



Statens vegvesen

Rensing av overvann fra vei i fremtidens klima, 2071 - 2100

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2573



Klima
og
transport



Geoteknikk- og skredseksjonen
Dato: 2010-03-17



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2573

Tittel

Rensing av overvann fra vei i fremtidens klima, 2071 - 2100

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo
Telefon: (+47 915) 02030
www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Svein Ole Åstebøl, COWI AS, Thorkild Hvitved-Jacobsen, HV-Consult ApS, og Jes Vollertsen, HV-Consult ApS

Dato:

2010-03-17

Saksbehandler

Kristine Flesjø

Prosjektnr:

601998

Kontrollert av

Frode Oset

Antall sider og vedlegg:

37

Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet "Klima og transport", etatsprosjekt 2007 - 2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegnettet som svar på endrede klimaforhold.

Delprosjekt 3 Flom og erosjon, som denne rapporten er en del av, gjennomgår prosjekterings- og vedlikeholdstiltak for å tilpasse klimabildet.

Formålet med pilotprosjektet har vært å vurdere om renseeffekten for veiavrenning i våte overvannsbasseng forventes å bli påvirket av en fremtidig klimautvikling for perioden 2071 - 2100. Løsningen av oppgaven er basert på at foreliggende kortids regnserie er benyttet til å produsere et antall regnserier ut fra best tilgjengelige opplysninger om fremtidens klima. De nye regnseriene utgjør således prognoser for de fremtidige nedbørsforholdene. Regnseriene er benyttet som input til en kalibrert og validert modell for simulering av rensing i vått overvannsbasseng. Analysen er basert på foreliggende regnserie fra nedbørstasjon Oslo - Lambertseter og et nærliggende modellbasseng ved E6 Skullerudkrysset i Oslo. Analysen viser at forventet endring i klima kun marginalt vil redusere renseeffekten for veiavrenning i våte overvannsbasseng. Forventede endringer i klima gir ikke grunnlag for å endre dagens dimensjoneringspraksis for våte overvannsbasseng.

Summary

This report belongs to a serie of reports from thr R&D programme "Climate and Transport", carried out by the Norwegian Public Road Administration 2007 - 2010. The main objectives of the programme are to investigate the effect of climate change on the road network and recommend remedial actions concerning planning, design, construction and maintenance.

The work presented in this report is a part of Project nr 3 Flood and erosion Prevention.

The objective of this pilotproject is to assess the treatment efficiency of highway runoff in wet detention ponds under changed climate as being forecasted during the period 2071 - 2100. The analysis is based on a short-term rain series that is used to produce a number of modified rain series based on the best available information on the future precipitation pattern. These rain series thereby form a reliable approach of the future precipitation. The rain series are used as input to a calibrated and validated model for simulation of the treatment performance in a wet pond. The analysis is based on a rain series from Oslo - Lambertseter and an adjacent located model pond at highway E6, Skullerudkrysset in Oslo, Norway. The analysis shows that a climate change only marginally will reduce the treatment efficiency of highway runoff in wet detention ponds. As a consequence, these climate changes does not cauce modifications of nowadays design practice for wet detention ponds.

Emneord:

Klima og transport, klimaendringer, rensing, forurensing, overvann, avrenningsvann, miljø

Forord

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet 'Klima og transport', etatsprosjekt 2007 – 2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegnettet som svar på endrede klimaforhold.

Klimaforskningen konkluderer med at vi etter all sannsynlighet vil få endring til et varmere klima, som antas å føre til en økning i nedbørmengde og intensitet, parallelt med økt stormfrekvens og stormstyrke. Effektiviteten og sikkerheten av vegnettet påvirkes av nedbør, vind og temperaturforholdene. Dette er elementer som har innvirkning på steinsprang, fjellskred og snøskred, overflatevann, flom og erosjon, frysing og tining samt snø og is på vegbanen.

'Klima og transport' jobber etter beskrivelser av klimaendringer og deres effekt på transportsektoren slik de er nedfelt i følgende dokumenter:

- NTP-rapport ”Virkninger av klimaendringer for transportsektoren”, laget av en tverretattlig gruppe i transportsektoren: Jan Otto Larsen (leder) og Pål Rosland (sekretær), Statens vegvesen Vegdirektoratet, Kjell Arne Skoglund, Jernbaneverket, Eivind Johnsen, Kystverket og Olav Mosvold Larsen, Avinor.
- Vedleggsrapport ”Regionale klimascenarier for transportsektoren i Norge - en oppdatering”, av Jan Erik Haugen og Jens Debernard, Det Norske Meteorologiske institutt, februar 2007. (Rapporten er basert på scenarier fra RegClim prosjektet.)
- ”Klima i Norge 2100”, utarbeidet for NOU Klimatilpassing av Meteorologisk institutt, Bjerknæssenteret, Nansensenteret, Havforskningsinstitutt og NVE, juni 2009.

