

Klimaendringar og følgjer for overvassavrenning

Av Irene Stabell Holvik

Irene Stabell Holvik er utdanna sivilingeniør innan VA-teknikk frå NTNU, og er tilsett hjå Norconsult AS i Bergen.

Samandrag

Som eit resultat av klimaendringar, må ein rekne med høgare belastning av overvatn på urbane avløpssystem i framtida. Om ei nedbørhendning fører til flaum, avhenger av varigheit, intensitet og initialvilkåra i nedbørfeltet. Når marka er frosen eller svært fuktig, vert avrenninga kraftig. Dersom det kjem nedbør fleire dagar i året enn før, vil jorda vere vassmetta oftare. Dermed kan eit gitt nedbørstilfelle gi større problem i eit framtidig klima, samanlikna med dagens situasjon. I ei diplomoppgåve ved NTNU vart det gjort eit forsøk på å kvantifisere moglege følgjer for avløpsnettet i Sandnes av eit framtidig, endra nedbørsregime. Ein delta change- metode vart nytta, der observerte korttidsnedbørseriar vart samanlikna med og justert mot modellresultat frå den regionale klimamodellen HIRHAM for Sola i tidsvindauget 2071-2100. Framtidsnedbøren vart køyrd gjennom ein hydrologisk-hydraulisk avrenningsmodell. Resultata viser ikkje-

lineære samanhengar mellom den forventta nedbørauken og resulterande auke i overløpsdrift og oppstuvung i leidningsnettet. Resultata er med på å understreke at det er viktig å kome i gang med klimatilpassingstiltak i VA-sektoren.

Summary

Impact of storm water runoff from climate change. Due to climate change, increased storm water loads to urban drainage systems are expected. Whether a precipitation event causes flooding or not, depends on its duration and intensity, as well as the initial conditions in the catchment. When the ground is frozen or very moist, the runoff increases. If rainfall occurs on a larger number of days than before, the soil will be saturated more often. Thus a given rainfall event could cause more severe damage in a future climate, as compared to the present situation. A master's thesis work at the NTNU tried to quantify the

possible effects for the drainage systems in Sandnes of a future precipitation pattern. A delta change method was used, where observed high frequency precipitation series were compared to model output series from the regional climate model HIRHAM at Sola, at a future time slice (2071-2100). The constructed future precipitation was used as input to a hydrological/hydraulic runoff model. The results show non-linear relations between the expected precipitation increase and the resulting combined sewer overflow operation and pipe network surcharge. These results underline the importance of mitigation and adaptation to climate change in the urban drainage sector.

Innleiing

Klimaendringar som følgje av auke i konsentrasjonane av drivhusgassar i atmosfæren vil påverke infrastrukturen i byar negativt, mellom anna urbane avløpssystem. Det er venta at klimaet i Noreg vert ”varmare, våtare og villare”. Temperaturauke vil medføre intensivering av den hydrologiske syklusen, dermed får ein meir ekstremnedbør og ein auke i frekvensen av ekstreme vår-fenomen, i tillegg til fleire periodar med høg markfukt etter langvarig nedbør. Alt dette vil auke avrenninga av overvatn. Ekstremhendingar kan mellom anna føre til flaum, auka overløpsdrift og redusert hydraulisk kapasitet i avløpssystema grunna auke i grunnvassinfiltrasjon og innlekking.

Parallelt med arbeidet med å redusere dei globale utsleppa av klimagassar for å

minimere klimaendringane, er det naudsynt å planleggje klimatilpassingstiltak for å avgrense skadeverknadane av dei venta klimaendringane. Dette er noko kommunane i Noreg bør vere godt i gang med allereie, særleg VA-sektoren. År 2100 vert ofte nytta som eit referanseår når det er tale om framtidsklima og klimaendringar. Det er viktig å hugse på at 90-100 år er ikkje eit langt tidsperspektiv når det gjeld VA-infrastruktur. Ein god del fungerande VA-leidningar rundt om i norske byar er allereie eldre enn 90-100 år (Holvik, 2009). Fornyingsstakta av avlaupsleidningsnettet låg på 0,45 % årleg i 2008, og samtidig er kvaliteten på mange leidningar slik at dei må skiftast ut raskare, gjerne etter 20-30 år (NOU 2010:10).

