

Avrenning fra urbane strøk

Av Arne Tollan

Arne Tollan er cand. real. fra Universitetet i Oslo. 1962. Statshydrolog NVE og sekretær for Den Norske komité for IHD inntil 1975. Konsulent ved Norges almenvitenskapelige forskningsråd.

Foredrag holdt på møte i Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene 23. oktober 1975.

Urban hydrologi utgjør et grensefelt mellom et naturorientert fag, hydrologi, og den teknisk orienterte forskning om vannforsynings- og avløpsteknikk. Den fysiske rammen for urban hydrologi er det urbane nedbørfelt hvor grenser og overflate skiller seg skarpt fra det naturlige.

Vi skal resymere hvilke effekter bybebyggelse har på klima, skissere de viktigste endringer på avløpsforholdene, og presentere noen resultater fra norsk forskning på området.

forhold til omgivelsene er byområdene varmere, på grunn av husoppvarming og trafikk. I bykjernene oppstår en varmeøy med en overtemperatur på 1—2 °C i gjennomsnitt. Oppvarmingen gir opphav til økt konveksjon og altså mere oppstigende luftstrømmer. Den samme virkning har også økt friksjon på grunn av selve bebyggelsen. Det vil også være en økning av mengden kondensasjonskjerner for luftens vanddamp. Hvor store disse effektene blir, avhenger av bl.a. terrenget

omkring byene. Det er bare omkring meget store byområder at nedbørmengdene øker merkbart som en følge av urbanisering. I enkelte tilfeller har en 10 % økning av årsnedbøren blitt anslått. Således er det konstatert nedbørøkning av betydning nedvinds fra Chicago, og i Paris er det observert en økning av heftig skurnedbør gjennom ukens arbeidsdager i forhold til helgene. Nærliggende forklaringer er økt konveksjon ved varmetilførsel og flere kondensasjonskjerner.

Det skal også nevnes at det høye innholdet av fine svevepartikler i luften over byene har innvirkning på strålingsbalansen. Dels vil en mindre andel av solstrålingen trenge ned til bakken, men på den annen side vil en del av den reflekterte stråling og den langbølgete stråling som emitteres fra jordoverflaten bli spredd og reflektert tilbake mot jorden igjen i stedet for å forsvinne ut i verdensrommet. Resultatet *kan* bli et tilskudd til byoppvarmingen, selv om en temperaturreduksjon p.g.a. mindre direkte solstråling er mer sannsynlig dersom aerosolene bare sprer strålingen uten å absorbere den. (1)

Uansett hvilke, og hvor store effekter byene kan ha på strålingsklima og nedbør, er virkningene på det resulterende avløp meget store. I all enkelhet skyldes effektene dels de tette flatene som fører til *høyere middelafløp, høyere flomavløp og lavere lavvannsavløp* (reduisert infiltrasjon), og dels lavere ruhet på de urbane overflater med tak og asfalt, som sammen med glatte rennesteiner og overvannsledninger fører til *hurtigere avløp*, fig. 1.

Den følgende beskrivelse av hva som skjer ved overgang fra førurbant til fullt utbygd område er hentet fra amerikansk litteratur (2).

Overgang fra førurbant til *tidlig urbant stadium*: Trær og vegetasjon fjernes, enkelte bygninger oppføres. Dette fører til nedgang i transpirasjon og øket flomavløp. Sedimenttransporten øker. Eventuell boring av tunneler og brønner vil senke grunnvannsspeilet. På den annen side kan anlegg av septiktanker føre til økt markvannsinhold.

Overgang fra *tidlig urbant til middels urbant stadium*: Maskinell behandling av jorddekket, matjord fjernes, små forsenkninger og pytter gjenfylles. Dette fører til sterk økning i sedimenttransporten, minsket overflatemagasiner og økning av flomavløpet. Storstilt husbygging, asfaltering av gater, drenerings-systemer anlegges. Resultatet er minskende infiltrasjon som fører til økt avløp og synkende grunnvann. Avløpets konsentrasjonstid forkortes.

