

De dimensjonsgivende regnintensiteter må reduseres for større avløpsfelt

Av Oddvar G. Lindholm og Bjørn Aune

Oddvar Lindholm er siv.ing. fra NTH. Han er ansatt som forskningsleder på Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Bjørn Aune er cand.real. fra Universitetet i Oslo, og ansatt som fagsjef på Det norske meteorologiske institutt (DNMI).

Sammendrag

Ved dimensjonering av avløpsanlegg som tilføres overvann og ved beregning av overvannsavrenning, har det stort sett utelukkende vært benyttet ureduserte regnintensiteter fra intensitet-varighet-frekvens (I-V-F) kurver. Slike kurver er basert på punktmålinger og er egentlig ikke representative for mer enn det arealet som nedbørmålingenes oppsamlingsskål har.

Foreliggende prosjekt har tatt for seg nedbørmålinger i 6 år på syv steder i Osloområdet, og sett på midlere regnintensiteter over ulike arealer. Arealet målerne dekker er på 75 km². Gjentatte ganger har det vært meget intense regn på et av stedene, mens en måler bare få kilometer unna ikke har nedbør fra regnhendelsen i det hele tatt.

For de syv stasjonene er det beregnet såkalte arealreduksjonskoeffisienter. Dette er koeffisienter som må multipliseres med en punktmålings regnintensitet (fra I-V-F kurver) for å få en korrekt midlere regnintensitet over et gitt areal.

I forhold til arealreduksjonsfaktorene som er fremkommet fra Lund (9) i Sverige, er reduksjonene for Oslo-området ca. dobbelt så store. For eksempel er arealreduksjonsfaktoren (ARF) for 3 års

gjentaktsintervall og 40 minutters regnvarighet i Lund lik 0,88 for 9 km², mens Oslo tilsvarende har ARF = ca. 0,65. Her kan imidlertid formen på stasjonsettet ha betydning for resultatene.

For 10 minutters regn er ARF = 0,80 for Lund og ARF = 0,49 for Osloområdet. For 6 års gjentaktsintervall må selv 6-timers regnet for punktmålinger på Blindern reduseres med ca. 50% når arealet overstiger 9 km². For gjentaktsintervall 3 år eller hyppigere ligger ARF på 0,8—0,9 for 6-timers regn og areal større enn 9 km².

Arealreduksjonen øker med økende gjentaktsintervall for regnet og med minkende varighet for regnet. Beregningene av ARF viser dessuten at man har en drastisk reduksjon mellom 0 og 9 km² for 6 års gjentaktsintervall.

For regn med gjentaktsintervall ca. 5 år eller mer vil det være av betydning å ta hensyn til arealreduksjonen for arealer helt ned til 100 ha.

Innledning og problemorientering

Prosjektet «Arealfordeling av korttidsnedbør» er et samarbeidsprosjekt mellom Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

og Det norske meteorologiske institutt (DNMI).

Prosjektet er finansiert med midler fra NTNFs VAR-utvalg, Norsk Hydrologisk komité, Vestfjorden Avløpsselskap og NIVAs egne forskningsmidler.

Ingeniører har i mange år erfart at de målte vannflommer i byenes avløpsnett sjelden ble så store som de opprinnelige beregningene tilsa. Beregningene av overvannsavrenningen var basert på dimensjonerende regn tatt fra intensitets-varighets-frekvens (I-V-F) kurver, samt på avrenningsfaktorer tatt fra håndbøker.

Man har vanligvis forklart de uventede «små» målte avrenningene med at avrenningskoeffisientene har vært antatt for store.

Få har påpekt at regnintensitetskurvene kan ha vært brukt på en uriktig måte. I-V-F kurvene gjelder strengt tatt bare for arealet til oppsamlingsskålen i pluviografen. Dersom man har nedslagsfelt på over 100 ha vil disse kurvene ikke lenger være riktige for alle typer dimensjonerende regn. Den regnintensitet man finner fra I-V-F kurvene må derfor multipliseres med en faktor, som i faglitteraturen har fått den misvisende betegnelsen arealreduksjonsfaktor.