Denne artikkelen er basert på ei masteroppgåve som er utarbeidd ved Institutt for Vann- og Miljøteknikk (IVM) ved NTNU, i samarbeid med Sandnes kommune. Professor Sveinung Sægrov og post doc. Tone Muthanna ved IVM rettleia arbeidet. Oppgåva tok for seg klimaendringar og moglege effektar for urbane avlaupssystem, med fokus på konsekvensar av endra nedbørsregime.

Norsk Vann- rapporten *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering* (Lindholm et al., 2008) skildrar ein strategi for mottiltak mot klimaendringar: Før ein kan planleggje konkrete tilpassingstiltak og utviklar planar for dette, bør ein gjennomføre analysar av moglege effektar av klimaendringar på den aktuelle staden. For å vurdere moglege verknader av klimaendringane for urbane avlaupssystem, kan ein nytte hydrologisk-

hydrauliske simuleringsmodellar og køyre dei med justerte inngangsdata som inkluderer klimaendringane. Slik kan ein analysere konsekvensane for det eksisterande systemet når vilkåra endrar seg. Slike analysar for Sandnes utgjorde hovudtyngda av arbeidet med masteroppgåva. I denne artikkelen skildrast metoden som vart nytta, og resultatata som kom ut av studiet. Mangel på data gjorde arbeidet vanskeleg, noko som er eit vanleg problem ved slike studiar, men ein finn alltid måtar å løyse slike problem, og gjere det beste ut av dei data ein har. Eit viktig mål var å finne ein metode som kan nyttast (evt. med noko justering) for tilsvarende analysar andre stader i Sandnes kommune. Vonleg vert det utførte studiet nyttig for Sandnes kommune, og kanskje kan også andre kommunar få idear til korleis dei kan analysere konsekvensar av klimaendringar for avlaupssystema sine gjennom studiet frå Sandnes.

Klimaendringar og klimatilpassing i VA-sektoren

Det er venta at nedbørsvolum kjem til å auke i heile Noreg i nær framtid grunna klimaendringar. Årsnedbør kjem til å auke 5-30 % innan år 2100. Vinternedbør kan kome til å auke med 40 % i delar av Sør-Noreg. Frekvensen av dagar med mykje nedbør kjem til å auke, og nedbørsmengda på slike dagar kjem til å auke (Hanssen-Bauer, red., 2009). Av særleg betydning for urban avrenning er korttidsnedbøren.

Om ei nedbørhending fører til flaum, avhenger av varigheit, intensitet og initialbetingelsane i nedbørsfeltet (Lindholm

et al., 2008). Dersom marka er frosen eller svært fuktig, vert avrenninga kraftig. Når det kjem nedbør fleire dagar i året enn før, vil jorda vere vassmetta oftare, og dermed aukar avrenningskoeffisientane også. Dermed kan eit gitt nedbørstilfelle føre til meir alvorleg flaum i eit framtidig klima, samanlikna med dagens situasjon. I tillegg vil grunnvasspegelen oftare vere på eit høgt nivå, særleg etter langvarig regn. Når grunnvatnet står høgt, aukar innlekking og infiltrasjon til utette avlaupsleidningar. Dermed reduserast resterande leidningskapasitet, og overløpsvolum og flaumrisikoen aukar (Lindholm et al., 2007).

Kraftige nedbørstilfelle kan føre til alvorleg miljøskade og skader på konstruksjonar og infrastruktur. Ved kraftige nedbørstilfelle vert mengda overvatn mange gonger større enn spillvassmengda, opp til 50 gonger meir ved sterke regn (SFT, 2007). Potensielle effektar av intense nedbørshendingar for dei urbane avlaupssystema er mellom anna:

- Auka forureining frå overløp, reinseanlegg og overvassutløp
- Driftsbrot ved pumpestasjonar og reinseanlegg
- Auka risiko for kjellaroverfløymingar og overfløyming av overflateareal (Lindholm et al., 2007).

At overløpsutsløpp frå fellessystem er venta å auke i framtida, er særleg bekymringsfullt, mellom anna fordi ei rekkje studie har synt at samanhengane mellom nedbørauke og overløpsutsløpp ofte ikkje er lineære, til dømes resultatata til Olsson et al. (2008), Semadeni- Davies et

al. (2008), Nie et al. (2007), Mark og Linde (2006) og Niemczynowicz (1989).

For å løse dei ovannemnte problema, vert det stikkord som infiltrasjon og fordrøyning viktigare og viktigare i åra som kjem. Handteringa av overvatn må gå mot ei meir berekraftig tilnærming.