Overgang fra *middels urbant til helt urbant stadium*: Urbaniseringen blir fullført med oppføring av nye hus, nye gater og forretningssentra. Avløpssystemer fullføres. Dette fører til ytterligere redusert infiltrasjon, hurtigere avløp og synkende grunnvann. Flommer blir krappere og tørrværsavløp lavere enn før i tilstøtende vassdrag. Husbygging langs vassdragene kan øke risikoen for flomskader. Tilførsel av drikkevann utenfra vil øke de vannmengder som skal avledes. Forbedringer av avløps-

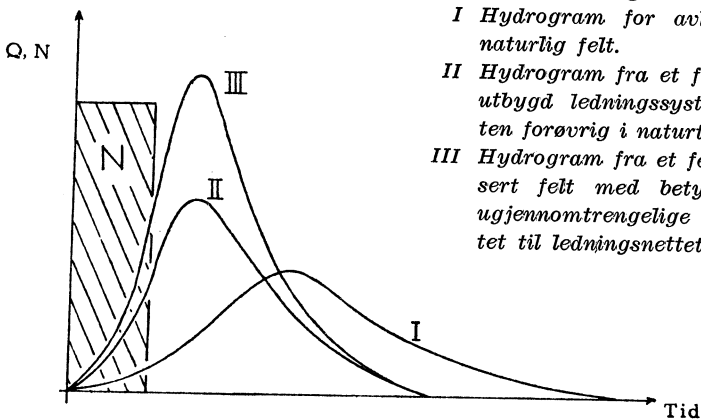


Fig. 1.

- I Hydrogram for avløpet fra et naturlig felt.
- II Hydrogram fra et felt med fullt utbygd ledningssystem, overflaten forøvrig i naturtilstand.
- III Hydrogram fra et ferdig urbanisert felt med betydelige deler ugjennomtrengelige flater knyttet til ledningsnett.

systemene og anlegg av fordryningsbassenger vil igjen redusere flomskader og oversvømmelser. Utnyttelse av grunnvann og eventuell kunstig infiltrasjon påvirker direkte grunnvann og markvann.

Urbane effekter på avløpet er særlig studert i U.S.A. Det er funnet at urbane effekter avhenger sterkere av andelen ugjennomtrengelige flater enn av noen annen parameter. Med avløpsdata fra en 57-års periode i et 113 km² stort felt har man funnet at det totale avløpet har økt med en faktor på 2,29. Månedsavløpet i nedbørrike perioder økte med en faktor på 4, mens avløpet i tørkeperioder nesten helt uteble. I det urbane område aksentueres altså både meget høye og meget lave vannføringer.

I en annen amerikansk undersøkelse fant man følgende effekter:

- avrenningsveien ble forkortet med 60 %
- alle tidsparametre ble forkortet
- maksimalavløpet økte med 27 %

Japanske data fra Tokio viser at når hele Tokio-området (48 km²) er bebygd vil middelvannføringen være fordoblet.

Eksempler, som nevnt ovenfor, kan ikke uten videre overføres på norske forhold. De undersøkelser som ble omtalt fra U.S.A., er utført i strøk med mindre nedbør og høyere fordamning enn vanlig i Norge. Etter som virkningene i form av høyere gjennomsnittlig avløp skyldes nedsett infiltrasjon og dermed fordamning, vil en viss reduksjon av vannetapet til atmosfæren få forholdsvis større effekt på avløpet jo mindre dette er på forhånd. Også i Norge

er det derfor nødvendig å observere hva som skjer med vannets kretsløp i urbane strøk, som et grunnlag for å forstå hvilke prosesser som er virksomme, og for å kunne kontrollere overvannet. For å se norsk urban hydrologi på bakgrunn av befolkningens fordeling kan vi konstatere at nordmenn stort sett bor langs kysten og med en stor overvekt rundt Oslofjorden. Ser vi på utviklingen av Norges tettsteder, finner vi en sterk økning i vårt århundre fra ca. 35 % tettstedsandel i 1900 til ca. 70 % i dag og ventet 75—85 % ved neste århundreskifte. Av tettstedsbefolkningen bor ca. 90 % ved kysten. Det regnes videre med at mellom 90 og 100 % av befolkningsveksten i resten av århundret vil bli oppfanget av byregionene. (3) Denne konsentrasjon av Norges befolkning til byer og tettsteder må få store følger for overvannsproblemene og deres løsning.

For å få et norsk tallmateriale til vurdering av de hydrologiske effekter av urbanisering er det innen Program for rensing av avløpsvann, PRA, satt i gang en undersøkelse av «Urbaniseringens innvirkning på avløpet fra små nedbørfelter», PRA 4.2. Prosjektet som utføres ved NVE, Hydrologisk avdeling, arbeider med datainnsamling fra bymessige strøk i Sør-Norge. Ialt er det i gang observasjoner fra 5 parceller, såkalte A-områder, hvor ett av nedbørfeltene i hvert par blir bebygd i løpet av prosjektperioden, mens det andre felt i paret ligger urørt som kontrollfelt. Urbaniseringsfelt og kontrollfelt er valgt så like hverandre som mulig med hensyn til areal, geologi, topo-

