

Forventede effekter av klimaendringer på vannforsyningssystemet, fra nedbørfelt til tappekran. Finnes det metoder for å tilpasse seg?

Av Stian Bruaset

Stian Bruaset er forsker ved SINTEF Byggforsk.

Bearbeidet versjon av innlegg på fagtreff i Norsk vannforening 25. mars 2014.

Sammendrag

Vi lever i et klima i endring. Europa opplever klimaendringer og effektene av disse på VA-systemene. Også i Norge merker vi hvordan klimaet endrer seg og blir villere, våtere og mer uforutsigbart. Klimaet vil ikke bare påvirke VA-systemene i form av mer nedbør, økt avrenning, større problemer med flom og avløpsrør som oftere går fulle. Slik vi nå ser klimaet endre seg vil det påvirke hele syklusen i VA-systemet, fra kilde til resipient. I denne artikkelen ser vi nærmere på hvordan klimaet vil påvirke de tre delene av vannforsyningsystemet, henholdsvis drikkevannskilde, renseanlegg og ledningsnett, og hvilke tiltak man kan sette inn for å motvirke og redusere disse effektene.

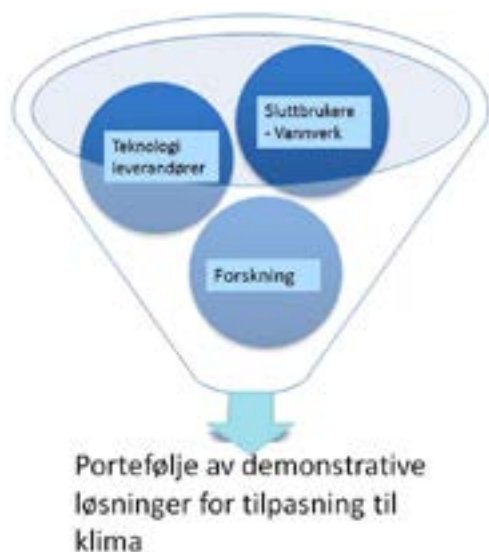
Innledning

”En felles utfordring for store deler av infrastrukturen og bygningsmassen er etterslep av vedlikehold. Klimaendringene vil forsterke behovet for vedlikehold og øke utfordringene knyttet til etterslep: Denne gjensidige avhengigheten mellom infrastrukturene og det store vedlikeholdsetterslepet forsterker sårbarheten for klimaendringer.” Dette er hentet fra Stortingsmelding nr. 33

Klimatilpasning i Norge (Miljøverndepartementet, 2012-2013). I den står det videre at *”Ansvarsforhold, ressurser og prioritering påvirker også sårbarhet, noe som for eksempel gjør vann- og avløpssektoren særlig sårbar overfor klimaendringer”*. Det stortingsmeldingen trekker fram er gjensidigheten mellom nødvendig fornyelse og klimaendringer, og peker på at vann- og avløpssektoren i spesiell grad er utsatt med hensyn på klimaendringer.

EU-prosjektet PREPARED, finansiert av den Europeiske kommisjonen under EUs 7 ramme-program, som ble avsluttet i januar 2014, har gått over flere år (siden 2010) med fokus på å identifisere framtidige klimaeffekter, effekten av disse, og hvordan VA-system og VA-organisasjoner kan tilpasse seg og håndtere de nye utfordringene. Gjennom dette arbeidet har man identifisert de klimaendringer som er relevante for VA-systemene og sett på effekten av disse (Ugarelli et al., 2010). Det er lite man kan vite sikkert om framtiden. Det er derfor viktig at det vi sier om framtiden må være basert på best tilgjengelig info. Dette har vært grunnlaget for PREPARED.

De som har bidratt i PREPARED har vært eiere av vann- og avløpsverk, forskningsinstitutter og universitet, og teknologi leverandører. Erfaringer, kunnskap og innspill fra disse tre grenene av vannbransjen produserer tilsammen



Figur 1. Ulike grener av vannbransjen har deltatt i EU-prosjektet PREPARED for å produsere porteføljer av demonstrative løsninger for tilpasning til klima.

leveranser hvor ulike innfallsvinkler er tatt hensyn til. Fra Norge har Oslo kommune ved Oslo VAV, SINTEF og Aquateam deltatt. Oslo representerte sluttbruker gruppen i Nord-Europa.

Klimaendringer i Europa og Norge

Klimaendringer kan påvirke hele vann- og avløpssyklusen, inkludert vannkvalitet i kilder, tilgjengelig drikkevann og robustheten til vanninfrastrukturen, se figur 2. Alle delene av vann- og avløpssystemet og dets syklus har blitt vurdert opp mot klimaendringer og forventede effekter i PREPARED rapport D.2.2.1 (Ugarelli *et al.*, 2010). I denne artikkelen vil man kun belyse proble-

mene som vannforsyningssystemet vil støte på i forbindelse med klimaendringene.