Nedbøren inndeles i forskjellige grupper etter hvordan den oppstår. Konvektiv nedbør kommer gjerne i form av sterke byger fra skyer som er dannet ved at fuktig luft over oppvarmede områder stiger og avkjøles. Orografisk nedbør dannes ved at fuktig luft tvinges til å stige som følge av en terrenghindring, mens frontnedbør oppstår ved at varm luft tvinges opp over kaldere og tyngre luft, blir avkjølt og avgir nedbør.

Konvektivt regn har vanligvis stor intensitet, kort varighet og begrenset utstrekning, mens orografisk og frontnedbør

har lavere intensitet, lengre varighet og større utstrekning. Data om dimensjonerende regnintensiteter er i dag i beste fall basert på målinger utført ved en pluviograf i ett punkt. Det forutsettes så vanligvis at disse punktmålingene gjelder for et areal av større eller mindre omfang. Den feil som gjøres ved denne forenkling kan bli meget stor for konvektivt regn, og av mindre betydning for orografiske og frontale regn. Vanligvis vil det være konvektivt regn som er dimensjonerende for avløpssystem.

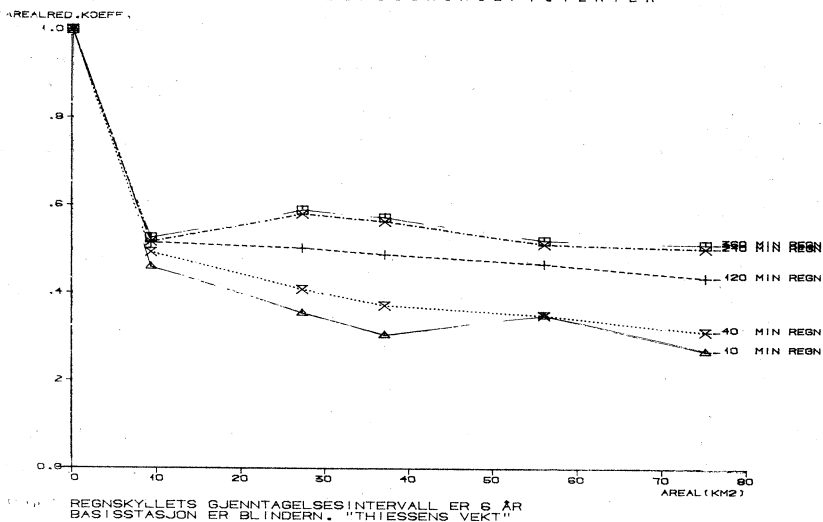
Beregnete arealreduksjonskoeffisienter

Figur 1, 2 og 3 viser de beregnede koeffisientene som fremkommer ved å bruke nedbørstasjonen på Blindern som basis. De koeffisientene som er beregnet er tenkt benyttet på følgende måte:

1. Ut fra en gitt regnvarighet og et gitt gjentaksintervall for det regnet man ønsker å betrakte, henter man ut en regnintensitet fra intensitets-varighets-frekvens (I-V-F) kurven for nedbørstasjonen (Blindern). Disse kurvene er bl.a. tilgjengelig på DNMI.
2. Man bestemmer det areal som det aktuelle avløpsfeltet har.
3. Ut fra regnvarigheten og gjentaksintervallet (fra pkt. 1), samt feltets areal, hentes korresponderende arealreduksjonskoeffisient fra figur 1, 2 eller 3.
4. Arealreduksjonskoeffisienten multipliseres med regnintensiteten fra pkt. 1.
5. Den nye reduserte regnintensiteten blir da den *midlere* regnintensiteten for det arealet som betraktes.

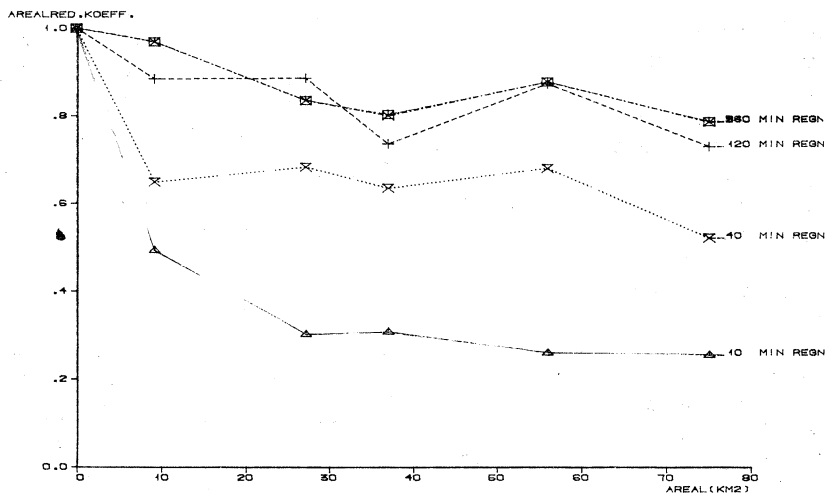
Kurvene i figur 1, 2 og 3 viser de direkte målingene slik nedbøren kom i perioden 1975—1980. I en så kort perio-