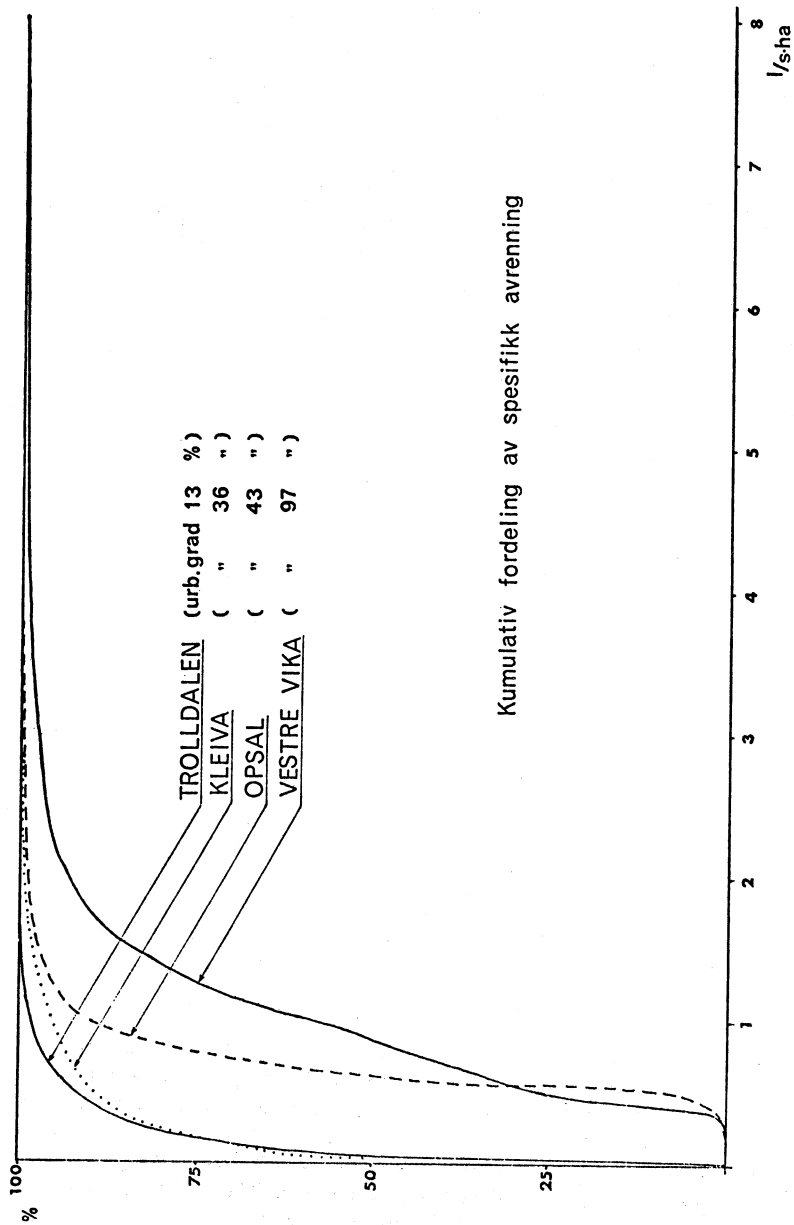


Fig. 2. Effekt av økende urbanisering på hoppighetsfordelingen av avløpet i Moss og Oslo. Etter (6).

grafi, vegetasjon og orientering. I tillegg til de 5 feltparene pågår også undersøkelser i 7 allerede ferdig utbygde områder, såkalte B-områder. Mens A-områdene er instrumentert for vannbalanseberegninger (nedbør, avløp, fordunstning, markvann og grunnvann), har B-områdene bare instrumenter for nedbør- og avløpsmålinger. (4.5)

Data fra prosjektet PRA 4.2 belyser urbaniseringseffekter ved hjelp av følgende parametre: nedbør- og avløpsvolum, stigetid, reaksjonstid og avløpskoeffisienter for maksimalt avløp og avløpsvolum. (6) Disse parametre er bestemt for observerte flommer, bl.a. i to nedbørfelter i Moss: Trolldalen og Kleiva. *Trolldalen* er på 195 ha og lite utbygget (urbaniseringsprosent, prosentandel tette flater er 13). *Kleiva* er 8,4 ha og ferdig utbygget med småhus (urb.prosent 36).

I de analyserte situasjoner har maksimalavløpet i Kleiva vært fra 3 til 15 ganger høyere enn i Trolldalen. Avløpsvolumet er 1,5 til 18 ganger høyere og reaksjonstidene er henholdsvis 5—15 min. og 70—110 min. Disse forskjellene skyldes til en viss grad forskjellen i areal mellom feltene. Sammenlikning med et kontrollfelt på 84 ha viser likevel at en vesentlig del av forskjellene skyldes at de to feltene er ulikt utbygget. Det samme vises av data fra de suburbane feltene Vestli og Oppsal i Oslo og Rustadskogen i Ås, som alle har flomtopper og reaksjonstider av samme størrelsesorden som Kleiva. Disse tre feltene er 24—37 ha store og har urbaniseringsgrader på 25—43 %.

