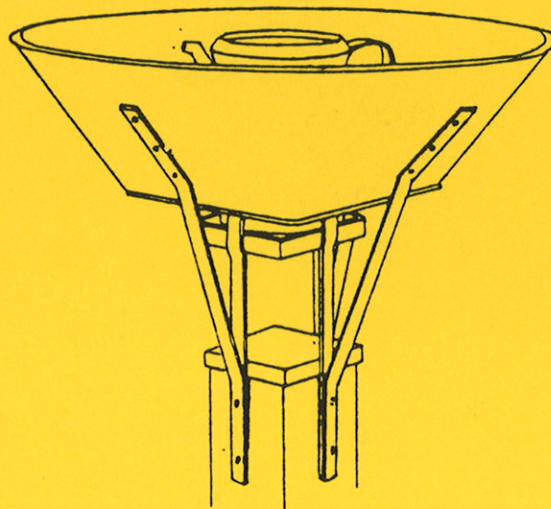


DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

PÅREGNELIGE EKSTREME NEDBØRVERDIER

AV

EIRIK J. FØRLAND



Fagrapport nr. 3/84 KLIMA

Oppdragsgiver: NVE- Hydrologisk avdeling

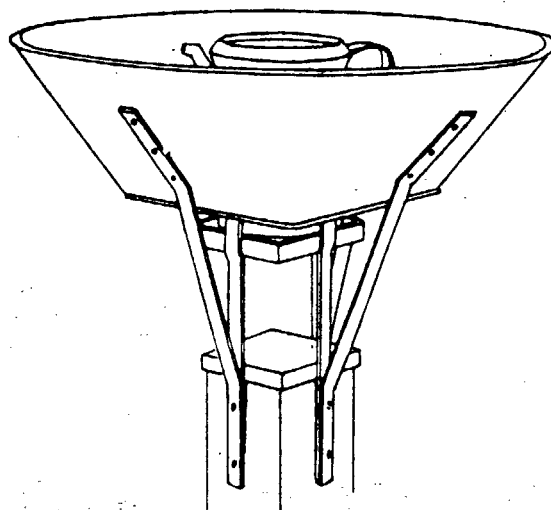
OSLO 1984

ISBN 82-7144-007-1

PÅREGNELIGE EKSTREME NEDBØRVERDIER

AV

EIRIK J. FØRLAND



Fagrapport nr. 3/84 KLIMA

Oppdragsgiver: NVE- Hydrologisk avdeling

OSLO 1984

DNMI - RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 320 BLINDERN 0314 OSLO 3
TELEFON : (02) 60 50 90

ISBN

82-7144-007-1

RAPPORT NR.

3/1984 KLIMA

DATO

03.07.1984

TITTEL

PAREGNELIGE EKSTREME NEDBØRVERDIER

UTARBEIDET AV

EIRIK J. FØRLAND

OPPDRAGSGIVER

NVE - HYDROLOGISK AVDELING

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG

Rapporten gir en beskrivelse av en metode for beregning av påregnelige ekstreme nedbørverdier med ulike gjentakelsestider, - bl.a. 100 år, 1000 år og "påregnelig maksimal nedbør". Metoden muliggjør beregning av påregnelige nedbørverdier i Norge for varigheter fra 1 time til 8 døgn, - både på års- og årstidsbasis. Hovedvekten legges på 24 timers verdier, og det gis også en oversikt over de største observerte døgnverdier. De største observerte nedbørverdier i Norge i løpet av varigheter fra 1 minutt til 30 døgn blir også presentert. Til slutt gis noen praktiske regneeksempler på beregning av påregnelig ekstremnedbør for punkter og nedbørfelt.

UNDERSKRIFT

Eirik J. Førland

Eirik J. Førland

PROSJEKTLEDER

Bjørn Aune

Bjørn Aune

FAGSJEF

I N N H O L D .

1. INNLEDNING	2
2. NERC - METODEN	3
3. SAMSVAR MELLOM ESTIMAT MED NERC-METODEN OG ANDRE METODER ...	8
4. REDUKSJONSFAKTOR FOR OMREGNING FRA PUNKTNEDBØR TIL AREALNEDBØR	8
5. 24-TIMERS M5-VERDIER I NORGE	11
6. PÅREGNELIG MAKSIMAL NEDBØR I LØPET AV 24 TIMER I NORGE	16
7. ÅRSTIDSVARIASJON I M5(24h)-VERDIER	19
8. PÅREGNELIG NEDBØR I NORGE FOR ANDRE VARIGHETER ENN 24 TIMER.	22
9. OBSERVERTE EKSTREME NEDBØRHØYDER I NORGE	24
10. PRAKTISK BEREGNING AV MT OG PMP FOR PUNKT/FELT	28
11. GJENSTÅENDE OPPGAVER	31
12. EFTERORD	31
13. LITTERATUR	32

1. INNLEDNING

I de nye damforskrifter inngår bl.a. beregning av dimensjonerende flom og "påregnelig maksimal flom". Disse flom-estimat skal fastsettes på grunnlag av en analyse av de ugunstigst mulige kombinasjoner av meteorologiske og hydrologiske forhold. Dette krever kjennskap til bl.a. observerte og sannsynlige ekstreme nedbørverdier for ulike nedbørfelt.

I DNMI's arbeidsnotat "KLIMA 20" [1] ble det beskrevet en mulig fremgangsmåte for beregning av "påregnelig maksimal nedbørhøyde" (PMP) for norske målestasjoner. Utgangspunktet er en metode (her kalt: NERC - metoden) utviklet for Storbritannia [2]. Foreløpige analyser tyder på at metoden også gir realistiske resultater for norske forhold, men det gjenstår ennå en del testing og raffinering før metoden kan taes rutinemessig i bruk.

Arbeidet med nye damforskrifter er imidlertid i full gang, og DNMI har allerede fått en del forespørsler om ekstremverdi - estimater av nedbør for ulike nedbørfelt. De viktigste nedbør - estimat som ønskes i forbindelse med beregningene av ekstreme flommer er:

- a) 24 timers verdi for 1000 års og påregnelig maksimal nedbør på årsbasis.
- b) 24 timers verdi for 1000 års og påregnelig maksimal nedbør for spesielle årstider.
- c) 1000 års og PMP - verdi for andre varigheter enn 24 timer.
- d) Nedbørforløp i ekstrem episoder.
- e) Omregning fra punktnedbør til arealnedbør.
- f) Opplysninger om representative nedbørstasjoner for feltet, og om maksimal observert nedbør i området.

I denne rapporten vil det bli gitt en presentasjon av en fremgangsmåte som kan brukes, - med eksempler på praktisk beregning av ekstremverdier for ulike punkt/nedbørfelt.

2. NERC - METODEN.

Fremgangsmåten for beregning av "påregnelige" ekstreme nedbørverdier for norske målesteder/nedbørfelt, tar utgangspunkt i en metode utviklet for Storbritannia i regi av National Environment Research Council, NERC [2]. Datagrunnlaget var vesentlig større enn det vi har til disposisjon i Norge. Det besto av døgnlige nedbørdata fra 600 stasjoner med gjennomsnittlig datarekke på 60 år, og 6000 stasjoner med 10 års serie av døgndata. Dette tilsvarer døgnlige nedbørhøyder for ca. 100 000 stasjonsår. I tillegg forelåg det data over korttidsnedbør (< 1 times oppløsning) fra ca. 200 stasjoner, og månedssummer for ca. 1000 supplerende stasjoner.

Analyser av dette store datamaterialet fra Storbritannia [2], viste at forholdstallet MT/M5 kunne fremstilles som en funksjon kun av M5, dvs. uavhengig av varighet av nedbørepisoden.

Tab. 1 Forkortelser og definisjoner.

PN:	Normal årlig nedbørhøyde i perioden 1931 - 1960.
MT:	Nedbørverdi med gjennomsnittlig gjentakelsestid en gang i løpet av T år.
M5:	Nedbørverdi med gjennomsnittlig gjentakelsestid en gang i løpet av 5 år.
M100:	Nedbørverdi med gjennomsnittlig gjentakelsestid en gang i løpet av 100 år.
M1000:	Nedbørverdi med gjennomsnittlig gjentakelsestid en gang i løpet av 1000 år.
PMP:	Påregnelig maksimal nedbørverdi.

Det ble i [2] påvist at forholdstallet MT/M5 varierte svakt med geografisk beliggenhet, og det ble presentert ett sett med forholdstall for England og Wales, og ett for Skotland og Nord-Irland. Foreløpige analyser tyder på at verdiene for Skotland og Nord-Irland gir best tilpasning til norske forhold.

Eftersom $MT/M5 = f(M5)$ er $MT = M5 \cdot f(M5)$, og denne funksjonssammenheng er vist grafisk i fig. 1. Det kan nevnes at for norske

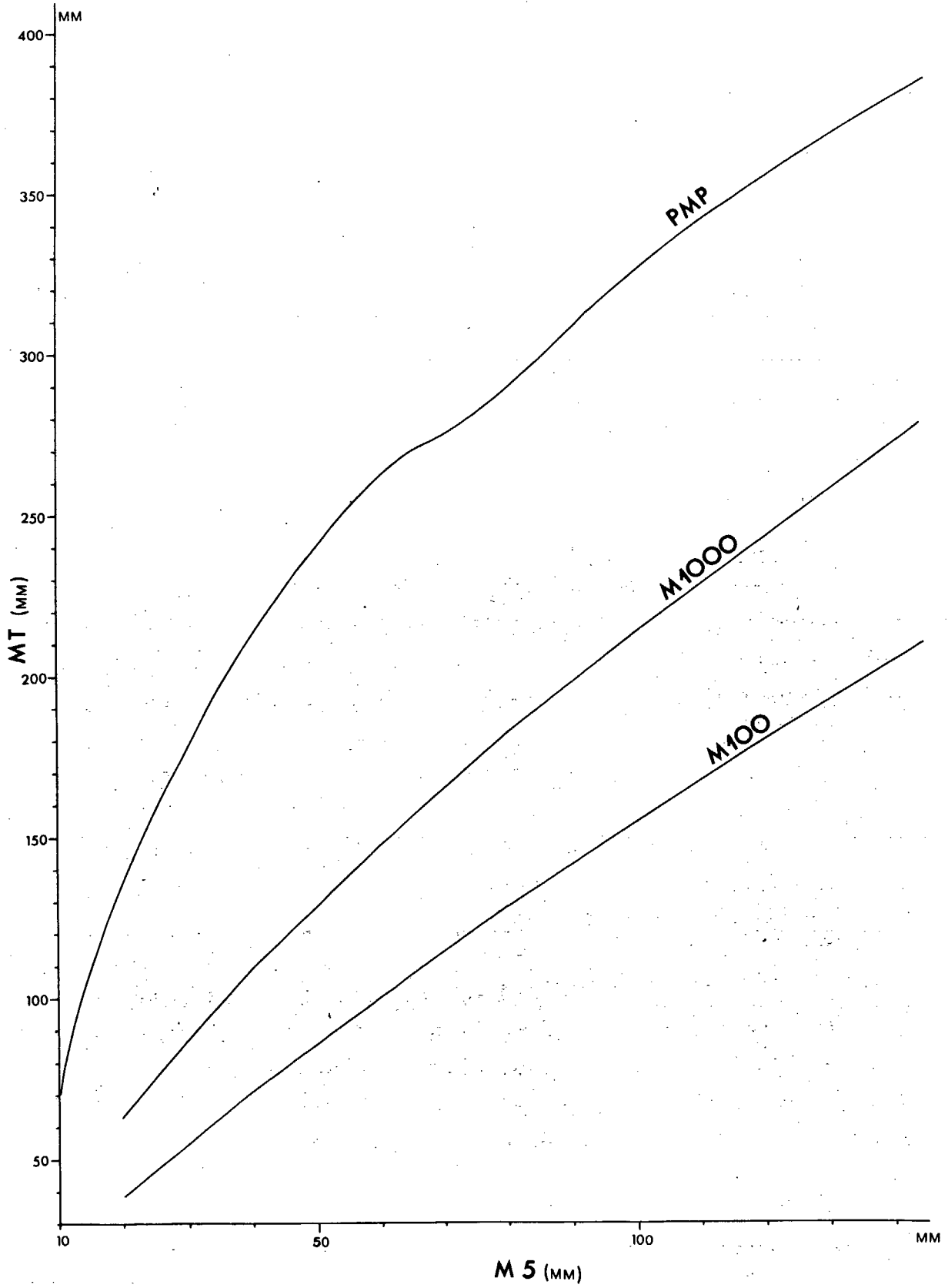


Fig. 1 Påregnelig ekstremnedbør (M 100, M 1000 og PMP) som funksjon av M 5 - verdi (fra [2]).