Bruk av resultat frå klimamodellar i miljøkonsekvensstudiar

Dei globale klimamodellane som nyttast i dag til å estimere framtidig klima, er altfor grove på både romleg skala og tidsmessig skala til at dei kan nyttast til å modellere urbane avløpssystem. Typisk oppløysing er rutenett på 100 x 100 km til 300 x 300 km, og modellane gir resultat med tidsoppløysing 1 døgn. Regionale klimamodellar tek utgangspunkt i dei globale modellane og simulerer klimaet på ein liten del av kloden. Desse modellane har rutenett ned mot 10 x 10 km, og tidsoppløysing 1-24 timar. (Onof og Arnbjerg-Nielsen, 2009).

Ein må justere og tilpasse resultatata frå dei regionale klimamodellane ytterlegare før dei kan nyttast som inngangsdata i avløpsmodellar. Ein slik metode er kjend som ”delta change”-metoden. Til grunn for denne metoden ligg ein antakelse om at klimamodellar simulerer relative endringar betre enn absolutte verdiar. For nedbør, er delta change-anomalien prosentvis endring i gjennomsnittleg månadleg eller årstidsnedbør. Ein reknar ut skilnadane mellom klimamodellresultat i ein kontrollperiode og framtidsklimaet i ein nyttar desse resultatata til å justere ein serie med historiske observasjonar.

Innsamling og bearbeiding av data

Til grunn for ulike metodar ein nyttar for å representere framtidsklima, ligg observasjonar alltid til grunn. Urbanhydrologi er eit svært viktig fagfelt, som har fått merksemd også av Klimatilpassingsutvalet (NOU 2010:10), som tilrår at innsamling av korttidsnedbørdata i urbane område bør aukast og betrast. Utan kunnskap om dagens klima kan ein ikkje vite korleis det vert i framtida. Det er heilt nødvendig å ha nedbørsdata med høg tidsoppløysing, ideelt 1-5 minutt, når ein skal modellere urban avrenning. Manglande tilgang på høgfrekvente dataseriar for nedbør mange stader i landet, er til hinder for å gjennomføre slike studiar.

Startpunktet for analysane i dette aktuelle prosjektet var tre seriar med modellert temperatur og nedbør for Sola. Tidsseriane var modellresultat frå den globale klimamodellen HadAm3, dynamisk nedskalert med den regionale klimamodellen HIRHAM gjennom forskingsprosjektet RegClim. HIRHAM-seriane har ei tidsoppløysing på 24 timar og ei romleg oppløysing på 55 x 55 km². Resultata frå HIRHAM er deretter justert med ein empirisk nedskalert tilpassingmetode for å redusere feila som den grove romlege skalaen fører til (sjå Engen-Skaugen, 2004). Seriane som vart nytta var to tidsseriar frå Sola for perioden 2071-2100 med SRES-scenarioa A2 og B2 og ein tidsserie for kontrollklima (CONTROL) 1961-1990. Nedbøren i kontrollklimaet korresponderer greitt med observerte nedbørsserie frå Sola

(døgnnedbør), men berre på eit gjennomsnittleg nivå.

”Delta Change”- faktorar vart rekna ut for kvar årstid og for kvart år, og brukt på ein konstruert tidsserie med høg tidsoppløysing og 30 års varigheit, som var basert på tre nedbørsstasjonar i nærleiken av nedslagsfeltet som vart studert nærare. Først vart nedbørsseriar frå fem korttidsnedbørmålalar i nærleiken av Sandnes sentrum vart samla inn frå eKlima: Rovik (1973-2008), Lye (1981-2009) Våland (1999-2009), Hundvåg (1982-1992) og Hundvåg (1983-1993). Nedbørseriane har volumoppløysing 0,2 mm. Alle nedbørmålarane er uoppvarma vippepluviografar. Dermed er vintermålingane til dels upålitelege. Kvaliteten av dataseriane vart først undersøkt overflatisk ved å sjekke kor seriane hadde hol. Det viste seg at seriane frå Våland og Madla var så ufullstendige at dei måtte forkastast. Seriane frå Hundvåg, Rovik og Lye var også ufullstendige, men dei hadde enkelt-år ein kunne nytte.

