

# Forurensningstransporter i avløpssystemet under nedbør

Av Lars Aaby.

Lars Aaby er siv.ing. og ansatt som forsker ved Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA).

## Sammendrag

Forurensningsmålinger fra PRA-perioden er bearbeidet og supplert med målinger fra Oslo. Måleresultatene er presentert som frekvensfordelingskurver over middelkonsentrasjonene under nedbør for hvert avløpsområde som er undersøkt, og aritmetisk middel av middelkonsentrasjonene for områdene vurdert under ett. Resultatene viser at utslipp av fosfor og nitrogen fra utspylte tørrværsavsetninger i fellessystemet tilsvarer dobbelt så mye som fra overflater. Middelkonsentrasjonen (medianverdi) av overløpsvann fra områdene vurdert under ett, ble funnet til:

Tot-P = 2.3 mg P/l

Tot-N = 8.8 mg N/l

KOF = 225 mg O/l

For 31 registrerte regnepisoder i Oslo i 1986/87, ble maksimal fosforkonsentrasjon i overløpsvannet registrert samtidig eller før maksimal vannføring for episoden. Målingene viste også at fosforutslipp fra overløp under «sommerhalvåret» ville ha vært større enn for utslipp fra et kjemisk kloakkrenseanlegg med 90 prosent renseeffekt. Spesielle forhold ved dagens overløp

innebærer at virkelige overløpsutslipp vil være betydelig større enn de beregnede.

## 1. Innledning

Gjennom NTNFs Program for VAR-teknikk er kunnskapsnivået om overløp og beregning av forurensning fra overløp betydelig hevet. I denne sammenheng nevnes følgende prosjekter:

- Nedbørdata for avløpsberegninger. Sammenligning av modellregn og tidsseriemetode (Lindholm, 1988).
- Overløp med partikkelutskilling (Aaby, 1989).
- Forurensninger i overløp (Aaby, 1989).

Tidsseriemetoden gir mer nyanserte, realistiske og nøyaktige beregninger av overløpsutslipp enn beregninger basert på modellregn. Tidsseriemetoden vil derfor etter hvert erstatte bruk av modellregn ved beregning av overløpsutslipp.

Artikkelen «Overløp på avløpsnett, et generasjonsskifte?» i Vann nr. 1, 1989, er et sammendrag av prosjektet «Overløp med partikkelfjerning». Foreliggende artikkel er et sammendrag av prosjektet «Forurensninger i overløp».

## 2. Undersøkelsens omfang

Under PRA-perioden (Prosjekt rensing avløpsvann) ble det foretatt målinger av forurensningstransporten under nedbør fra 5 avløpsområder kloakkert etter fellessystemet og 4 områder kloakkert etter separatsystemet. I 1986/87 ble det foretatt tilsvarende målinger i to fellessystem i Oslo. Datagrunnlaget representerer tilsammen målinger under 180 regneperioder hvorav 31 episoder fra de to sistnevnte feltene i Oslo. Under PRA-perioden ble det tilsammen foretatt ca. 10.000 vannanalyser og under målingene i 1986/87 ca. 2.000 analyser.

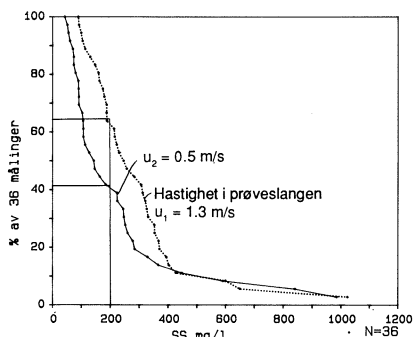
## 3. Mengdemåling og prøveuttak

For fellessystemene ble mengdemåling og prøveuttak foretatt i ledningsnett. For separatsystemene ble registreringen foretatt ved overvannsledningens utløp i resipienten. Ulike metoder ble valgt for mengdemåling. Manuell prøvetaking ble valgt under PRA-perioden. For undersøkelsene i 1986/87 ble det benyttet automatiske prøvetakere.