Man forventer at klimaet i Europa blir varmere, våtere og villere, og at det generelt blir mer ekstremvær. Dette betyr at man også vil se en del ekstreme kuldeperioder om vinteren. Dette har man hatt blant annet i Norge, USA og Wales de siste årene som har hatt effekt på ledningsnettene. Vann- og avløpsverkene i Norge vil måtte tilpasse seg effektene av klimaendringene, og valgene man tar i dag, spesielt med hensyn til investeringer i infrastruktur, vil ha innvirkning på vann-verkenes framtidige tilpasningsevne.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) blir sett på som den fremste autoritet innen klimaendringer. I den tekniske artikkelen (*Technical Paper*) VI IPCC "Climate Change and Water" (IPCC, 2008) erklæres det at vann og tilgang på vann vil være et hovedtema for samfunn og klima i den tiden vi står foran. De største framtidige problemene som identifiseres for Europa er redusert tilgjengelighet av vann, forringelse av vannkvalitet, økt avrenning og økt saltinnhold i grunnvann/ferskvann (Ugarelli, *et al.*, 2010).

I april 2009 presenterte den Europeiske Kommissjonen avhandlingen *White Paper on adapting to climate change* (European Commission, 2009) som gir et rammeverk for tilpasning til klima og retningslinjer for å redusere EUs sårbarhet mot effektene av klimaendringene. Avhandlingen framhever behovet for å promotere strategier som øker evnen til å tilpasse seg klimaendringer, blant annet ved å forbedre forvaltningen av vannressurser og økosystemer (Ugarelli *et al.*, 2010).

Klimaendringer kan man allerede observere i Europa, og ytterligere endringer er forventet å



Figur 2. Alle delene av vann- og avløpssystemet vil bli påvirket av klimaendringene (Sydney Water, 2005).

skje både på kort (<10 år) og lang (>50 år) sikt. I løpet av det 20 århundre opplevde Europa en økning av gjennomsnittlig årlig lufttemperatur på 0,8 °C, med en gradvis økende oppvarmingsrate. 90-tallet var det varmeste tiåret som er målt (IPCC, 2007b). I de fleste regioner har oppvarmingen vært kraftigere om vinteren enn om sommeren. Havnivået har steget med 17 cm i løpet av det 20 århundre (IPCC, 2007a). Man har gjennom de siste årene vært vitne til en større hyppighet av ekstreme værforhold og en nedgang i isdekning i fjellene og i de polare områdene. Trender av gjennomsnittlig årlig nedbør i det 20 århundre viste en økning på 10-40 % nedbør i Nord-Europa og en nedgang i nedbør i noen regioner i Sør-Europa på opptil 20 %. Intensiteten på nedbørhendelser har økt, selv i områder med nedgang i gjennomsnittlig årlig nedbør (IPCC, 2007b). For disse sistnevnte regionene betyr det at ikke bare blir mengden total nedbør mindre, men den kommer også i løpet av kortere perioder slik at vannforvaltningen blir mer utfordrende.

Endringene i gjennomsnittlig temperatur og nedbør har skjedd gradvis over en lang tidsperiode, og man ser at de påvirker de ulike regioner av Europa på forskjellige måter (IPCC, 2007b). Det er forventet at regionen for kaldt klima i Europa, som omfatter blant annet Norden, vil kunne oppleve lavere nedbør om sommeren og et økt antall stormer. I den nærmeste framtid vil en av hovedeffektene av et endret klima i Norge være en økning av ekstreme hendelser, slik som nedbør med høy intensitet, flommer, stormer og varme og tørre somrer med risiko for vannmangel. Slike varme somrer kan også påvirke vannkvaliteten i drikkevannskildene, slik som øykommunen Røst har opplevd i løpet av den rekordvarme sommeren i 2014 (NRK, 2014). I Røst fikk man en oppblomstring av alger i drikkevannskilden på grunn av høy varme over lengre tid, til den grad at renseanlegget ikke klarte å håndtere vannkvalitetsendringen.

Effekten av klimaendringene på den urbane vannsyklusen vil føre til at nye farer og risikoer kommer fram. Gitt de forventede klimaendrin-

ger og de assosierte effektene, er det viktig at vannverkene tidlig tar høyde for å dempe effektene i drikkevannssystemet. En nylig studie (Muthanna *et al.*, 2010) viser at hovedutfordringene for tilpasning av vannverkene i Norge (og som derfor bør være emner for fokus) kan summeres opp i følgende punkter:

- Inkluder tilpasning til klimaendringer i kommuneplaner
- Sikre og beskytt drikkevannskilder mot forringelse av vannkvalitet, og etabler god nok vannrensing og et godt vannforsyningsnett
- Etabler spesifiserte roller og fordel ansvar som skiller mellom lokale og regionale myndigheter og andre interessenter
- Bygg opp og sikre kunnskap og kapasitet i organisasjonen for klimatilpasning
- Utled klimasensitive designkriterier for ledningsnett og vannbehandling.