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



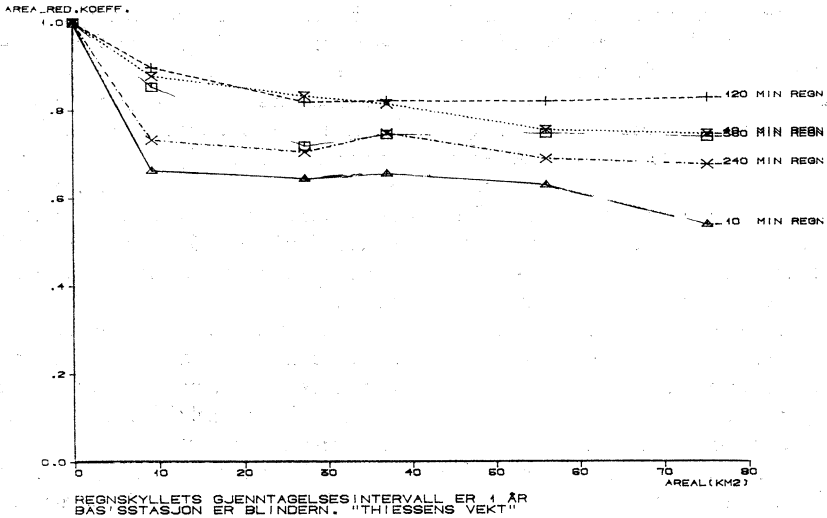
Figur 1. Regnskyllets gjentagelsesintervall er 6 år. Basisstasjon er Blindern. «Thiessens vekt».

AREALREDUKSJONSKOEFISIENTER



Figur 2. Regnskyllets gjentagelsesintervall er 3 år. Basisstasjon er Blindern. «Thiessens vekt».

AREALREDUKSJONSKOEFISJENTER



Figur 3. Regnskyllets gjentagelsesintervall er 1 år. Basisstasjon er Blindern. «Thiessens vekt».

de kan man ikke forvente helt logisk rekkefølge av kurvene og «glatte» kurver som i et meget langvarig datamateriale.

På tross av dette viser kurvene en tendens som svarer forbausende bra til den som teoretisk forventes i et meget stort materiale.

Figurene viser at arealreduksjonsfaktoren minker raskt fra 0 til 9 km². En videre øking i arealet medfører en mindre rask minking i arealreduksjonskoeffisienten. Særlig for det største gjentakelsesintervallet på 6 år er denne effekten sterk. Da man nå ikke har målinger i intervallet mellom null og 9 km², og siden det er dette intervallet som er mest interessant, er det behov for å skaffe data fra dette intervallet. Dette krever et tettere observasjonsnett enn det som eksisterer i dag.

Figur 1 viser f.eks. at 6 års regnet

med varighet 120 minutter må reduseres til ca. 50% av det intensitets-varighetsfrekvens (I-V-F) kurven for Blindern tilsier, når man betrakter et areal på 9 km² eller 900 ha.

Dersom man antar at kurven mellom 0 og 9 km² ikke er lineær, men følger det sannsynlige kurveforløpet forøvrigt, burde arealreduksjonsfaktoren for 1 km² eller 100 ha ligge i området rundt 0,8 eller 80% av I-V-F-kurven for Blindern (6 års varighet).

Det går også klart frem av figurene at kortere regnskyl gir større reduksjoner enn lengre regnskyl. Kurveskaren for de ulike regnvarighetene er relativt sett bedre samlet for 6 års gjentakelsesintervall enn for de kortere gjentakelsesintervallene. Grunnen til at kurvene for de ulike regnvarighetene ligger noe «uryddig» i forhold

til hverandre for kortere gjentakintervall er at de virkelige målte regnskyllene ikke kan forventes å følge «de store talls lov» for såpass korte tidsperioder som 3 år og mindre.