'Klima og transport' består av følgende delprosjekter:

- Dp 1 Premisser og implementering
- Dp 2 Innsamling, lagring og bruk av data
- Dp 3 Flom- og erosjonssikring
- Dp 4 Snø-, stein-, jord- og flomskred
- Dp 5 Tilstandsutvikling på vegnettet
- Dp 6 Konsekvenser for vinterdrift
- Dp 7 Sårbarhet og beredskap

Prosjektleder for 'Klima og transport' er Gordana Petkovic og prosjektsekretær Reidun Svendsen. Mer informasjon om prosjektet: <http://www.vegvesen.no/klimaogtransport>

Delprosjekt 3, som denne rapporten hører til, studere prosjekterings- og vedlikeholdstiltak og deres tilpasning til klimabildet, både gjennom dimensjonering (av vegen eller tiltak) og ved endringer i kriterier for valg av løsninger. Ved utgivelsen av denne rapporten er delprosjektleder Frode Oset, Vegdirektoratet. For mer informasjon om delprosjekt 3, se vedlegg 1.

Denne rapporten er utarbeidet av Svein Ole Åstebøl (COWI AS), Thorkild Hvitved-Jacobsen (HV-Consult ApS) og Jes Vollertsen (HV-Consult ApS)

For oversikt over tidligere andre rapporter fra 'Klima og transport', se vedlegg 2.

Statens vegvesen Vegdirektoratet

Rensing av overvann fra vei i fremtidens klima, 2071- 2100

Mars 2010

Oppdragsnr.: 126251

Utgivelsesdato: 17. mars 2010

Oppdragsgivers kontaktperson: Kristine Flesjø

Prosjektansv. COWI AS: Svein Ole Åstebøl

Utarbeidet av: Svein Ole Åstebøl, Thorkild Hvitved-Jacobsen og Jes Vollertsen

Kontrollert: Thorkild Hvitved-Jacobsen

Godkjent: Rolf Sverre Aksnes

Samarbeidende rådgiver: HV-Consult ApS

Kontaktperson: Svein Ole Åstebøl (COWI AS), E-post: svo@cowi.no T: +47 97 74 05 01

Innholdsfortegnelse

1	Forord	2
2	Sammendrag	3
3	Innledning	4
4	Formål	5
5	Sentrale kriterier for rensing i overvannsbasseng	7
6	Rensing av overvann under fremtidige endrede betingelser	9
6.1	Endret konsentrasjon og sammensetning av forurensende stoffer i overvann	9
6.2	Forventninger til endrede klimatiske betingelser for nedbør og temperatur	11
7	Modifisering av regnserie og metode for modellsimulering av fremtidige scenarier for rensing av overvann	15
7.1	Metode for modifisering av eksisterende regnserie	15
7.2	Oversikt over modifiserte regnserier for simulering av klimapåvirkningen 2071-2100	16
7.3	Modellberegninger relatert til veiavrenning til Skullerud-bassenget	17
8	Resultater og diskusjon av modellsimuleringer med modifiserte regnserier	18
9	Konklusjon	23
10	Referanser	24

1 Forord

Foreliggende rapport er utarbeidet på oppdrag for Statens vegvesen, Vegdirektoratet i deres FoU-prosjekt "Klima og transport", delprosjekt 3 "Flom og erosjonssikring" og aktivitet 3-4 "Miljøeffekter av endrede klimaforhold".

Prosjektet "Klima og transport" bygger på bl.a. resultater fra sårbarhetsutredningen for transportsektoren, gjennomført i 2007 av Avinor, Jernbaneverket, Kystverket og Statens vegvesen og er rapportert i underlagsrapport for NTP 2010-2019: "Virkninger av klimaendringer for transportsektoren".

Hensikten med foreliggende prosjekt har vært å analysere virkningen av forventet klimautvikling for rensing av overvann fra vei i overvannsbassenger og behovet for endringer i dagens dimensjoneringsgrunnlag.

