsl.	22/89	
Rundavatn	Eidfjord	61/86	
Rundavatn	Sima	15/91	
Rundavatn	Eksingedal	21/88	
Rylandsvatn	Rylandsvatn	11/87	
Rødberg	Numedalslågen	25/90	
Rødungen	Numedalslågen	25/90	
Røssvatn	Røssvatn	15/88	
Salvasskardet	Barduvassdraget	09/90	
Samsjøen	Lundesokna	39/91	
Sanddøla	Namsen	40/91	
Sandvatn	Numedalslågen	25/90	
Sarpsborg	Glomma	34/90	
Sarvsfoss	Otra	19/88	
Sarvsfoss (Totalfelt)	Otra	19/88	
Selbusjøen	Selbu	32/89	
Sennsjøen	Trysil	-	19.02.87
Siljan	Siljanvassdraget	44/86	
Simoa felt 4+5	Simoavassdraget	43/91	
Sira-Kvina felt 12-18	Sira-Kvina	22/91	
Sirdalsvatn	Sira-Kvina	22/91	
Sjoa	Gudbrandsdalsl.	22/89	
Sjusjøen	Mesna	-	18.10.85
Sjøbolet	Innfjordvassdr.	31/91	
Skarjesvatn	Otra	-	22.05.85
Skibotn	Skibotn	-	27.10.86
Skjelingsvatn	Vik-Anlegga	07/91	
Skjerjevatn	Førde/Eksinged.	04/90	
Skjerjevatn (Haugsd.)	Eksingedal	21/88	
Skjerjevatn	Eksingedal	21/88	(1. versjon)
Skjerkevann	Mandalselven	01/89	
Skollenborg	Numedalslågen	25/90	
Slørdalsv. + Vassliv.	Slørdalsvatn	08/87	
Smalevatn	Eksingedal	21/88	
Sokna	Lundesokna	39/91	
Soneren	Simoavassdr.	43/91	
Stolsvatn	Votna (Bu)	-	04.03.85
Store Sandgrovvatn	Grytten	06/91	
Store Ostervatn	Osteren	-	27.10.86
Storglomvatn	Glomfjord	26/86	
Strandevatn	Førde/Eksinged.	04/90	
Strandfossen	Glomma	30/89	
Stugusjøen	Nea/Nidelv	28/90	
Stølsvatn	Førde/Eksinged.	04/90	
Sundsbarm	Sundsbarm	20/86	
Svartangen	Daleelven	44/91	
Svartevatn	Sira-Kvina	22/91	
Svartadalsvatn	Folgefonn	42/85	
Svelgen	Svelgen	05/88	
Sviland	Sviland	06/89	
Svorka	Svorkavassdraget	33/87	
Sysendammen	Sima	15/91	
Søljensjøen	Trysil	-	19.02.87
Sønstevatn	Numedalslågen	25/90	+ 13.04.84
Tinnsjø	Tinnsjø	-	25.08.83
Tinnsjø felt 1	Tinnsjø	-	13.11.84
Tinnsjø lokal	Tinnsjø	-	14.04.88
Tinnsjø totalfelt	Tinnsjø	-	13.11.84
Tinnsjø totalfelt	Tinnsjø	-	14.04.88
Tjørhom	Sira-Kvina	22/91	
Trevatn	Randsfjorden	13/86	
Trysil	Trysilelv	-	26.01.87 dk
Tunhovdfjorden	Numedalslågen	25/90	
Tunnsjøen	Namsen	40/91	
Tunsbergdalsvatn	Leirdøla	16/91	
Tyssdalsvatn	Bjørheim	28/86	
Ulla-Førre-felt 1+2	Ulla-Førre	38/86	
Ulla-Førre felt 3	Ulla-Førre	40/86	
Urar	Otra	-	22.05.85
Valldalen	Røldal	-	03.07.84
Vasslivatn	Slørdalsvatn	08/87	
Vatnedal + Ormsa	Otra	-	22.05.85
Vatnedalsvatn	Otra	19/88	
Vekteren	Namsen	40/91	
Verma kraftverk	Verma	30/91	
Verma totalfelt	Verma	30/91	
Vermevatn	Verma	30/91	
Veslebotnvatn	Aurland	62/86	
Vestre Skjærlivatn	Vikvassdraget	16/92	
Vetlefjord	Vetlefjordelvi	50/86	
Vigeland	Nedre Otra	14/91	
Viddalsvatn	Aurland	62/86	
Vinsteren	Gudbrandsdalsl.	32/87	
Volavatn	Eksingedal	21/88	
Våtvatn	Numedalslågen	25/90	
Ytre Tverrelv	Saltdal	31/86	

APPENDIKS    forts.

Zakariasvatn	Taffjord	-	17.04.84
Øksneren	Hakavik	05/89	
Ørevann	Mandalselven	01/89	
Øvre Namsen	Namsen	40/91	
Øvre Skjærlivatn	Vikvassdraget	16/92	
Øvre Vikvatn	Vikvassdraget	16/92	
Øyarvatn	Sira-Kvina	22/91	
Åbjøra	Åbjøravassdraget	31/87	
Ålvunda	Ålvunda	-	26.06.84
Årdalsvassdr (rest)	Årdal (Ro)	-	08.03.85
Årdalsvassdr (total)	Årdal (Ro)	-	08.03.85
Årebotnvatn	Vik-Anlegga	07/91	
Årnestølsvatn	Førde/Eksinged.	04/90	