

Synspunkter på metoder for beregning av overvannsavrenning

Av Åsmund Bøyum

Åsmund Bøyum er professor ved Institutt for vassbygging, NTH.

*Innlegg på møte i Norsk Vannforening
19. februar 1987.*

Overvannsavrenning i urbaniserte områder kan gi store utslag i investering og driftskostnader for tradisjonelle avløpssystem. Muligheter til å redusere overvannsavrenningen er til stede når en tar i bruk lokaltilpassede løsninger, f.eks. å øke **initialtapet** og å redusere **effektiv avrenning**. Med bedre kjennskap til disse to begrepene og beregningsmetoder basert på disse, vil overvannsavrenningen kanskje lettere kunne kontrolleres og styres da feltparametrene gis stor vekt.

Det kan gjøres noe med dette spørsmålet i Norge når materiale fra PRA-

perioden i 70-årene utnyttes bedre og nyere urbanhydrologiske måleprogram har dette som ett av sine siktemål. I allefall ligger det flere stedsavhengige usikkerheter i de kjente metoder, og det er viktig at vår nasjonale forskningsinnsats bidrar til å gjøre metodene sikrere.

Er dagens beregningsmetoder i samsvar med utviklingen?

Metoder for beregning av overvannsavrenning, og den nøyaktighet som må kreves av metodene, er avhengig av de oppgaver som foreligger. I tabell 1 er det satt opp en oversikt over i hvilken sammenheng urban overvannsavrenning har betydning når avløpsanlegg skal bygges og drives.

Tabell 1. *Overvann har betydning for både bygging og drift av avløpsanlegg.*

Anleggstype	Maks. avrenning (m^3/s)		Volum avrenning (m^3)	
	Bygging	Drift	Bygging	Drift
Tradisjonelt overvannssystem				
Fellessystem	X	X		X
Fordrøyning	X		X	X
Lokal håndtering av overvann	X		X	X
Renseanlegg				X

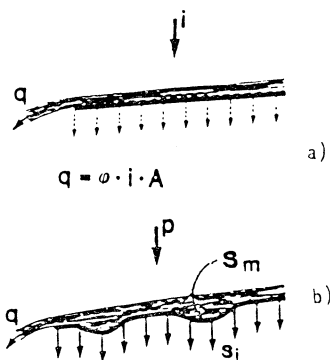
Det finnes selvsagt anlegg innen hver gruppe hvor maks. avrenning og volum avrenning har betydning både for bygging og drift.

Vi må regne med at det blir en stadig større innsats når det gjelder bruk av fordrøyningssystemer og metoder for lokal håndtering av overvann. Den siden ved overvannsavrenningen som gjelder volumavrenning kommer derfor til å spille større rolle enn tidligere. En viktig side ved dette aspektet er at driftsøkonomi og forurensningsbelastning stort sett er proporsjonale med volumavrenning.

En slik vektlegging på volumavrenning kan komme til å stille de metoder vi til daglig bruker i et annet lys. Den rasjonale metode (Lloyd Davies 1906), fig. 1 a, har vært nyttet til å beregne både maks. avrenning og volum avrenning. Metoden er mer et praktisk enn hydrologisk begrunnet middel til å beregne overvannsavrenning i urbaniserte områder, men like fullt en bra metode.

Med utgangspunkt i en vannbudsjettbetraktning, fig. 1 b, blir

$$q = \left(p - \frac{\Delta S_m}{\Delta t} + \frac{\Delta S_n}{\Delta t} - s_i \right) \cdot A \quad (1)$$



Figur 1.

Illustrasjoner til den rasjonale metode (a) og vannbudsjett-metoden (b). *i* er det mest vanlige symbol for nedbør i metode (a).

