

Ny metode for estimering av ekstrem arealnedbør i Norge

Av Anita Verpe Dyrrdal

Anita Verpe Dyrrdal er forsker og stipendiat ved Meteorologisk institutt og Universitetet i Oslo.

Innlegg på fagtreff i Norsk vannforening 14. mai 2012.

Introduksjon

Her presenteres en nyutviklet metode for beregning av ekstremnedbør i et areal eller vassdrag. En GEV ekstremverdifordeling tilpasses tidsserier for arealnedbør fra et griddet produkt, der den usikre shape-parameteren bestemmes til en positiv verdi og varierer med 5-års returnivå og arealstørrelse. Vi finner at metoden er effektiv og objektiv i sammenligning med eksisterende metode, og gjør det mulig å gi estimer i områder uten observasjoner.

Innledning

I planlegging og dimensjonering av blant annet dammer i Norge er det viktig å kunne si noe om frekvensen av ekstrem nedbør over et større areal eller vassdrag. Beregning av ekstreme arealverdier er utfordrende ettersom det ikke finnes observasjoner av arealnedbør, og den

romlige variasjonen er stor, spesielt i komplekse terreng slik som i Norge. Ved hjelp av et griddet produkt for døggnedbør og ekstremverdistatistikk har vi utviklet en ny metode for slike beregninger. Fordelene med den nye gridbaserte metoden er effektivitet, objektivitet og mulighet for beregning av ekstrem nedbør i områder uten meteorologiske målinger. I tillegg finnes nedskalerte klimaframskrivninger på et lignende grid hvilket gjør det mulig å beregne ekstrem arealnedbør for framtidige forhold.

Ekstremnedbør uttrykkes ofte i nedbørmengde med et visst gjentakintervall eller returperiode. Utrykket MT brukes her for beregnet nedbørverdi med T-års returperiode, kalt returnivå. M5 er til eksempel beregnet 5-års returnivå.

Dette arbeidet er en del av et phd-prosjekt på ekstrem nedbør som utføres ved Meteorologisk institutt (met.no) og Universitetet i Oslo (UiO).

Fra «gammel» til «ny» metode

Stasjonsbasert metode (SB-NERC)

Met.no har et nasjonalt ansvar for å bidra med estimater av ekstremnedbør i Norge. Metoden som brukes ved met.no i dag ble utviklet av Eirik Førland på 1980-tallet (Førland, 1987; Førland & Kristoffersen, 1989), og refereres her til som SB-NERC. Den er basert på en større studie av Natural Environment Research Council (NERC) i Storbritannia, der empiriske «vekstfaktorer» for ekstrem punktnedbør ble beregnet (NERC, 1975). Arealverdien bestemmes ved å multiplisere verdien fra et «representativt punkt» med en «areal reduksjonsfaktor» (ARF) (Bell, 1976), ettersom nedbørintensiteten vil avta med økt avstand fra maksimal punktnedbør.

Gridbasert metode

For noen år siden ble det ved met.no utviklet et griddet produkt av blant annet nedbør, basert på observasjoner som er interpolert i rommet (Tveito et al., 2005). Estimerte døgnverdier av nedbør fra 1957 til i dag finnes for hele fastlands-Norge, med en oppløsning på 1x1 km (se www.seNorge.no). Dette datasettet gir oss muligheten til å beregne arealnedbør direkte, uten bruk av omdiskuterte ARF-verdier og med oppdaterte tidsserier. Samtidig er vi ikke avhengig av å ha observasjoner i området, og vi unngår det sterkt subjektive valget av representative observasjoner og/eller mangel på disse.