Det vart naudsynt å finne ein fullstendig serie for å fyller inn hola i korttidsnedbørseriane. Denne måtte vere nærast mogleg Sandnes for å kunne representere lokalklimaet. På Sola har ein registrert nedbør i lang tid, men berre døgnnedbør. Ein nær fullstendig timesserie frå Særheim vart nytta i kombinasjon med døgnnedbøren frå Sola. Sola-nedbøren vart inndelt i timesnedbør etter mønsteret frå Særheimserien med eit hydrologistatistikkverket.

Omtrentleg geografisk plassering av stasjonar data er henta frå, er illustrert i figur 1.



Figur 1. Sandnes og kringliggjande område. Hundvåg, Våland, Madla, Rovik og Lye er korttidsnedbørstasjonar. Sola: døgnnedbør, døgntemperatur (observasjonar og modellerte seriar A2 2071-2100, B2 2071-2100 og Control 1961-1990). Særheim: Timesnedbør.

Det var ønskeleg å oppnå ein så lang korttidsnedbørserie som mogleg, for å få med så mange variasjonar på stor tidskala som mogleg. Rovik, Lye og Hundvåg gav til saman om lag 30 år med korttidsnedbør. For å finne ut om dei kunne kombinert til EIN konstruert serie, var det nødvendig å sjekke om dei er uavhengige. Dersom hendingar i fleire datasett ikkje er avhengige av kvarandre, kan dei analyserast statistisk utan at ein må ta omsyn til rekkjefølgja av hendingane (Chow et al., 1988)

Korttidsnedbørseriane vart kontrollert for uavhengighet på tre måtar:

- 1) Ein kan anta at tidsseriane er uavhengige dersom dei kraftige nedbørshendingane som ligg til grunn for IVF-kurvane tilhøyrer ulike hendingar, altså at dei ikkje kjem på same tid.

- 2) Dobbeltsummasjonskurver, for å identifisere mogleg inkonsekvens mellom tidsseriane.
- 3) Variansanalyse (ANOVA-test) for å teste seriane for uavhengighet.

Etter desse kontrollane vart korttidsnedbørsseriane lagt etter kvarandre og slik kombinert til ein serie.

Frå den konstruerte korttidsnedbørserien og modellseriane frå Sola vart delta change-faktorar så utvikla. For kvart år og årstid vart gjennomsnittleg døgnnedbør rekna ut for modellseriane A2, B2 og CONTROL. For kvart år og årstid vart så framtidsscenario-nedbør delt på korresponderande nedbørsvolum i CONTROL-serien. Slik fekk ein 120 delta change-faktorar for kvart scenario A2 og B2. Deretter vart den konstruerte korttidsnedbørserien justert med delta change-faktorane, slik at ein fekk nye korttidsseriar som inkluderte et klimasignal. Ved å inkludere framtidig og kontroll-klima i korttidsnedbørseriane, kan ein samanlikne ”framtidig” og ”notidig” situasjon gjennom avlaupsmodellen.

Modelleringa

DHI har utvikla ein forenkla modell i Mike Urban for avlaupssone Sandnes sentrum. Nedslagsfeltet til denne avlaupssona er om lag 280 ha, med ca 50 % tette flater direkte kopla til leidningsnett. Modellen inkluderer hovudleidningane og alle overløp og pumpestasjonar i sona. DHI nytta modellen til å estimere overløpsdrift (driftstid og overløpsvolum) over eit tidsrom på eitt år. Det er om lag 400 leidningar og like mange kummar,

7 pumpestasjonar og 12 overløp og 6 overvannsutløp i modellen. Leidningsnettet består av både fellessystem og separat-system, og resipienten for overløpa og overvannsutløpa er hamnebassenget i Sandnes sentrum.

Data som vart nytta for å køyre hydrologisk og hydraulisk simulering:

- Korttidsnedbørsserie med 0,2 mm volumoppløysing/1 min tidsoppløysing
- Fordamping med 1 døgnstidsoppløysing
- Temperatur med 1 døgnstidsoppløysing.

Figur 2 viser eit oversiktskart over modellen som er nytta.



