

Mulige følger ved klimaendringer for forurensningsutslipp fra avløpssystemer i tettsteder.

Av Oddvar G. Lindholm

Oddvar Lindholm er professor ved Institutt for matematiske realfag og teknologi ved NLH.

Innlegg på fagtreff i Norsk vannforening 22 november.

Sammendrag

Klimaeffektene vil sannsynligvis gi økte utslipp fra avløpssystemene. Dette gjelder overløp i fellesavløps-systemer, overvann fra tette flater, utspylinger fra gatesandfang og rørvlagringer i fellesavløpsledninger. Videre kan man vente økede utslipp fra avløpsrensaneanleggene og byvassdrag.

Problemorientering.

Som følge av drivhuseffekten er det antatt at vi vil få større nedbørmengder inn over Norge. Dette henger sammen med at varmere luft kan inneholde mer luftfuktighet. En annen sak er vindhastigheten. Ved øket vindhastighet er der mer luft som transporteres inn over landet og dermed er økede muligheter for mer nedbør tilstede.

En studie av avløpstrendene i Norge de siste 100 år har vist at årsavrenningen har økt særlig på Vestlandet. For størrelsene på flommene har en ikke funnet den samme klare trenden.

Analysen av data fra ulike nedbørs-tasjoner har imidlertid vist at visse

lokaliteter har for visse regnvarigheter også en økning i regnintensitetene i de siste årene. På Blindern har for eksempel nedbørintensitetene økt med oppimot ca. 50 % bortsett fra for de helt korte regnvarighetene. For andre lokaliteter, som på Vestlandet har regnvolumene økt, uten at regnintensitetene synes å ha økt for regnvarigheter av betydning for små urbane felt. (Lindholm, Engan, Rapp, Petersen-Øverleir, og Markhus, 2003). Det er derfor grunn til å være forberedt på at både regnmengder og/eller regnintensiteter øker som en følge av klimaeffekten.

Ved at flere dager pr. år har regn og ved at marken oftere og i lengre perioder har et høyt innhold av vann vil øke sannsynligheten for at avrenningskoeffisientene også øker. Dette vil si at samme regnintensitet som før vil kunne gi større flommer i et nytt klimaregime.

Det er derfor flere grunner til at klimaeffektene kan gi oftere og større skadeflommer i avløpsledningsnettene og dermed større skader på kjellere, lagre, infrastruktur, etc.

I dette innlegget er det ikke valgt å

fokusere på klimaets betydning på høyere oppstuvning i avløpsnettene og de tilhørende materielle skadevirkningene. Innlegget er i stedet konsentrert på virkningen på forurensningsutslippene fra avløpssystemene som følge av klimaendringer.

For oversiktens skyld er de enkelte bidragene, som utdypes senere, listet under.

Områder med felles avløpssystemer.

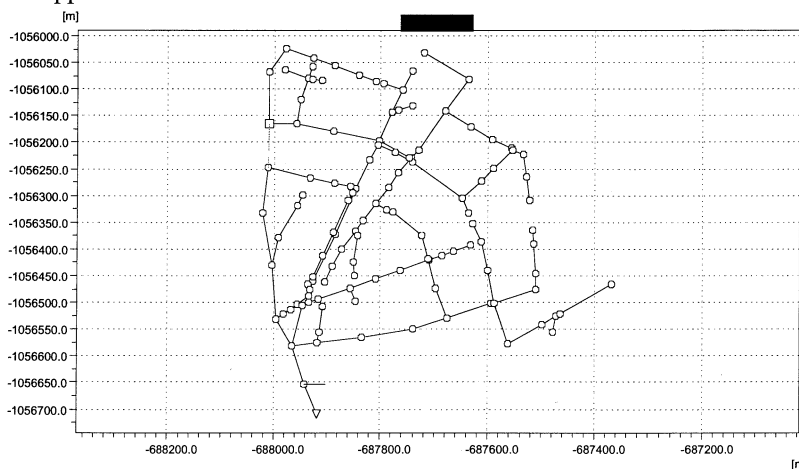
- Økt regnvarighet gir progressiv økning i overløpsutslippene.
- Økt regnintensitet gir progressiv økning i overløpsutslippene.
- Hyppigere regn gir økt utspyling fra rørsedimenter, sandfang og overflater fordi den stabile deponifasen nåes sjeldnere.
- Hyppigere og kraftigere regn gir mindre store ansamlinger av røravlagringer pga økt skjærspenning i lengre tid.
- Økt hydraulisk maksimalbelastning på renseanlegg gir større utslipp.