nedbørstasjoner varierer 24 timers M5 - verdier fra ca. 30 mm på 1566 Skjåk, og til ca. 140 mm på 5035 Samnanger og 8020 Lurøy (se fig. 5). Av fig. 1 vil det fremgå at til M5 = 30 mm svarer M100 = 55 mm, M1000 = 88 mm og PMP = 178 mm. Til M5 = 140 mm svarer M100 = 204 mm, M1000 = 271 mm og PMP = 380 mm. Dvs. for norske målestasjoner vil påregnelig maksimal nedbørhøyde i løpet av 24 timer ifølge NERC - metoden variere mellom 178 og 380 mm.

Ifølge [2] kan påregnelig ekstrem nedbør i løpet av T år beskrives med god tilnærmedelse med formelen:

$$(1) \quad MT = M5 \cdot e^{c \cdot [\ln(T-0.5) - 1.5]}$$

Det er i [2] påvist at faktoren c i lign. (1) er en funksjon av M5. Den funksjonelle sammenheng er vist grafisk i fig. 2.

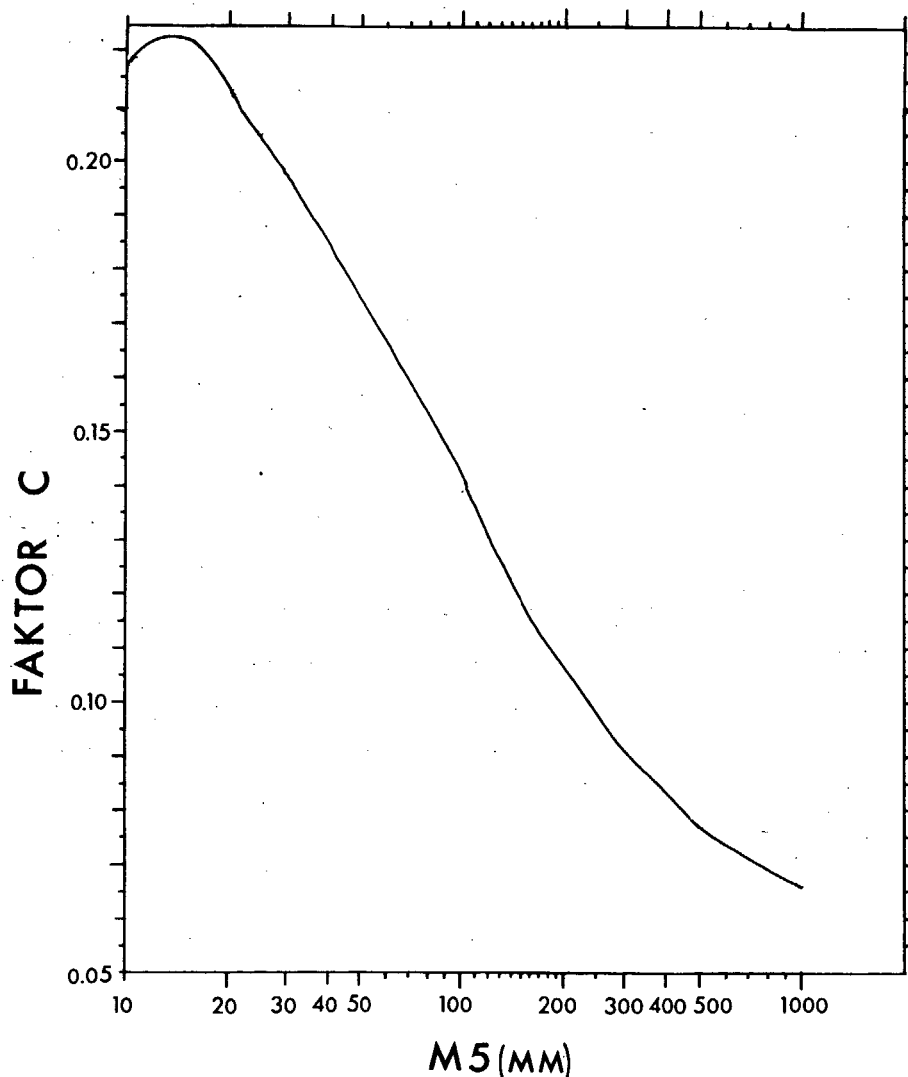


Fig. 2 Faktor c i lign. (1) som funksjon av M 5 - verdi.

For å unngå problemet med at måletidspunktet kl 08 (07) deler en nedbørepisode i to, er det i Storbritannia lagt mest vekt på å studere ekstrem nedbør i løpet av 2 døgn-perioder. Fra målese-riene med korttidsdata er det funnet en-times verdier, og fra datamaterialet fra 7000 stasjoner er det funnet månedsverdier. Fra de beregnede M5 verdier i løpet av 1 time, 2 døgn og 1 måned, er det så i [2] gitt omregningsfaktorer for estimering av M5-verdier for vilkårlige varigheter.

Eftersom det for norske forhold er størst interesse for 24 timers-verdier, har vi foreløpig funnet det mest hensiktsmessig å legge hovedvekt på beregning av påregnelige nedbørhøyder i løpet av 24 timer. For omregning fra 1 nedbørdøgn (kl 08 - 08) til vilkårlig 24 timers periode er det benyttet den justeringsfaktor på 1.13 som er anbefalt av WMO [3]. (For Storbritannia er det i [2] funnet en tilsvarende justeringsfaktor på 1.11. Det er ikke usannsynlig at en slik justeringsfaktor vil variere regionalt i Norge. Dette håper vi å kunne avklare siden).

Tab. 2 gir en grov og forenklet oversikt over justeringsfaktorer som er gitt i [2] for omregning av M5-verdier til andre nedbør-varigheter enn 24 timer. Verdiene for varigheter på over 24 timer er i dette notatet omregnet fra 2 døgn til 24 timers referanse. Verdiene for varigheter under 24 timer er i [2] strengt tatt ikke en funksjon av PN, men av geografisk beliggenhet. Bruk av verdiene i tab. 2 for norske forhold vil bli kommentert i kap. 8 og kap. 9.

Tab. 2 Forholdstall mellom M5 (n timer) og M5 (24 timer) (fra [2]).

	Normal årsnedbør (1941-1970) i 100 mm							
	5-6	6-8	8-10	10-14	14-20	20-28	28-40	>40
M5(1h)/M5(24h)	0.46	0.41	0.35	0.32	0.30	0.27	0.23	0.16
M5(2h)/M5(24h)	0.54	0.50	0.45	0.40	0.38	0.36	0.33	0.25
M5(6h)/M5(24h)	0.72	0.68	0.65	0.61	0.60	0.56	0.53	0.45
M5(12h)/M5(24h)	0.85	0.83	0.80	0.78	0.77	0.76	0.73	0.69
M5(2d)/M5(24h)	1.11	1.14	1.18	1.22	1.25	1.27	1.30	1.37
M5(48h)/M5(24h)	1.18	1.21	1.25	1.29	1.33	1.35	1.38	1.45
M5(72h)/M5(24h)	1.29	1.33	1.40	1.46	1.51	1.54	1.60	1.71
M5(96h)/M5(24h)	1.40	1.47	1.57	1.66	1.73	1.77	1.86	2.01
M5(192h)/M5(24h)	1.80	1.91	2.11	2.31	2.44	2.53	2.68	2.90

Det fremgår av tab. 2 at for en stasjon med normal årsnedbør på f.eks. 1200 mm, vil 48 timers M5-verdi være ca. 30 % høyere enn 24 timers verdien, mens 6 timers verdien er ca. 60 % av 24 timers verdien. Det er interessant å merke seg at 1 times verdi for stasjoner med $PN \approx 500$ mm utgjør nesten 50 % av 24 timers verdien.

Grunnlaget for estimatene i [2] av påregnelig maksimal nedbør (PMP) er dels omhyllingskurver for observerte og beregnede ekstremverdier, og dels betraktninger over hvor meget vann som kan felles ut av atmosfæren i gitte tidsintervall. Det er mulig at DNMI's nedbørvarslingsmodell kan brukes til å gi estimat av maksimal nedbørutfelling over ulike områder i Norge. Men bl.a. på grunn av problemer med å ta hensyn til stabilitet (konvektiv nedbør) og maksimalisering av input-parametre (fordeling av vind, fuktighet og temperatur) er slike beregninger ikke utført foreløpig.

3. SAMSVAR MELLOM ESTIMAT VED NERC - METODEN OG ANDRE METODER.

Overensstemmelsen mellom påregnelige 24 timers nedbørverdier i Norge beregnet ved h.h.v. NERC - metoden og Gumbel's ekstremverdifordeling er belyst i [1]. Det fremgikk at det var godt samsvar mellom estimatene fra de to metodene; - med korrelasjonskoeffisient høyere enn 0.98 både for M100 og M1000(n=43). Det var dog en svak tendens til at NERC - metoden ga litt lavere estimat enn Gumbel for stasjoner med høye M100 og M1000 verdier, og litt høyere estimat for stasjoner med lave M100 og M1000 verdier.

Til beregning av PMP fra serier av nedbørdata fra individuelle målestasjoner, anbefaler WMO [4] en statistisk metode utviklet av Hershfield [5], der påregnelig maksimal nedbør er gitt ved:

$$(2) \text{ PMP}_{\text{Hershfield}} = \bar{P} + K \cdot S_p$$

der \bar{P} og S_p er h.h.v. middelerverdi og standardavvik av de årlige observerte maksimumsverdier på en stasjon, og K er en faktor som avhenger av nedbørvarighet og størrelse på \bar{P} . (For 1 døgns nedbør på norske stasjoner varierer K fra ca. 15 til ca. 19, cfr. fig. 5.8 i [4]).

Fig. 3 viser spredningsdiagram mellom 24 timers PMP - verdier for norske stasjoner, beregnet ved h.h.v. NERC og Hershfield's metoder. Korrelasjonskoeffisienten mellom estimatene fra de to metodene er 0.93 (n=49). Det fremgår av fig. 3 at for PMP_{NERC} større enn ca. 220 mm gir Hershfield's metode noe høyere PMP - verdier enn NERC - metoden. Avviket er størst for 8020 Lurøy, der $\text{PMP}_{\text{NERC}} = 382$ mm, mens $\text{PMP}_{\text{Hershfield}} = 566$ mm. De prikkede linjer i fig. 3 viser at det bare for et fåtall stasjoner er større avvik enn 25% mellom de to metodene.

