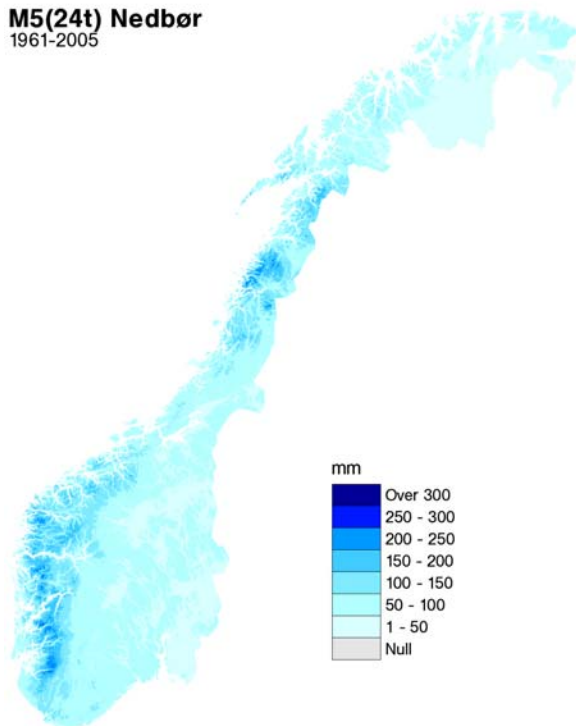




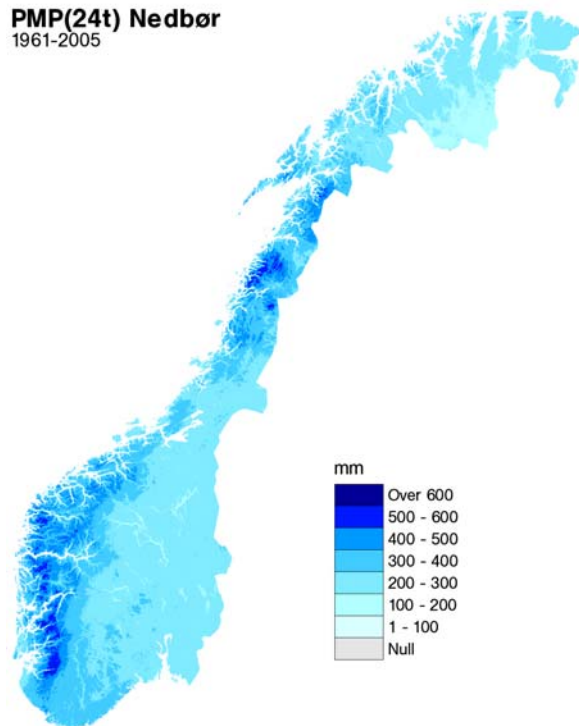
Ekstremnedbør beregnet fra serier med gridbasert arealnedbør

Eli Alfnes

M5(24t) Nedbør
1961-2005



PMP(24t) Nedbør
1961-2005



24-timers nedbør med henholdsvis 5 år (M5) og uendelig (PMP) gjentakintervall.

Title Ekstremnedbør beregnet fra serier med gridbasert arealnedbør	Date Januar 16 th 2007
Section Climate	Report no. 1/2007
Author(s) Eli Alfnes	Classification <input checked="" type="checkbox"/> Free <input type="checkbox"/> Restricted
	ISSN 1503-8025
	e-ISSN
Client(s) <i>met.no,</i> <i>EBL-Kompetanse A/S</i>	Client's reference
Abstract A modified method of calculating area precipitation return values (MT) and probable maximum precipitation values (PMP) directly from time series of daily area precipitation, instead of from point observations, is evaluated. Daily precipitation maps covering the Norwegian mainland with a spatial resolution of 1 km x 1 km serve as the data source. From these maps, time series of area precipitation can be extracted for any arbitrary geographical area. The resulting MT and PMP values are close to those of the traditional method (calculated from individual point series and Area-Reduction-Factors), except at the west coast of southern Norway where the grid based values are considerably higher. The two methods are consistent with respect to estimated extremes in relation to annual normal precipitation. Longer duration of the precipitation events yields larger extremes with the grid based method than the station based method. The rates between seasonal and annual extremes show rather large and partly non-systematic divergence between the two methods.	
Keywords PMP, precipitation, extremes, return values, Norway	

Disciplinary signature	Responsible signature
_____	_____
	Eirik J. Førland

Ekstremnedbør beregnet fra serier med gridbasert arealnedbør	1
1 Introduksjon	4
2 Metoder	5
2.1 Arealnedbør	5
2.2 Ekstremverdier	5
3 Nedbørfelt	6
4 Resultater	9
4.1 Interpolert feltnedbør	9
4.2 Romlig fordelt M5 og PMP	10
4.3 Gridbasert versus stasjonsbasert M5	12
4.4 Ekstremverdier for ulike årstider	15
4.5 Ekstremverdier for ulike varigheter	17
5 Oppsummering og konklusjon	20
6 Avslutningsord	21
7 Referanser	21

1 Introduksjon

Påregnelig maksimal nedbør (PMP) er definert som *"the greatest depth of precipitation for a given duration meteorologically possible for a given size storm area at a particular location at a particular time of the year, with no allowance made for long-term climatic trends."* (WMO, 1986). PMP beregnes enten 1) statistisk fra observert nedbør eller 2) ved maksimering av teoretisk utfellbar nedbør fra atmosfæren (Førland 1992). I de statistiske metodene benyttes frekvensanalyse til å estimere verdier med ekstrem lav sannsynlighet.

I "Forskrift om sikkerhet og tilsyn ved vassdragsanlegg", fastsatt ved kgl. Resolusjon av 15. desember 2000 med hjemmel i vassressursloven, står det om flomberegninger i §§4-5. Siste setning under dette punkt lyder: "Verdier for ekstrem nedbør skal bestilles av DNMI". Klimadivisjonen ved met.no gjør for tiden i gjennomsnitt ca 10 PMP-beregninger hver måned, en jobb som med dagens metode er nokså tidkrevende.

For PMP-beregninger i Norge benyttes en standardisert beregningsalgoritme basert på den engelske NERC-metoden (Førland, 1992; NERC, 1975). Inndata til algoritmen er 1-døgns-nedbør med fem års returverdi, M5(24t), for stasjoner i eller i nærheten av nedbørsfeltet. For å kunne estimere ekstreme nedbørverdier også for områder der det ikke foreligger nedbørmålinger, er det for Norge utarbeidet kart over forholdstallet mellom M5(24t) og normal årsnedbør (PN) for perioden 1961-90 (Førland, 1992). Basert på disse kartene er det mulig å estimere M5(24t) for vilkårlige punkt. For å få estimat av ekstrem arealnedbør for aktuelle nedbørsfelt er det benyttet såkalte 'Areal Reduksjons Faktorer' (ARF). Disse faktorene avhenger av feltstørrelse og varighet på nedbørepisoden. Sesongverdier for M5 og PMP beregnes ved bruk av forholdstall for årstider basert på en subjektiv vektning av forholdstallene mellom helår- og årstidsverdiene for de stasjoner som inngår i beregningen.

I løpet av senere år, har interpolerte grid med døgnnedbør blitt laget for det norske fastlandet og vi har nå et homogent datasett fra 1961 til i dag. Tidsserier med arealverdier og tilhørende normal kan ekstraheres fra nedbørgriddene for ethvert geografisk område på en objektiv måte. Dette åpner for beregning av M5- og PMP-verdier direkte fra serier av arealnedbør uten skjematisk bruk av arealreduksjonsfaktorer og estimering av ekstremnedbør for et fiktivt representativt punkt i feltet. Ved å benytte de interpolerte nedbørgriddene blir innflytelsen av nedbørhendelsene automatisk skalert i forhold til observert nedbørsgradient mellom stasjonene. Dette er spesielt viktig i forbindelse med intensiv bygenedbør av lokal karakter. Beregning av PMP fra de griddede nedbørskartene vil kunne redusere tidsforbruket for PMP-beregningene og i tillegg bidra til å gjøre de mindre personavhengige.

Denne studien tar for seg hvordan NERC-metoden, som egentlig ble utviklet for punktbaserte observasjoner, fungerer for serier av arealnedbør. Vi har vurdert hvilke forskjeller det er mellom de to metodene med hensyn til:

- Arealverdi for ekstrem 24-timers nedbør basert på 'representativt punkt' og ARF versus analyser direkte på serier av døgnlig arealnedbør.
- Arealnedbør for n døgn fra arealnedbørserier versus skjematiske faktorer.
- Arealnedbør for ulike årstider basert på arealnedbørserier versus skjematiske årstidsforholdstall.

2 Metoder

2.1 Arealnedbør

Areal-PMP-verdier er beregnet fra nedbørgrid med 1 x 1 km romlig oppløsning. Døgnnedbør fra ca. 550 meteorologiske stasjoner, er interpolert ved bruk av triangulering og deretter høydekorrigert (Jansson et al. 2007, Tveito et al. 2005). Fra disse, er tidsserier med daglig arealnedbør, beregnet som aritmetisk middelværdi over det aktuelle området, ekstrahert for tidsperioden 1961 til 2005. Normal årsnedbør for gitt nedbørfelt er beregnet som gjennomsnittlig arealnedbør fra de griddede kartene for perioden 1961 – 1990.