Ekstremverdifordeling

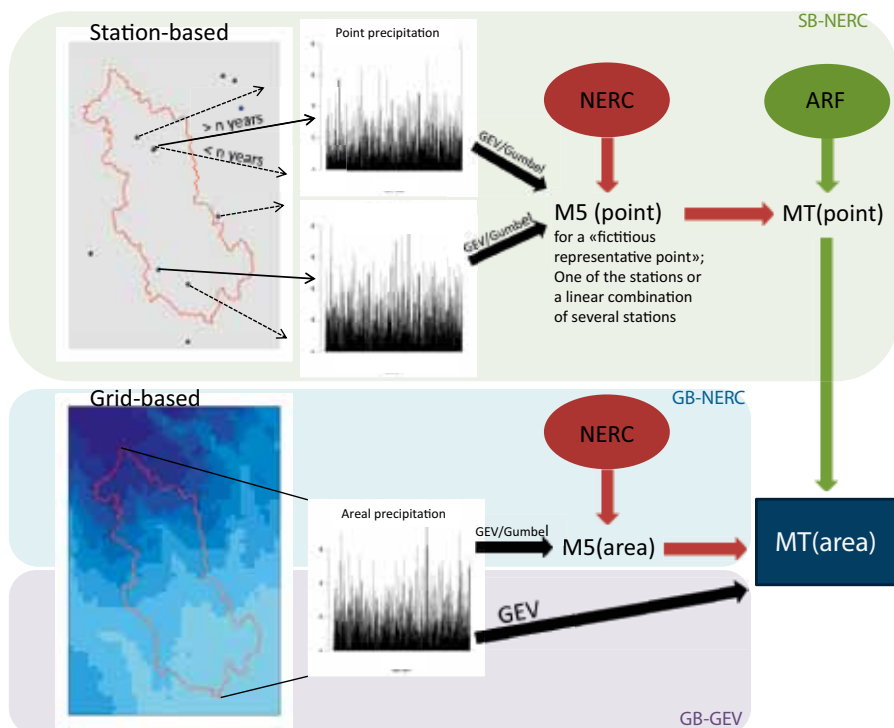
I denne studien har vi brukt to ulike metoder for å beregne ekstreme verdier fra gridbaserte nedbørserier; 1) NERC

vekstfaktorer (GB-NERC) og 2) «Generalized extreme value» (GEV) (GB-GEV). Figur 1 viser prosedyren i stasjonsbasert metode og de to gridbaserte metodene. GEV beskriver tre mulige fordelinger av maksimumsverdier av enhver variabel, ved hjelp av parameterne location, scale, og shape (Coles, 2001). Årlig maksimum, som er mest brukt, konvergerer mot én av de mulige fordelingene, avhengig av om shape-parameteren er lik null (Gumbel/Type I), positiv (Fréchet/Type II) eller negativ (Weibull/Type III). Jo høyere verdi shape-parameteren har, jo tykkere er «halen» på fordelingen, eller jo større forskjell er det mellom ekstremer med ulike returperioder.

Det er bred enighet i litteraturen om at 24-timers nedbør følger en Type II, der shape-parameteren er positiv og ekstremene dermed ikke har en øvre grense. Denne fordelingen gir minst risk ved dimensjonering og anbefales av blant andre Koutsoyiannis (2004a).

Shape-parameteren

Shape-parameteren er essensiell i beregningen av de høyeste ekstremene. Samtidig er den spesielt vanskelig å estimere hvilket resulterer i stor usikkerhet. Det viser deg at våre serier på 50-60 år er for korte for å estimere en stabil shape-parameter, som dermed blir veldig sensitiv til enkeltverdier. Derfor er det viktig å begrense parameteren med teoretisk kunnskap. Mange studier indikerer at shape-parameteren for punktnedbør er konstant over større områder, og har en verdi på 0.10-0.15 (Buishand, 1989; Coles & Tawn, 1990; Buishand, 1991; Coles &

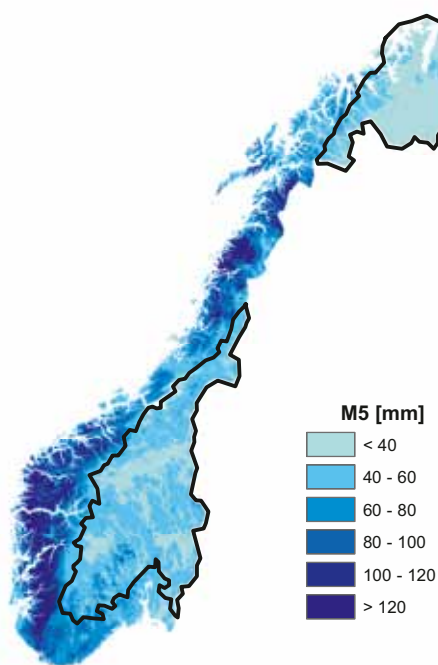


Figur 1. Prosedyre for beregning av ekstrem arealnedbør (MT(areal)) vba stasjonsbasert og gridbaserte metoder. Figuren er på engelsk.