4. REDUKSJONSFAKTOR FOR OMREGNING FRA PUNKTNEDBØR TIL AREALNEDBØR.

Fremgangsmåten beskrevet i kap. 2 gir estimat av påregnelig ekstrem punktnedbør. For å kunne gi estimat av ekstrem arealnedbør trengs for det første punktverdier for ett eller flere representative punkter i det aktuelle område. Derefter må disse punkt-estimatene justeres for "samtidighet" ved hjelp av en "areal-reduksjons-faktor", ARF.

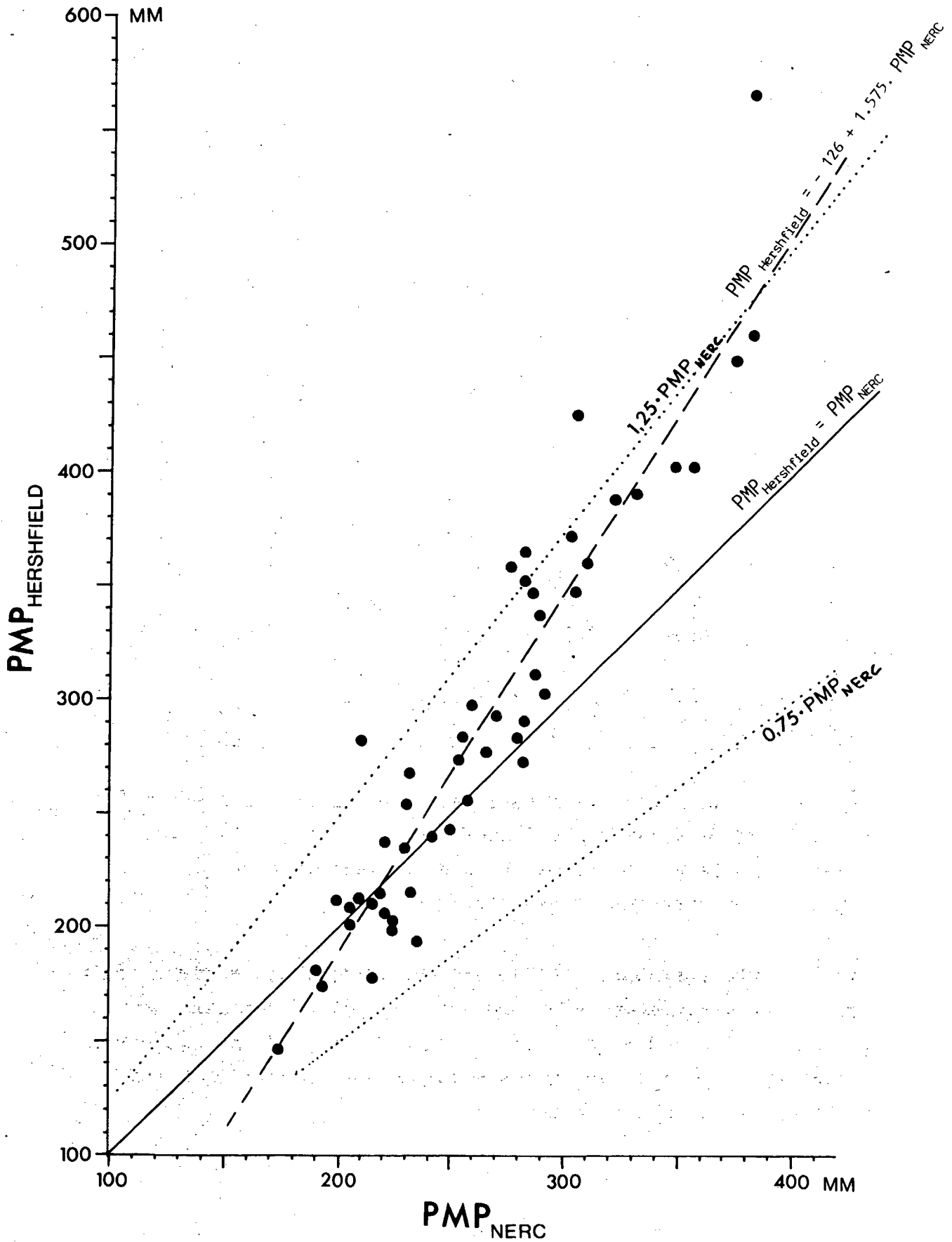


Fig. 3 Sammenheng mellom påregnelig maksimal ett-døgns nedbør beregnet ved NERC - metoden [2] (abscisse) og ved Hershfield's metode [4].

Datagrunnlag: Døgnlige nedbørverdier fra 49 norske målestasjoner.

For Storbritannia ble det funnet [2] at ARF for et gitt område og gitt nedbørvarighet ikke varierte nevneverdig med gjentakelsesperiode T. Det ble påvist at variasjonen i ARF med nedbørvarighet og områdestørrelse var den samme for et vidt spekter av områder i Storbritannia. Disse variasjonene i ARF for nedbørvarigheter fra 1 minutt - 25 døgn, og for områdestørrelser fra 1 km² - 30 000 km² er oppsummert i [2]. Et lite utdrag av ARF verdier fra [2] er gjengitt i tab. 3.

Tab. 3 Arealreduksjons-faktor (ARF) som funksjon av nedbørvarighet og områdestørrelse (fra tab. 5.2 og fig. 5.1 i [2]).

Varighet	OMRÅDESTØRRELSE (KM ²)					
	1	10	100	300	1000	10000
10 min	0.93	0.83	0.59	0.47	0.32	-
1 h	0.96	0.91	0.79	0.71	0.62	0.44
2 h	0.97	0.93	0.84	0.79	0.73	0.55
6 h	0.98	0.96	0.90	0.87	0.83	0.73
12 h	0.99	0.97	0.92	0.90	0.86	0.80
24 h	0.99	0.97	0.94	0.92	0.89	0.83
48 h	-	0.98	0.96	0.94	0.91	0.86
96 h	-	0.99	0.97	0.96	0.93	0.88
192 h	-	-	0.98	0.97	0.95	0.90

Det synes å være god overensstemmelse mellom ARF-verdiene i [2] og tilsvarende ARF-verdier funnet i andre land [6], [7]. Også ARF-verdier basert på Plumatic-data fra Oslo-området [8] er i rimelig overensstemmelse med verdiene i [2].

Det kan ikke utelukkes at ARF-verdiene i Norge vil variere regionalt. For varigheter på 12 timer eller mer, er det ikke usannsynlig at arealreduksjonen er større i områder med mye konvektiv nedbør enn i områder der store nedbørmengder til en stor grad skyldes orografiske effekter.

5. 24 - TIMERS M5-VERDIER I NORGE.

Ved DNMI er det p.t. tilbakepunchet døgnlige nedbørhøyder fra ca. 1895 - d.d. for 49 nedbørstasjoner. Beliggenheten av disse stasjonene er vist på fig. 4. Fra nedbørseriene fra disse stasjonene er det beregnet års- og årstidsverdier av M5 for varigheter fra 1 - 30 døgn. M5 - verdiene for 1 nedbørdøgn er justert til å gjelde for vilkårlige 24 timers intervall v.h.j.a. justeringsfaktoren 1.13 (se kap. 2). Den geografiske fordeling av M5(24h) verdier er vist i fig. 5.

Det fremgår av fig. 5 at det er et klart regionalt mønster i M5(24h) - verdier i Norge. De laveste verdier, 30 - 50 mm forekommer ved stasjonene i nordlige og østlige strøk av Østlandet, samt i Finnmark og størstedelen av Troms. Høyest verdier forekommer i maksimumsonen for nedbør på Vestlandet og i Nordland; med M5(24h) - verdier på over 130 mm.

Isolinjene i fig. 5 viser kun det storstilte mønster basert på 49 målepunkter, og det er ikke tatt hensyn til f.eks. topografi. Et tettere nett med målepunkter ville trolig gitt langt flere detaljer i isolinjemønsteret.

Det vil fremgå at isolinjemønsteret i fig. 5 har mange likhetstrekk med isohyetmønsteret til normal årlig nedbørhøyde (PN) i Norge. Dette kartet er gjengitt i fig. 6, og er basert på et langt tettere stasjonsnett enn fig. 5. På dette kartet er det også i stor grad tatt hensyn til terrengets innvirkning på nedbørfordelingen.

Fig. 7 viser isolinjemønsteret for forholdstallet $M5(24h)/PN$. Det fremgår at den sterke gradient i M5(24h) - verdier på Vestlandet og i Nordland på det nærmeste er eliminert. (I det sterke gradientfeltet for M5/PN ved 0910 Foldal - 1566 Skjåk betyr en endring i M5/PN med 1% enhet, en endring i M5 - verdi med mindre enn 5 mm). Fig. 7 viser at M5(24h) ytterst på Vestlandskysten utgjør ca. 4% av normal årsnedbør, mens den i nordlige deler av Østlandet utgjør over 10% av årsnedbøren.

Ved hjelp av fig. 6 og fig. 7 er det mulig å estimere M5(24h) - verdi for vilkårlige punkter i Norge, og M100, M1000 og PMP - verdier kan så estimeres fra fig. 1 eller fra lign. (1).