Klima indikatorer

For å overvåke klimaendringene ser man på visse indikatorer over tid. Slike data vil gi innblikk i klimaets oppførsel, blant annet hastigheten på de endringene man ser i klimaet, og gir grunnlag for å vurdere effekten av klimaendringene. Indikatorer man gjerne ser på for å vurdere effektene i vann- og avløpssystemene er (Ugarelli *et al.*, 2010):

- Økning av lufttemperatur
- Økning av nedbør om vinteren
- Økning av antall stormer
- Økt temperaturvariasjon
- Nedgang i nedbør om sommeren, mer tørke
- Endringer i årsnedbør
- Økt frekvens av intense regnskyll.

I denne artikkelen vil man gå nærmere inn på de spesifikke effektene klimaendringer vil kunne ha for vannforsyningsssystemene i Norge. Slike effekter blir styrt av klimaindikatorene. På grunn av dette er klimaforandringer og effekter av disse avhengig av type klima. Om man er i varmt klima, kaldt klima, kystklima eller innlandsklima, vil de klimatiske indikatorer påvirkes i ulik grad. I tillegg er effekten av klimaforandringene avhengig av en rekke lokale forhold, blant annet:

- Type drikkevannskilde
- Topografi rundt kilde
- Beskyttelse av kilde og nærvær av dyr
- Kvalitet på ledningsnett
- Renseprosess.

Effekter av klimaendringer i vannforsyningssystemet

De generelle forventede effektene av klimaendringer på drikkevannssystemet er som følger (Ugarelli *et al.*, 2010):

- Mindre eller mer drikkevann i kildene (variasjon og mengde av nedbør endres)
- Endring i tilgjengelig kapasitet i drikkevannskilde grunnet endret avrenningsmønster. Mye avrenning kan flyttes fra vår til vinter (mer smelting om vinteren).
- Forverret vannkvalitet på grunn av økt avrenning og høyere temperatur
- Større saltinntrenging langs kystområder
- Økt biofilmvekst i drikkevannsledninger
- Endret levetid på drikkevannsledninger
- Redusert renseeffektivitet på grunn av endret vannkvalitet

Utover disse generelle effektene er det forventet at klimaet på flere måter spesifikt vil påvirke både drikkevannskilder, renseanlegg og ledningsnett. I det følgende er de mest sannsynlige effektene omtalt i kronologisk rekkefølge, fra drikkevannskilde til ledningsnett.

Drikkevannskilde og nedslagsfelt

Økt avrenning grunnet mer intense regnskyll

Det er forventet økt intensitet på regnskyll som vil føre til økt avrenning over kortere perioder fra nedbørfelt til kilde. Dette vil kunne føre til flomsituasjoner i visse typer reservoar/kilder. Varmere perioder om vinteren kan føre til økt snøsmelting og avrenning til kilden også om vinteren, mens det da blir mindre avrenning om våren. (Vevatne *et al.*, 2007).

Økt risiko for mikroforurensning og annen forurensning i kilden

Økt avrenning og økt erosjon fra bakken vil øke risikoen for at mikroorganismer og annen foru-

rensning (f. eks. mikroforurensninger) blir fraktet til overvannskilden. (Hunter, 2003; Vevatne *et al.*, 2007). Mer intense regnskyll vil øke risikoen for at avføring fra fugler og dyr fraktes til kilden. Økt vanntemperatur i kilden på grunn av høyere lufttemperatur vil kunne føre til økt mikrobiologisk vekst i kilden.

Større nærvær av dyr rundt drikkevannskildene

Et varmere klima vil føre til lengre isfrie perioder av kildene og lengre tilgang til vann, som kan føre til at dyr, slik som bevere og fugler, vil øke sitt nærvær rundt visse typer kilder (Zwolsman *et al.*, 2007). Dette kan øke risikoen for forurensing fra dyr (Hunter, 2003). Det kan også føre til at det biologiske mangfoldet innen planter og dyr forandrer seg/endrer mønster (Vevatne *et al.*, 2007).

Ekspansjon av myrområder

Mer nedbør og et våtere klima legger til rette for ekspansjon av myrområder. Myrområder gjør det vanskelig for trær, planter og dyr. En økning av myrområder rundt kilder vil derfor endre det biologiske mangfoldet (Zwolsman *et al.*, 2007) i nedbørfeltet.

Grunnvannskvaliteten kan endres

Vannkvalitet i grunnvann blir påvirket av egenskapene til vegetasjonen og jordsmonnet i infiltrasjonsområdet (Hetzl *et al.*, 2008). Et våtere og varmere klima vil påvirke både vegetasjon og jordsmonn og kan føre til endret vannkvalitet i grunnvannskilder.

Mer uforutsigbare vannmengder i kilder

De største effektene med hensyn på nedbør vil mest sannsynlig sees i form av endret nedbørmønster og mer intensiv nedbør, men man kan også oppleve at det vil bli mer nedbør totalt sett, noe som vil påvirke vannmengden i kildene. For noen kan det bety at man kan utsette etablering av nye vannkilder med flere tiår (Vevatne *et al.*, 2007). For andre, hvor nedbøren kommer mer intenst over kortere tid, kan det bety at vannkildene ikke blir stabile og at de i perioder ikke

rommer den vannmengden som det er behov for. Man vil i slike tilfeller få et utjevningsbehov.