Tawn, 1996; Koutsoyiannis, 1999, 2004b). Vi viser at shape-parametere varierer mellom regioner i Norge, avhengig av dominerende nedbørsystemer. I innlandet, der konvektiv sommernedbør dominerer, vil verdien være høyere enn på vestlandskysten der frontnedbør om høsten produserer de største nedbørmengdene. Det viser seg at grensene mellom disse områdene passer bra med variasjonen i M5, figur 2.

Siden romlig avhengighet minker med økt areal vil fordelingen av arealnedbør konvergere sakte mot en normalfordeling som beskrevet i Skaugen et al.

(1996). Samtidig vil ekstremverdifordelingen konvergere mot den kjente Gumbel-fordelingen (Type I) med shape-parameter lik null. Dette er i samsvar med Leadbetter et al. (1980) som viste at hvis er en uavhengig og identisk fordelt (standard) normal serie av tilfeldige variabler, så er den asymptotiske fordelingen av $\max()$ av Type I. Vi foreslår derfor en enkel modell for å bestemme shape-parametere i et vassdrag avhengig av M5 og areal. Shape-parametere vil dermed få en verdi mellom 0 og 0.15.

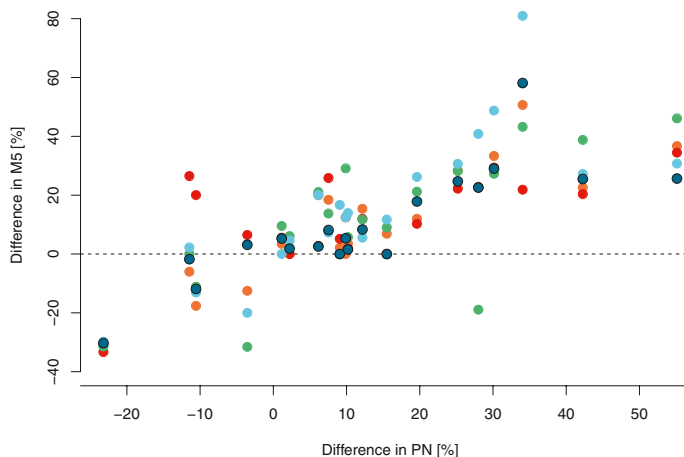


Figur 2. Estimert M5 og grenser mellom områder dominert av konvektiv nedbør og frontnedbør.

Sammenligning av metoder

Vi har sammenlignet estimater av ekstremnedbør i 16 vassdrag, ved bruk av de tre metodene i figur.1. I første steg sammenligner vi SB-NERC og GB-NERC for å evaluere bruken av arealnedbør fra det griddede produktet. I et andre steg sammenligner vi de to gridbaserte metodene GB-NERC og GB-GEV, der inngangsdata er identiske mens sannsynlighetsfordelingene er ulike. Det er viktig å understreke at man ikke har en fasit på ekstremverdier med lange returperioder, og det er vanskelig å evaluere hvilken metode som gir de mest riktige verdiene. Vurderingen blir derfor gjort på grunnlag av funksjonalitet av metodene og teoretisk kunnskap.

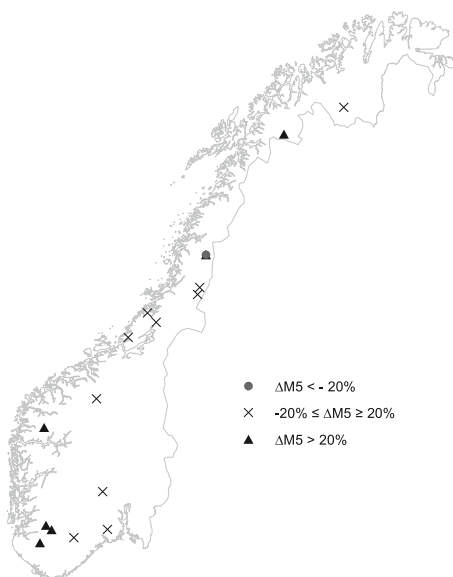
Figur 3 og 4 viser at forskjeller i M5 estimert med SB-NERC og GB-NERC er størst i våte områder, tilsvarende fjellområdene i vest. Det er to hovedgrunner til disse forskjellene:



Figur 3. Prosentvis forskjell i beregnet M5 med SB-NERC og GB-NERC, plottet mot normal årsnedbør (PN) i vassdraget.