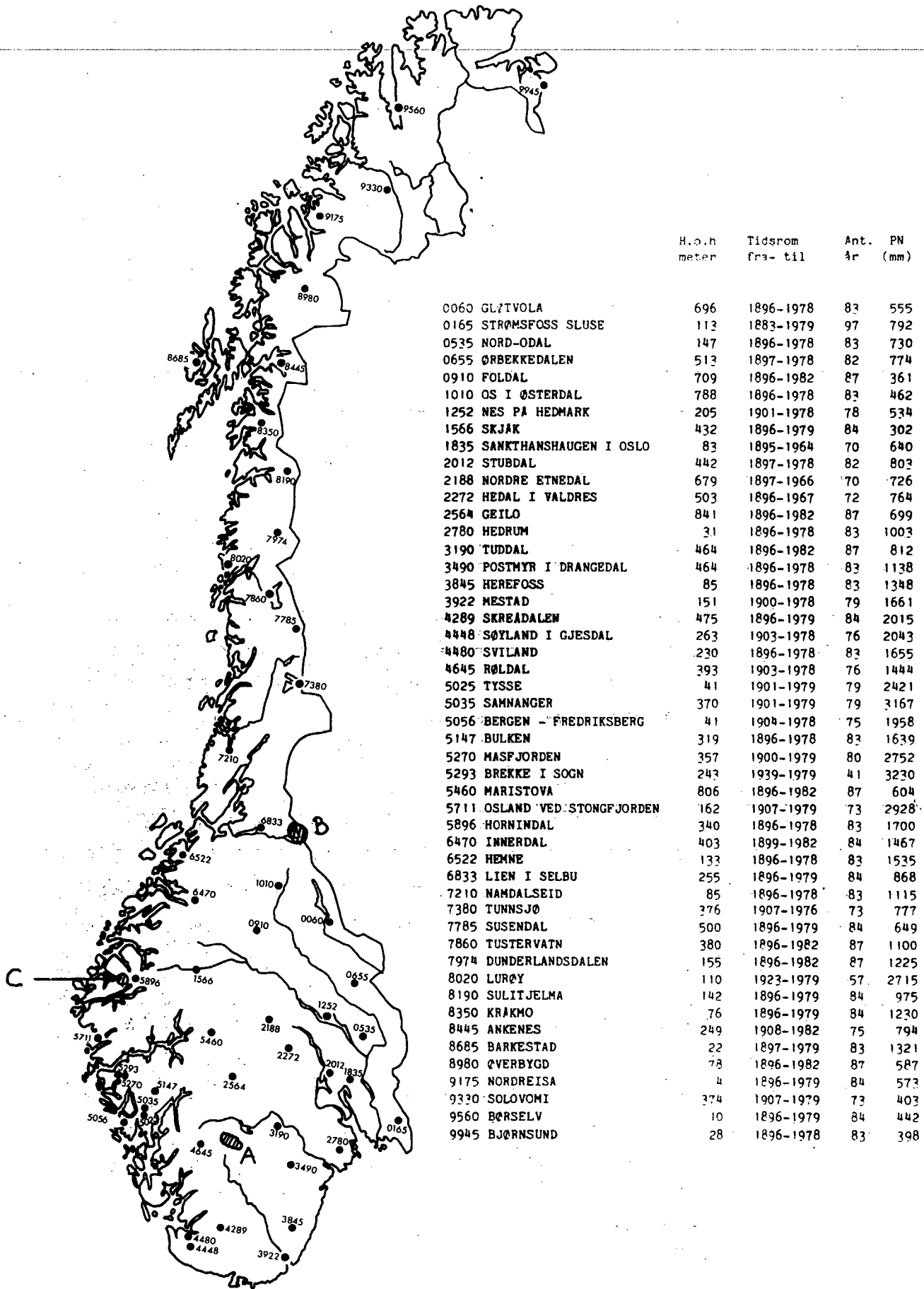


Fig. 4 Stasjonsoversikt.

Nedbørfelt som er brukt som regneeksempler i kap. 10 er merket med A, B og C.

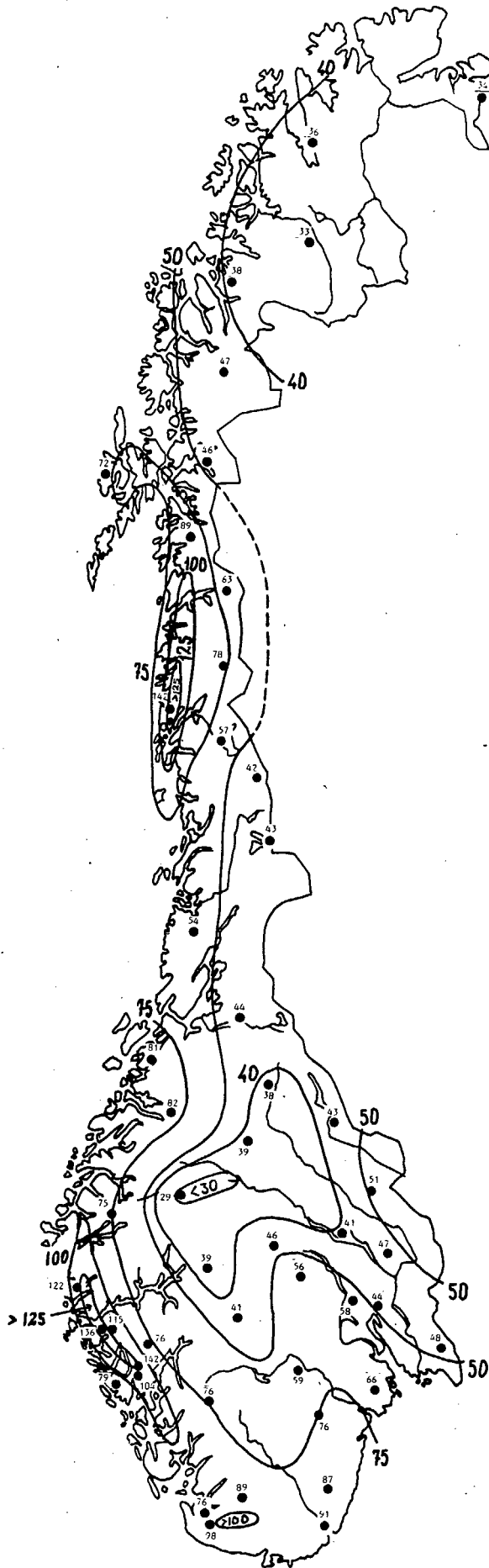


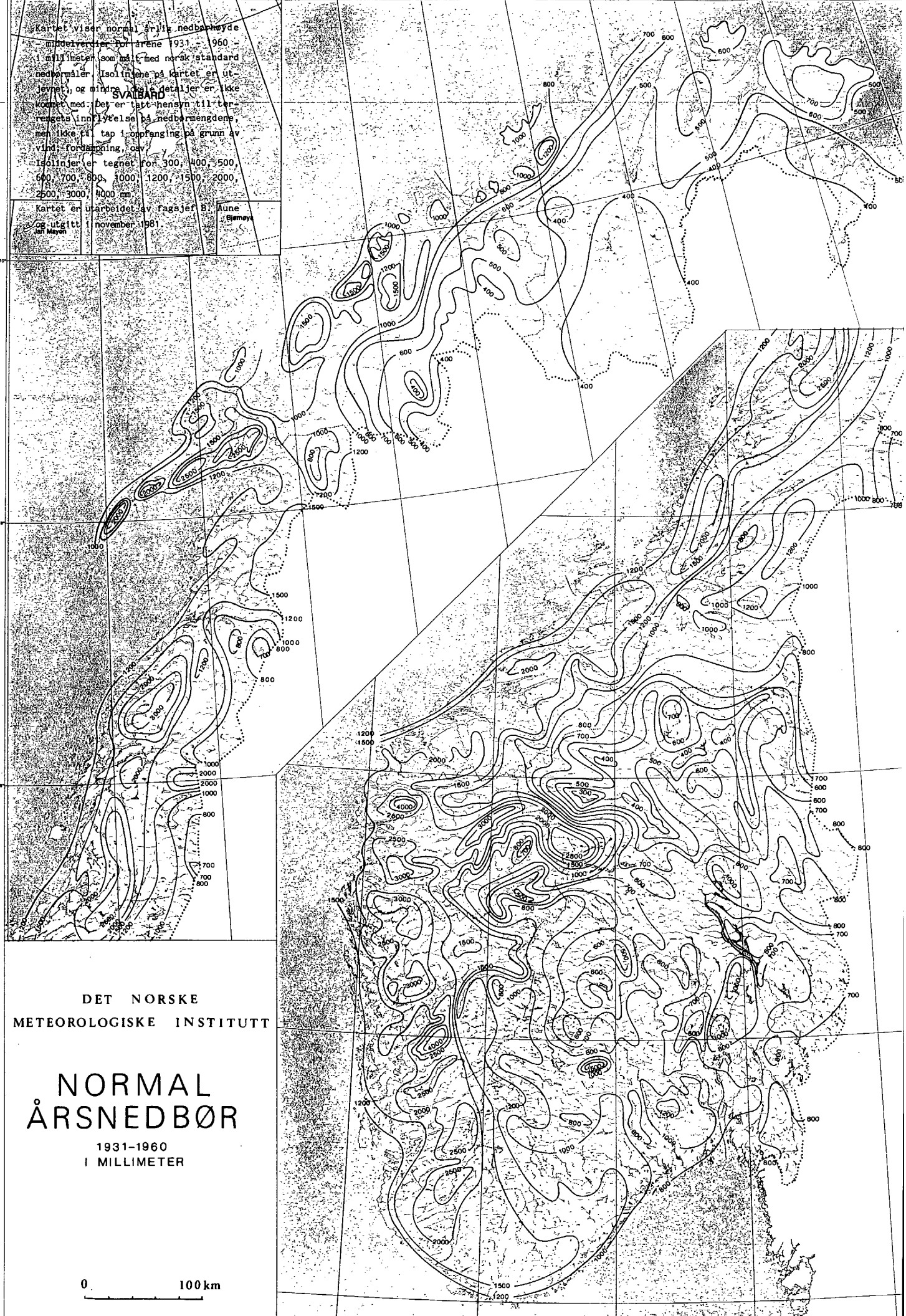
Fig. 5 24 timers M 5 - verdier (mm)

Kartet viser normal årlig nedbørsmenge i millimeter, som målt med norsk standard nedbørmåler. Isolinjene på kartet er utjevnet, og mindre detaljer er ikke kommet med. Det er tatt hensyn til terrengets innflytelse på nedbørmengdene, men ikke til tap i oppfangning på grunn av vindfordampning, osv.

Isolinjer er tegnet for 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000 mm.

Kartet er utarbeidet av fagleder B. Aune og utgitt i november 1981.

Blåmøy



DET NORSKE
METEOROLOGISKE INSTITUTT

NORMAL ÅRSNEDBØR

1931-1960
I MILLIMETER



For Storbritannia er det utarbeidet kart over forholdstallet $M5(2d)/PN$ [2]. Dette forholdstallet varierer fra ca. 5% på vestkysten av Skotland og Wales, til ca. 9% på kysten av Sørøst-England. Omregnet til $M5(24h)/PN$ svarer dette til variasjon fra ca. 4% på vestkysten (dvs. omlag som på vestkysten av Norge), til ca. 8% i de tørreste områder i Øst-England. Dette er omlag som i områder i Norge med tilsvarende årsnedbør (nordlige del av Øst-Norge, Finnmarksvidda).

Både fordelingen av $M5(24h)$ - verdier og av forholdstallet $M5(24h)/PN$ viser således omtrent samme øst-vest variasjon, og er av omlag samme størrelsesorden både i Norge og Storbritannia. Spennvidden i normal årsnedbør i Storbritannia er også omtrent som i Norge, med verdier på over 4000 mm i maksimumssonen på vestkysten, og til under 500 mm i de nedbørfattigste strøk på østkysten.

Disse likhetstrekk i fordelingen av normal årsnedbør og $M5$ - verdier, samt det relativt gode samsvar mellom $M100$ - og $M1000$ -verdier mellom NERC og Gumbel-metoden (kap. 3), bestyrker antagelsen om at NERC-metoden vil gi realistiske estimat av påregnelige ekstreme nedbørverdier også i Norge.

6. PÅREGNELIG MAKSIMAL NEDBØR I LØPET AV 24 TIMER I NORGE.

Når $M5$ - verdien for et punkt er kjent, kan påregnelig maksimal nedbør estimeres v.h.j.a. fig. 1. For de 49 målesteder det er beregnet $M5(24h)$ - verdier for, er $PMP(24h)$ plottet inn på fig. 8. Det fremgår at $PMP(24h)$ verdien varierer fra under 200 mm i nordlige deler av Østlandet og på Finnmarksvidda, til over 375 mm i maksimumssonen for nedbør på Vestlandet og i Nordland. (I Storbritannia varierer $PMP(24h)$ fra ca. 250 mm på østkysten av Skotland og indre deler av Øst-England, til over 350 mm på vestkysten av Skotland og over 400 mm i enkelte områder i Wales og Sørvest-England (Cornwall) [2]).

På samme måte som for $M5$ - verdiene, gir isolinjene i fig. 8 bare det storstilte regionale mønster for $PMP(24)$ - verdiene. Det er ikke tatt hensyn til f.eks. topografi ved trekking av isohyetene, og det faktiske isohyetmønster vil ha langt flere detaljer enn fig. 8 antyder.