Økte NOM-verdier i overvannskilder

Økt avrenning og økt vanntemperatur vil føre til økte NOM-verdier (Aaheim *et al.*, 2009) i overvannskilder grunnet økt erosjon av organisk materiale fra omgivelsene til kilden. Det er observert en økning av farge og TOC i overvannskilder i Norge gjennom de siste tiårene (Eikebrokk *et al.*, 2004; Nie *et al.*, 2009; Vevatne *et al.*, 2007). Økte NOM verdier kan øke risikoen for biprodukter fra klorering (hvis det benyttes), vil kunne redusere effekten av annen desinfisering, kan gi økte lukt og smak problemer, og kan øke muligheten for biofilm vekst i ledningsnettene (Vevatne *et al.*, 2007).

Redusert stabilitet av lagdeling i dype overvannskilder

Et varmere vær vil utsette eller eliminere islegging av overvannskilder om vinteren. Kombinert med sterk vind vil sirkulasjonen og sirkulasjonsperiodene i overvannskildene økes og resultere i kortere varighet av stabile lag i kildene (Nie *et al.*, 2009). Hele vinteren kan bli en sirkulasjonsperiode. For kilder som normalt er stabile om vinteren på grunn av frost kan dette resultere i en redusert barriereeffekt av dypvannsinntak (Tjomsland and Rohrlack, 2008; Vevatne *et al.*, 2007). Dette opplevde man i Trondheim sin drikkevannskilde Jonsvatnet vinteren 2013/2014, Elvers påvirkning på drikkevannskilder kan forandres da man vil få et endret temperaturbilde av både elver og kildene.

Større mengder alger og miljøgifter i overvannskilder

På grunn av varmere klima, mer nedbør, mer avrenning, mer NOM og større påkjønning på omkringliggende avløpsnett er det forventet at mengden av alger og miljøgifter kan økes i drikkevannskildene (Aaheim *et al.*, 2009; Albert, 2008; Hunter, 2003). Problemer relatert til algevekst er smak og lukt, og algetoksiner (Albert, 2008).

Renseanlegg

Store variasjoner i råvannskvalitet kan skape problemer for renseanleggene

Ekstreme hendelser, slik som flom, vil kunne gi øyeblikkelige effekter for vannkvaliteten i kildene (Slavik og Uhl, 2009). Man kan forvente at flommer og ekstreme nedbørhendelser rundt kilder vil kunne øke i antall og i intensitet. Råvannstemperaturer vil bli uvanlig lave på grunn av manglende islegging, noe som også fører til økt sirkulasjon i drikkevannskildene. Det endrede klimaet vil føre til en økning av uforutsigbarhet og resultere i større variasjon av vannkvalitet over året. Dette vil skape problemer for renseanleggene og skape usikkerhet med hensyn på doser og oppholdstid.

Man vil få større potensiale for forurensning av vannkildene. Det er blitt observert større mengder av Salmonella i vannkilder under varme perioder, et problem som er forventet skal øke (Aaheim *et al.*, 2009). Også høyere NOM verdier i råvannet, varmere vann og en generelt dårligere råvannskvalitet er effekter man kan forvente, og som ytterligere vil gjøre jobben for renseanleggene vanskeligere (Vevatne *et al.*, 2007).

Ledningsnett

Økt sannsynlighet for inntrengning av avløpsvann og grunnvann til drikkevannsnett

Ved fellesanlegg og ved høyt grunnvann øker sannsynligheten for inntrengning av forurenset vann til drikkevannsledninger (ved trykklost nett, under reparasjon etc.) på grunn av at fellesledninger vil gå fortere og oftere full og grunnvannsspeilet vil i perioder kunne stå høyere enn normalt. 3 viser reparasjon av drikkevannsledning med vann rundt, og en felles kum som er fylt med vann. I felleskummen vil drikkevannsledningen være omgitt av avløpsvann/overvann. Slike hendelser vil forekomme oftere, noe som betyr at sannsynligheten for innlekking av avløpsvann til drikkevannsnettet øker.

Tom Baade-Mathiesen, prosjektleder for Rifs rapport *State of the Nation*, sier at det er ”mer intense regnbyger i vente med de voksende klimaendringene. Det kan føre til stor belastning på



Figur 3. Venstre: reparasjon av drikkevannsledning med brudd. Ledningen er omgitt av skittent vann. Høyre: felleskum som er fylt med avløpsvann/overvann.

overvannssystemene og økende risiko for kloakk i drikkevannet hvis det ikke gjøres tiltak” (NRK2, 2014).

Økt sannsynlighet for biofilm vekst og mikrobiologisk aktivitet i ledningsnett

På grunn av høyere NOM verdier og varmere drikkevann øker sannsynligheten for at vi får økte problemer med biofilmvekst og mikrobiologisk aktivitet i ledningsnett (Vevatne *et al.*, 2007) Dette kan redusere den hygieniske sikkerheten på drikkevannet og bidra til økte problemer med lukt og smak.