Måling av forurensningstransport på avløpsnett under nedbør er vanskelig og ressurskrevende. Det er en rekke problemer beheftet med bruk av alle typer tekniske installasjoner under miljøforhold som er typiske for målestasjoner av denne art. Selv med «egnet» utstyr og høyt ambisjonsnivå for drift og vedlikehold av utstyret, må det forventes mange bomturer. Tilstopping og delvis tilstopping av papir, med risiko for siling av prøven, er et vanlig problem. Det vil være knyttet stor usikkerhet til resultatene. Spesielt uttak av representativ prøve under første del av en regneperiode, da endring av avløps-

vannets konsentrasjon er stor, er vanskelig.

For å undersøke i hvilken grad vannhastigheten i prøvetakerens prøveslange innvirker på prøvens innhold av suspendert stoff (SS), ble to prøvetakere med forskjellig vannhastighet sammenlignet. Analyseresultater av 36 vannprøver tatt ut samtidig med hver av de to prøvetakerne på samme nivå i vannstrømmen, er vist i figur 1.



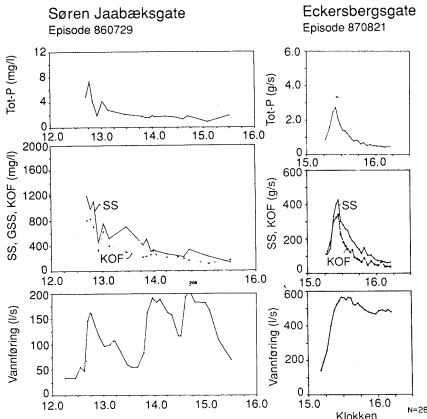
Figur 1. Prøver tatt ut samtidig med to prøvetakere med forskjellig vannhastighet i prøveslangen.

Figuren viser at SS-konsentrasjonen for prøvetakeren med laveste hastighet (0,5 m/s) i prøveslangen ligger gjennomgående lavere enn for den andre (1,3 m/s). F.eks. hadde bare 40 prosent av prøvene fra prøvetakeren med lav hastighet, en SS-konsentrasjon på over 200 mg/l. Fra prøvetakeren med høy hastighet hadde derimot over 60 prosent av prøvene en SS-konsentrasjon på over 200 mg/l.

## 4. Tørrværsavsetninger

I perioder uten nedbør skjer en opphopning av avfallsstoffer på gater, plasser m.m. Samtidig skjer en akkumulering av slam i ledningssystemet p.g.a.

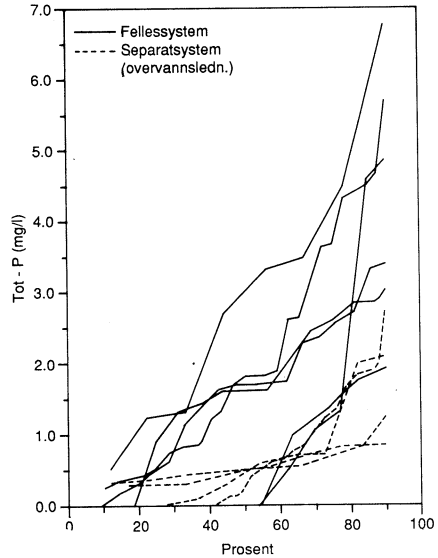
lav vannføring og dårlig ledningskvalitet. Disse forurensningene spyles ut under nedbør og både vannføringen og konsentrasjonen øker. For samtlige av de 31 regnepisodene som ble målt i Oslo i 1986/87 ble maksimal fosforkonsentrasjon (tot-P) i avløpsvannet registrert samtidig eller før maksimal vannføring for episoden. Dette betegnes gjerne «first flush». Typisk for målingene i Oslo var at fosforkonsentrasjonen sank raskt etter flommens kulminasjon. Selv ved etterfølgende flomtopp med lik eller større intensitet enn den første, økte ikke konsentrasjonsnivået i nevneverdig grad. Dette innebærer at total massetransport i større grad styres av maksimal vannføring enn av volumavrenningen. Typisk avrenningsforløp for de to områdene er vist i figur 2.



Figur 2. Forurensningskonsentrasjonen synker raskt etter første flomtopp.