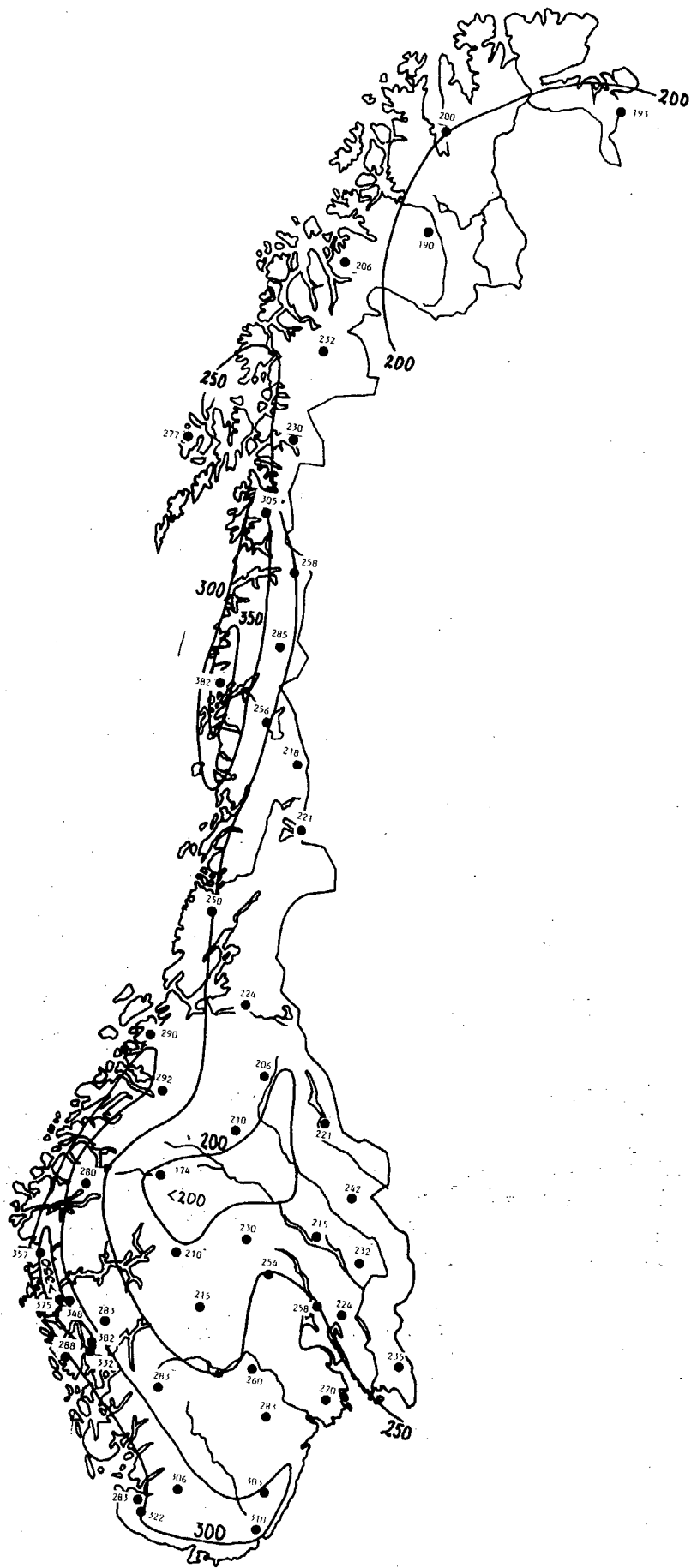


Fig 8 Påregnelig maksimal nedbør (mm) i løpet av 24 timer.

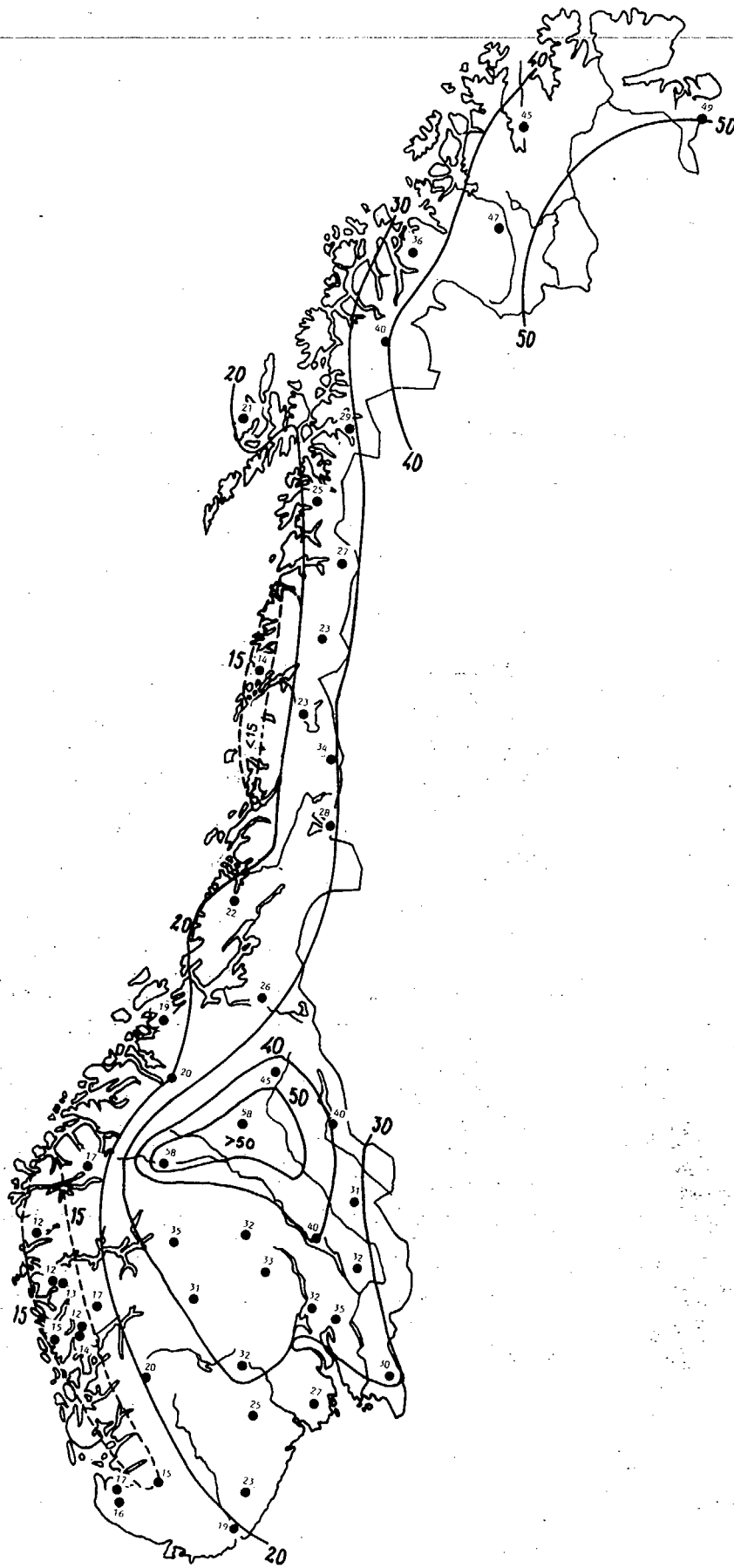


Fig. 9 Forholdstall (i prosent) mellom påregnelig maksimal 24 timers nedbør og normal årsnedbør.

Fig. 8 viser at det er sterke gradienter i PMP - isolinjene på Vestlandet og i Nordland. Disse gradienter blir til en stor grad eliminert ved å betrakte forholdstallet $PMP(24h)/PN$ (fig. 9) istedet for $PMP(24h)$. Det regionale mønster for dette forholdstallet viser verdier på 12-15% i maksimumssonen for nedbør på Vestlandet og i Nordland, og nærmere 60% i nordlige deler av Østlandet. Dvs. i Foldal - Skjåk området utgjør påregnelig maksimal nedbør i løpet av 24 timer over halvparten av normal års-nedbør.

7. ÅRSTIDSVARASJONER I $M5(24h)$ - VERDIER.

For flomberegninger er det viktig å vite hvilke ekstreme nedbørverdier som kan forventes til ulike årstider. I det foreliggende datamateriale er det beregnet separate $M5(24h)$ - verdier for følgende årstidsinndeling: Sommer (juni, juli, aug), Høst (sep, okt, nov, des (desember er regnet som høst-måned av regnetekniske årsaker)), Vinter (jan, feb, mar) og Vår (apr, mai). For hver av disse årstider er forholdstallet mellom 24 timers - verdier av $M5(\text{årstid})/M5(\text{år})$ beregnet.

Verdiene for sommer er vist i fig. 10. De viser at sommerstid er $M5$ - verdiene i mesteparten av Østlandsområdet og Finnmarksvidda 90-100% av årsverdien, mens de i midtre Vestlandsstrøk (øst for maksimumssonen for nedbør), og på kysten fra Møre-Troms er under 60%.

Høstverdiene (fig. 11) utgjør over 90% av årsverdiene av $M5$ for hele kyststrekningen fra Oslofjorden til Troms. På Finnmarksvidda er $M5$ - verdiene under 70% av årsverdiene, og i nordlige deler av Østlandet under 60%.

Vinterstid (fig. 12) 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 (fig. 13) er det forholdsvis små regionale variasjoner 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.