Økte problemer med ledningsbrudd og redusert levetid på ledningsnett

Økt korrosivitet i grunnen, økte mengder med partikler på ledningsnett (bidrar til anaerobisk korrosjon), mer intense frostperioder om vinteren og en økt mengde fryse/tine sykluser vil kunne bidra til å øke bruddraten i drikkevannsnettene og redusere den gjennomsnittlige levetiden for norske drikkevannsnett (Vevatne *et al.*, 2007, Hollands, 2010).

Større lekkasjer på private stikkledninger

Det er påvist at mye av dagens lekkasjer opptrer på private stikkledninger (Røstum *et al.*, 2013). Økte påkjenninger fra omgivelsene, spesielt om vinteren i form av ekstreme frostperioder (hvor frosten vil gå dypere ned i bakken) og økt

mengde fryse/tine sykluser, kan øke sannsynligheten for ledningsbrudd og økte mengder lekkasjer på private stikkledninger.

Hvordan det endrede klimaet påvirker ledningsnett

Økte problemer med ledningsbrudd og redusert levetid på ledningsnett for drikkevann kan forårsakes av følgende:

- I. Økt korrosiv grunn langs kysten grunnet havnivåstigning. Generelt mer korrosiv grunn (Vevatne *et al.*, 2007)
- II. Økt mengde partikler/sedimenter i ledningsnett
- III. Økte fryse/tine sykluser gjennom vinteren
- IV. Mer ekstremvær: intensive frostperioder om vinteren.

Økt korrosiv grunn lang kysten

Det er forventet at havnivået vil stige langs kysten, noe som vil bidra til at saltvann trenger lengre inn i grunnvannet. For ledninger som ligger i nærheten av kystlinjen, blant annet i havnebyer, vil dette kunne påvirke ledningene med økt ytre korrosjonsproblemer.

Økt mengde sedimenter i ledninger

Økt nedbør, mer intense regnskyll og økt avrenning fra nedbørfelt til drikkevannskilder kan i visse tilfeller være en kilde til økt turbiditet i råvannet. I perioder vil renseanleggene motta

råvann med høy turbiditet og man vil få kortere tid til gjennombrudd av partikler i filtrene, med den effekt at det blir økt tilførsel av partikler til ledningsnett. I ledningsnett vil partiklene sedimentere og forårsake korrosjon grunnet anaerobe forhold. Partiklene øker også muligheten for dannelse av biofilmer og mikrobiologisk vekst i ledningsnett (Bruaset *et al.*, 2014).

Økt mengde fryse/tine sykluser

Det er ventet at man kan få mildere vintre med temperaturer som svinger rundt 0 grader i større deler av landet. Dette fører til at bakken fryser og tiner flere ganger i løpet av vinteren. Slike fluktuierende fryse-tine sykluser fører til bevegelser i grunnen og øker mengden mekanisk påkjenning på ledningene og på koblinger mellom ledningene. Oslo kommune har opplevd at en økt frekvens av fryse-tine sykluser har ført til høyere bruddrater på drikkevannsledninger i visse problem områder (Vevatne *et al.*, 2007). Spørsmålet man må stille seg er om dette bare vil bli verre i framtiden.

Undersøkelser fra byer i blant annet Norge, Danmark, Tyskland, England, USA og Canada viser at det er høyere bruddfrekvens på ledninger i vintermånedene enn om sommeren. Dette skyldes frost og bevegelser i bakken grunnet tele (Gregersen and Eggestad, 1983; Reikvam, 2013; Goulter og Kazemi, 1989).

Mer ekstremvær: ekstreme kuldeperioder og mindre snøbelegg

Flere norske kommuner opplever mer brudd om vinteren enn ellers. I de siste år har man opplevd ekstreme kuldeperioder i Norge og andre steder i verden, med meget lave temperaturer over en lengre periode (jamfør kuldeperioden i USA vinteren 2013/2014 hvor det ble 40 °C og kaldere). Under slike kuldeperioder vil telen gå dypere ned i bakken og i større grad kunne påvirke ledningsnettene i Norge. I tillegg har det forekommet at snøbelegget på bakken om vinteren i perioder er redusert. Vintrene vil karakteriseres gjennom uforutsigbart vær, som innebærer at man vil kunne få både ekstreme kuldeperioder, lite snø, storm og regn i løpet av en vanlig vinter.

Temperaturene vil mest sannsynlig bli mindre stabile og variere i større grad. Meteorologisk Institutt og NVE melder at det vil bli mindre snø i lavlandet, og noen ganger vintre uten snø i det hele tatt (Aftenposten, 2014). Under perioder med lite snø vil telen gå dypere ned i bakken og påvirke ledningene i større grad.