- Nedbørgrikkene overestimerer nedbør i høyreliggende områder. Dette er en velkjent utfordring som jobbes med ved met.no.
- I fjellområdene er stasjonsnettverket svært tynt hvilket påvirker resultatet i begge metodene.

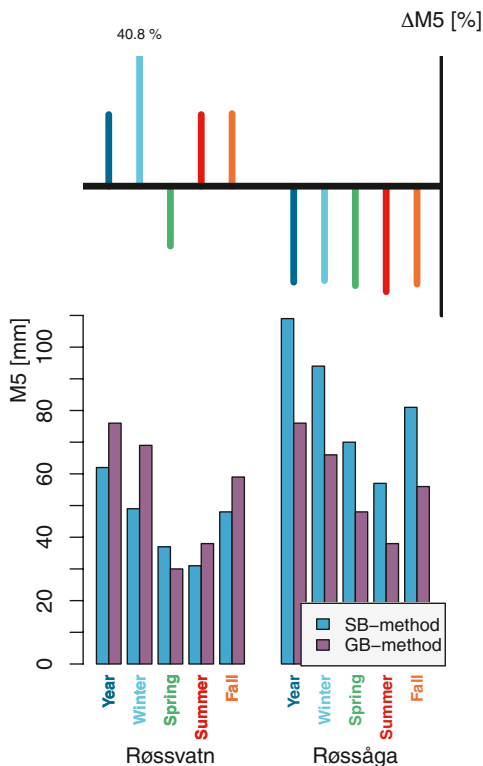
For å understreke subjektiviteten i SB-NERC viser vi to beregninger av M5 i samme vassdrag, figur 5. En beregning ble utført flere år tilbake mens den andre ble utført nylig og baserer seg derfor på et lengre datasett. De store avvikene mellom de to beregningene forklares med ulikt datagrunnlag og ulike valg av repre-



Figur 4. Forskjell i beregnet M5 med SB-NERC og GB-NERC. Sirkel indikerer at GB-NERC gir mye lavere M5, kryss indikerer liten forskjell, trekant indikerer at GB-NERC gir mye høyere M5.

sentative observasjoner. Dette tydeliggjør behovet for en mer objektiv metodikk.

Sammenligningen av de to gridbaserte metodene, figur 6, viser at i 15 av 16 vassdrag gir GB-GEV lavere estimater enn GB-NERC. Dette er ikke overraskende siden NERC vekstfaktorer er beregnet for punktnedbør og dermed ikke tar hensyn til redusert romlig avhengighet i et større areal. Forskjeller varierer mellom 0 og ~13 % for M100, og opp til det dobbelte for M1000. Likevel