Fra Figur 1 ser man at for 6-års gjentakintervall må selv 6-timers regnet reduseres til ca. 50% av Blinderns punktverdi når arealet overstiger 9 km². Regn med hyppigere gjentakintervall og med 6-timers varighet ligger på 80—90% reduksjon på arealer over 9 km².

Man ser en klar tendens til at regn med lengre gjentakintervall gir større reduksjoner enn regn med kortere gjentakintervall.

I forhold til de arealreduksjonsfaktorer som er fremkommet gjennom et prosjekt i Lund, Niemczynowich (9), er reduksjonene for Oslo (Blindern) ca. dobbelt så store.

Koeffisienten vist i figur 1, 2 og 3 er beregnet med en vektmetode kalt Thiessens metode. Her vektet de ulike stasjonenes målinger i forhold til en nærmere angitt (8) polygon-metode.

Arealreduksjonsfaktorene er dessuten også beregnet etter lik-vekt metoden (aritmetisk middel av målingene). Derksom man sammenligner disse med de Thiessen-vektede arealreduksjonene, viser det seg at lik-vekt koeffisientene gjennomgående er lavere, samt at kurvene er glattere og mer slik teoretiske betraktninger tilsier. Dette skyldes at enkelte stasjoner får for stor dominans ved Thiessens vektmetode.

Direkte sammenligning av målte regnintensiteter på nedbørstasjonene

De 16 største regnbygene i året 1977 og året 1980 er tatt ut for nærmere studier for stasjonene Blindern, Vika og

Øvrevoll. Avstandene mellom stasjonene er; Blindern — Vika = 3,3 km, Blindern — Øvrevoll = 5,4 km og Øvrevoll — Vika = 6,6 km.

I 4 av disse 16 største regnene har minst en av de tre stasjonene null nedbør under hele regnforløpet. For de resterende 12 store regnskyllene er maksimalintensiteten for de to høyeste regnintensitetene i middel 183% høyere enn maksimal intensiteten på den laveste målte stasjonen.

For å illustrere hvilke utslag man kan få ved ulik plassering eller valg av pluviografstasjon, er innvirkningen på hydrogrammer fra et avløpsfelt nær de tre pluviografene beregnet.

Avløpsfeltet har en befolkningstetthet på ca. 20 pers. pr. hektar. Det geografiske midtpunktet i feltet ligger ca. 1,2 km fra pluviografen på Blindern, ca. 4,2 km fra Øvrevoll og ca. 3,5 km fra Vika.

Feltets areal er ca. 122 ha, antall ledningsstrekninger er 58 og avrenningskoeffisienten er i middel ca. 0,15. Avstandene på 1—4 km fra pluviograf til feltets midtpunkt er innenfor det man regner for «gunstig» nærhet i norske kommunaltekniske beregninger i dag. Hydrogram-beregningene er derfor utført med hver pluviografs individuelle målinger.

Hvis man ønsket å beregne en midlere arealnedbør på basis av de tre omkringliggende pluviografene kunne man f.eks. bruke Thiessens metode.