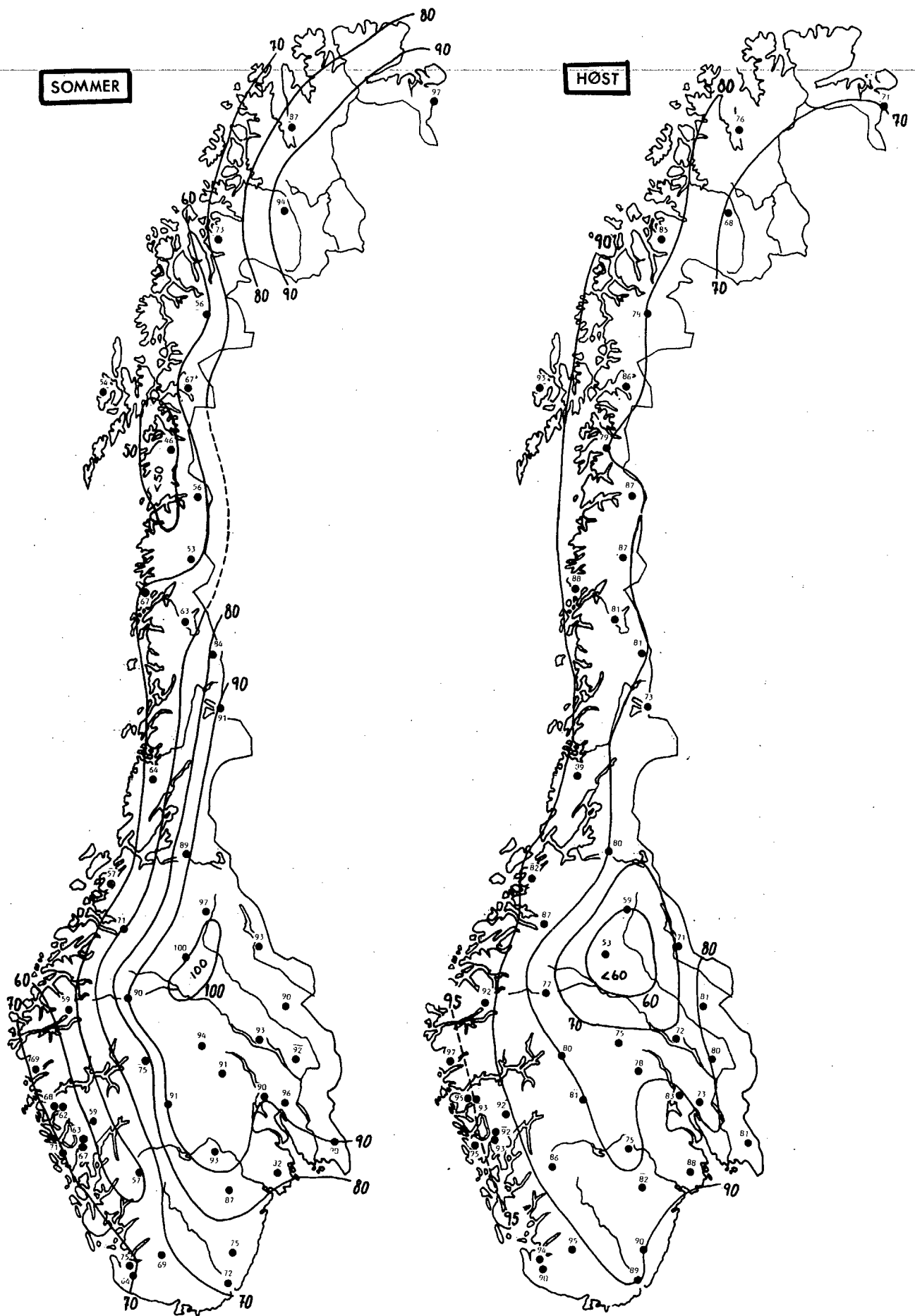


Fig. 10 og 11 Forholdstall (i prosent) mellom årstidsverdi og årsverdi av M 5 (24 h).

Fig. 10: Sommer (Jun, Jul, Aug), Fig. 11: Høst (Sep, Okt, Nov, Des)

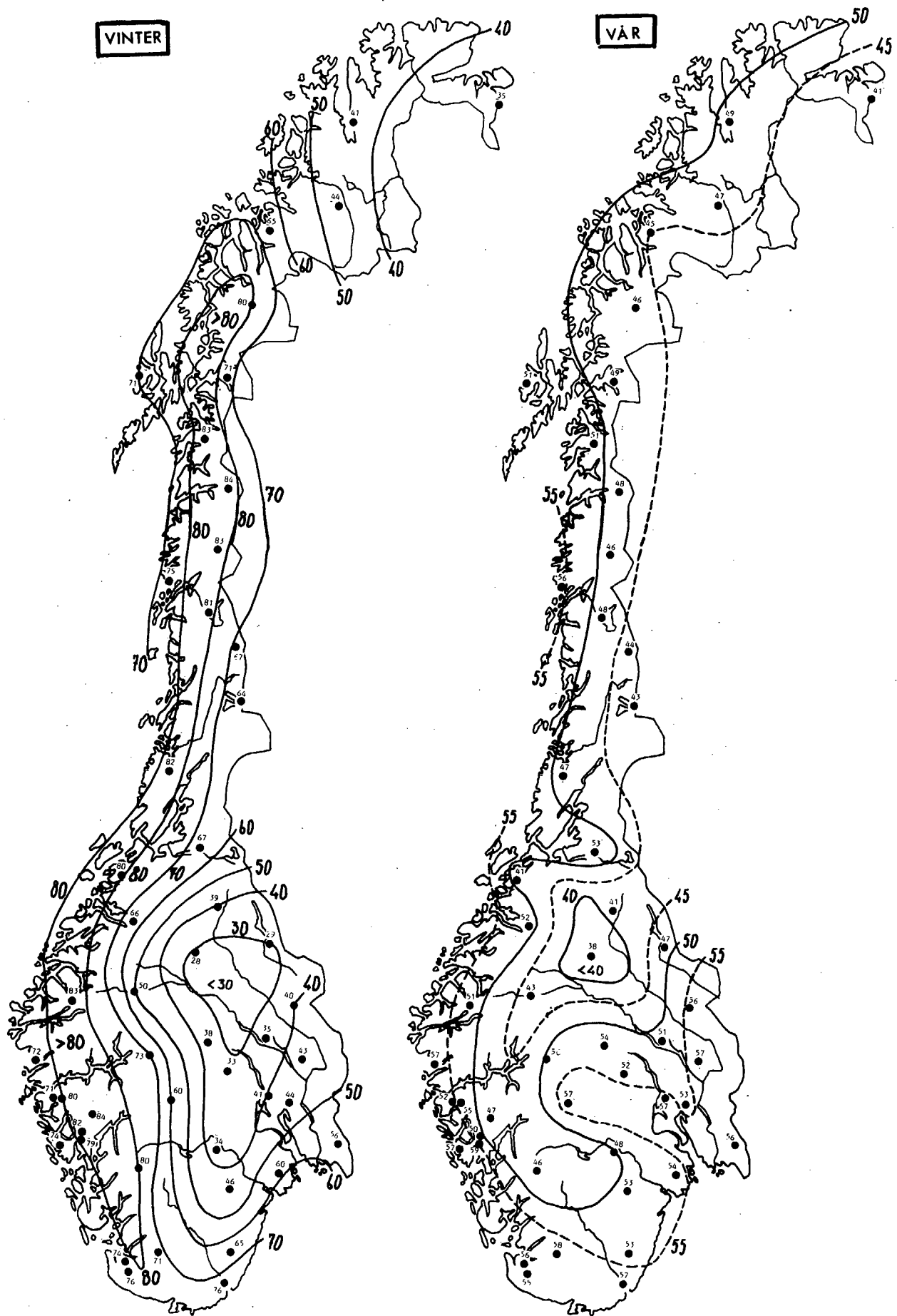


Fig. 12 og 13 Forholdstall (i prosent) mellom årstidsverdi og årsverdi av M 5 (24 h).

Fig. 12: Vinter (Jan, Feb, Mar), Fig. 13: Vår (Apr, Mai).

8. PÅREGNELIG NEDBØR I NORGE FOR ANDRE VARIGHETER ENN 24 TIMER.

I utgangspunktet kan verdiene i tab. 2 brukes til å finne M5 - verdier for andre varigheter enn 24 timer. Foreløpige erfaringer fra norske stasjoner tyder imidlertid på at for varigheter på mindre enn 24 timer gir M5 - verdier fra tab. 2 for høye estimat av MT og PMP, og for varigheter på over 24 timer blir estimatene for lave. Forholdstallet MT/M5 øker nemlig med minkende M5 - verdi, (cfr. fig. 1). For kortere varigheter enn 24 timer, dvs. at $M5(n \text{ timer}) < M5(24h)$, blir følgelig MT og PMP - estimatene ikke redusert i samme grad som M5 - verdien i tab. 2, og for varigheter over 24 timer blir MT og PMP - verdiene redusert sterkere enn M5 - verdien.

Ved hjelp av Gumbel's ekstremverdifordeling er det beregnet M100 - verdier for $n = 24, 48, 72, 96$ og 192 timer for stasjonene i fig. 4. Gruppemidler av forholdstallet mellom M100 (n timer) og M100(24 h) er i fig. 14 fremstilt som funksjon av normal årsnedbør. Tilsvarende verdier (fra tab. 2) for M5 fra Storbritannia er vist ved stiplede linjer i fig. 14. Overensstemmelsen mellom kurvene i fig. 14 er brukbar, men tendensen til økende forholdstall med økende årsnormal er ikke så klar for de norske som for de britiske stasjoner.

I følge [2] skal forholdstallene i tab. 2 brukes på M5(24h), og fra de derav fremkomne M5(n timer) kan så MT(n timers) verdiene beregnes fra f.eks. fig. 1. Forholdstallene mellom slike M100(n timer) og M5(24 h) - verdier gir (bortsett fra for årsnedbør > 2800 mm) langt dårligere tilpasning til norske forhold enn forholdstallene mellom M5 - verdier.

Inntil det foreligger mer data for norske stasjoner, vil vi derfor anbefale at forholdstallene i tab. 2 brukes direkte på ekstremverdi - estimatene (dvs. MT og PMP), og ikke på M5 - verdiene. Men det må presiseres at de fremkomne verdier for MT(n timer) og PMP(n timer) foreløpig må betraktes som meget grove estimat.

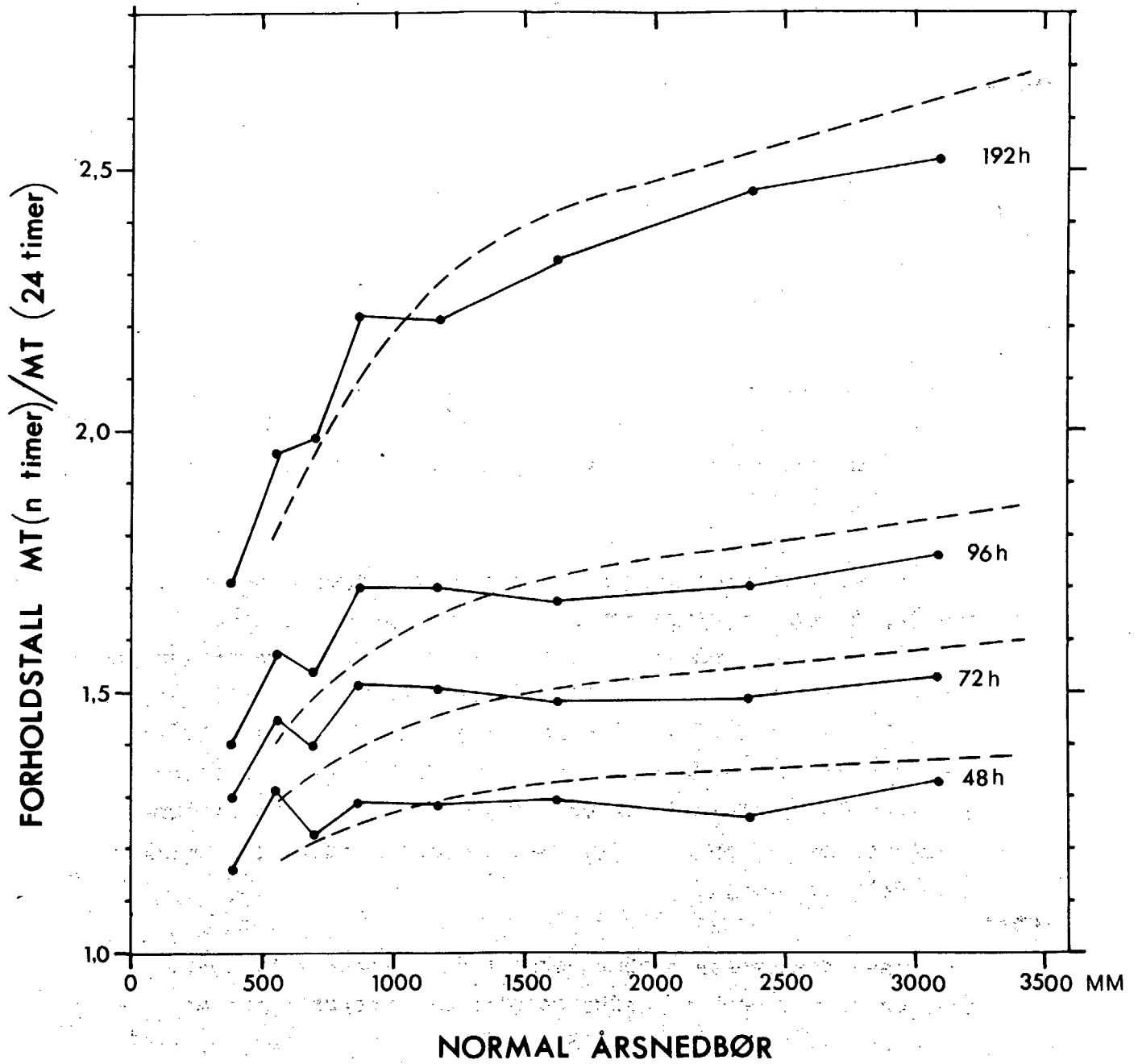


Fig. 14 Forholdstall mellom MT (n timer) og MT (24 h) som funksjon av normal årsnedbør.