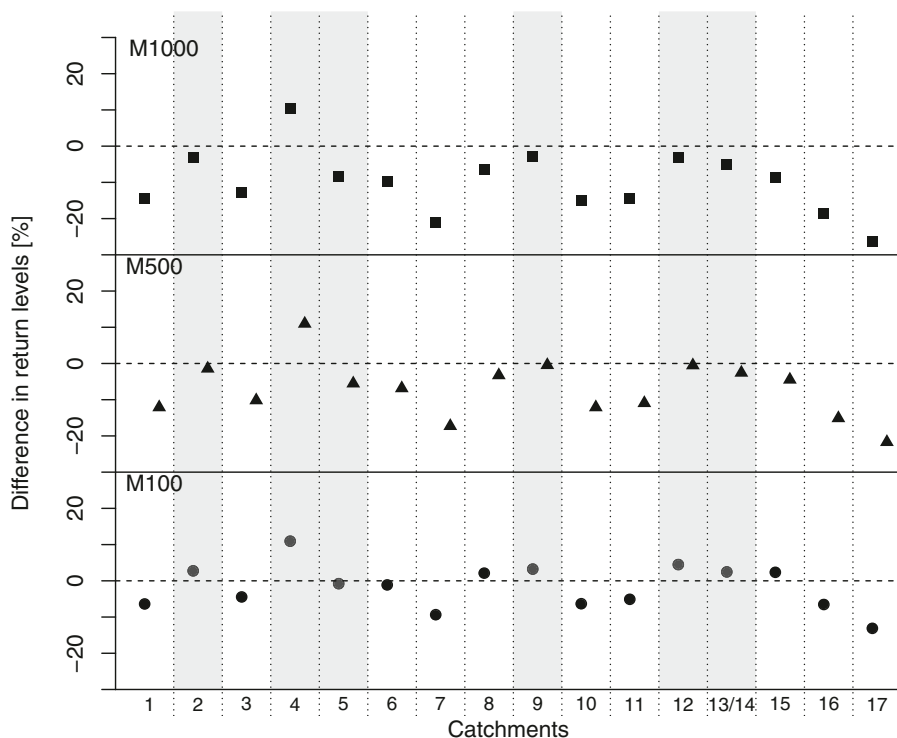
Figur 5. To M5 beregninger i samme vassdrag. Blå søyle = SB-NERC, lille søyle = GB-NERC. M5 er beregnet for hele året og for separate årstider.

er GB-NERC estimater godt innenfor 95 % konfidensintervall for GB-GEV estimater (ikke vist her). Vassdrag nr 16, se figur 6, viser størst forskjell mellom estimatene, og tilsvarer det tørreste vassdraget. Forskjellen minker generelt i vassdragene med mest nedbør, og i det våteste vassdraget, se nr 4 i figur 5, er GB-GEV estimatet til og med høyere enn GB-NERC estimatet.

Figur 7 viser returnivå-estimater fra Soneren, som representerer et resultat funnet ved flere av vassdragene. Vi ser at konfidensintervallet illustrert med sti-

plete linjer er veldig vidt for lengre returperioder, og gir lite sikkerhet rundt disse estimatene. Konfidensintervallet rundt den estimerte shape-parameteren (i parentes) viser igjen hvor stor usikkerhet som er knyttet til denne parameteren.

PMP (Probable Maximum Precipitation) estimater er ikke fokusert på her ettersom statistiske metoder introduserer enorme usikkerheter ved så lange returperioder. Vi anbefaler derfor forskning på bruken av numerisk modeller for slike estimater.



Figur 6. Prosentvis forskjell mellom estimater av M100, M500, og M1000 ved bruk av GB-NERC og GB-GEV.