Figur 2. Skjermbilete frå Mike Urban, som viser eit oversiktskart av modellen som er nytta. Blå bakgrunn er nedslagsfelt og delfelt. Raude linjer er kombinertsystem, grønne er spillvassleidningar og svarte er overvassleidningar.

| Nedbørsserie | Oppløysing | Hydrologisk simulering | Hydraulisk simulering |
|--|---------------|---------------------------|---------------------------|
| Konstruert korttidsnedbørserie, justert med Sola A2 | 0,2 mm /1 min | 01/01 2082 -31/12 2092 | 01/01 2083 -31/12 2092 |
| Konstruert korttidsnedbørserie, justert med Sola B2 | 0,2 mm /1 min | 01/01 2082 -31/12 2092 | 01/01 2083 -31/12 2092 |
| Konstruert korttidsnedbørserie, justert med Sola CONTROL | 0,2 mm /1 min | 01/01 1972 -31/12 1982 | 01/01 1973 -31/12 1982 |

Tabell 1: Nedbørsseriar nytta til å samanlikne følgjer av klimaendringar for avlaupsnettet i Sandnes sentrum.

Tabell 1 viser nedbørsseriane som vart nytta for å samanlikne følgjer av klimaendringar for avlaupsnettet i Sandnes sentrum. Som det går fram av tabell 1, vart berre 10 år av dei konstruerte korttidsnedbørsseriane nytta i modelleringa. Årsakene til dette var lang simuleringstid og storleiken på resultatfilene.

Modellresultat

Analysar som vart gjennomført ved å studere modellresultata handla for det meste om å samanlikne resultata frå framtidscenarioet og kontrollscenarioet. Driftstid frå overløpa i fellessystemet, overløpsvolum, oppstuving i leidningsnett og til overflata og talet på overløpshendingar vart samanlikna. Talet på overløpshendingar er viktig fordi hyppige, små hendingar kan forårsake like mykje

eller meir skade på resipienten som store overløpshendingar no og då.

Resultata som er oppsummert i tabell 2 viser at voluma som går i overløp, akkumulert over heile simuleringstida, aukar med 190 % (frå kontrollklimaet til A2-scenariet) og 196 % (frå kontrollklimaet til B2-scenariet), og at driftstida til overløpa aukar med 105 % (frå kontrollklimaet til A2-scenariet) og 122 % (frå kontrollklimaet til B2-scenariet). Auken i talet på overløpshendingar er mindre dramatisk, men signifikant: 20 % fleire hendingar i A2-scenariet og 30 % fleire hendingar i B2-scenariet. Det er også eit stort gap mellom prosentvis auke i årsnedbør og prosentvis auke i overløpsvolum. Som nemnt, er det fleire tidlegare studiar som oppgir tilsvarende resultat.

Dei som kjenner SRES- scenarioa til

| Overløpsutslepp | Maksimalt overløpsutslepp | Overløpsvolum over året | Talet på overløpshendingar | Driftstid | Auke i årsnedbør |
|------------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------|------------------|
| Prosentvis auke frå CONTROL til A2 | 13 % | 190 % | 19 % | 105 % | 30 % |
| Prosentvis auke frå CONTROL til B2 | 11 % | 196 % | 30 % | 122 % | 45 % |

Tabell 2: Middelerdiar for auke frå modellkøyring med CONTROL-serien til A2 og B2.

FNs klimapanel vil gjerne stusse over at B2-scenariet gir den mest alvorlege auken i avrenning og utslepp, sidan fokus på dei ulike A-scenaria er økonomisk vekst, medan B-scenaria er meir miljøvennlige og berekraftige. Det vert dessutan høgare temperaturar med A2 enn B2. Resultata er overraskande, men det er ikkje grunn til å anta at det er noko feil i dei modellerte temperatur- og nedbørs-seriane frå RegClim. Ei mogleg forklaring kan vere at det for den aktuelle staden ikkje er nokon signifikant skilnad mellom klimaet for dei to scenarioa A2 og B2, sjølv om det er det på global skala.

Diskusjon/Konklusjon

Resultat frå globale og regionale klimamodellar er for grove på romleg og tidsmessig skala til at dei kan nyttast i lokale konsekvensstudiar, sidan lokalklima ikkje kan representerast nøyaktig nok. Delta change - metodar er ein mogleheit ein har for å arbeide seg rundt dette problemet. Imidlertid finst det ingen standardisert prosedyre for korleis denne metoden bør nyttast. Ulike studiar der delta change- metodar er nytta, har oftast framgangsmåtar som er tilpassa det data-materialet ein har tilgjengeleg. Metoden introduserer usikkerheiter som vanskeleg kan kvantifiserast.