De økte mekaniske påkjenningene kan føre til økte bruddrater i ledningsnettene. Det er blant annet observert en økt mengde med ledningsbrudd under slike kuldeperioder i Bergen (Bjørklund, 2011) og i Trondheim (Tveit, 2014) i løpet av de siste år. I Trondheim observerte de også at det i etterfølgende kuldeperiode ikke ble økt mengde med ledningsbrudd. Dette kan forklares med at den første kuldeperioden initierte ledningsbrudd i gruppen av ledninger som var på randen av brudd før kulden slo inn. Dette var altså en gruppe av dårlige ledninger. Når den neste periode med kulde kom var flesteparten av de dårlige ledningene reparert slik at man ikke opplevde den samme økningen av ledningsbrudd. Man vil derfor ikke kunne oppleve at bruddfrekvensen for ledninger vil bli økt under enhver kuldeperiode. En økt bruddfrekvens grunnet ekstreme kuldeperioder vil sannsynligvis skje med noen års mellomrom, kanskje tiår. Det er ikke utført noen studier som har sett på data rundt ekstreme kuldeperioder og påvirkning på ledningsbrudd over en lengre tidsperiode. Man kan forvente at ekstreme kuldeperioder vil påvirke brudd frekvensen for ledninger med noen års mellomrom, for eksempel etter 5 eller 10 år. Etter noen år vil en ny gruppe av dårlige ledninger være i en slik tilstand at de vil gå til brudd under den økte påkjenningen som telen gir. Man kan også forvente at lengre kuldeperioder vil påvirke ledningsnett i negativ forstand (mekanisk påkjenning) selv om bruddfrekvensen ikke økes under den relevante kuldeperioden. Effekten av kulden vil da kunne sees ved et senere tidspunkt.

I USA er det rapportert at kuldeperioder har stor påvirkning på antall brudd på drikkevannsledninger. Flere byer har de siste årene opplevd ekstreme kuldeperioder med tilhørende økt bruddrate (høyere enn normalt) på drikke-

vannsledninger (Hollands, 2010). Den ekstreme kuldeperioden i USA gjennom vinteren 2013/2014 førte til at mange byer rapporterte om rekordhøye bruddrater på sine ledningsnett (American City & County, 2014). I Oslo ble 7292 ledningsbrudd mellom 1975 og 2012 nylig undersøkt i en masteroppgave ved UMB (Reikvam, 2013), hvor man fant at mesteparten av ledningsbruddene skjedde mellom november og april, og at det er en korrelasjon mellom temperatur og antallet ledningsbrudd (se også Habiban, 1994). Tallene viser derfor at man har de samme effektene på norsk jord.

Ekstreme kuldeperioder og en økt mengde frost/tine sykluser vil påvirke tilstanden på ledningsnettene og vil kunne gi utslag på den forventede levetiden til et ledningsnett. Man kan forvente at den generelle hygieniske sikkerheten til ledningsnettene vil svekkes på grunnlag av de økte påkjenningene. Oppgaven til ledningsnett er å bevare vannkvaliteten intakt inntil drikkevannet er levert kundene. I ledningsnett er selve ledningene sammen med det hydrauliske trykket de eksisterende barrierene, se 4. Om ledningenes generelle tilstand svekkes vil ledningsnett som barriere også svekkes.

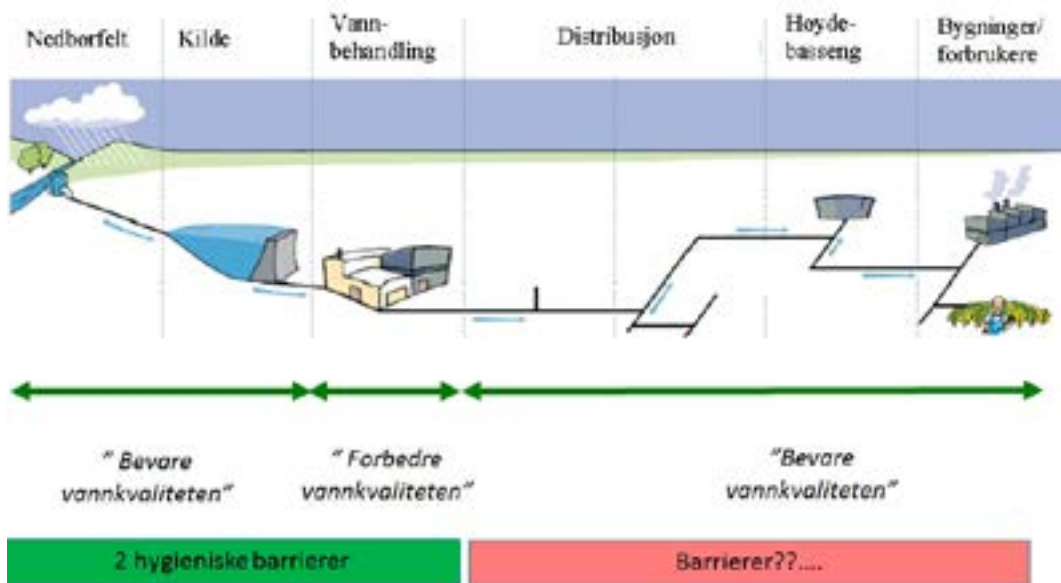
Tiltak

Hvilke tiltak kan man sette i verk for å motvirke effekter av klimaendringer i drikkevannssystemet? Det finnes ulike retninger som svar på dette spørsmålet, som man for eksempel kan dele inn i:

- I. Tilpasset/forbedret drift og vedlikehold
- II. Spesifikke tiltak
- III. Tilpasset fornyelsesplanlegging av ledningsnett
- IV. Kvalitetssikring av nyanlegg

Tilpasset/forbedret drift og vedlikehold

Man kan ta i bruk spesifikke drift- og/eller vedlikeholdsmetoder for å løse spesifikke problemer forårsaket av klimaendringer. Man kan identifisere hvilke effekter man forventer og hvordan man bør tilpasse driften/vedlikeholdet av systemet. I PREPARED ble det utviklet en database hvor relevante drift- og vedlikeholdsmetoder kobles opp mot de ulike klimaeffekter (Bruaset *et al.*, 2012). Drift- og vedlikeholdsmetodene forklares nærmere i rapporten (PREPARED Deliverable 5.5.1 – Bruaset *et al.*, 2012).