- Utslippene fra avløpsrenseanlegg øker omtrent i takt med antall m³ som passerer anlegget. Dette p.g.a. en minimumskonsentrasjon i utløpet man ikke kommer under.
- Erosjon av partikler fra permeable flater, grøfter, bekkeleier etc. øker. Dette på grunn av hyppigere, lengre og kraftigere regn som gir økt vannføring og vannføring med lengre varighet.

Områder med separate avløpssystemer.

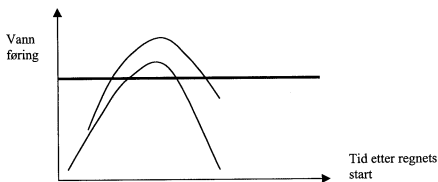
- Deponiene på overflatene og sandfang spyles oftere ut, hvilket gir en økning.
- Renseanleggene får nesten alltid økede fremmedvannsmengder under regn (selv om dette teoretisk ikke bør skje i et separatavløpssystem) som øker hydraulisk belastning. Utslippene kan øke pga. sedimenteringstankenes begrensninger.

Av samme grunn får man økede antall



Figur 1. Avløpsnett fra opplæringsmodulen til DHIs MOUSE-program. DHI 2003.

m³ vann inn på renseanlegget. Dette gir mer utslipp fra avløpsrenseanleggene i takt med antall m³ som passerer anlegget. Dette p.g.a. en minimumskonsentrasjon man ikke kommer under.



Figur 2. Prinsippskisse for visning av effekten ved å øke regnintensiteten.

Utdyping av enkelte poster.

Økt regnvarighet og økt regnintensitet gir ofte begge hver for seg en progressiv økning i overløpsutslipp. (Områder med fellesavløpssystemer).

For å vise dette beregningsmessig er avløpsledningsnettets vist i figur 1 beregnet. Nettet er det samme som ligger innlagt i DHIs MOUSE-modell som et øvingsnett.

Alle inputdata vedrørende overflater og ledningsnett er som i MOUSE-modellen. DHI 2003.

Overløpet i pkt 119 ligger nederst i feltet. Overløpsutslippet er beregnet for 3 regn med varighet 25 minutter og med h.h.v. 60, 70 og 80 l/s og ha. Tabell 1 viser utslippet i overløpet ved de tre regntilfellene.

For å vise at utslippet ikke bare øker proporsjonalt med regnintensiteten, men progressivt, er utslippet i m³ beregnet pr regnintensitetsenhet (l/s ha). Man ser at ved å øke regnintensiteten fra 60 til 80 l/s ha, så nær doubles utslippet pr. regnintensitetsenhet.

Grunnen til den progressive virkningen sees av figur 2. Den fete horisontale streken markerer når overløpet treer i funksjon. En stor grunnbelastning går ofte ikke i overløp. Når det bare er en moderat "skalk" som går i overløpet, vil en liten økning i vannføringen øke "skalkens" andel betydelig.

For å vise at det også er en progressiv effekt av at regnvarigheten øker er samme avløpsnettets beregnet med tre regn med en regnintensitet på 60 l/s og ha, med varigheter på 15, 20 og 25 minutter. Tabell 2 viser utslippene i overløpet nederst i nettets. Overløpsutslippene er beregnet pr. minutt regnvarighet for å få frem progressiviteten. Man ser for eksempel at utslippet pr. minutt ved 25 minutters regn er ca. dobbelt så stort som utslippet pr. minutt ved en regnvarighet på 20 minutter.

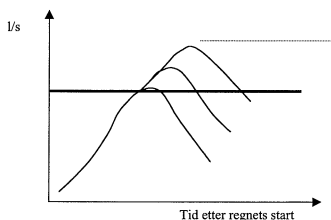
Tabell 1. Overløp i pkt 119 i m³ i løpet av et regn med varighet 25 minutter.