Likevel kan kommunar, som er dei som skal dimensjonere urbane avlaupssystem, nytte resultata i langtidsplanlegginga si alt no for slik å redusere skadeverknadane av klimaendringane for infrastrukturen, fordi ein får indikasjonar på kor problem kan oppstå i systema gjennom resultat frå avlaupmodellane, sjølv

med usikre resultat frå nedbørsseriar som er justert med delta change -metodane.

Ein auke i årsnedbøren på 30 % og 45 % frå CONTROL-scenariet til høvesvis A2 og B2-scenariet resulterte i nærare 200 % auke i akkumulert overløpsutslepp og meir enn 100 % auke i driftstid. Desse ikkje-lineære effektane korresponderer med resultat frå tidlegare studiar, som nemnt tidlegare.

Ei viktig årsak til å ta seg bryet med å køyre langtidssimuleringar i ein hydrodynamisk modell, og ikkje berre modellere avrenninga etter eit dimensjonerande regn, er at det har svært mykje å seie for resultata av ei slik simulering korleis dei hydrologiske tilhøva i det aktuelle feltet er ved starten av nedbørstilfellet.

Ei alternativ analyse som kan vere nyttig er å køyre tidsseriane berre gjennom overflateavrenningsrutina i modellen. Dette sparar svært mykje tid samanlikna med å køyre ein full nettverksmodell. Dersom ein har ein lang tidsserie kan ein då raskt identifisere hendingane som gir kritisk avrenning, og nedbørstilfella som forårsakar desse flaumane kan simulere i ein nettverksmodell.

Innsamling og bearbeiding av data er krevjande og tar tid, og mange stader i Noreg vil mangelen på historiske observasjonar for korttidsnedbør vere til hinder for å kunne utføre slike studiar som i dette prosjektet. Det er nødvendig at ein har nedbørsdata med høg tidsoppløysing (1-5 minutt), elles vert modellresultat for spissavrenning og overløpsdrift underestimert.

Referansar

Engen-Skaugen T. (2004) *Refinement of dynamically downscaled precipitation*

- and temperature scenarios. Met.no report 15/204 Climate.
- Hanssen-Bauer, I. (red.) (2009). *Klima i Norge 2100- Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*.
- Holvik, I. S. (2009) *VA-tekniske utfordringer i samband med auka havnivå – Effektar av venta havstigning, med døme frå Møllenberg i Trondheim*. Prosjektoppgåve ved Institutt for Vann- og Miljøteknikk, NTNU.
- Holvik, I. S. (2010) *Impact of storm water runoff from climate change. Example study in Sandnes, Norway*. Masteroppgåve ved Institutt for Vann- og Miljøteknikk, NTNU.
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. and Aaby, L. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann Rapport 162/2008, Hamar.
- Lindholm, O., Nie, L., og Bjerkholt, J. (2007) Klimaeffektens betydning for oppstuvninger og forurensningsutslipp fra avløpssystemer i byer. IMT rapport nr. 16/2007. UMB, Ås.
- Mark, O. og Linde, J. J. (2006) Afløbssystemer under påvirkning af klimaændringer. Hovedrapport. Miljøprosjekt Nr. 1123 2006, Miljøstyrelsen, Denmark.
- Nie, L., Lindholm, O., Lindholm, G., and Syversen, E. (2009) Impacts of climate change on urban drainage systems. A case study in Fredrikstad, Norway. *Urban Water Journal* 6(4):323-332.
- Niemczynowicz, J. (1989) Impact of the greenhouse effect on sewerage systems—Lund case study. *Hydrological Sciences Journal* 34(6):651–666.
- NOU 2010:10 Tilpassing til eit klima i endring. Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane.
- Olsson, J., Berggren, K., Olofsson, M., and Viklander, M. (2008) Applying climate model precipitation scenarios for urban hydrological assessment: A case study in Kalmar City, Sweden. *Atmospheric research* 92(3):364-375.
- Onof, C. and Arnbjerg-Nielsen, K. (2009) Quantification of anticipated future changes in high resolution design rainfall for urban areas. *Atmospheric Research* 92(3):350-363.
- RIF (2010). *State of the nation*. Tilgjengeleg frå: http://www.rif.no/images/Files/State%20of%20the%20Nation_RIF_22032010.pdf
- Semadeni-Davies, A., Hernebring, C., Svensson, G. and Gustavsson, L. (2008) The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system. *Journal of Hydrology*, 350(1-2):100-113.
- SFT (2007). *Rettleiing om moglege tiltak i avløpsanlegg*. Klimatilpassingar, rapport 2419/2008.