De observerte nedbørmengdene gjelder for faste døgn, kl 06-06 UTC. Ved beregning av ekstremnedbør ønsker man imidlertid nedbørverdier for vilkårlige (n*24 timer). Kontinuerlige nedbørregistreringer er benyttet for å beregne forholdstall mellom (n*24 timer) og (n*1 døgn), Tabell 1, (WMO,1974; Førland 1992). Disse justeringsfaktorene er benyttet i beregningen av M5(24t).

Tabell 1 Justeringsfaktorer for omregning fra n nedbørdøgn til vilkårlige n*24 timer (WMO, 1974)

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

2.2 Ekstremverdier

Årlig og sesongvise ekstremverdier med 5 års gjentakintervall, M5, for døgnnedbør er beregnet fra årlig maksimum 1-døgnnedbør ved bruk av Gumbel-likningen (Gumbel, 2004)

$$X(T) = X_{mean} - \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} \right) \times \left\{ 0.577 + \ln \left(- \ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right) \right\} * X_{stdev}$$

der X_{mean} og X_{stdev} er gjennomsnitt respektive standardavvik av årlige maksimalverdier, og T er gjentakintervallet. M5 beregnes således ved å sette inn T=5 i X(T). Tilsvarende er M5-verdier for nedbør av lengre varighet (2 til 20 døgn) beregnet ved bruk av årlig maksimal n-døgnnedbør.

Gjentaksverdier for lengre perioder (f.eks. 10, 50, 100 og 1000 år) er beregnet ved bruk av NERC-metoden (NERC, 1975)

$$X(T) = M5 * \exp\{C * (\ln(T - 0.5) - 1.5)\}$$

der C er gitt ved

$$C = \begin{cases} 0.165 + 0.0236 * LN(M5) & 2 < M5 \leq 10 \quad (mm) \\ 0.219 & 10 < M5 \leq 15 \quad (mm) \\ 0.300 - 0.0294 * LN(M5) & 15 < M5 \leq 25 \quad (mm) \\ 0.3584 - 0.0473 * LN(M5) & 25 < M5 \leq 350 \quad (mm) \\ 0.167 - 0.0145 * LN(M5) & 350 < M5 \leq 1000 \quad (mm) \end{cases}$$

PMP-verdien er definert som MT-verdien der T går mot uendelig. Av praktiske hensyn blir PMP beregnet som X(T) for spesifikke T-verdier der T er en funksjon av M5

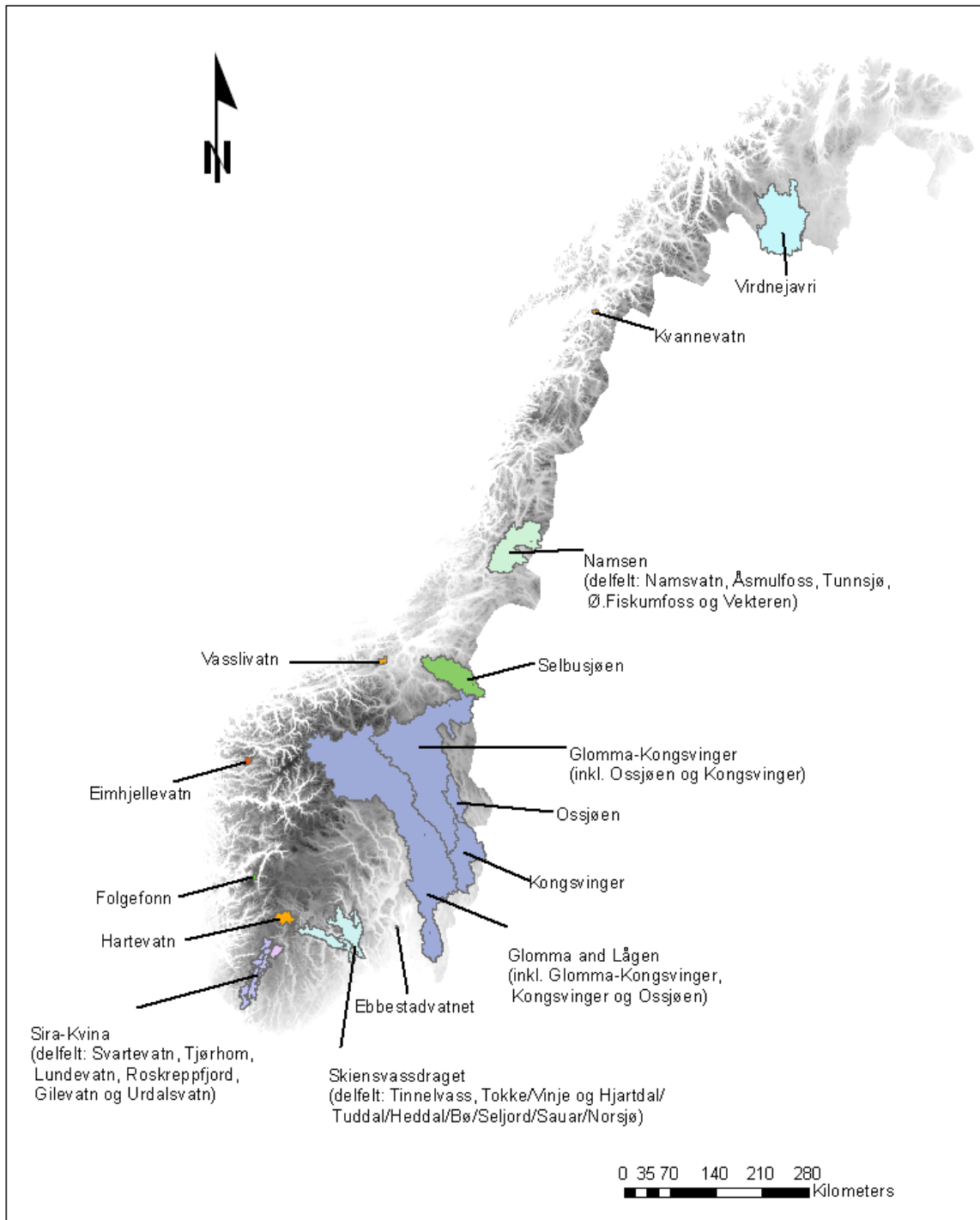
$$T = \begin{cases} 36000 & (\text{år}) & M5 \leq 45 & (mm) \\ 47829 - 262.9 * M5 & (\text{år}) & 45 < M5 \leq 125 & (mm) \\ 225503 - 62.4 * M5 & (\text{år}) & 125 < M5 \leq 200 & (mm) \\ 10000 & (\text{år}) & M5 > 200 & (mm) \end{cases}$$

NERC-metoden for beregning av MT-verdier er en empirisk metode. C-koeffisienten er bestemt utfra klimatologiske og geografiske betingelser i Storbritannia. Førland (1992) og Alexandersson et al. (2001) har vist at metoden gir gode resultater også for Norge.

Likningssystemet for beregning av C, i NERC-ligningen, har en markert diskontinuitet ved M5 lik 350. For M5-verdier opp til 350 er C logaritmisk avtagende og X(T,M5,C) logaritmisk økende. En plutselig endring i delta-C skjer ved M5 lik 350. Dette leder til en større økning i X(T,M5,C) enn for lavere M5-verdier. En nærmere utforskning av denne inkonsistens er nødvendig før likningssystemet kan benyttes for M5-verdier over 350.

3 Nedbørfelt

Gridbasert M5 og PMP er beregnet for et utvalg felt med varierende størrelse, høyde over havet, årsnedbør og geografisk plassering, Figur 1 og Tabell 2. Det er tilstrebet at feltene i størst mulig grad skal overensstemme med de feltareal som er lagt til grunn i de stasjonsbaserte M5/PMP beregningene. I noen tilfeller har det ikke vært mulig å finne felt som stemmer helt med oppgitt areal. Feltene Kvannevatn, Vasslivatn, Hartevatn og Sira-Kvina har relativt stort avvik i areal for de to metodene. De øvrige feltene har tilnærmet samme areal og kan antas representere samme geografiske område.



Figur 1 Kart over feltene som inngår i studien av beregning av M5 og PMP fra arealnedbør fra interpolerte nedbørkart.

Tabell 2 Oversikt over feltene som inngår i studien av M5 og PMP beregnet fra interpolerte nedbørkart. Feltareal viser feltets størrelse, og i parentes ditto for stasjonsbasert beregning av M5 og PMP. Hoh (høyde over havet) viser minimum-, median- og maksimumshøyde for feltet. Normal årsnedbør er beregnet fra de interpolerte nedbørkartene og årstilsiget fra NVE-Atlas (juni 2006).