Figur 4. Hygieniske barrierer i vannforsyningen (Sydney Water, 2005).

Spesifikke tiltak

Man kan sette inn tiltak i:

- I. Nedbørfelt/kilde
- II. Renseanlegg
- II. Ledningsnett

Tiltak er noe man innfører i systemet som bør ha langvarig effekt (eller inntil tiltaket må endres/fornyes/forbedres).

Eksempel på tiltak i vannforsyningsystemet er:

- Økt beskyttelse av drikkevannskilde
- Forbedret drikkevannsrensing. Et tiltak mot økte NOM verdier er blant annet å øke koagulant dosene
- Ikke bruk felleskummer ved nyutbygging og rehabilitering
- Online overvåkning av ledningsnett for hurtigere å identifisere nye lekkasjer

Tilpasset fornyelsesplanlegging av ledningsnett

Man kan ta hensyn til økt påkjenning på ledningsnettet under fornyelsesplanleggingen, selv om det vil være vanskelig å kvantifisere de effektene klimaendringene vil ha på et ledningsnetts levetid. De tall som legges til grunn for fornyelse i dag er allerede basert på flere usikkerhetsmoment, noe som betyr at dette ikke vil være en enkel oppgave. De påvirkningene et endret klima vil ha på ledningsnettene gjør at vi må spørre oss; planlegger vi etter dagens klima eller planlegger vi for fremtiden?

Et innspill til planlegging av ledningsfornyelse er å vurdere en ”klima faktor” for fornyelse av ledningsnett. En klimafaktor kan være en prosentatsats som representerer den reduserte levetiden et ledningsnett vil oppleve for eksempel over de neste 50 årene grunnet klimaendringer. Det er behov for mer forskning på området for å kunne vurdere et reelt tall for en slik klimafaktor.

Kvalitetssikring av nyanlegg

Noe av svakheten til nyanlegg i dag er at de ofte ikke kvalitetssikres i god nok grad. Det er observert relativt mye feil på nyanlegg de siste år.

Firma som utfører trykkprøving av nye drikkevannsanlegg rapporterer at inntil 60 % av nyanlegg har feil og mangler (Røstum *et al.*, 2013). Om slike forhold ikke tas tak i vil man merke en stor effekt av disse feilene når klimaendringene gir større effekt på ledninger. Et godt tiltak mot framtidige klimaendringer er å sikre at kvaliteten på nyanlegg er av beste kvalitet. Flere kommuner har begynt å prioritere økt kompetanse og rekruttering til egen byggeledelse for en bedre kontroll av nyanlegg.

For å oppnå en god kvalitetssikring i fremtiden er det viktig at man setter krav både til de individuelle komponentene og til det ferdige anlegget slik at det ferdige produktet har gjennomført god kvalitet. For de individuelle komponentene, slik som ledninger, kummer, ventiler etc., eksisterer det per i dag ingen standardisert ordning som utfører uavhengig testing og som dermed sikrer at de produktene som brukes i drikkevannssystemene er av god nok kvalitet. Da det ikke eksisterer noen uavhengig testing og godkjenning av disse produktene finnes det ingen garantier for at den infrastrukturen vi legger i bakken i dag vil holde ønsket kvalitet over den tidsperioden systemet er dimensjonert for. Norske kommuner bør vurdere om det er på tide at de produktene de skal bruke i drikkevannssystemet, som frakter vårt viktigste næringsmiddel, skal være testet etter standardiserte metoder og dermed teknisk godkjent.

Kilder

Aftenposten, 2014. Nettside: <http://mm.aftenposten.no/kloden-var/norge-darlig-forberedt-pa-ekstremvaer>. Besøkt 14.08.2014.

Albert, J., 2008. Climate change and water quality issues. Artikkel i *Drinking Water Research - Climate change and drinking water*. Climate change special issue 2008. Volume 18, Number 2, 11-14. AWWA Research Foundation.

American City & County, 2014. Nettside: <http://american-cityandcounty.com/blog/harsh-winter-tests-us-water-infrastructure>. Besøkt 11.08.2014.

Bjørklund, A. 2011. Bergen kommune. Personlig samtale vinteren 2011.