Heltrukne Kurver: M 100 (n timer) / M 100 (24 h) fra Gumbel analyse av data fra 48 norske målestasjoner.

Stiplede Kurver: M 5 (n timer) / M 5 (24 h) fra Storbritannia (fra [2]).

9. OBSERVERTE EKSTREME NEDBØRHØYDER I NORGE.

I fig. 15 er det gitt en grov oversikt over de høyeste observerte døgnlige nedbørhøyder i Norge. Oversikten er ikke fullstendig, og for perioden 1944-1956 er det bare med data for noen få stasjoner.

Oversikten viser at det over store deler av landet er observert over 100 mm nedbør i løpet av ett døgn. I maksimumssonen for nedbør på Vestlandet er det enkelte steder målt over 200 mm på ett døgn (4790 Indre Matre: 230 mm den 26/11-1940, 5652 Hovlandsdal: 208 mm den 26/11-1940). Både på Sørlandet, i Møre og Romsdal og i Nordland er det målt 170 - 190 mm på ett døgn.

Også i sørvestlige strøk av Østlandet er det målt over 100 mm på ett døgn, og på flere stasjoner i midtre og nordlige deler av Østlandet er maksimal døgnverdi i intervallet 80 - 100 mm. To stasjoner i de nedbørfattige strøk (årsnormal < 550 mm) i nordlige deler av Østlandet har målt over 100 mm på ett døgn, nemlig 0910 Foldal (126 mm den 28/5-1935) og 0872 Atnasjø (116 mm den 24/8-1940).

I Troms er det målt over 100 mm i løpet av ett døgn ytterst på kysten: Ved Burøysund, like øst for Torsvåg Fyr ble det målt 107 mm den 2/9-1928. I Finnmark er det ikke observert døgnverdier på over 80 mm, - med ett unntak: På 9767 Levajok ble det målt 103 mm den 3/9-1907. (I tab. 8 i [9] står Levajok oppført med 112.5 mm i løpet av 7 timer den 14/9-1907. Denne verdi er feil, og etter granskning av dagbokutskriftene er det grunn til å sette spørsmålstegn også ved de 103 mm den 3/9. Denne observasjonen kan imidlertid ikke helt avvises).

Fig. 16 viser observerte ekstremverdier for ulike varigheter. Verdiene er dels basert på nedbørstasjonenes rapportering av "sterke regnskyll" (se [9]), og dels på data fra Plumatic-pluviografer. Heller ikke fig. 16 er basert på et fullstendig data-materiale, ettersom deler av DNMI's datalager p.t. er vanskelig tilgjengelig. Observasjonene av "sterke regnskyll" er også beheftet med endel usikkerhet, særlig i tidsfikseringen ved korte varigheter.

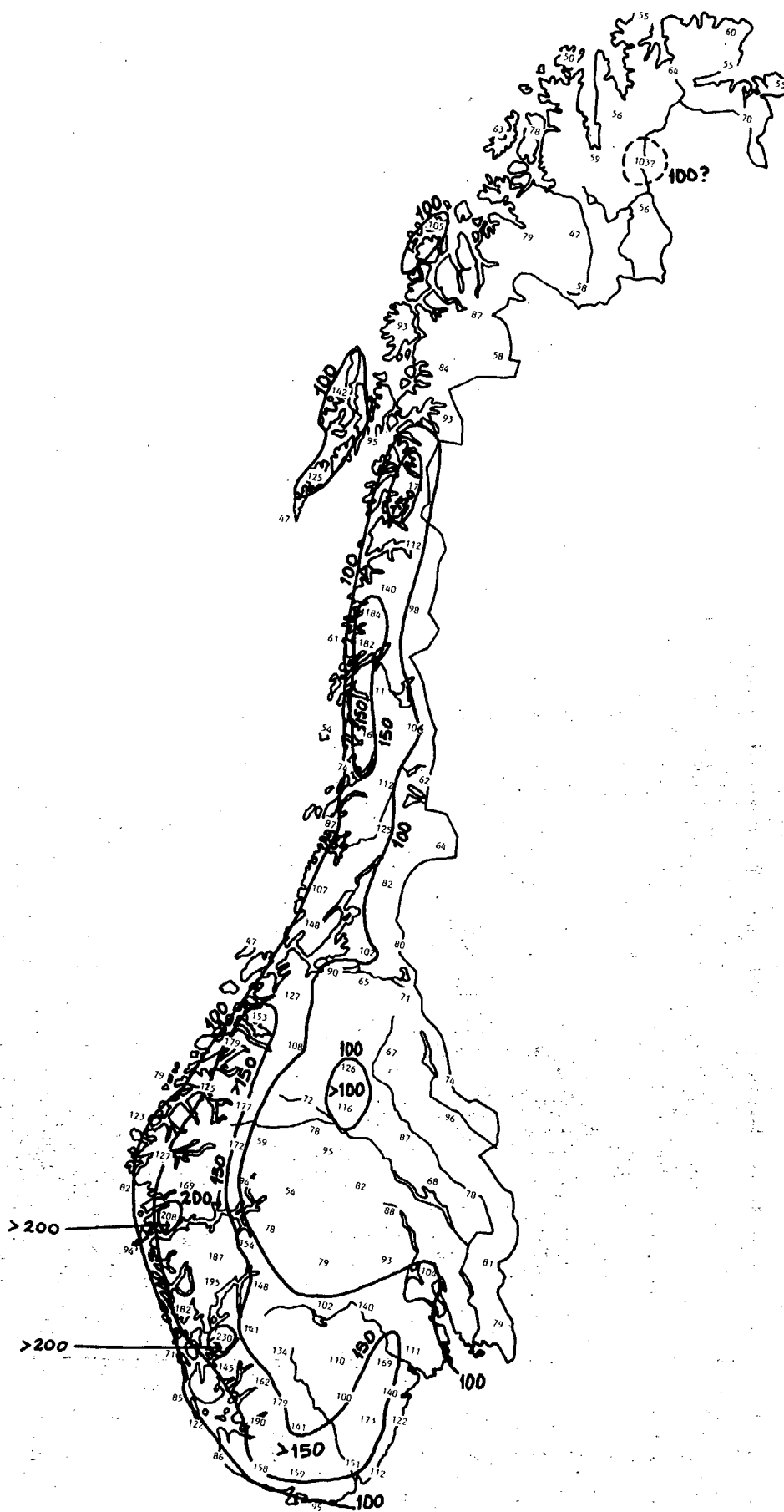


Fig. 15 Største observerte døgnlige nedbørhøyder (mm)

Datagrunnlag: Samtlige norske målestasjoner 1895 - 1982, men ikke komplett datasett.

MIDLERE NEDBØRINTENSITET (mm/min)

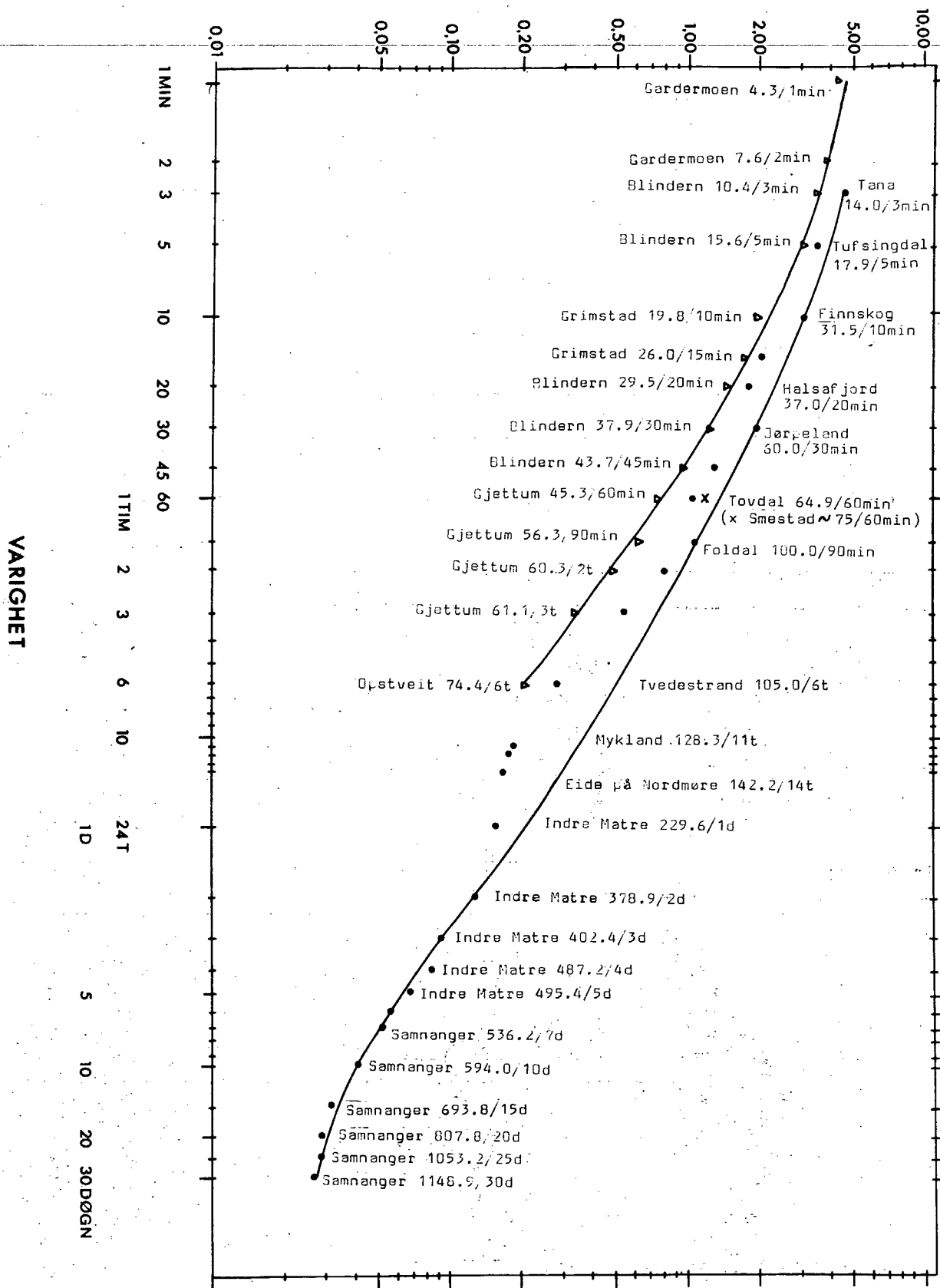


Fig. 16 Oversikt over de største observerte nedbørhøyder (mm) i Norge i løpet av varigheter fra 1 minutt til 30 døgn. Alle nedbørverdier er omregnet til mm/min.