Feltnavn	Delfelt i	Feltareal (km ²)	Hoh (m)	Normal årsnedbør (mm)	Årstilsig (mm)
Sira-Kvina		2823 (1899)	49, 700 ,1380	2991	2157
Svartevatn	Sira-Kvina	207 (207)	899, 1050 ,1380	3848	2853
Tjørhomvatn	Sira-Kvina	196 (196)	498, 825 ,1170	2887	1895
Lundevatn	Sira-Kvina	491 (357)	49, 340 ,660	3002	1905
Roskrepfjord	Sira-Kvina	270 (272)	929, 1074 ,1380	2657	2111
Gilevatn	Sira-Kvina	4 (4)	440, 447 ,500	3011	2313
Urdalsvatn	Sira-Kvina	6 (4)	376, 420 ,580	3141	2149
Emhjellevatn		105 (105)	25, 500 ,987	3733	2867
Folgefonn		82 (80)	855, 1320 ,1623	4360	3638
Hartevatn		462 (208)	759, 1080 ,1395	2038	1103
SkienSVassdraget		3087 (3682)	12, 400 ,1349	1423	800
Tinnelvas	SkienSVassdraget	238 (240)	116, 380 ,1248	1094	344
Tokke-Vinje	SkienSVassdraget	1279 (1276)	40, 420 ,1080	1207	445
Hjartdal m.fl.	SkienSVassdraget	1570 (1567)	12, 390 ,1349	1132	473
Ebbestadvatnet		7 (8)	1, 111 ,260	970	545
Glomma og Lågen		41817 (41817)	24, 740 ,2256	896	530
Glomma v/Kongsvinger	Glomma og Lågen	19299 (19290)	142, 745 ,1920	833	475
Ossjøen	Glomma v/Kongsvinger	1184 (1178)	436, 620 ,1060	894	567
Kongsvinger	Glomma v/Kongsvinger	3289 (3292)	142, 325 ,780	759	314
Selbusjøen		2883 (2876)	157, 670 ,1600	1295	979
Vasslivatn		116 (16)	280, 447 ,780	2121	1457
Namsen		3630 (3620)	80, 550 ,1480	1622	1550
Namsvatn	Namsen	704 (700)	450, 750 ,1480	1496	1440
Åsmulfoss	Namsen	1795 (1794)	103, 480 ,1240	1754	1720
Tunnsjøen	Namsen	387 (388)	358, 490 ,940	1362	888
Ø. Fiskenfoss og Neselva	Namsen	329 (327)	80, 520 ,920	1622	1836
Vekteren	Namsen	311 (308)	445, 620 ,1040	1397	1231
Kvannevatn		54 (30)	34, 180 ,360	1566	1045
Virdnejavri	Altavassdraget	5923 (5915)	250, 450 ,930	481	411

4 Resultater

4.1 Interpolert feltnedbør

De interpolerte nedbørkartene gir et godt og representativt bilde av nedbøren i store deler av Norge (Jansson et al. 2007). Noen problemer er imidlertid identifisert i tilknytning til øst/vest gradienten i fjellområdene i Sør-Norge der det er langt mellom stasjonene. Det er bl.a. konstatert at metoden overestimerer nedbøren over ca 1000 moh i sørlige deler av Hardangervidda (Tveito, personlig kommentar). Feltene benyttet i denne studien er imidlertid i liten grad påvirket av disse problemene.

Figur 2 viser arealnedbørnormalen for perioden 1961-1990 beregnet fra de interpolerte nedbørkartene (Jansson et al. 2007 og www.senorge.no), årstilsig (NVE Atlas juni 2006) og potensiell fordampning (estimert ved bruk av en modifisert versjon av Penman 2 metoden (Shaw 1984, Lystad og Tveito personlig kommentar)). Alle disse størrelsene er beheftet med usikkerhet. Stasjonsnettet for nedbør er ujevnt fordelt over landet med få stasjoner i fjellområdene og i områder med liten befolkningstetthet. Tilsigsestimatene er av variabel kvalitet avhengig av tilgangen på observert avrenning og nedbør. Fordampningen er sannsynligvis den mest usikre størrelsen, men også den minste, og bør kun brukes som en pekepinne på fordampningens størrelsesorden.

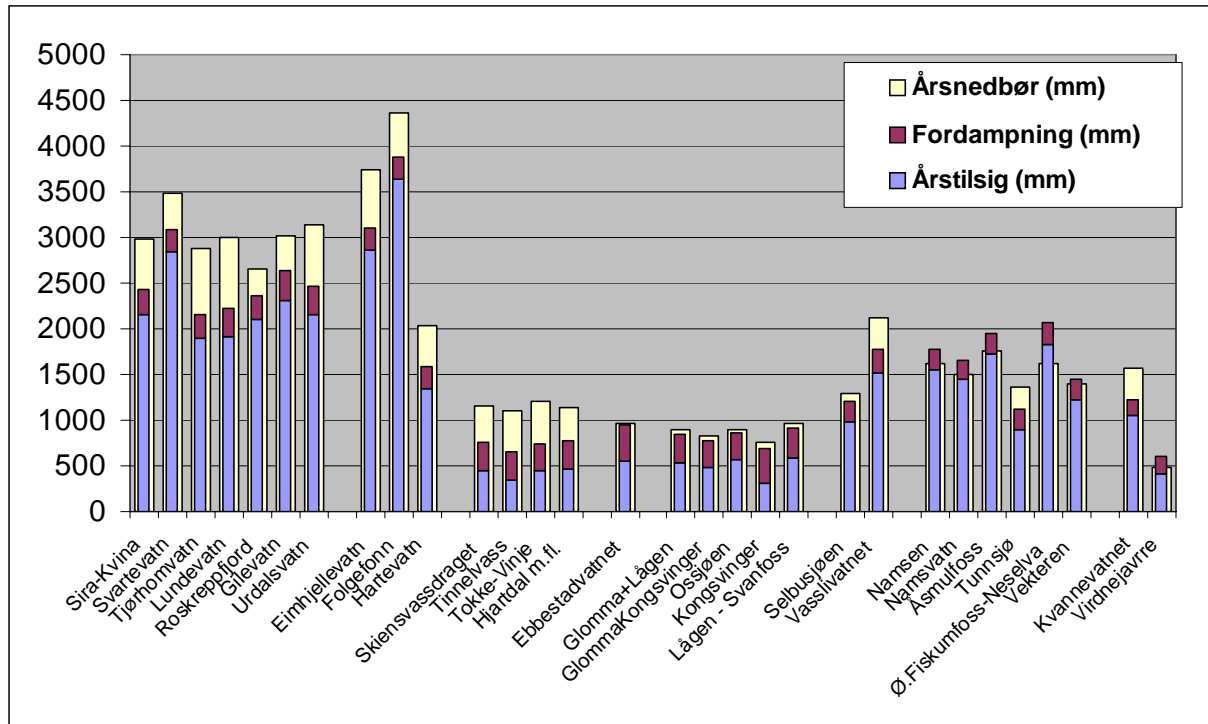
Som vi ser er årsnedbøren noe større enn summen av tilsig og fordampning i de fleste feltene, Figur 2. Unntaket er Virdnejavri (Altavassdraget) og Namsen. I begge disse tilfeller er de beregnede tilsigsverdiene nesten like stort som årsnedbøren. Feltene ligger til dels langt mot nord hvor fordampningen er liten. Den estimerte fordampningen for disse feltene er av samme størrelsesorden som for noen av de høyereliggende feltene i Sør-Norge hvilket ikke er urimelig. Årsnedbøren er rimelig i forhold til årsnormalen på stasjonene i området (sistnevnte er for observert nedbør, - dvs. ikke korrigeret for oppfangingssvikt). Siden store deler av nedbøren faller som snø, er det imidlertid mulig at korreksjonen knyttet til oppfangingssvikt skulle vært høyere. Det er en sterk øst-vest gradient i årstilsiget for feltene i Namsen-området (også for feltene som ikke er med i denne studien). Denne gradienten er betydelig større enn tilsvarende gradient for observert nedbør. Det er dermed klart at det er et missforhold mellom avrenning og observert nedbør i området.

Feltene på Østlandet har stort sett god overensstemmelsen i vannbalansen. Disse feltene ligger hovedsakelig i lavereliggende områder, men har noe innslag av bratte fjellområder. Skiensvassdraget har imidlertid ganske stort avvik i vannbalansen og i forhold til total nedbørmengde størst relative avvik av de studerte feltene. Den delen av vassdraget som er inkludert i beregningene ligger i de nedre, østlige delene av nedbørfeltet. Arealnedbøren bør derfor i liten grad være berørt av at nedbøren på Hardangervidda er overestimert i de interpolerte kartene. Årsnedbøren samsvarer også godt med årsnormalen for stasjonene i området. Det er derfor mest sannsynlig at tilsiget er noe underestimert.

Feltene på Vest- og Sørvestlandet har i absoluttverdi de største avvikene i vannbalansen. Disse feltene ligger enten i områder med store terrengvariasjoner og/eller til dels store nedbørgradienter, noe som øker usikkerheten i den interpolerte nedbøren. Noen av disse feltene er i nærheten av fjellområdene der det er konstatert av de interpolerte nedbørkartene gir for høye verdier, hvilket kan forklare noe av avviket i vannbalansen. Deler av avviket kan også skyldes at observert nedbør korrigeres for oppfangingssvikt på bakgrunn av nedbørmålerens eksposisjon, men uavhengig av vindstyrke og nedbørintensitet. På Vestlandet er de fleste nedbørmålerne vindutsatte og har dermed en høy korreksjonsfaktor. Ved ekstreme

nedbørhendelser er imidlertid oppfangingsvikten liten og korreksjonen kan derfor gi inntil 20 % for mye nedbør.

Med bakgrunn i den usikkerheten som ligger både i observert nedbør, årstilsig og estimert fordampning anser vi at avviket er innfor det akseptable.