Bruaset, S., Popovych, V., Dunaieva, L.I., Popovych, V., Ulanczyk, R., Bujok, R., Suschka, J., Storhaug, R. og Blytt,

- L.D. 2012. *Exploration of existing technologies for maintenance*. PREPARED Deliverable 5.5.1, EU 7th Framework Program.
- Bruaset, S, Hem, L. og Eikebrokk, B. 2014. *Biostabilitet i drikkevannsnett*. Norsk Vann rapport.
- Eikebrokk, B., Vogt, R.D., og Liltved, H. 2004. NOM increase in Northern European source waters: discussion of possible causes and impacts on coagulation/contact filtration processes. *Water Science and Technology*: Water Supply. Vol 4, No 4, 47-54.
- European Commission, 2009. Commission of the European Communities, WHITE PAPER: Adapting to climate change: Towards a European framework for action, (COM(2009)147), 01/04/2009, nettside: http://ec.europa.eu/environment/climat/adaptation/pdf/com_2009_147_en.pdf
- Gregersen, O. og Eggestad, A. 1983. *Telens innflytelse på nedgravde rør*. Prosjekt rapport PTV 24. Norges Forskningsråd.
- Goulter, I.C. og Kazemi, A. 1989. Analysis of water distribution pipe failure types in Winnipeg, Canada. *Journal of Transportation Engineering*, ASCE. 120: pp 312-321.
- Habibian, A. 1994. Effects of temperature changes on water main breaks. *Journal of Transportation Engineering*, ASCE. 115: pp 95-110.
- Hetzel, F., Vaessen, V., Himmelsbach, T., Struckmeier, W. og Villholth, K.G. 2008. *Groundwater and Climate Change: Challenges and possibilities*. *Groundwater – resources and Management*. Commissioned by the German federal ministry for Economic Cooperation and development (BMZ).
- Hunter, P.R., 2003. Climate change and waterborne and vector-borne disease. *Journal of Applied Microbiology*, Volume 94, 37S-46S.
- IPCC, 2007a. *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis*. IPCC Working Group II Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Red. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M.M.B., Miller, Jr. og Chen, Z. Cambridge.
- IPCC, 2007b. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. IPCC Working Group II Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Red. Martin Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., van der Linden, P. og Hanson, C. Cambridge.
- IPCC, 2008. *Climate Change and Water*. IPCC Technical Paper VI. Intergovernmental Panel on Climate Change. Nettside: <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>
- Miljøverndepartementet, 2012-2013. *Klimatilpasning i Norge*. Meld.St.33. Melding til Stortinget. Det Kongelige Miljøverndepartement.
- Muthanna, T., Lindholm, O., Liltved, H. og Vogelsang, C. 2010. *Measures for adaptation to climate change in the water and wastewater sector – pilot study/ Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren – forprosjekt* (In Norwegian) “NORSK VANN” (Norwegian Water) report B14.
- Nie, L., Heilemann, K., Hafskjold, L.S. og Sægrov, S. 2009. *Review of research and development of climate change, risk management of urban flooding and adaptation to climate change*. SINTEF rapport for Forskningsrådet (NFR).
- NRK, 2014. *Hetebølge har ødelagt drikkevannet i Røst*. Nettside. <http://www.nrk.no/nordland/drikkevannet-pa-rost-odelagt-1.11854407>. Besøkt 01.08.14.
- NRK2, 2014. *490 milliarder må til for å sikre drikkevannet*. <http://www.nrk.no/norge/milliarder-for-a-sikre-drikkevannet-1.11811958>. besøkt 14.08.2014.
- Reikvam, S. *Frostskader på drikkevannsledninger*. Norsk Vann bulletin #4 2013
- Røstum, J., Bruaset, S., Desjardins, A.K. og Hansen, A. *Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transport-systemer*. Norsk Vann Rapport 196-2013.
- Slavik, I. og Uhl, W. 2009. Analysing water quality changes due to reservoir management and climate change for optimization of drinking water treatment. *Water Science & Technology*: Water Supply. 9 (1), 99-105.
- Sydney Water, 2005. SA-Water. Drinking water quality report 2004-2005.
- Tjomsland, T. og Rohrlack, T. 2008. *Simulated effects on hydrophysics and water quality in lakes due to climate changes*. NIVA rapport, 5573-2008.
- Tveit, O.A. 2014. Personlig samtale/mail. Trondheim kommune, Bydrift.
- Ugarelli, R., Leitão, J. P, Almeida, M. C. og Bruaset, S. 2010. *Overview of climate change effects which may impact the urban water cycle*. PREPARED Deliverable 2.2.1.
- Vevatne, J., Westskog, H. Engen-Skaugen, T., Myhre, C. L., Orderud, G., Roals, L. A., Solstad, S. P. og Tryland, I. 2007. *Tilpasninger til klimaendringer i Osloregionen*. CINES, Forskningscenter for miljø og samfunn.
- Zwolsman, Gertjan og van Ellen, W. 2007. *Spain, A TECHNEAU case study, phase II, climate change*. TECHNEAU European project report, Deliverable number D 1.1.6a.
- Aaheim, A., Dannevig, H., Ericsson, T., van Oort, B., Innbjør, L., Rauken, T., Vennemo, H., Johansen, H, Tofteng, M., Aall, C., Groven, K. og Heiberg, E. 2009. *Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge*. CICERO rapport 2009:04