Datagrunnlag: ● Manuelle nedbørmålinger, bl.a. av "sterke regnskyll"

▲ Plumatic-registreringer (fra [10], supplert med data fra 1980 - 1982)

x Internnørlert 1 times verdi for Smestad 6/8 - 1980. se [117].

Når disse restriksjoner tas i betraktning, må det sies å være relativt god overensstemmelse mellom observasjonene av sterke regnskyll og Plumatic registreringene. At Plumatic - verdiene ligger litt lavere enn noteringene av "sterke regnskyll" kan til en stor grad forklares med at stasjonstetthet og observasjonsrekke er vesentlig mindre for Plumatic - stasjonene enn for manuelle stasjoner.

Noteringene av sterke regnskyll kan brukes til å belyse forholdstallene i tab. 2 for varigheter på mindre enn 24 timer. Som et eksempel gjengis i tab. 4 maksimale observerte verdier for tre stasjoner på Sørlandet. Disse stasjoner har normal årsnedbør på ca. 1200 mm, og $M5(24h) \approx 80$ mm.

Tab. 4 Observerte "sterke regnskyll" og forholdstall (A) mellom nedbør i løpet av n timer og 24 timer.
(For symbolforklaring, se tekst).

Varighet n timer	Observert sterkt regnskyll (fra [9])			n timers verdi (mm)	A _{obs}	A _{M5}	A _{NERC}
	Lokalitet	Verdi (mm)	Varighet				
1	Tovdal	65	55 min	65	0.37	0.32	0.42
2	Tovdal	90	2t 40 min	70	0.40	0.40	0.51
6	Tvedestrand	105	6 t	105	0.61	0.61	0.69
12	Mykland	128	11 t	128	0.74	0.78	0.83
24	Mykland	173	24 t	173	-	-	-

Kolonnen A_{obs} gir forholdstallet mellom observert maksimal nedbør i løpet av n timer og i løpet av 24 timer, og A_{M5} gir tilsvarende forholdstall for M5 fra tab. 2. Kolonnen A_{NERC} gir forholdstallet mellom M1000 - verdier beregnet ved først å redusere M5 - verdien med faktorene A_{M5}, og så beregne tilhørende M1000 - verdier fra fig. 2.

De tre stasjonene på Sørlandet ligger så nær hverandre at verdiene i tab. 4 kan antas å gi observerte ekstremverdier for samme område. Eftersom tilpasningen er bedre mellom A_{obs} og A_{M5} enn mellom A_{obs} og A_{NERC}, understreker tab. 4 konklusjonen i kap. 8 om at forholdstallene i tab. 2 bør brukes direkte på ekstremverdi - estimatene.

10. PRAKTISK BEREGNING AV MT OG PMP FOR PUNKT/FELT.

10.1 Nedbørfelt: BORDALEN (TOKKE) (merket A på fig. 4)

- 1) Normal årsnedbør (fra fig. 6) $PN \approx 1200$ mm
- 2) $M5(24h)/PN \approx 5.5\%$ (fra fig. 7) $M5(24h) \approx 66$ mm
- 3) Påregnelige 24 - timers nedbørverdier

	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	0.70	0.86	0.75	0.45
M5 (mm)	66	46	57	50	30
M100 (mm)**	108	80	96	85	55
M1000 (mm)**	158	120	142	129	87
PMP (mm)**	270	230	255→270	240	177

*Forholdstallene er hentet fra fig. 10 - 13

**MT og PMP - verdier for ulike M5 - verdier beregnet fra fig. 1 eller lign. (1)

4) Påregnelige n - timers nedbørverdier

Antall timer (n)	2	6	12	24	48	72	96	192
Nedbørforholdstall*								
n timer/24 timer	0.40	0.61	0.78	1.00	1.29	1.46	1.66	2.31
M100 (mm)	43	66	84	108	139	158	179	250
M1000 (mm)	63	96	133	158	204	231	262	365
PMP (mm)	108	165	211	270	348	394	448	624

*Forholdstallene er hentet fra tab. 2, og er brukt direkte på 24 timers verdiene av M100, M1000 og PMP.

5) Areal - reduksjon (fra tab. 3, eller fig. 5.1 i [2]).

Areal av nedbørfelt: 200 km²

Varighet (timer)	2	6	12	24	48	72	96	120
Areal reduksjonsfaktor	0.81	0.88	0.91	0.93	0.95	0.96	0.96	0.97

6) Maksimal observert døgnverdi i området (fra fig. 15):

ca. 130 mm.

10.2 Nedbørfelt: NESJØEN (merket B på fig. 4)

- 1) Normal årsnedbør (fra fig. 6) $PN \approx 900$ mm
- 2) $M5(24h)/PN \approx 6.2\%$ (fra fig. 7) $M5(24h) \approx 56$ mm
- 3) Påregnelige 24 - timers nedbørverdier :

	AR	SOMMER (J,J,A)	HØST (S,O,N,D)	VINTER (J,F,M)	VAR (A,M)
M5(årstid)/M5(år):	1.00	0.95	0.71	0.55	0.47
M5 (mm)	56	53	40	31	26
M100 (mm)**	95	90	71	57	49
M1000 (mm)**	140	134	109	89	78
PMP (mm)**	254	247	254	211	162

*Forholdstallene er hentet fra fig. 10 -13.

**MT og PMP - verdier for ulike M5 - verdier beregnet fra fig. 1 eller lign. (1).

- 4) Påregnelige n - timers nedbørverdier :

Antall timer (n)	2	6	12	24	48	72	96	192
Nedbør forholdstall*								
n timer/24 timer	0.45	0.65	0.80	1.00	1.25	1.40	1.57	2.11
M100 (mm)	43	62	76	95	119	133	149	200
M1000 (mm)	63	91	112	140	175	196	220	295
PMP (mm)	114	165	203	254	318	356	399	536

*Forholdstallene er hentet fra tab. 2, og er brukt direkte på 24 timers verdiene av M100, M1000 og PMP.

- 5) Areal reduksjon (fra tab. 3, eller fig. 5.1 i [2].)
Areal av nedbørfelt ikke oppgitt.
- 6) Maksimal observert døgnverdi i området (fra fig. 15):
ca. 75 mm .

10.3 Nedbørfelt: KVANNDALSVATN (merket C på fig. 4)

- 1) Normal årsnedbør (fra fig. 6) $P_N \approx 2500$ mm
- 2) $M5(24h)/P_N \approx 4.5\%$ (fra fig. 7) $M5(24h) \approx 113$ 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	0.59	0.93	0.83	0.54
M5 (mm)	113	67	105	94	61
M100 (mm)**	171	110	161	147	101
M1000 (mm)**	232	160	221	204	148
PMP (mm)**	345	271	334 → 345	315	263

*Forholdstallene er hentet fra fig. 10 - 13

**MT og PMP - verdier for ulike M5 - verdier er beregnet fra fig. 1 eller lign. (1)

4) Påregnelige n - timers nedbørverdier

Antall timer (n)	2	6	12	24	48	72	96	192
Nedbørforholdstall*								
n timer/24 timer	0.36	0.56	0.76	1.00	1.35	1.54	1.77	2.53
M100 (mm)	62	96	130	171	231	263	303	433
M1000 (mm)	84	130	176	232	313	357	411	587
PMP (mm)	124	193	262	345	466	531	611	873

*Forholdstallene er hentet fra tab. 2, og er brukt direkte på 24 timers verdiene av M100, M1000 og PMP.

5) Areal reduksjon (fra tab. 3, eller fig. 5.1 i [2])
Areal av nedbørfelt: 16 km^2

Varighet (timer)	2	6	12	24	48	72	96	192
Areal-reduksjonsfaktor	0.92	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99

6) Maksimal observert døgnverdi i området (fra fig. 15):
ca. 150mm

11. GJENSTÅENDE OPPGAVER.

Metoden som er beskrevet i dette notatet er bare på et foreløpig stadium. Det gjenstår å teste og raffinere en rekke aspekter ved metoden. Men arbeidet er tidkrevende, og DNMI har allerede fått forespørsler om å gi "påregnelige ekstremverdier" for en rekke nedbørfelt. Som det forhåpentligvis vil fremgå av dette notatet, synes NERC - metoden, - med visse modifikasjoner, - å gi realistiske verdier også for norske forhold. Det er derfor grunn til å tro at videreutvikling av metoden ikke vil føre til store endringer i ekstrem - estimatene.

Arbeid med metoden som vil bli forsøkt utført i nær fremtid er:

- a) Testing og raffinering av metoden; - bl.a. ved å tilbakepunch data fra flere stasjoner, og ved å utnytte det punchede datalager av døgnnedbør for perioden 1957 - d.d.
- b) Studere forhold mellom ekstrem nedbør i løpet av n timer og i løpet av 24 timer. For varigheter større enn 24 timer vil de døgnlige nedbørdata bli brukt, mens data fra DNMI's ca. 50 Plumatic (vippepluviograf) - stasjoner vil bli brukt for kortere varigheter.
- c) Undersøkelse av nedbørforløp i ekstrem - episoder. (Kommer nedbøren jevnt fordelt over hele episoden? Finnes det noen typiske regionale mønstre? osv)
- d) Teoretiske beregninger over hvor meget vann som kan felles ut av bestemte tidsintervall.
- e) Sjekking av NERC's Arealreduksjons - faktor i norske nedbørfelt.
- f) Detaljstudier av enkelte ekstrem - episoder.

12. EFTERORD.

Tove Langgård takkes for renskrivning og korrekturlesing av manuskriptet, og Kolbrun Jonsdottir for rentegning av figurene.

Utviklingen av NERC-metoden for norske forhold har foregått i nært samarbeid med fagsjef B.Aune , DNMI .

13. LITTERATUR.

- [1] Førland, E.J. 1983 Beregning av "påregnelig maksimal nedbør".
DNMI Arbeidsnotat KLIMA 20/83 6s.
- [2] NERC 1975 Flood Studies Report, Vol II:
Meteorological Studies.
Natural Environment Research Council
London.
- [3] WMO 1974 Guide to Hydrological Practices.
World Meteorological Organization,
Geneve.
- [4] WMO 1983 Guide to Hydrological Practices,
Vol II, WMO - No 168
World Meteorological Organization,
Geneve.
- [5] Hershfield, D.M. 1961 Estimating the probable maximum
precipitation.
J. of the Hydraulics Division,
s.99 - 116, Sept. 1961.
- [6] Niemczynowicz, J. 1982 Areal intensity - duration - fre-
quency curves and statistical areal
reduction factors for short term
rainfall events i Lund.
Report No. 3065, Lunds Technical
University, Lund, Sverige.
- [7] Aune, B. 1975 "Nedbør". Foredrag på NIF - kurset:
"Små nedbørfelters hydrologi".
NIF, Oslo, 1975.
- [8] Lindholm, O. 1983 Arealfordeling av korttidsnedbør.
NIVA - rapport 25/83 74s.
- [9] DNMI 1949 Nedbøren i Norge 1895 - 1943. Bind I
Middelverdier og maksima.
DNMI, Oslo.
- [10] Iden, K.A. 1980 Hvor i Norge har nedbøren størst
intensitet.
Været, Nr. 2/1980, s. 68-72.
- [11] Bjørbæk, G. 1980 Urolig sommervær på Østlandet.
Været, Nr. 3/1980, s. 111.