Her er

- q = momentan avrenning (m^3/s)
- i, p = nedbørintensitet ($l/s \cdot ha \cdot 10^{-3}$)
- S_m = magasinering på overflaten før avrenning starter (vannfilm, gropmagasinering, intersepsjon m.m.)
 S_m er sum av initialtapene (m^3/ha).
- S_n = den delen av nedbøren som først samles opp og siden renner av (magasinering i grøfter, ledninger m.m.) (m^3/ha)
- s_i = infiltrasjon ($l/s \cdot ha \cdot 10^{-3}$)
- A = totalt nedbørfelt (ha)
- $\frac{\Delta S_m}{\Delta t}$ varer fra start av regn til start av avrenning

Ved å la leddene variere med tidsintervaller Δt , kan volumavrenning beregnes som sum av Δq_p (flere modeller).

Mer direkte kan volum-avrenning beregnes som følger:

$$W = (P - S_m - S_i) \cdot A \quad (2)$$

W = avrent volum (m^3)
 P = nedbør-volum (m^3/ha)
 S_i = infiltrært volum (m^3/ha)
 S_n faller ut i en volumbetraktning.

Tar vi med bare tette flater, slik det er vanlig ved bruk av den rasjonale metode i dag, forenkles uttrykket til

$$W = c \cdot A \cdot (P - S_m) \quad (3)$$

Faktoren c er uttrykk for effektivt areal, eller deltakende areal, m.h.p. avrenningen.

Spesifikk avrenning blir

$$V = \frac{W}{A} = c \cdot (P - S_m) \quad (4)$$

Faktoren c kan sammenliknes med avrenningskoeffisienten i den rasjonale metode og er forbundet med de samme usikkerheter som denne. Den kan imidlertid bestemmes mer nøyaktig enn maks. avrenningskoeffisient ved målinger. Likedan kan initialtapet S_m bestemmes.

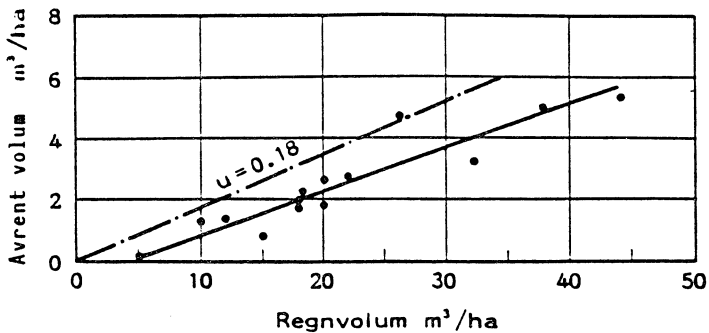
Det er derfor et spørsmål om ikke spesifikk avrenning er et bedre utgangspunkt til å beregne data for dimensjonering og drift av overvannssystemer enn den rasjonale metode.

Bestemmelse av initialtap og effektiv avrenning.

Fra prosjekt 4.2. i PRA-programmet (avsluttet i 1977 som PRA-prosjekt, men fortsetter i NVE-regi) foreligger en meget omfattende dataserie for nedbør og avrenning fra områder med ulike feltparametre.

Data fra ett av PRA-feltene, Blakli i Trondheim med totalt areal 20 ha og urbaniseringsgrad 18,3%, er nyttet til å vise om likning (4) gjelder og om initialtap således kan bestemmes. Målinger presentert i form av datautskrifter fra NVE er brukt til å beregne nedbør- og avløpsvolum.

Okt. - Nov. 1975



Figur 2. Avrenning i Blakli under en høstperiode. Regnvolum mindre enn $50 m^3/ha$.

Avrent volum er funnet ved å summere målt avløp, slik målingene presenteres i utskriftene, og trekke fra basisavrenningen.

Resultatet av målinger høsten 1975 er vist i fig. 2.

Det ser ut til å være proporsjonalitet mellom spesifikk avrennings- og nedbørvolum, noe som bekrefter likning (4).

Regresjonslinje er lagt inn, og den gir et initialtap på 5 m³/ha eller 0.5 mm.

Høstperioden 1975 ble valgt fordi den

hadde regn fra 5 til 200 m³/ha. Data fra juni-aug. 1974 er også behandlet. Linjetilpasningen var omtrent like god og ga initialtap 5 m³/ha. Alle regntilfeller var også da mindre enn 40 m³/ha.