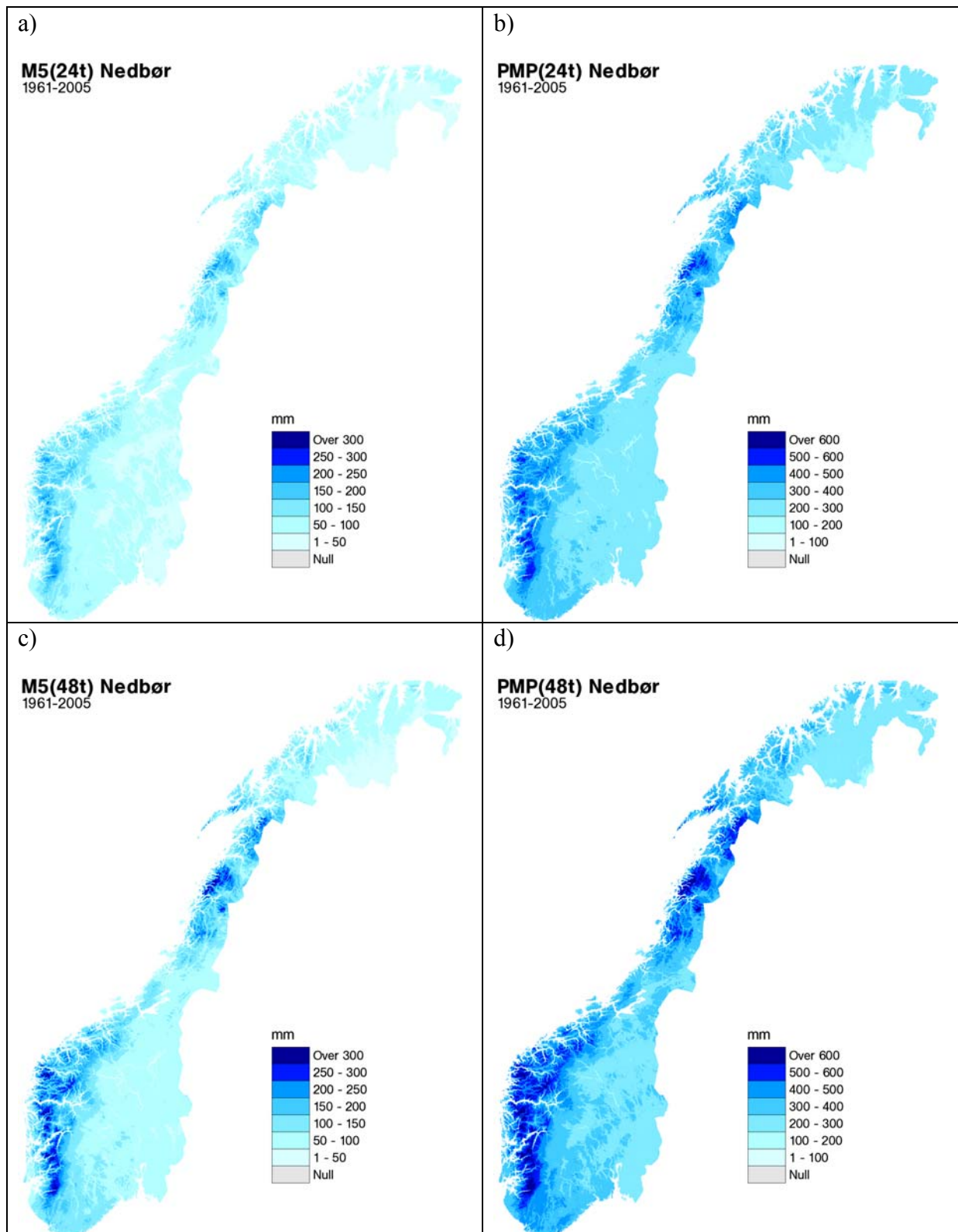


Figur 2 Normalverdier for perioden 1961-1990 for årsnedbør, fordampning og årstilsig.

4.2 Romlig fordelt M5 og PMP

Figur 3 viser M5 og PMP kart med 1 km oppløsning for nedbør med respektive 24- og 48-timers varighet. M5(24t) varierer fra 18 til 280 mm med en median på 63 mm. Vestlandet samt området rundt Svartisen og Saltdalen i Nordland har de høyeste verdiene, mens Østlandet og indre Finnmark har de laveste verdiene. Tilsvarende geografiske fordeling finner vi også for PMP(24t) og i 48-timerskartene. 48-timersverdiene er i gjennomsnitt 40 % høyere enn 24-timersverdiene. PMP-verdiene er grovt regnet ca fire ganger så høye som M5-verdiene med samme varighet, noe høyere for 24- enn for 48-timersverdiene.

M5-kartene viser tilsvarende geografiske fordeling, men med høyere verdier enn kartene presentert i Agersten (2002). I den analysen ble perioden 1957 – 2000 benyttet for beregning av M5-verdier for de enkelte nedbørstasjonene. Punktverdiene ble deretter interpolert til romlig fordelte kart ved bruk av IDW (inverse distance weighting) av de 12 nærmeste stasjonene (Agersten, 2002). Forskjellen mellom kartene kan således både skyldes forskyvning i tidsperioden, ulik interpolasjonsmetode samt rekkefølgen på M5-beregning vs. interpolasjon.



Figur 3 M5 og PMP for henholdsvis 24- og 48-timers nedbør beregnet for 1 x 1 km gridceller basert på interpolerte nedbørkart.

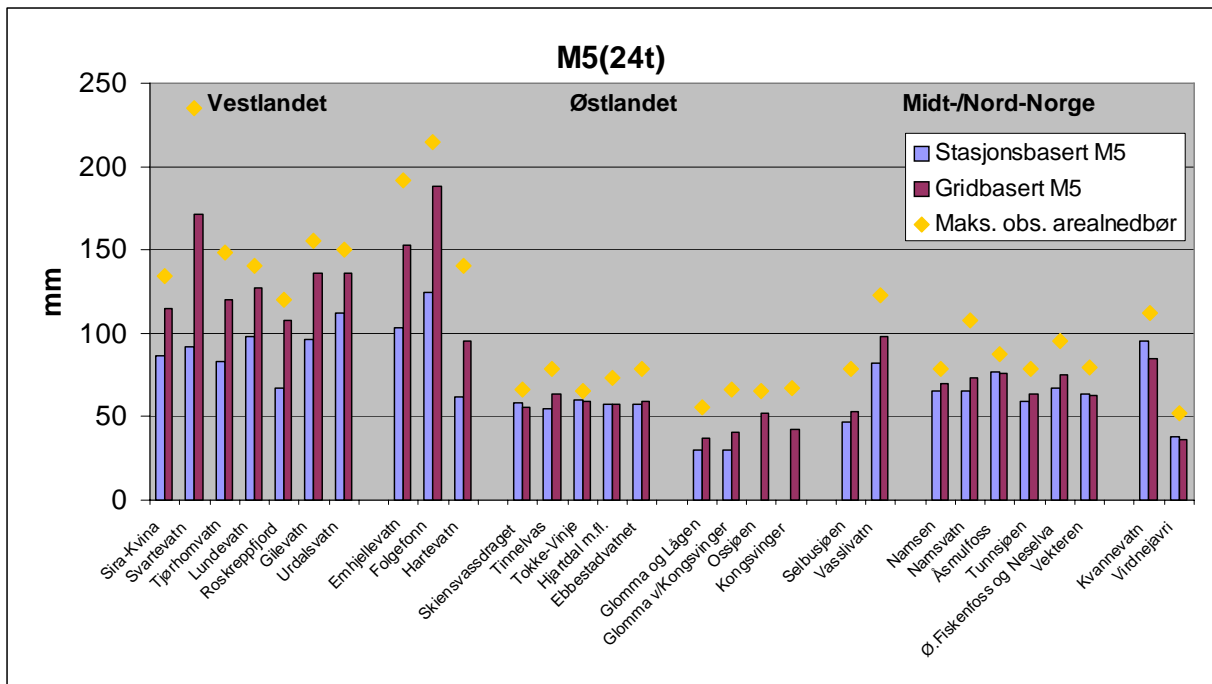
4.3 Gridbasert versus stasjonsbasert M5

Figur 4 viser M5(24t) beregnet med den tradisjonelle, stasjonsbaserte metoden med areal-reduksjonsfaktor versus gridbasert metode med arealnedbør fra de interpolerte nedbørkartene. Maksimal arealnedbør, beregnet fra de interpolerte nedbørgriddene for perioden 1961-2005, oppviser samme mønster som M5-verdiene. Dette indikerer at observasjonsperioden er tilstrekkelig lang til å gi et godt grunnlag for beregning av ekstremverdistatistikk.

For felt på Østlandet og i Midt- og Nord-Norge gir de to metodene tilnærmet likt resultat. På Vest- og Sørvestlandet derimot gir den gridbaserte metoden høyere M5-verdier enn den stasjonsbaserte. Dette gjelder særlig feltene i Sira-Kvina området, der både M5(24t) og maksimal observert døgnlig arealnedbør er urimelig høye. Denne divergensen kan til viss grad skyldes overestimering av nedbøren i enkelte høyereliggende strøk (spesielt like øst for vannskillet) i de interpolerte nedbørkartene og/eller ”overkorreksjon” (se kap.4.1) av observert ekstremnedbør. På den andre siden er det knyttet stor usikkerhet til de stasjonsbaserte M5-beregningene for disse feltene. Stasjonene ligger som regel i kystnære strøk eller ved fjordene og ofte mye lavere enn feltet. Nedbørmengden på stasjonene vil derfor i stor grad være mindre enn i feltet fordi nedbøren utløses når luftmassene presses opp i høyden. De store terrengvariasjonene gjør også at normalkartet, som er ganske utglattet, ikke alltid gir en god representasjon av nedbørmengden i feltet. Nedbøren på stasjonene og normalkartet er ikke korrigert for oppfangingssvikt, i motsetning til de griddede nedbørkartene. Dette medfører for lave nedbørmengder spesielt på vindutsatte steder. Alle disse faktorene kan bidra til at M5-verdiene blir underestimert, selv om det til viss grad er tatt hensyn til avrenningen fra feltet i beregningene.