Konstant regnintensitet i liter/s ha	M ³ i overløp i løpet av regnet	M ³ i overløpet pr intensitetsenhet (liter/sekund og ha)
60	341.3	5.7
70	560.9	8.0
80	799.3	10.0

Tabell 2. Overløp i pkt 119 i løpet av et regn med intensitet 60 liter pr. sekund og hektar.

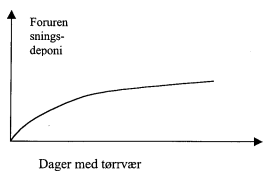
Regnvarighet i minutter	M3 i overløp i løpet av regnet	M3 i overløpet pr minutt regnvarighet
15	2.6	0.17
20	140.5	7.0
25	341.3	13.7

I figur 3 er prinsippet for dette resultatet vist. Man ser at for de korte regnene når ikke vannføringen opp i sin fulle styrke, mens ved lengre regnvarigheter rekker større deler av avrenningsfeltet å bidra med vann. "Skalken" som skjæres over blir dermed mer betydelig sett i forhold til den vannmengden som ikke går i overløp.



Figur 3. Prinsippskisse for visning av effekten ved å øke regnvarigheten.

Hyppigere regn gir økt utspyling fra rørsedimenter, sandfang og overflater fordi den stabile deponifasen nåes sjeldnere.



Figur 4. Prinsippskisse av oppbygningen av forurensningsdeponier på overflater, sandfang og rør.

Bidraget av forurensninger som næringsstoffer, organisk stoff, tungmetaller og organiske miljøgifter fra tette flater i urbane områder er ganske betydelig. Disse miljøgiftene bygger seg opp i tørrværsperioder fra kilder som atmosfærisk nedfall, avgasser fra kjøretøy og maskiner, fyring og forbrenning av organisk stoff, nedslitning og korrosjon av produkter fra kjøretøy, bygninger, vegdekker og andre konstruksjoner, samt rester fra produkter. Biltrafikken representerer en særlig stor kilde og bidragene herfra kommer fra forbrenning av drivstoffet, slitasje av bremsebelegget, slitasje av dekk og veibane og korrosjon av komponenter på bilen.

Når avrenning fra overflatene skjer p.g.a. nedbør eller snøsmelting spyles de avsatte stoffene ned i overvannsledninger eller kombinerte felle-savløpssystemledninger. Konsentrasjonen av en enkelt parameter kan være sterkt preget av den lokale situasjonen i det aktuelle feltet.

Som figur 4 viser går oppbyggingen raskt etter en tidligere utspyling, men slakker så betydelig av. Etter 2-3 uker vil ikke deponiet av forurensninger på gater og fortauer øke særlig mer. Dette skyldes at vind, trafikk og

diverse aktiviteter bidrar til at det overskytende blåses bort til nærliggende arealer. (Sutherland og Jelen 1997). (Alameda County 1994)

Det samme prinsippet gjelder for gatesandfang og avlagringer i ledningene. I Minnesota Urban Small Sites BMP Manual (2001) rapporteres det at man kan fjerne seks ganger mer masse/år fra sandfang dersom de tømmes 12 ganger i året, i forhold til hvis de tømmes en gang i året.

Når det regner hyppigere vil deponiet sjeldnere være i en stabil fase. Mer masse vil derfor spyles ut i løpet av året. Effekten av gatefeing som tiltak mot overvannsforurensninger blir også redusert ved hyppigere regn.

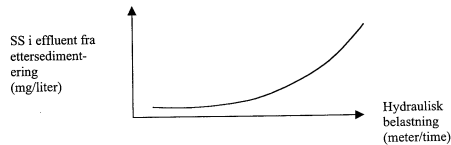
På den annen side kan man si at dersom overløpet ikke trer i kraft i løpet av regnskylllet, kan et deponi som er bygget opp i nedslagsfeltet til et fellesavløpssystem, bli transport til avløpsrenseanlegget. Likeledes kan man si at en ledning som ikke er selvrensende kan få mindre problemer dersom den økede vannføringen er nok til å holde deponiet nede deler av tiden, og dette fører til at deponiet fraktes til renseanlegget i stedet for å gå i overløpet.