For hver regnepisode som er registrert er middelkonsentrasjonen for episoden beregnet. Middelkonsentrasjonen av «overvannet» er vist i figur 3. «Overvannet» for fellessystemet er teoretisk

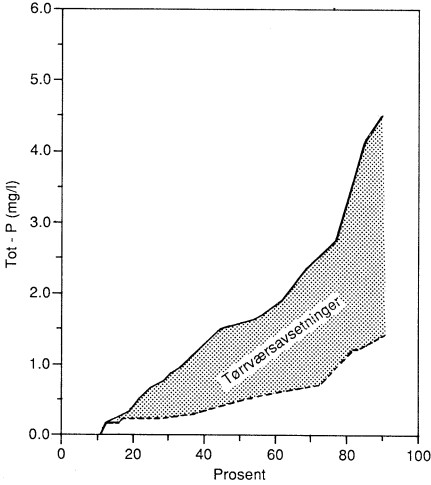
beregnet ved at spillvannsbidraget ( $m^3/s$  og  $gP/s$ ) er fratrukket. I fellessystemet representerer forurensningstransporten i «overvannet» utspylte tørrværsavsetninger fra ledningsnettet og overflater. For separatsystemet representerer forurensningstransporten i overvannet utspylte avsetninger fra overflater. Hver kurve i figuren representerer variasjonen i middelkonsentrasjonen for et avløpsområde og hvert punkt (vinkelending) på kurven, middelkonsentrasjonen i «overvannet» for den enkelte regnepisode.



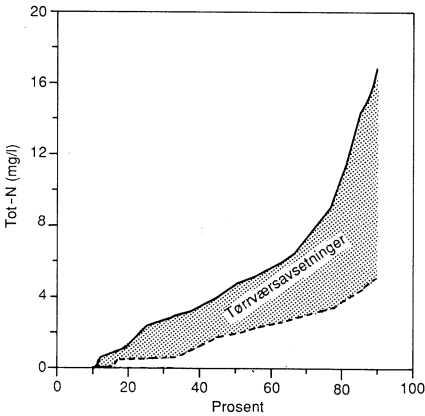
Figur 3. Frekvensfordeling av middelkonsentrasjonen av tot-P i «overvann». Lindholm og Aaby/1/.

Figur 4 bygger på figur 3 og viser aritmetisk middel av middelkonsentrasjonen av tot-P i «overvannet» for områdene vurdert samlet. Forskjellen eller differansen mellom kurvene for fellessystemet og kurven for separatsystemet

representerer utspylte tørrværsavsetninger i fellessystemet. Forskjellen er markert med skravering. Figur 5 viser på tilsvarende måte mengden tørrværsavsetninger målt som tot-N.



Figur 4. Tørrværsavsetninger i fellessystemet målt som tot-P.

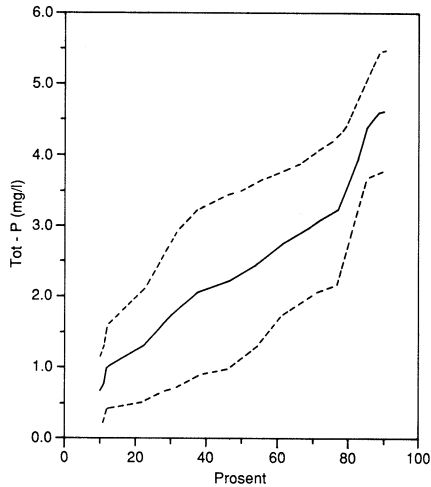


Figur 5. Tørrværsavsetninger i fellessystemet målt som tot-N.

Basert på arealet under de to kurvene i figur 4 og figur 5, representerer utspylt mengde tørrværsavsetninger i ledningsnettet målt som tot-P og tot-N, ca. dobbelt så mye som utspylt mengde fra overflater.

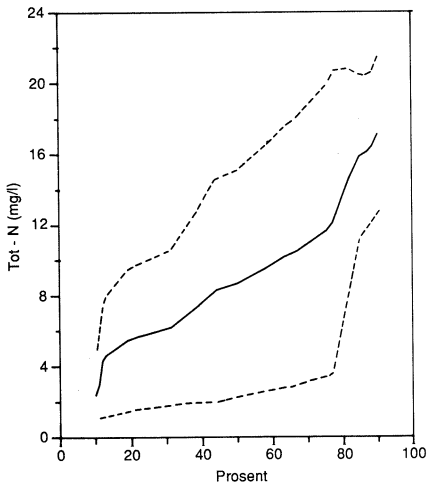
### 5. Forurensningskonsentrasjon i overløpsvann

Figur 6 — figur 9 viser frekvensfordelingskurver av middelkonsentrasjonen for overløpsvann for områder kloakkert etter fellessystemet. Figurene tilsvarende figur 4 og figur 5, men inkluderer spillvannsbidraget. Figurene gir også informasjon om variasjonsområdet fra felt til felt ved at standardavviket også er vist (stiplede linjer).

