

Overvannsavrenning i urbane områder

Av Åsmund Bøyum

Åsmund Bøyum er ansatt som professor ved Norges Tekniske Høyskole.

Innlegg på seminar i Norsk Vannforening 12. januar 1988.

De skader og ekstrakostnader som hvert år påføres samfunnet på grunn av flommer i urbane områder kan begrenses bedre. En av forutsetningene er at en kan beregne omfanget av flomdannelse på sikrere måter.

Beregningsverktøy.

Metoder for å beregne avrenning av overvann i urbane områder i Norge har for det aller meste vært hentet fra utlandet. Det store forskningsprosjektet under PRA-perioden i 70-årene om urbaniseringens innvirkning på avrenningen i små felt har ikke munnet ut i mer tilpassede metoder. Men datamaterialet er meget rikholdig, og det ligger i dette en mulighet til bl.a. å vise hvordan ulike feltegenskaper og klimatiske forhold virker inn på avrenningen. Norsk urbanhydrologisk forskning har fortsatt en stor utfordring på dette området.

Forskningsfeltene som ble opprettet da det urbanhydrologiske forskningsprogrammet under Norsk hydrologisk komite kom i gang i 1983 vil kunne bidra med materiale av kanskje enda bedre kvalitet for

disse oppgavene. Et viktig aspekt i denne sammenheng er avrenning fra semipermeable flater. Hvor, når, og i hvilken grad forekommer dette?

Manuelle metoder til å beregne overvannsavrenning er fortsatt aktuelle selv om avløpsmodeller overtar mer og mer. Begge typer beregningsverktøy bygger stort sett på samme grunnlaget.

Den rasjonale formel er like gammel som vårt århundre og er aktuell både i manuelle metoder og i modeller. Metoden dukker fortsatt opp i publikasjoner fra fjern og nær.

Avrenningskoeffisienten går igjen i mange sammenhenger. Den burde ha vært begrenset til andel tette flater, også kalt urbaniseringsgrad. Men av mangel på noe bedre må den også brukes på semipermeable flater.

Maks. avrenning

Det skal vises eksempel på ulike måter til å beregne avrenning av overvann i et boligområde. Her står avrenningskoeffisienten helt sentralt.

Spesielle og helt vanlige metoder er brukt på området Blakli i Trondheim. De er prøvd på 4 regntilfelle. Disse er målt i 5 min. trinn, har varierende intensitet, og varigheten

er fra 20—80 min. Blakli er på 18 ha, og urbaniseringsgraden er 19% (prosent fortettet areal p.g.a. bebyggelse). Blakli er ett av de 12 feltene som ble opprettet under PRA-perioden. Området har dobbelt lednings-system. Ved utløpet av feltet ble det i PRA-prosjektet opprettet stasjon for å måle avrenningen i overvannssystemet.

Tabell 1 viser beregnet maks. avrenning etter 8 metoder, hvorav den ene er NIVANETT, og målt maks. avrenning er tatt med.

For avrenningskoeffisienten er det brukt et enkelt uttrykk:

$$\varphi = a \cdot u \quad (1)$$

der u er urbaniseringsgraden i desimaltall. Denne inngår i alle metodene.

Metode 2 er basert på at så mange feltparametre som mulig tas med i regnestykket, f.eks. feltets formfaktor, fallforhold og hydrologisk radius. Feltparametrene vekt er bestemt ved analyse av data for nedbør og avrenning fra 72 regntilfelle i 17 felt fra flere land.

Metode 5 tar utgangspunkt i beregning av konsentrasjonstiden. Av denne tas intensiteten ut, og avrenning beregnes.

Det er kun NIVANETT som tar hensyn til magasinerings i ledningene. At verdiene etter denne metoden ligger nærmest de målte, er derfor et uttrykk for hvilken innflytelse magasinerings har på maks. avrenning.

Metodene er nærmere beskrevet av Bøyum (1988), /1/.

Tabell 1. Sammenstilling av beregningsresultatene.

Metode	Avrenning fra regn nr, l/s			
	1	2	3	4
1 Enhetshydrogram, basert på målinger	22	74	68	34
2 - " - , basert på feltparam. (Jovanovic, Radic) 1987	24	82	70	40
3 Rasjonale metode, $\phi = 0.5 \cdot u$	18	62	49	25.5
4 - " - $\phi = 0.8 \cdot u$	29	96	78.5	41
5 Konsentrasjonstidmetoden, (Lyngfeldt, Arnell) 1981 $\lambda_{del} = 0.6 \cdot u \cdot A$	25	86	69.5	34.5
6 Tidsareal-metoden $\phi_{konst} = \phi_{maks} = 0.6 \cdot u$	23.5	71	62.5	29.5
7 TRRL-metoden ϕ varierer med tiden	21	77	67	38
8 NIVANETT ϕ varierer med tiden	21.5	81.7	65.7	38.4
9 Målt avrenning	19	82.5	59	40