Hva som blir den samlede totaleffekten vil være bestemt av den lokale situasjonen og værforholdene gjennom året. Et noenlunde pålitelig svar kan neppe gis uten å kjøre en tidsserieberegning med en avansert modell som MOUSE, SWMM eller lignende.

Erosjonen av partikler fra grøfter, bekkeleier og bylver øker også ved økende vannføring og varigheten på denne. Man vet at de fleste forurensningsparametere er sterkt knyttet til

partikler. Den årlige forurensningstilførselen fra vassdragene i tettstedene, kan dermed også øke.

Økt hydraulisk toppbelastning på renseanlegg.



Figur 5. Prinsippskisse for utløpskonsentrasjon fra renseanlegg som funksjon av hydraulisk belastning på etter sedimenteringen.

Figur 5 viser en situasjon som enkelte renseanleggs sedimenteringsbassenger befinner seg i. Ved stor hydraulisk belastning øker konsentrasjonen av forurensningsutslippene.

Økte totale årlige vannmengder gjennom avløpsrenseanlegget.

Med øket årlig nedbør vil den årlige vannmengden som passerer avløpsrenseanleggene øke. Dette gjelder selvfølgelig i størst grad renseanlegg med tilknyttet fellesavløpssystem, men også i betydelig grad avløpsrenseanlegg i separatavløpssystemer. Det kommer alltid mer eller mindre nedbørsavhengig fremmedvann inn i separatsystemene p.g.a. lekkasjer og feilkoblinger. Man får økte utslipp fra avløpsrenseanlegg proporsjonalt med antall m³ som passerer anlegget. Dette skyldes at man ikke kommer under en viss minimumskonsentrasjon for forurensningene i utløpet. Så hver m³ fraktes med seg en andel forurensninger ut.

Økning i sykdommer som følge av klimaendringers påvirkning.

Paul Epstein ved Centre for Health and the Global Environment i Boston sier i New Scientist 29 juni 2002, at det første utbruddet av "West Nile virus" i New York i 1999 kom etter en tre ukers tørke. Dette skapte ideelle forhold for mosquitoen *Culex pipiens* som formerte seg i slammet i avløpsledningene som er rikt på organisk stoff og fuktighet. Slammet avsettes i tørrvær og ved langvarige tørker skylls ikke dette ut av regnskyll og myggen får tid til å formere seg før neste regn spyls slammet ut. I mange andre byer har sykdomsutbrudd kommet etter at større regn kommer etter lengre tids tørkeperioder.

John Hopkins Bloomberg School of Public Health utførte en studie hvor man fant følgende sammenhenger.

51 % av sykdomsutbruddene forårsaket av vanntransporterte mikroorganismer kom rett etter ekstreme regnskyll, som i størrelse var i gruppe med de 10 % største regnene i hele studieperioden. Videre at 68 % av sykdomsutbruddene forårsaket av vanntransporterte mikroorganismer kom rett etter ekstreme regnskyll, som i størrelse var i gruppe med de 20 % største regnene i hele studieperioden.

Referanser.

-Alameda County Urban Runoff Clean Water Program. 1994. "Street Sweeping" USA.

-DHI, 2003. "MOUSE Reference Manual – Pipe flow.", København.

-Epstein, P. "Climate blamed for upsurge in disease." New Scientist 29 June 2002.

-John Hopkins Bloomberg School of Public Health. "Extreme precipitation linked to waterborn disease outbreaks". American Journal of Public Health. August 2001.

-Lindholm, O., Engan, J. A., Rapp, Ø., Petersen-Øverleir, A. og Markhus, E. 2003, "Revurdering av beregningskriterier for avløpssystemer, flom i kommunale avløpssystem", NIVA rapport nr. 4652-2003, Oslo.

-Minnesota Urban Small Sites BMP Manual. 2001. USA

-Sutherland, R.C. and S.L. Jelen, 1997. "Contrary to Conventional Wisdom: Street Sweeping can be an Effective BMP". Published in Advances in Modeling the Management of Stormwater Impact, Volume 5., Edited by William James, CHI Publications.