To andre områder fra PRA-prosjektet, Rustadskogen og Oppsal, er undersøkt på tilsvarende måte, tabell 2. I tabellen er også data fra boligområde Floda ved Göteborg (Arnell 1983) og city-området V. Vika i Oslo (Shiferaw 1974) tatt med.

Tabell 2. Initialtap i områder med ulik urbaniseringsgrad.

Område	Areal ha	Urbaniserings- grad, %	Initialtap m ³ /ha
Blakli	20	18,3	5
Floda	18	19	3,8
Rustadskogen	20	25,4	5
Oppsal . . .	37	42,6	15
V. Vika	9,9	97	18

Tabellen gir en antydning om hvor store «naturlige» initialtap vi kan regne med.

Initialtap er fordøyning på overflaten. De reduserer både maks.avrenning og volumavrenning. Denne effekten kan utnyttes i en planmessig feltopparbeidelse, f.eks. ved å øke gropmagasineringsen og redusere sluktettheten, innenfor rammen av hva regelverk og brukshensyn kan tillate.

Regn fra samme høstperiode og med volum større enn 40 m³/ha er fremstilt i fig. 3. Avrenningen «sporer av» for større nedbørvolum enn 75 m³/ha. Årsaken kan være at langvarig væting av grunnen resulterer i avrenning fra semipermeable flater.

Når det gjelder effektiv avrenning, vil det virksomme arealet komme til uttrykk i forholdet mellom faktoren c og urbani-

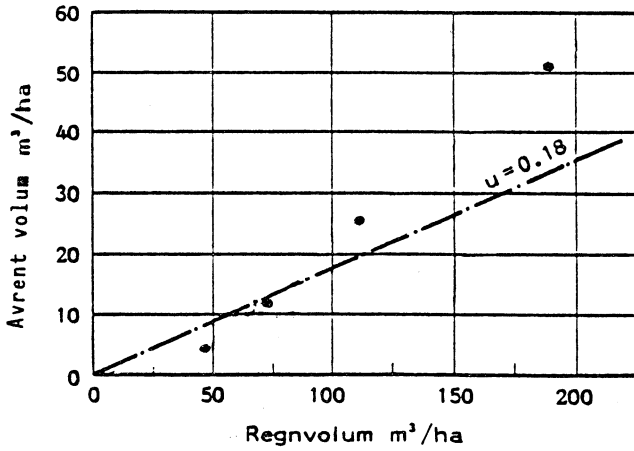
seringsgraden u. I fig. 4 er c plottet mot u etter data fra flere regntilfeller i noen PRA-felt. c er beregnet av formel (4),

$$c = \frac{V}{P - S_m}$$

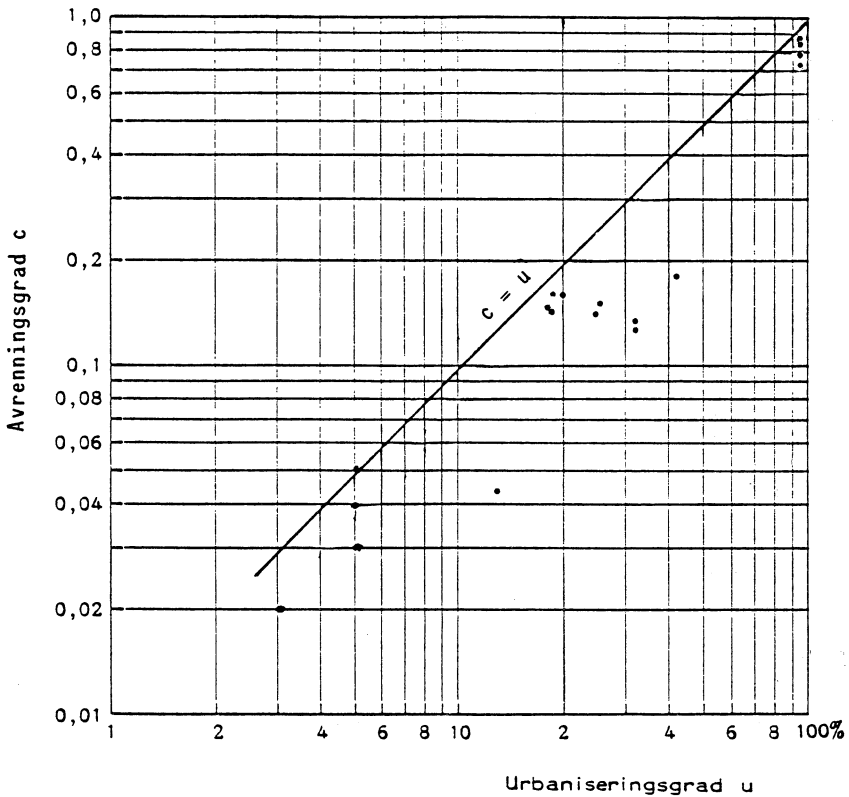
Det er regn fra en sommerperiode, og bare regn med volum større enn 50 m³/ha, som er tatt med. Alle punkter ligger under linjen c = u, dvs. at forholdet mellom effektiv avrenning og nedbør er mindre enn urbaniseringsgraden. Fig. 3 viser imidlertid at regn med større volum enn 100 m³/ha kan gi så stor avrenning at c > u. Høstsituasjonen er nok en medvirkende årsak.