Konklusjonen i følge disse beregninger:

- Enhetshydrogram basert på feltparametre ga verdier som er høyere enn de enhetshydrogram basert på målinger ga. Verdiene ligger imidlertid nærmere NIVANETT's og de målte.
- Av den rasjonale metode ser det ut til at $\varphi = (0.5 \sim 0.7) \cdot u$ er en gunstig verdi for avrenningskoeffisienten.
- For alle metodene 3—6 holdes φ konstant mens regnet varer. I metode 7 og 8 øker φ med tiden under regnskyll fra $\varphi = 0$ til $\varphi = \varphi_{\text{maks}} = 0.6 \cdot u$ mot slutten av regnet. Den siste måten å bruke avrenningskoeffisienten på ga bedre overensstemmelse med målt avrenning enn den første.
- NIVANETT var den metoden som ga verdier for maks avrenning nærmest de målte verdier.
- Metodenes nøyaktighet er avhengig av hvordan avrenningskoeffisienten velges.

Tabellen viser at en har mulighet til å velge beregningsmetode etter krav til nøyaktighet.

Volumavrenning

Det volum som renner av etter et regnskyll kan beregnes av den rasjonale formel ved å ta i bruk en volumavrenningskoeffisient. Etter definisjonen er

Volumavrenningskoeffisienten =
Avrent volum: Regnvolum.

Eksakte verdier for denne faktoren kan finnes når målinger av nedbør og avrenning foreligger. Under planlegging er ikke det tilfelle og avrenningskoeffisienten må antas. Usikkerheten kan da bli stor fordi semipermeable flater bidrar med avrenning under bestemte forhold. En kan anta

$$\varphi_{\text{Vol}} = (0.5 - 1.3) \cdot u \quad (2)$$

der de største verdier gjelder langvarige regn (flere timer) og store regnvolum. For Blakli er det påvist at φ_{Vol} kan bli større enn u i en høstsituasjon. Det inntreer når regnvolumet er større enn $75 \text{ m}^3/\text{ha}$, /2/.

For en mer nøyaktig beregning av volumavrenning gjelder uttrykket

$$V = c (P - S) \quad (3)$$

der P er regnvolum og S er initialtap. Enhet kan være mm eller m^3/ha . c er en faktor som kan sammenliknes med avrenningskoeffisienten.

Formelen bygger på en vannbudsjettbetraktning, omtalt av Bøyum (1988) i /1/. Arnell (1981), /3/, har med data fra flere felt i Sverige på størrelse med Blakli, funnet følgende uttrykk, når forannevnte betegnelser brukes:

$$c = 0.89 (u - 0.06) \quad (4)$$

Uttrykket viser at semipermeable flater ikke har gitt avrenning i dette tilfelle. Dermed er det reist et spørsmål om hvor og når semipermeable flater må tas hensyn til i beregning av overvannsavrenning. Dette henger nøye sammen med de klimatiske forhold.

Avrenningskoeffisient eller andel deltakende flater.

Uttrykket $\varphi = (0.5-0.7) \cdot u$ er en forenklet fremstilling. Avrenningskoeffisienten er avhengig av flere faktorer. Men til beregning av maks. avrenning ved prosjektering og drift av anlegg kan uttrykket anbefales.

Av alle faktorer som har innflytelse på avrenningskoeffisienten er det *andel deltakende flater* av de totale impermeable flater, som veier tyngst.

Deltakende flater er flater som gir fra seg all nedbør direkte til sluk og ledninger.

Formelen $\varphi = (0.5-0.7) \cdot u$ for Blakli er et uttrykk for andel deltakende flater, og den sier at 50—70% av urbanisert areal deltar med avrenning lik nedbør. Denne prosentandelen varierer. Det er derfor viktig å studere det utbygde området nøye for å finne hvilke flater som med sikkerhet deltar med avrenning.

Når en for flere områder summer opp deltakende flater og beregner dette i prosent av totalt areal, og så sammenholder med målte avrenningskoeffisienter i de samme områdene, blir

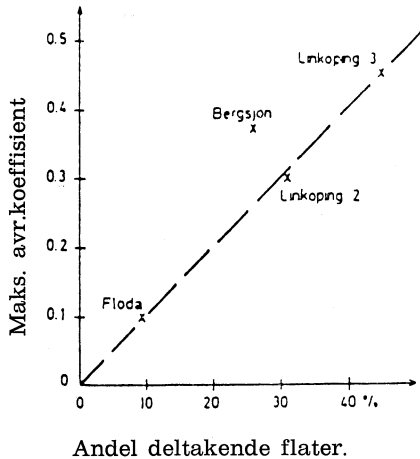
$$\varphi = 0.01 \cdot A_{\text{del}}\% \quad (5)$$

Arnell/Strander/Svensson (1980) /4/ har påvist dette, fig. 1.