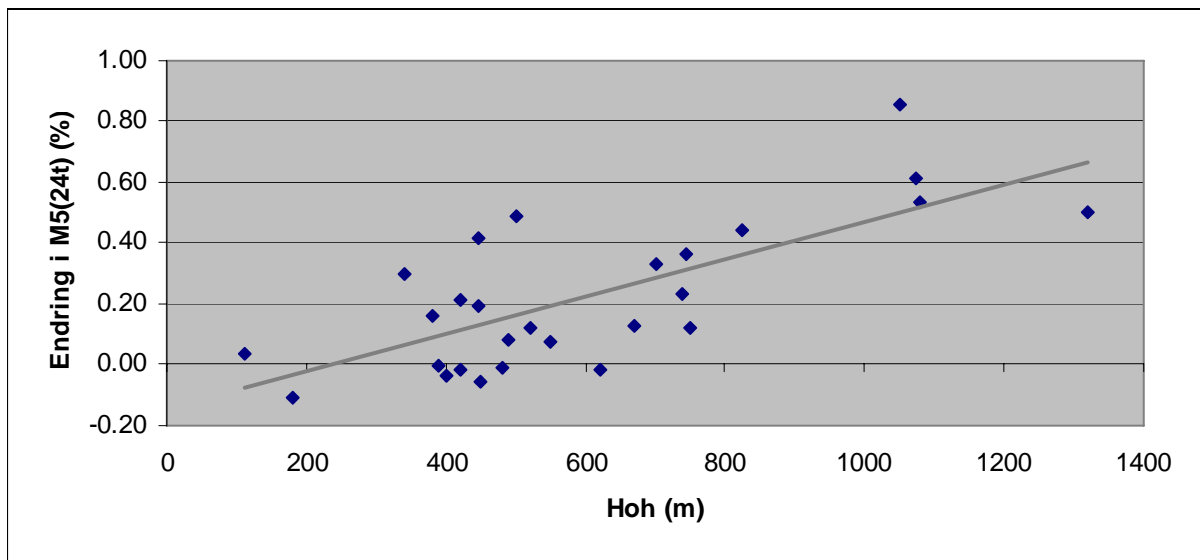
De ’stasjonsbaserte’ M5(24t)-verdiene for Glomma og Lågen samt Glomma v/Kongsvinger er beregnet fra døgnlige arealnedbør, beregnet som aritmetisk midling av døgnverdier for stasjoner nær respektive nedbørfelt, se Førland 1990. Resultatene for disse to feltene vil derfor kunne avvike fra øvrige felt uten at dette kan tilskrives ulikheter i de to metodene som sammenliknes i denne rapporten.

I Glomma og Lågen er det gjort gridbaserte beregninger for to delfelt som det ikke fins stasjonsbaserte PMP-beregninger for. M5(24t)-verdiene for disse delfeltene er noe høyere enn for totalfeltet, Figur 4. Tatt i betraktning at feltarealene er under 10 % av totalfeltets areal er forskjellen i M5-verdi moderat.



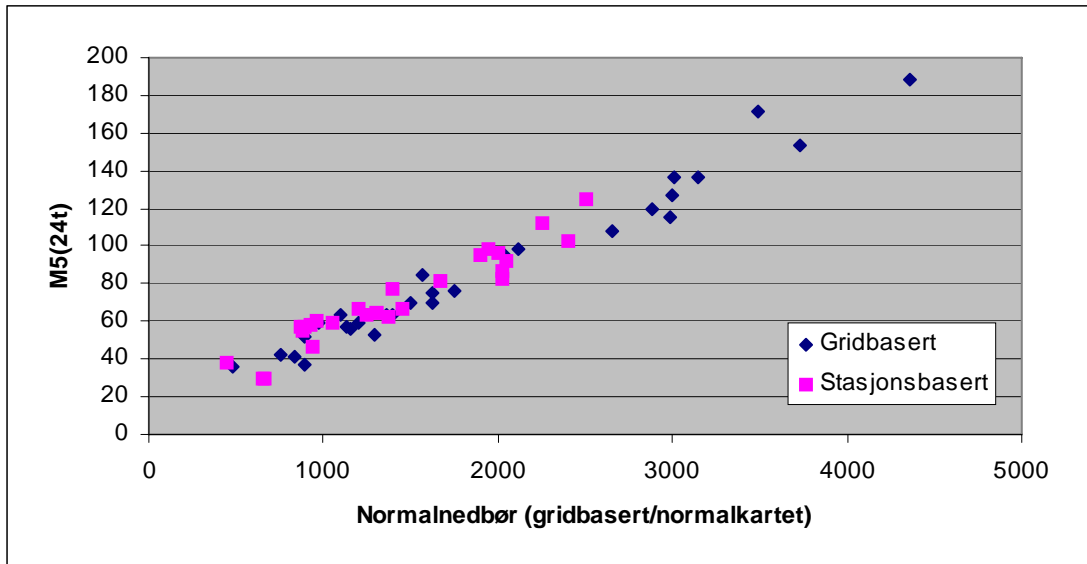
Figur 4 M5(24t) beregnet ved den tradisjonelle, stasjonsbaserte metoden respektive ved bruk av arealnedbør fra de interpolerte nedbørkartene.

Prosentvis forskjell i M5(24t)-verdiene beregnet med gridbasert metode i forhold til stasjonsbasert metode viser en relativt klar sammenheng med feltets medianhøyde over havet, Figur 5. Det er imidlertid stor spredning i høydeintervallet 300 – 800 moh, hvor de fleste feltene befinner seg.



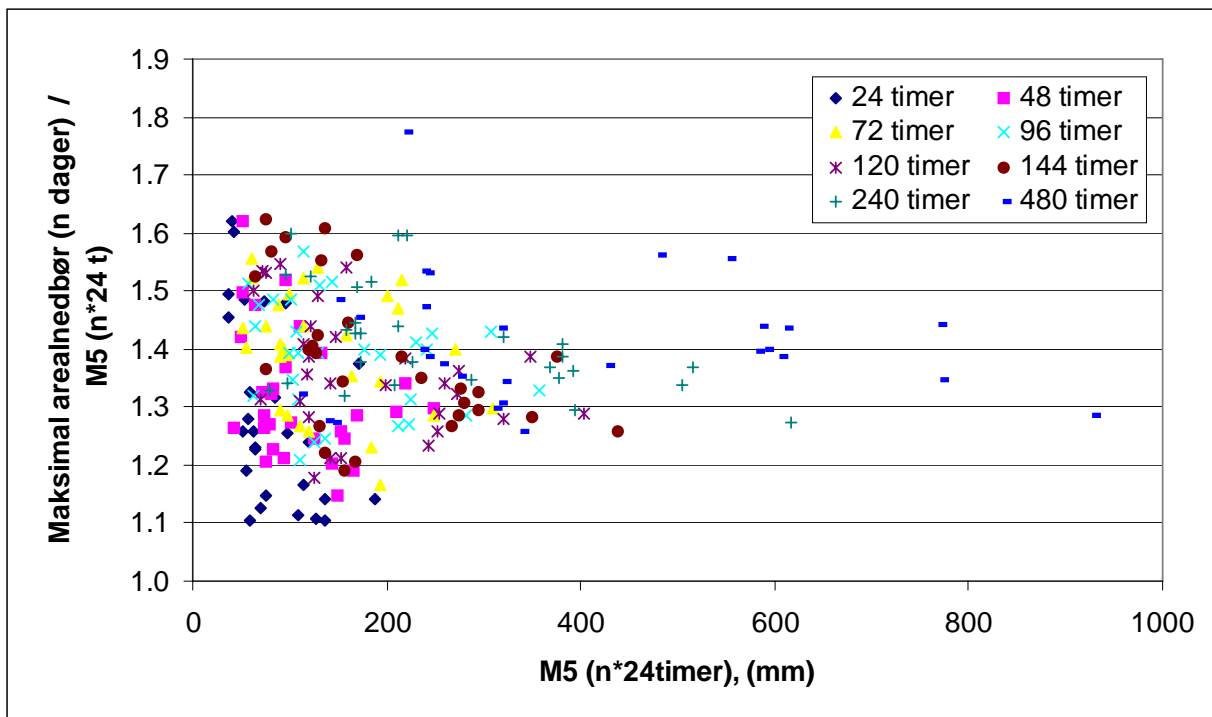
Figur 5 Prosentvis forskjell i M5(24t) beregnet med gridbasert versus stasjonsbasert metode i forhold til feltets medianhøyde.

En sammenligning av M5(24t) beregnet med gridbasert versus stasjonsbasert metode viser at de to metodene gir tilnærmet likt resultat i forhold til nedbørnormalen benyttet for respektive metode, Figur 6. Dette tilsier at det er inngangsdataene og ikke beregningsmetodikken som gir opphav til ulikhetene i M5-verdiene og dermed også PMP-verdiene.



Figur 6 M5(24t) i forhold til tilhørende normalnedbør for gridbasert og stasjonsbasert metode.