Da dimensjonerende regn har minst like store volum som de regn som er tatt med i fig. 4, er det grunn til å bruke de største

Okt. - Nov. 1975



Figur 3. Avrenning i Blakli under en høstperiode. Regnvolum større enn 40 m³/ha.

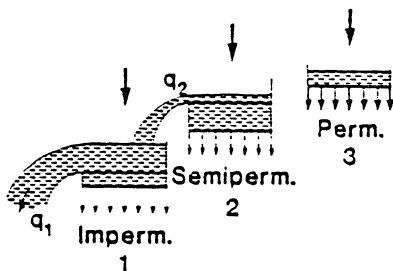


Figur 4. Forholdet mellom feltets urbaniseringsgrad og avrenningsgrad.

verdier av c ved dimensjonering av overvannssystemer. Men faktoren kan variere sterkt, og det er nok en av årsakene til at det ofte er stor uoverensstemmelse mellom målt og beregnet maks. avrenning.

Når det gjelder beregning av volum avrenning over lengre tid, f.eks. avlastning via overløp over ett år, må også de største c -verdier brukes. De kritiske regn, de som gjør at overløp trer i funksjon, har som oftest volum større enn $100 \text{ m}^3/\text{ha}$. Avrenning fra semipermeable flater kan da gjøre seg gjeldende og c til og med bli større enn u .

Når og i hvilken grad avrenning fra semipermeable flater finner sted er et spørsmål av stor betydning i Norge hvor de klimatiske forhold er så variable både i tid og sted. Fig. 5 viser forenklet at semipermeable flater kan bidra til den totale avrenning, når nedbørintensiteten overskrider infiltrasjonskapasiteten, avhengig av hvordan avløpet er ordnet.



Figur 5. Avrenning i urbaniserte områder illustrert med karmodell.

Stor avrenning av denne art er påvist i Sandslifeltet, Bergen. Materiale fra PRA-feltene og de nyere urbanhydrologiske forskningsfeltene (Sandsl i Bergen og Risvollan i Trondheim m.fl.) bør kunne gi et rimelig bra svar på dette.

Maks. avrenning

Metoder for beregning av maks. avrenning, som er dimensjonerende for ledninger, må baseres på at bl.a. feltegenskapene kommer sterkt inn i bildet. Dette er omtalt av Shiferaw 1974) /2/, og Skretteberg/Nordeide (1983) /3/. Maks. avrenning avtar med økende tilrenningslengde, minkende terrenghelning og økende ruhet på terrengoverflaten. Dette har sammenheng med konsentrasjonstiden (tid inntil avrenning fra hele feltet).