Vi kan derfor også beregne avrenningen etter uttrykket

$$Q_Z = i_{t_c Z} \cdot A_{\text{del}} \quad (6)$$

der i er regnintensitet med gjentaksintervall Z år og varighet $t_c \cdot t_c$ er konsentrasjonstid. A_{del} er deltaken-



Figur 1.

Sammenhengen mellom maks. avrenningskoeffisient og andel deltakende flater, litt. /4/.

de areal i ha. Det er dette uttrykket som er brukt i metode 6, tabell 1.

Ved beregning av volumavrenning må en også ta med initialtap. I publikasjonene /4/ og /5/ finnes uttrykk for initialtap S av formen

$$S = a \cdot I^{-\alpha} \quad (7)$$

der I er helningen på det faste dekket (takflate/gate o.l.) a og α er koeffisienter.

I /5/ vises en prosedyre for beregning av volumavrenning fra flater med fast dekke og kjent helning. Dette er omtalt i /1/.

Konsentrasjonstiden

Konsentrasjonstiden, som er tiden fra avrenning starter i et punkt til hele feltet gir avrenning til punktet, er en meget viktig feltparameter. Den inngår som en hovedfaktor i alle beregningsmetodene i tabell 1.

Av valgt gjentaksintervall og beregnet konsentrasjonstid tas bestemmende regnintensitet ut. Konsentrasjonstiden kan beregnes etter flere metoder, bl.a. den kinematiske bølge-teori. Beregning etter denne metoden er vist i /1/.

Her inngår flatens ruhet (Mannings tall n), avrenningslengde L , flatens helning I og regnintensitet i .

Konsentrasjonstiden øker med økende n og L og avtar med økende I og i .

Dette fører til at maks. avrenning avtar sterkt med avrenningslengde og overflatens ruhet og med minkende helning.

Utbyggingsplaner bør inkludere tiltak for å redusere avrenningen

Det bør tas mer hensyn til overvannsavrenningen når et område skal bygges ut.

Som det fremgår av det forannevnte har vi flere muligheter til å redusere avrenningen.

Maks. avrenning kan begrenses ved å

- redusere andel deltakende flater
- øke konsentrasjonstiden.

Muligheter for at gater og vegger kan delvis anlegges uten kantstein, avrenningslengden økes ved å anlegge færre sluk, «lekkasje»-punkter i et areal med fast dekke anordnes, o.s.v. bør vurderes.

Både maks. avrenning og volumavrenning reduseres med økende initialtap.

I /1/ er det vist at et terrasseformet felt gir mindre maks.-avren-

ning enn et plant felt under ellers like forhold.

Når det gjelder volumavrenning viser formel (3) at reduksjon oppnås ved å redusere faktoren c og å øke leddet S .

Faktoren c kan reduseres på samme måten som omtalt ovenfor, og ved å legge til rette for infiltrasjon i delfelt. S kan økes ved å magasinere i groper og liknende. I noen andre land er også magasinering på tak og parkeringsplasser tatt i bruk.

Avrenning utenom tette flater.

Det er kjent fra flere steder at avrenning på frossen mark og på vannmettet mark etter moderate regnintensiteter kan skape store flommer. Under ekstreme forhold kan de bli større enn avrenningen på de samme flater etter kraftige regnskyl om sommeren. Det største problemet i denne sammenheng er å bestemme avrenningskoeffisienten for de permeable flater.

Å beregne avrenning som differanse mellom nedbør og tapsledd er ikke enklere. Det synes minst like vanskelig å bestemme infiltrasjonskapasiteten som avrenningskoeffisienten.

I de urbanhydrologiske forskningsfeltene Sandsli, Bergen, og Risvollan, Trondheim og andre er helårsmålinger av nedbør og avrenning i gang. Det statistiske materialet vil etter hvert bli stort nok til å finne ut en god del mer om sammenhengen mellom nedbør og avrenning på permeable og semipermeable flater.

REFERANSER

- /1/ Bøyum Å., Lindholm, O., Skretteberg, R.: Urbanhydrologisk FoU i Norge 1983—1987. Sluttrapport. Norsk hydrologisk komite, Urbanhydrologisk arbeidsgruppe, Oslo 1988.
- /2/ Bøyum, Å.: Synspunkter på metoder for beregning av overvannsavrenning. Vann nr. 2, 1987, Oslo 1987.
- /3/ Arnell, V.: Estimating Runoff Volumes from Urban Areas. Water Resources Bulletin no. 3, 1982.
- /4/ Arnell, V., Strander, H., Svensson, G.: Dagvattnets mängd och beskaffenhet i stadsdelen Ryd i Linköping 1976—1977. Meddelande nr. 48. Geohydrologiska forskningsgruppen, Göteborg 1980.
- /5/ Pratt, C. J., Harrison, J. J., Adams, J. R. W.: Storm Runoff Simulation in Runoff Quality Investigations. Department of Civil & Structural Engineering, Trent Polytechnic, Nottingham. United Kingdom. Inlegg på Third International Conference on Urban Storm Drainage, Göteborg, 4.—8. juni 1984.