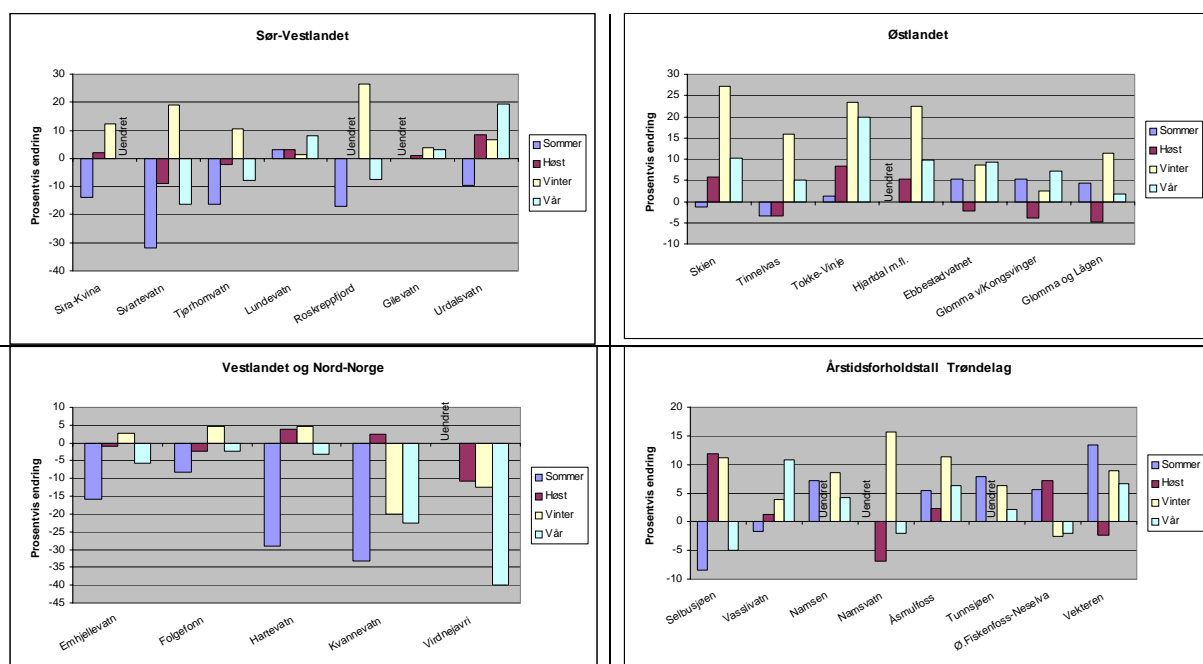
Figur 7 viser forholdet mellom største 'observerte' arealnedbør i perioden 1961-2005 i forhold til beregnet M5-verdi for ulike varigheter. Med observert arealnedbør menes her arealverdien fra de interpolerte nedbørkartene. Arealnedbøren for de ulike varighetene er beregnet for faste nedbørdøgn (06-06 UTC), mens M5-verdiene er omregnet til vilkårlig 24-timers intervall. De observerte maksimumsverdiene er mellom 10 og 65 % høyere enn tilsvarende M5-verdi. Det er jevn spredning rundt det gjennomsnittlige forholdstallet på 1.37. En svak tendens til økende forholdstall med økende varighet kan ses.



Figur 7 Maksimal arealnedbør i forhold til beregnet M5-verdi.

4.4 Ekstremverdier for ulike årstider

Årstidsforholdstallene beskriver hvor stor M5(24t)-verdien for en gitt årstid er i forhold til årsverdien av M5(24t). Figur 8 viser prosentvis endring i årstidsforholdstallene mellom forholdstallene beregnet med den stasjonsbaserte og forholdstallene beregnet med den gridbaserte metoden. Endringene i forholdstallene varierer relativt mye fra felt til felt, men er, med noen få unntak, innenfor +/- 20 %. Den gridbaserte metoden tenderer å gi høyere forholdstall for vintermånedene enn den stasjonsbaserte metoden. For nedbørfeltene på Vest- og Sørvestlandet er forholdstallene lavere om sommeren med den gridbaserte metoden, mens endringen er motsatt for Glomma, Lågen og Namsenvassdraget. Lengst i nord er det en kraftig reduksjon i forholdstallet om våren, mens Østlandet og Midt-Norge viser en økning i forholdstallet om våren for de fleste feltene.



Figur 8 Endring i M5(24t) for ulike årstider i forhold til årsverdien beregnet med gridbasert versus stasjonsbasert metode.

Forskjellen i MT(24t) for respektive årstid mellom de to beregningsmetodene er sammensatt av endringen i MT(24t) for hele året og årstidsforholdstallet. M1000(24t)-verdiene beregnet med gridbasert metode og endringene i forhold til stasjonsbasert metode er gitt i Tabell 3. Økningen i forholdstallene for vintermånedene, Figur 8, kommer tydelig fram som prosentuell økning i M1000(24t)-verdiene, Tabell 3. Reduksjonen i forholdstallene for sommeren og våren på Vest- og Sørvestlandet blir imidlertid overskygget av den generelle økningen i MT-verdiene for disse feltene. Dermed blir resultatet en økning i M1000(24t), om enn mindre enn for øvrige årstider. Resten av de studerte feltene har en mer moderat økning av MT-verdiene og endringen i årstidsforholdstallene kommer tydeligere fram i endringene i M1000(24t)-verdiene.

De tidligere beregningene for Glomma og Lågen er basert på ekstremverdianalyse av estimerte døgnlige areale nedbørverdier (Førland, 1990), og kan derfor ikke likestilles med analysene basert på representative punkt og ARF-faktor. Som nevnt i kap. 4.3 er de påregnelige gridbaserte ekstremverdiene for Sira-Kvina området urimelig høye.

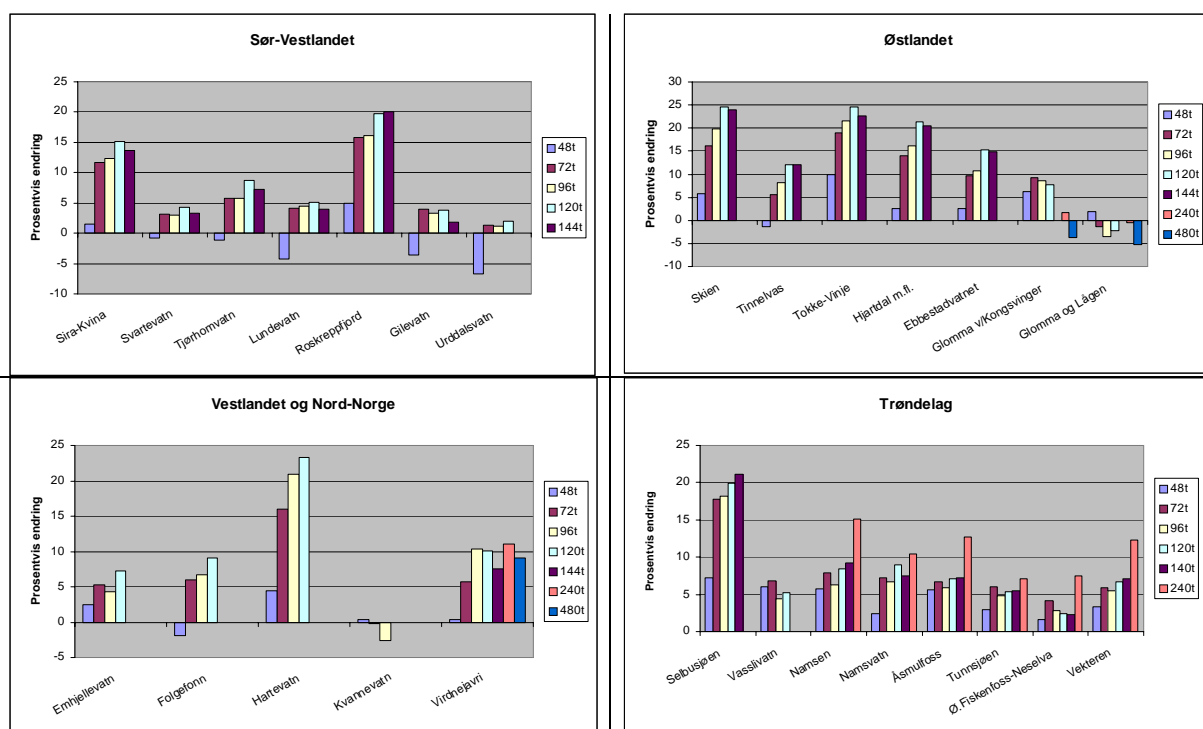
Tabell 3 Prosentvis forskjell i M1000(24t) for de fire årstidene beregnet ved gridbasert metode i forhold til stasjonsbasert metode.