En annen effekt a vøkt urbanise-

ring er at avløpets variabilitet vil øke. Ved økende urbaniseringsgrad vil avløpets statistiske fordelingsfunksjon nærme seg nedbørens, (fig. 2). En av de teoretiske innvendinger mot den tradisjonelle bruk av den rasjonelle metode i dimensjoneringsberegninger er at man forutsetter samme hyppighet for den dimensjonerende nedbørintensitet og den beregnede avløpsintensitet, noe som ikke nødvendigvis er tilfelle. En løsning av denne vansken er å bestemme avløpskoeffisienten som forholdet mellom observert maksimal nedbørintensitet av passende varighet og for ønsket hyppighet (eller gjentakintervall), og observert avløp med samme hyppighet. Dette forutsetter naturligvis observasjoner både av nedbør og avløp i samme felt.

Andre data fra Moss og Oslo 1972—74 viser uventet lave maksimalavløpskoeffisienter. De analyserte situasjoner gir verdier fra 0,02 til 0,11 for det lille, småhusbebygde Kleivafeltet, 0,08—0,22 for Oppsal, 0,12—0,50 for Vestli og ca. 0,50 for Vestre Vika med en urbaniseringsgrad på 97 %. Årsaken til de lave avløpskoeffisienter må søkes i at bare deler av de ugjennomtrengelige flater er knyttet til overvannsledninger. Endel vann vil renne bort fra fortauer og gangveier til plener o.l. hvor det kan infiltrere. Om vi beregner avløpskoeffisienter for totalavløp, øker naturlig nok verdiene.

Det må påpekes at med den ennå meget korte observasjonstiden, 2—3 år, er det ikke mulig å beregne gjentakintervall for disse flomsituasjoner med noen sikkerhet. De siterte verdier for avløpskoeffisienter har

derfor ingen verdi for innsetting i den rasjonelle formel. I løpet av 1975 har vi fått en rekke situasjoner omkring i observasjonsfeltene med høyere avløp enn observert i de to tidligere år. Bl.a. inntraff 10. september høy nedbør over Oslo, som resulterte i et maksimalt 5 min.-avløp på litt over 100 l/s.ha i Vestre Vika. Denne situasjonen er ennå ikke ferdig analysert.

Betydningen av datainnsamlingen, og prosjektet PRA 4.2 i det hele tatt, ligger i

- et enestående materiale for beskrivelse av urbant avløp i Norge, inkludert hydrologiske effekter av urbanisering,
- mulighet for utprøving av matematiske modeller for urbant avløp, noe som vil gi et redskap for å forutsi virkninger av urbanisering, og et bedre grunnlag for dimensjonering av avløpssystemer,
- nødvendige bakgrunnsdata for undersøkelser av vannforurensning i urbane strøk, så som ekstremvannføringer, hyppighet av regnvær og avløpskoeffisienter for ulike typer overflater.

Det er gledelig at PRA-midler har gjort det mulig å starte et program for hydrologiske observasjoner av høy kvalitet i små urbane nedbørfelter. Småfelters hydrologi har lenge vært et Terra incognita i vårt land,

og urbane felters i særdeleshet. Det er derfor en pionerinnsetning som gjøres. Det er all grunn til å arbeide for at programmet blir sikret en forlengelse utover den stipulerte PRA-perioden. Først med etablert vegetasjon og avsluttet bygging i de urbaniserte felter kan effekten av urbaniseringen bestemmes sikkert, og først etter en årrekke kan hyppigheten av nedbør og tilhørende avløp bestemmes med statistisk sikkerhet.

LITTERATUR

- (1) Gulbrandsen, A.: Solstråling og luftforurensninger. Forskningsnytt, 20, 5, s. 11—19, (1975).
- (2) Chow, Ven Te (ed.): Handbook of applied hydrology, McGraw-Hill (1964).
- (3) Innstilling nr. 2 fra Ressursutvalget, Oslo (1971).
- (4) PRA 4.2 Urbaniseringens innvirkning på avrenningsforholdene i små nedbørfelt. Introduksjon av måleprogram og målefelter. Prosjektrapport 1, NVE, Oslo (1974).
- (5) PRA 4.2 Dataoversikt 1972—1974. Prosjektrapport 2, NVE, Oslo (1975).
- (6) Roald, L. og Hetager, S. E.: Mulige effekter av urbaniseringen på avrenningsforløpet i Moss—Osloområdet. I: Kvantitativ urbane hydrologi, Nord. symp. Sarpsborg, juni 1975, Oslo (1975).