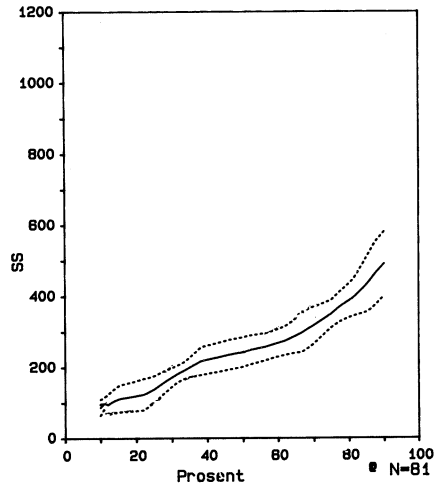


Figur 6. Frekvensfordelingskurve av overløpsvann for middelkonsentrasjonen av tot-P i fellessystemet.

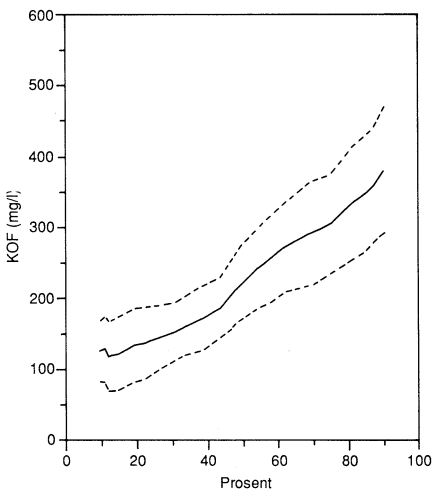
Tabell 1 viser middelkonsentrasjoner (medianverdier for ulike vanntyper). Tabellen bygger på figur 4 — figur 9.



Figur 7. Frekvensfordelingskurve av overløpsvann for middelkonsentrasjonen av tot-N i fellessystemet.



Figur 9. Frekvensfordelingskurve av overløpsvann for middelkonsentrasjonen av SS i fellessystemet.



Figur 8. Frekvensfordelingskurve av overløpsvann for middelkonsentrasjonen av KOF i fellessystemet.

Middelkonsentrasjonene i tabell 1 vil kunne benyttes for beregning av forurensninger i overløp for områder der det ikke foreligger spesielle undersøkelser.

## 6. Forurensninger i overløp

For de to avløpsområdene i Oslo, hvor det ble foretatt målinger i 1986/87, er fosfortransporten i overløp beregnet. Beregningene forutsetter at et tenkt nedstrøms kloakkrensingsanlegg kan behandle 2 ganger dimensjonerende tilrenning (Q<sub>dim</sub>) for rensningsanlegget (SFT, 1983). I beregningene er Q<sub>dim</sub> stipulert på basis av tørrværmålinger for de to feltene. Overløpsvannets middelkonsentrasjon er beregnet med utgangspunkt i registrert massetransport og volum under nedbør. Avrenningen er basert på tidsseriemetoden, registrering av tette flater i området og

Tabell 1. Middelkonsentrasjonen (median-verdi) for ulike vanntyper.

VANNTYPE	PARAMETER	Median verdi (mg/l)			
		SS	Tot-P	Tot-N	KOF
Overvann		275	0.5	1.9	80
Overvann inklusive tørrværsavsetninger		300	1.6	4.4	215
Overløpsvann		250	2.3	8.8	225

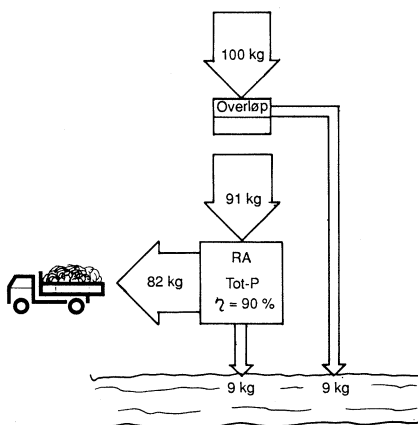
Tabell 2. Overløpsutslipp sammenlignet med tørrværstransporten i avløps-systemet for perioden 15. april — 15. november.