Feltnavn	M1000(24 t) gridbasert metode					% forskjell fra stasjonsbasert metode				
	Helår	Sommer	Høst	Vinter	Vår	Helår	Sommer	Høst	Vinter	Vår
Sira-Kvina	238	166	223	207	143	28.6	14.5	23.9	38.0	30.0
Svartevatn	319	193	276	290	149	59.5	17.0	49.2	81.3	41.9
Tjørhomvatn	245	162	223	217	139	32.4	15.7	31.2	40.0	20.9
Lundevatn	255	184	248	208	159	21.4	22.7	24.0	22.4	27.2
Roskreppfjord	227	171	206	202	135	41.9	22.1	42.1	68.3	35.0
Gilevatn	269	191	250	231	204	31.2	31.7	31.6	32.0	31.6
Urdalsvatn	269	197	250	232	201	17.0	9.4	22.0	22.1	29.7
Emhjellevatn	293	183	280	247	174	36.3	18.1	33.3	37.2	28.9
Folgefonn	342	221	312	311	187	36.8	26.3	32.8	41.4	33.6
Hartevatn	205	130	177	189	139	36.7	8.3	41.6	40.0	32.4
Skiersvassdraget	140	121	130	96	101	-3.4	-3.2	0.0	12.9	6.3
Tinnelvas	153	134	136	101	108	9.3	7.2	8.8	26.3	13.7
Tokke-Vinje	145	124	135	95	105	0.0	-0.8	3.8	11.8	10.5
Hjartdal m.fl.	141	124	131	98	102	0.7	-0.8	4.8	15.3	7.4
Ebbestad	145	121	134	104	97	3.6	10.0	3.1	9.5	7.8
Glomma og Lågen	103	99	86	58	65	14.4	0.0	-4.4	7.4	30.0
Glomma										
v/Kongsvinger	111	108	88	54	73	30.6	27.1	27.5	50.0	46.0
Ossjøen	132	125	107	71	92	-	-	-	-	-
Kongsvinger	113	107	91	57	76	-	-	-	-	-
Lågen										
v/Svanfoss	108	102	91	69	68	-	-	-	-	-
Selbusjøen	133	121	117	102	88	10.8	5.2	17.0	20.0	3.5
Vasslivatn	211	142	186	177	165	14.1	13.6	16.3	18.0	22.2
Namsen	165	112	147	150	97	0.0	6.7	-2.0	3.4	2.1
Namsvatn	170	116	146	156	95	9.7	10.5	4.3	20.0	5.6
Åsmulfoss	174	116	156	160	106	-0.6	0.9	0.6	6.7	6.0
Tunnsjøen	154	116	136	134	87	6.2	10.5	8.8	11.7	8.8
Ø. Fiskenfoss og										
Neselva	172	114	159	144	98	7.5	14.0	13.6	6.7	8.9
Vekteren	152	115	134	136	88	-1.9	9.5	-0.7	4.6	3.5
Kvannevatn	189	130	163	148	133	-7.8	-31.6	-6.9	-22.1	-24.0
Virdejavri	100	99	73	32	43	-4.8	-1.0	-14.1	-20.0	-38.6

4.5 Ekstremverdier for ulike varigheter

Forholdstall mellom $MT(n \text{ timer})$ og $MT(24 \text{ t})$ er i den stasjonsbaserte metoden gitt som en funksjon av normal årsnedbør. Forholdstallet øker med normal årsnedbør for $n > 24$, mens det avtar for $n < 24 \text{ t}$. For tidsintervall kortere enn 24 timer er denne funksjonen benyttet også i den gridbaserte metoden. For lengre varigheter er $M5(n \cdot 24t)$ beregnet direkte fra arealnedbør for gitt varighet i den gridbaserte metoden. Forholdstallene mellom $M5(n \cdot 24t)$ og $M5(24t)$ er så brukt i beregningen av $MT(n \cdot 24t)$ -verdiene med lengre gjentakintervall.

Forholdtallene $M5(n \cdot 24t)/M5(24t)$ er generelt noe høyere for den gridbaserte enn for den stasjonsbaserte metoden, Figur 9. Endringen ligger i intervallet -7 % til +25 %. For de fleste feltene er det kun $M5(48t)$ -verdiene som gir lavere forholdstall enn den stasjonsbaserte metoden. Alle lengre varigheter viser en økning i forholdstallet, med størst økning for de lengste varighetene. Unntaket er feltene i Glomma og Lågen samt Kvannevatn (i Nordland) der de korteste varighetene har en økning i forholdstallet mens de lange varighetene viser en reduksjon. En nærmere undersøkelse av $M5/PMP$ -beregningene for Glomma og Lågen avdekker imidlertid at forholdstallene avtar med lengden av gjentakintervallet. For dette feltet der det også i de tidligere beregningene ble benyttet estimerte serier av døgnlig arealnedbør, vil dermed avviket mellom metodene endres med gjentakintervallet. For de øvrige feltene er forholdstallene uavhengig av gjentakintervallet.



Figur 9 Endring i $M5(24t)$ for ulike varigheter beregnet fra griddet arealnedbør versus stasjonsbasert metode.

Bruk av gridbasert $MT(24t)$ og forholdstallene mellom $M5(n \cdot 24t)$ og $M5(24t)$ for beregning av $MT(n \cdot 24t)$, $n > 1$, gir generelt høyere MT -verdier enn de stasjonsbaserte beregningene, se $M1000$ -verdiene i Tabell 4. Forskjellene øker med varigheten, med unntak av en liten reduksjon mellom 72- og 96-timersverdiene for noen av testfeltene. Lengst i nord gir

imidlertid den gridbaserte metoden lavere MT($n \cdot 24t$)-verdier enn den stasjonsbaserte metoden for de korteste varighetene.

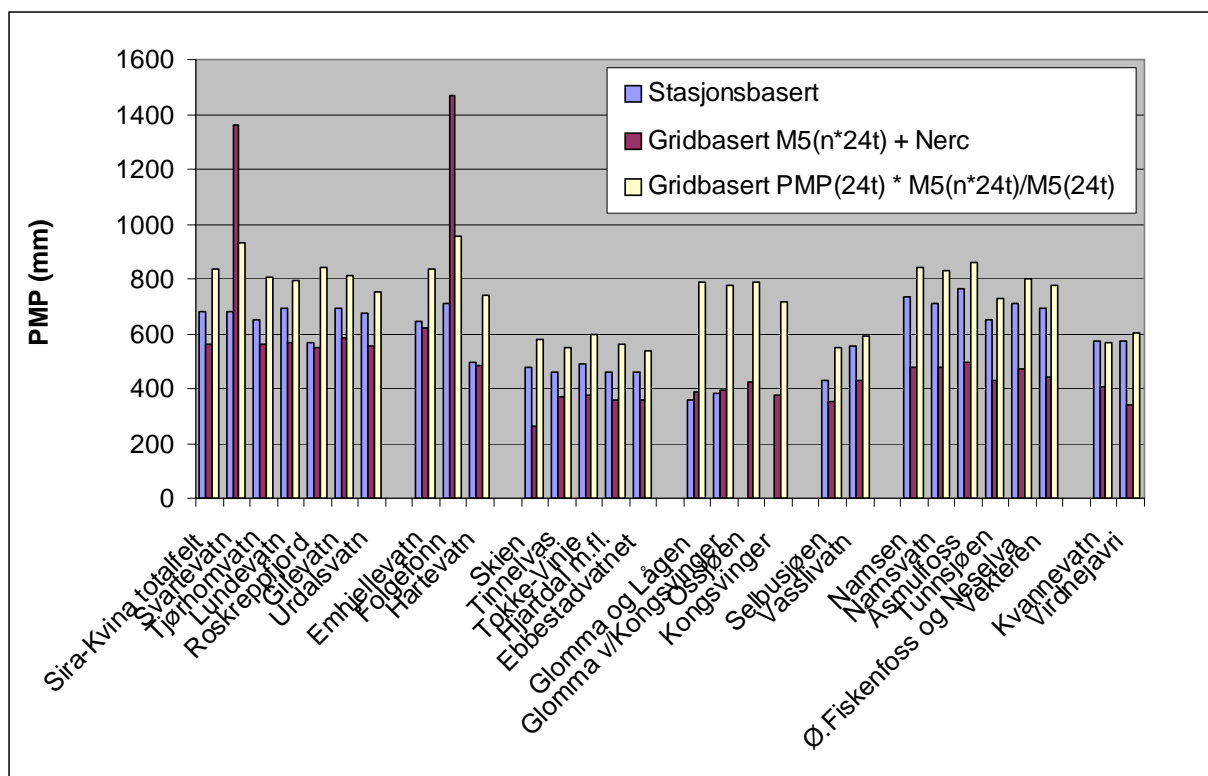
Tabell 4 Prosentvis endring i M1000 for ulike varigheter beregnet ved gridbasert metode i forhold til stasjonsbasert metode.