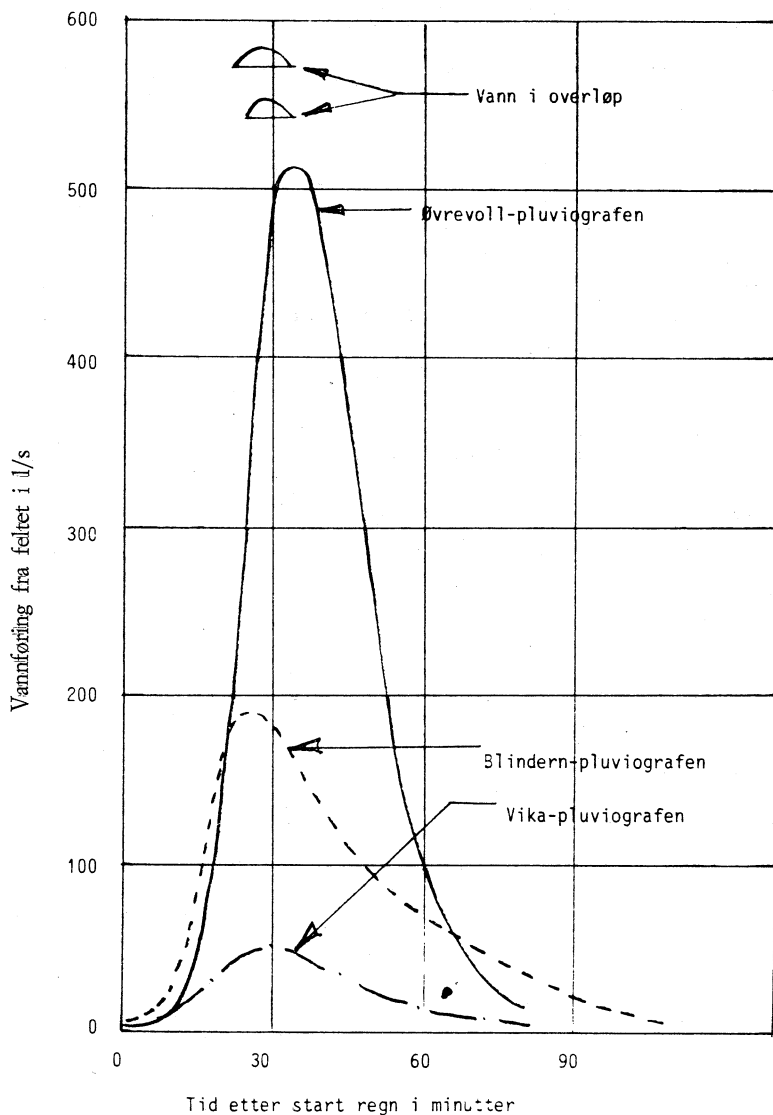
Dersom Thiessens metode ble benyttet for å vekte stasjonenes individuelle målinger, ville imidlertid Blindern blitt tillagt vekten 1,0, mens Vika og Øvrevoll begge ville få vekten 0.

Sannsynligvis ville en vanlig midling av stasjonenes målinger gi en riktigere verdi.

Figur 4 viser utløpshydrogrammene fra

feltet etter regnet som falt 26. juni 1980. like vannføringer.

Avhengig av hvilken nedbørstasjons målinger som velges får man svært forskjellige vannføringer. Eksemplet er ikke av de mest ekstreme som kunne velges.



Figur 4. Hydrogrammer fra regn 26. juni 1980.

LITTERATURHENVISNINGER

- (1) *Annen, von G.*: «Das Zeitbewertverfahren Zur Hochwasserberechnung». Das Gas- und Wasserfach. 110 Jahrgang, Heft 12, 1969. München.
- (2) *Arnell, V., Dahlström, B., Falk, J., Janus Niemczynowicz*: «Regn i tätort». Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm, 1980.
- (3) *Aune, B.*: «Nedbør». Foredrag på NIF-kurset: «Små nedbørfelters hydrologi». NIF, 1. november 1975.
- (4) *Balmér, P., Glomnes, J., Lindholm, O. og Saltveit, N.*: «Management of urban runoff and wastewater in the Oslofjord area». Nordic Hydrological Conference, Reykjavik 1976.
- (5) *Falk, J., Jönsson, O. og Niemczynowicz, J.*: «Measurements of rainfall Intensities in Lund». Lunds Tekniska Högskola, Rapport 3023, 1979 Lund.
- (6) *Iden, K. A.*: «Hvor i Norge har nedbøren størst intensitet». Været nr. 2, 1980, Oslo.
- (7) *Jönsson, O. og Niemczynowicz, J.*: «Extreme rainfall events in Lund 1979—1980». Report nr. 3044, Lunds Tekniska Högskola 1981.
- (8) *Lindholm, O.*: «Arealfordeling av korttidsnedbør». VA-rapport nr. 25/83, NIVA oktober 1983.
- (9) *Niemczynowicz, J.*, «Areal intensity-duration-frequency curves and statistical areal reduction factors for short term rainfall events in Lund». Report No. 3065, Lunds Technical University, Lund 1982.
- (10) *Ræstad, E.*: «Sterke regnvær i Oslo-området». Erik Ræstad A/S, Lysaker 1969.
- (11) *U. S. Weather Bureau*: «Rainfall Intensity-Frequency Region 2, Southeastern United States». Technical Paper 29, U.S. Department of Commerce, Washington D.C., 1958.