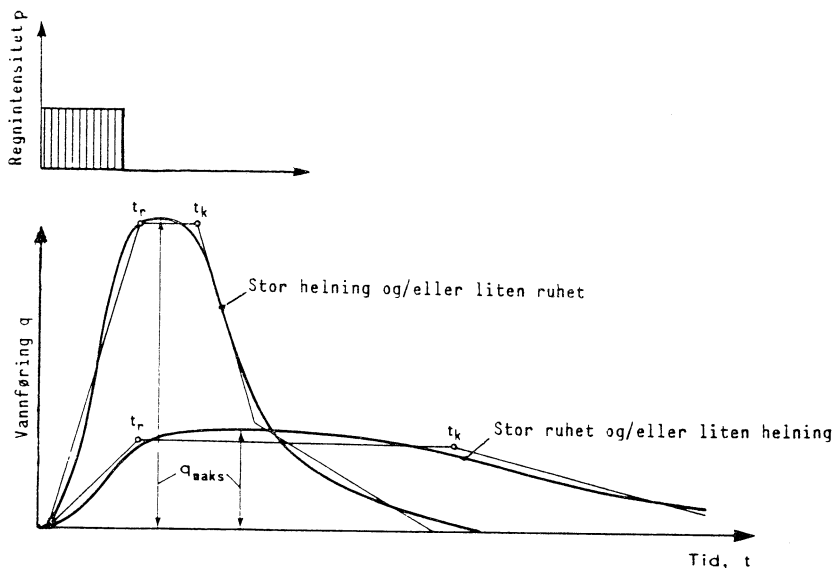
Konsentrasjonstiden kan beregnes på bakgrunn av den kinematiske bølge teori, hvor feltets lengde, regnintensitet, terrenghelning og overflatens ruhet inngår. De to sistnevnte parametrene virker sterkt inn på hydrogrammene som vist skjematisk i fig. 6.

Dersom det fører fram å uttrykke arealet under hydrogrammene ved hjelp av q_{maks} , kan q_{maks} beregnes som funksjon av volum avrenning. Feltparametrene ville da trolig bli tatt mer vare på enn i de beregningsmetoder vi kjenner i dag. Dette gjenstår det å vise. Det forannevnte urbanhydrologiske datamateriale bør danne grunnlag nok for et videre arbeide med denne problemstillingen, selv om usikkerheter i materialet skulle være tilstede.

Avslutning

Verdien av å skaffe til veie volum-avrennings- og maks.-avrenningsdata m.m. på bakgrunn av feltmålinger er helt avhengig av påliteligheten av målingene. De data som her er benyttet har gitt resultater som stort sett var ventet. Men påliteligheten av målingene er ikke diskutert.

Stor sikkerhet trengs spesielt når det gjelder store nedbørvolum da også avrenning fra delvis permeable flater kan



Figur 6. Hydrogrammets form er avhengig av felttegenskapene (sterkt markert).
 t_r : Regnets varighet, t_k : Konsentrasjonstid.

gjøre seg gjeldende, avhengig av tid og sted.

Tendenser skulle her være tilkjennegitt, men det trengs mer data, og data som

man kjenner påliteligheten av, for å kunne beregne avrenningen i urbaniserte områder med større allsidighet og nøyaktighet enn hva som har vært mulig hittil.

REFERANSER

- /1/ NVE, Hydrologisk avdeling: PRA-prosjekt 4.2. «Urbaniseringens innvirkning på avrenningsforholdene i små nedbørsfelt.» Prosjektrapport nr. 2. Dataoversikt 1972—1974, Oslo 1975. Dataoversikt 1975—1977, Oslo 1981.
- /2/ Shiferaw, M.: Runoff characteristics in highly urbanised area (V. Vika, Oslo). Hovedoppgave for cand.scient.-graden ved Institutt for geofysikk, Universitetet i Oslo, 1983.
- /3/ Skretteberg, R., Nordeide, T.: Lokal overvannsdisponering. Program: «Urbanhydrologisk FoU i Norge 1983—1987». Rapport 1/86, Norsk hydrologisk komité, Oslo 1986.
- /4/ Prosjektgruppen for urbanhydrologisk forskning i Bergen/VIAK A/S, avd. Bergen: Sandslifeltet, Bergen. Statusrapport. Program: «Urbanhydrologisk FoU i Norge 1983—1987». Rapport 3/86, Norsk hydrologisk komité, Oslo 1986.