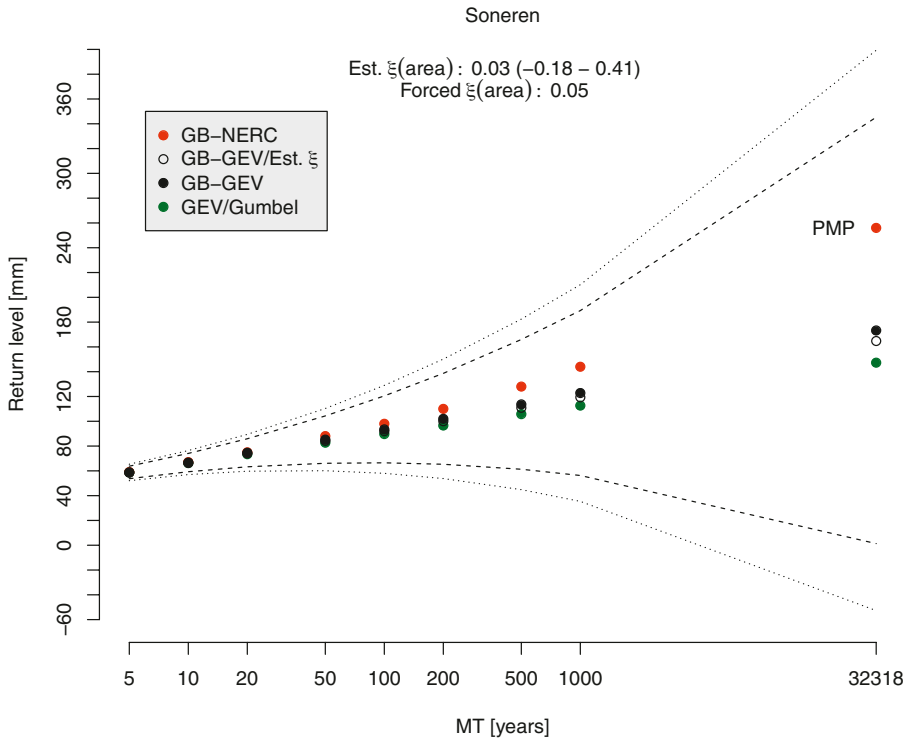
Konklusjoner og videre arbeid

- Gridbaserte metoder for estimering av arealnedbør har vist seg effektive og objektive. Estimerer i områder uten målinger er lettere å oppnå, selv om stor usikkerhet er relatert til disse.
- GEV shape-parameteren er svært vanskelig og estimere og bør dermed bestemmes med kunnskap fra teori og litteratur. I Norge varierer shape-parameteren mellom regioner

dominert av konvektiv nedbør og frontnedbør, og den vil minke mot null med økende areal pga. redusert romlig avhengighet.

- GB-GEV og GB-NERC estimerer er relativt like for korte returperioder, men idet usikkerheten øker for lengre returperioder, øker også forskjellene. GB-GEV estimerer er generelt lavere enn GB-NERC estimerer.

I videre phd-arbeid vil nedbør på kortere tidsskala være fokus. Målet er å kunne gi



Figur 7. Estimerer av returnnivå for 24-timers arealnedbør i Soneren ved bruk av ulike metoder. Stiplet (prikket) linje er 95 (99) % konfidensintervall for GB-GEV. Både estimert og bestemt shape-parameter er indikert.

estimer av ekstrem timesnedbør i ethvert punkt i fastlands-Norge, og deretter vurdere muligheten til bruk av samme metodikk på framskrivninger av framtidsklima.

Referanser

Bell, F C., 1976. The areal reduction factor in rainfall frequency estimation. Report no.35, Institute of Hydrology, Wallingford, Oxfordshire, UK.

Buishand, T A., 1989. Statistics of extremes in climatology. *Statistica Neerlandica*, 43, 1-30.

Buishand, T A., 1991. Extreme rainfall estimation by combining data from several sites. *Hydrological Sciences Journal*, 36(4), 345-365.

Coles, S G, & Tawn, J A., 1990. Statistics of coastal flood prevention. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 332, 457-476.

Coles, S G, & Tawn, J A., 1996. Modelling Extremes of the Areal Rainfall Process. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 58(2), 329-347.

Førland, E J., 1987. Beregning av ekstrem nedbør (in Norwegian). met.no Fagrapport 23/87 KLIMA.

Førland, E J, & Kristoffersen, D., 1989. Estimation of Extreme Precipitation in Norway. *Nordic Hydrology*, 20, 257-276.

Koutsoyiannis, D., 1999. A probabilistic view of Hershfield's method for estimating probable maximum precipitation. *Water Resources Research*, 35(4), 1313-1322.

Koutsoyiannis, D., 2004a. Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: I. Theoretical investigation. *Hydrological Sciences*, 49(4), 575-590.

Koutsoyiannis, D., 2004b. Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: II. Empirical investigation of long rainfall records. *Hydrological Sciences*, 49(4).

Leadbetter, M R, Lindgren, G, & Rootzén, H., 1980. Extremes and related properties of random sequences and processes. *Springer Series in Statistics*.

NERC., 1975. Flood Studies Report, Vol II. National Environmental Research Council, London.

Skaugen, T, Creutin, J-D, & Gottschalk, L., 1996. Reconstruction and frequency estimates of extreme daily areal precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 101(D21).

Tveito, O E, Bjørdal, I, Skjelvåg, A O, & Aune, B., 2005. A GIS-based agro-ecological decision system based on gridded climatology. *Meteorological Applications*, 12(1).