Avløpsområde	Tot areal (ha)	Deltakende flater (%)	Grenseintensitet (l/s ha)	Middelkonsentrasjon (mg P/l)	Utslipp i % av tørrværs-transport
Søren Jaabeks gt.	69	28	2.1	2.1	8.5
Eckersberg gt.	96	48	2.4	2.5	9.0

deltakende tette flater etter Arnell (1982). Tabell 2 viser fosforutslipp i overløp i perioden 15. april — 15. november sammenlignet med tørrværs-transporten for samme tidsrom.

Fosforutslipp fra overløp sammenlignet med fosforutslipp fra et kjemisk kloakkrensingsanlegg er illustrert i figur 10.

Beregningene forutsetter en optimal løsning ved at det bare er ett overløp på avløpsnettet og at dette er lokalisert foran kloakkrensingsanlegget. Overløp ute på ledningsnettet vil kunne øke fosforbidraget fra overløp. For å være på den sikre siden når det gjelder kjeller-



Figur 10. Fosforutslipp fra overløp og kjemisk kloakkrensingsanlegg.

oversvømmelser er det vanlig at overløpene stilles lavt slik at de trer i funksjon ved relativt lave vannføringer. Mange små og vanskelig tilgjengelige overløpsinstallasjoner innebærer i tillegg nødvendig store utslipp p.g.a. tilstopping. Fosforutslipp fra overløp vil derfor kunne være betydelig større enn utslipp fra kloakkrensaneanlegg.

## 7. Videre arbeid

Nordisk samarbeid gjennom Ministerråd og internasjonalt samarbeid gjennom IAHR/IAWPRC (International Association for Hydraulics Research and Control), og UNESCO er etablert for koordinering av arbeidet innen problemområdet. Selv om fagmiljøet her hjemme ikke vil være ledende i dette arbeidet, bør forholdene legges til rette for at vi kan dra

maksimal nytte av nye erkjennelser innen fagfeltet.

Skjerpede krav til utslipp fra transportsystemet (SFT, 1989) gjør at kartlegging av forurensningstransporter i avløpssystemet vil bli aktuelt for mange kommuner i åra som kommer. For å få maksimal utbytte av disse dataene bør det etableres et system for innsamling og lagring for senere bearbeiding. Disse dataene vil kunne være til stor nytte ved kalibrering av en fremtidig modell for beregning av forurensninger i overløp.

Typisk for overløpsutslipp er at disse kommer støtvis. Det er ikke kjent om støtutslipp av denne karakter har en negativ effekt på resipienten sammenlignet med en jevnere belastning. Spørsmål knyttet til totalvirkningen i resipienten ved ulike tiltak, eksempelvis lokal overvannsdiskonering, fordrøyning og høyere belastning av renseanlegg, vil for alvor komme på dagsordenen i nitti-åra.

## REFERANSER

- Lindholm, O., 1988: Nedbørsdata for avløpsberegninger. Sammenligning av modellregn og tidsseriemetoden. Prosjektrapport 78/88 NTNF Program for VAR-teknikk, desember 1988.
- Lindholm, O. and Aaby, L.: «In-Pipe Flushing and its implications for Overflow quality». From «Urban Discharges and Receiving Water Quality Impacts». Pergamon Press. Oxford, 1989.
- Aaby, L., 1989: Overløp med partikkelfjerning. Brukerrapport 10/88. NTNF Program for VAR-teknikk, august 1989.
- Aaby, L., 1989: Forurensninger i overløp. Prosjektrapport 90/88. NTNF Program for VAR-teknikk, august 1989.
- SFT, 1983: Retningslinjer for dimensjonering av avløpsrensaneanlegg. Revidert utgave. SFT TA-525, januar 1983.
- Arnell, V., 1982: Estimating Runoff Volumes from Urban Areas. Water Resources Bulletin no. 3, 1982.
- SFT, 1989: Krav til transportsystemet for avløpsvann. SFT TA-658, august 1989.