Feltnavn	M1000 gridbasert metode						% endring fra stasjonsbasert metode					
	24 t	48 t	72 t	96 t	120 t	144 t	24 t	48 t	72 t	96 t	120 t	144 t
Sira-Kvina	238	310	401	464	528	571	28.6	29.3	48.7	44.9	46.6	46.5
Svartevatn	319	409	504	575	649	701	59.5	57.1	65.1	64.2	66.5	65.0
Tjørhomvatn	245	312	394	453	517	559	32.4	30.2	40.7	39.5	43.5	41.6
Lundevatn	255	315	404	464	520	562	21.4	16.8	26.1	27.1	28.4	26.3
Roskreppfjord	227	303	389	446	511	561	41.9	47.6	65.5	65.0	70.3	70.1
Gilevatn	269	334	425	487	542	583	31.2	26.1	37.2	35.2	35.5	34.1
Urdalsvatn	269	326	417	479	538	582	17.0	8.8	19.2	18.2	19.6	-
Emhjellevatn	293	402	475	538	613	-	36.3	41.1	43.9	43.5	45.9	-
Folgefonn	342	453	562	649	735	-	36.8	33.2	44.1	45.9	48.5	-
Hartevatn	205	272	352	416	473	-	36.7	43.1	59.9	66.6	68.8	-
Skien vassdraget	140	185	228	265	300	323	-3.4	2.8	11.0	15.2	20.0	19.4
Tinnelvas	153	189	225	258	292	316	9.3	7.9	15.2	17.4	21.5	21.4
Tokke-Vinje	145	199	243	280	315	334	0.0	10.6	18.7	21.8	25.8	21.5
Hjartdal m.fl.	141	181	225	257	292	314	0.7	3.2	15.4	16.9	21.6	20.8
Ebbestad	145	184	221	251	283	305	3.6	5.3	13.4	13.9	20.3	19.5
Glomma og Lågen	103	136	156	175	195	209	14.4	29.9	29.9	34.9	39.2	-
Glomma v/Kongsvinger	111	141	165	184	206	219	11.0	22.4	32.1	31.5	37.2	-
Ossjøen	132	165	190	208	231	244	-	-	-	-	-	-
Kongsvinger	113	140	161	175	191	204	-	-	-	-	-	-
Lågen v/Svanfoss	108	140	159	181	197	211	-	-	-	-	-	-
Selbusjøen	133	178	221	248	276	301	10.8	18.8	29.9	30.8	31.4	33.8
Vasslivatn	211	286	340	381	426	463	14.1	21.9	21.5	19.1	20.1	-
Namsen	165	222	262	295	335	368	0.0	5.5	6.8	7.1	8.0	9.8
Namsvatn	170	221	268	303	345	373	9.7	13.5	16.4	16.4	18.8	18.3
Åsmulfoss	174	234	275	311	350	382	-0.6	6.1	5.7	5.5	6.1	6.2
Tunnsjøen	154	200	233	260	289	315	6.2	8.0	13.9	10.6	11.1	12.6
Ø. Fiskenfoss og Neselva	172	220	261	294	326	355	7.5	10.1	11.3	10.8	10.4	9.4
Vekteren	152	198	236	268	302	331	-1.9	1.5	2.8	3.0	4.0	4.9
Kvannevatn	189	245	287	320	351	-	-7.8	-7.7	-7.5	-9.8	-	-
Virdejavri	100	119	142	161	175	181	-4.8	-4.4	1.2	3.9	6.1	3.2

Dersom MT($n \cdot 24t$) i stedet beregnes med NERC-metoden blir verdiene lavere under forutsetning av at M5($n \cdot 24t$)-verdien er mindre enn 350 (jfr. kap 2 siste avsnitt). I de fleste tilfeller ligger M1000-verdiene beregnet med stasjonsbasert metode mellom disse to variantene av den gridbaserte metoden. NERC-metoden er imidlertid tatt fram kun for kortere varigheter (1-2 døgn) og bør derfor ikke benyttes for lengre varigheter uten at likningssystemets gyldighet for disse verifiseres.

Figur 10 viser PMP-verdier beregnet med henholdsvis stasjonsbasert metode, gridbasert metode med bruke av M5($n \cdot 24t$)-verdier som input til Nerc-likningen og gridbasert beregnet

fra PMP(24t) multiplisert med faktoren $M5(n*24t)/M5(24t)$. PMP-verdiene er for den lengste varigheten som er tatt med i respektive stasjonsbaserte PMP-rapport. Generelt viser PMP-verdiene for de ulike metodene samme innbyrdes forhold som nevnt i de to foregående avsnittene. De ekstremt høye PMP-verdiene beregnet med Nerc-metoden for Svartevatn og Folgefonn skyldes at M5-verdien for aktuell varighet overskrider 350 mm (jfr. kap 2.2 siste avsnitt). Vi ser også at feltene i Glomma får noe høyere verdi med gridbasert Nerc-metode enn med stasjonsbasert metode. Dette skyldes sannsynligvis at den 'stasjonsbaserte' metoden for disse feltene i realiteten er beregnet på estimert arealnedbør og ikke direkte fra punktobservasjoner (jfr. kap 4.3 avsnitt 2). Feltene i Glomma og Lågen samt i Namsen har større relativ forskjell mellom de to arealbaserte metodene enn de øvrige feltene. For disse feltene er PMP beregnet for lengre varigheter enn de andre feltene (480 respektive 240 timer mot hovedsakelig 120 og 144 timer for de øvrige). Beregningen viser, også for de andre feltene, at Nerc-likningen gir mindre økning i PMP-verdi med økt varighet enn tilsvarende økning i M5-verdi når varigheten øker.



Figur 10 PMP beregnet med ulike metoder samt maksimal arealnedbør. PMP-verdiene er for de lengste varighet oppgitt i de stasjonsbaserte PMP-rapportene.

5 Oppsummering og konklusjon

Studien viser at M5(24t)-verdiene beregnet med den gridbaserte metoden gir resultater svært nær de beregnet med den stasjonsbaserte metoden, med unntak av Vestlandet hvor den gridbaserte metoden gir betydelig høyere M5(24t)-verdier. Det er en tendens til økende positivt avvik mellom de gridbaserte og de stasjonsbaserte M5-verdiene med feltets medianhøyde. Avvikene skyldes primært forskjeller i inngangsdataene og ikke beregningsmetodikken.

Endringen i årstidsforholdstallene viser stor variasjon både innad og mellom ulike regioner. Det er imidlertid en ganske tydelig tendens til at den gridbaserte metoden gir større ekstremverdier for vintersesongen enn den stasjonsbaserte metoden.

Ekstremverdiene for varigheter lengre enn 24 timer er generelt noe høyere for den gridbaserte metoden enn for den stasjonsbaserte. De gridbaserte ekstremene er basert på observert nedbør av aktuell varighet det er derfor grunn til å tro at disse er mer korrekte enn de skjematisk beregnede verdiene i den stasjonsbaserte metoden.

Basert på resultatene fra sammenligningen av de to ulike måtene å beregne PMP for varigheter lengre enn 24 timer i den gridbaserte metoden og det at Nerc-metoden opprinnelig er utviklet for 1 – 2 døgn varigheter, anbefaler vi å benytte PMP(24t) multiplisert med forholdstallet mellom ulike varigheter beregnet fra M5-verdiene.

Den gridbaserte metoden for beregning av MT- og PMP-verdier er enklere og mer rett fram enn den stasjonsbaserte metoden. Metoden er objektiv, til forskjell fra den stasjonsbaserte metoden som krever en subjektiv bedømming av hvilke nedbørstasjoner som skal tas med og hvordan de skal vektlegges. Denne studien har vist at metoden gir gode og tilforlittelig resultater for store deler av Norge. For felt som er lokalisert i lavereliggende områder på Østlandet, Sørlandet og Trøndelag kan de griddede datasettene brukes direkte i PMP-beregninger. I områder med store terrengvariasjoner kombinert med få og lite representative nedbørstasjoner er det imidlertid knyttet en del usikkerhet til den nåværende versjonen av de interpolerte nedbørskartene. For disse områdene kreves det fortsatt en vurdering av punktverdier for aktuelle de aktuelle stasjonene. Resultatene fra denne studien vil være et godt bidrag i forbindelse med utvikling av ny metodikk for PMP-beregninger ved met.no.

En del ulikheter i årstidsforholdstall og varighetsforholdstall mellom den gridbaserte og den stasjonsbaserte metoden er påvist. Dette bør studeres nærmere før endelige konklusjoner vedrørende disse faktorene kan tas. Det er også essensielt for resultatet av PMP-beregningene at de interpolerte nedbørskartene forbedres i de områder hvor usikkerheten i dag er stor.

6 Avslutningsord

Under arbeidet med denne studien har jeg hatt mange givende diskusjoner med kollegaer ved Klimadivisjonen på met.no. Takk til alle dere som har tatt dere tid til å diskutere små og store spørsmål som har dukket opp underveis. Spesielt vil jeg takke Ketil Isaksen for nyttige bidrag vedrørende den til nå gjeldende metodikk for beregning av PMP samt korrekturlesing av manuskriptet, Inger Hanssen-Bauer for faglige kaffeprater på sene kvelder og Eirik J. Førland som alltid har funnet tid i et presset tidsskjema til å diskutere PMP, har lett høyt og lavt for å finne fram tidligere PMP-rapporter, vært en god motivator når arbeidet har gått tregt og kommet med verdifulle bidrag og innspill til innhold og utforming av rapporten.

7 Referanser

Agersten S. (2002) *Analysis of extreme daily precipitation and return periods in Norway and NORDKLIM area*, met.no report 13/2002.

Alexandersson H., E.J. Førland, J. Helminen, N. Sjöblom and E.E. Tveito (2001) *Extreme value analysis in the Nordic countries*, NORDKLIM, DNMI-rapport nr 01/01.

Førland E.J. (1990) *Kongsvinger & Sarpsborg (Glomma-vassdraget) – Påregnelige ekstreme nedbørverdier*, DNMI-rapport nr 34/90.

Førland E.J. (1992) *Manual for beregning av påregnelige ekstreme nedbørverdier*. DNMI-rapport nr. 21/92.

Gumbel E.J. (2004) *Statistics of Extremes*. Dover Publications, New York. Unabridged republication of the edition published by Columbia University Press, New York, 1958.

Jansson A., O.E. Tveito, P. Pirinen and M. Scharling (2007) *NORDGRID – a preliminary investigation on the potential for creation of a joint Nordic gridded climate dataset*, DNMI-rapport nr 03/2007.

NERC (1975) *Flood Studies Report, Vol II*, National Environment Research Council, London.

Tveito O.E, I. Bjørdal, A.o. Skjelvåg and B. Aune (2005) *A GIS-based agro-ecological decision system based on gridded climatology*, Meteorological Applications, Vol 12, No 1, March 2005.

World Meteorological Organization (1986) *Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation*, 2nd edition, Operational Hydrology Report No. 1, WMO - No. 332, Geneva, ISBN 92 - 63 - 11332 - 2.

WMO (1974), *Guide to hydrological practices*, WMO, Geneva.