Rapporten er utarbeidet av COWI AS i samarbeide med HV-Consult ApS. Prosjektansvarlig har vært Svein Ole Åstebøl (COWI AS) og prosjektmedarbeidere i HV-Consult ApS har vært Thorkild Hvitved-Jacobsen og Jes Vollertsen. Hovedkontakt i Vegdirektoratet har vært Kristine Flesjø.

Oslo, 17. mars 2010

Svein Ole Åstebøl
COWI AS

2 Sammendrag

Formålet med prosjektet har vært å vurdere om renseseffekten for veiavrenning i våte overvannsbasseng forventes å bli påvirket av en fremtidig klimautvikling frem til perioden 2071 - 2100. Løsningen av oppgaven er basert på følgende metode:

- Ut fra en foreliggende korttids regnserie produseres et antall modifiserte regnserier som ut fra beste tilgjengelige opplysninger om fremtidens klima, utgjør prognoser for nedbørsforholdene i perioden 2071-2100. Analysen er basert på foreliggende regnserie fra nedbørstasjon Oslo-Lambertseter (1985-2007), som er nærmeste nedbørstasjon til modellbassenget ved E6 Skullerudkrysset i Oslo
- De utledede regnseriene benyttes som input til en kalibrert og validert modell for simulering av rensingen i vått overvannsbasseng beliggende ved E6 Skullerudkrysset samt avledede bassenger med mindre volum.

Resultatet av et stort antall modellsimuleringer er følgende:

- Beregningene viser, at en forventet endring av klimaet frem til 2071-2100 kun marginalt vil redusere renseseffekten for veiavrenning i våte overvannsbasseng, som er dimensjonert etter någjeldende anbefalinger.
- Det foreligger verken teoretiske eller praktiske begrunnelser for å endre det någjeldende grunnlaget for dimensjonering av denne type overvannsbasseng med hensyn til deres funksjon og tilpassing til fremtidens klima.

Det vurderes forøvrig at våte overvannsbasseng rensesmessig sett er både bredspektrede og robuste. Hovedkonklusjonen er at endringer i klima med økt nedbør, avrenning av eventuelle nye stoffer og endrede konsentrasjonsforhold for velkjente stoffer, ikke gir grunnlag for å endre dagens dimensjoneringspraksis. Denne konklusjonen vil være generelt gjeldende for hele Sør-Norge, øst og vest for vannskillet.

Et vått overvannsbasseng er grunnleggende sett et enkelt rensesystem som volummessig vil kunne endres i henhold til endrede krav til rensing eller kan utbygges til et mer avansert system med filtrering, adsorpsjon eller felling.

3 Innledning

Et fremtidig endret klima vil blant annet medføre et endret nedbørmønster og endrede temperaturforhold. I det nordeuropeiske tempererte klimabeltet forventes høyere årlige nedbørsmengder og endret nedbørintensitet herunder flere ekstreme nedbørsbegivenheter.

Rensing av overvann fra byområder og veier i eksempelvis overvannsbasseng med permanent vannspeil (kalt vått overvannsbasseng), vil dermed foregå under andre avrenningsforhold. Med øket temperatur på vinteren vil nedbøren i større grad kunne forekomme som regn. Eksempelvis vil økede nedbørsmengder redusere oppholdstiden for tilført overvann i bassenget og dermed kunne resultere i redusert effektivitet for renseprosessene. På den annen side vil flomeffektene av snøsmelting bli redusert og avrenningen til bassenger i vinterperioden vil bli mer jevn og dermed bidra til øket renseseffekt. Det er således nødvendig å vurdere virkningen av klimaendringer for alle årstider sett under ett.

4 Formål

Foreliggende prosjekt har til formål å vurdere om renseseffekten for overvann fra vei kan forventes å bli påvirket av en fremtidig endring i klima. Vurderingene er basert på våte overvannsbasseng som rensetiltak. Som en konsekvens av dette er det vurdert om dagens dimensjoneringsgrunnlag for overvannsbassenger bør justeres. I tillegg diskuteres kort betydningen av mulige fremtidige endringer i stoffsammensetning og - konsentrasjon i overvannet. Tidshorisonten for vurderingen av dagens dimensjoneringspraksis er frem til perioden 2071 - 2100. I vurderingene er det tatt utgangspunkt i forholdene i Oslo-området i og med at overvannsbassenget ved E6 Skullerudkrysset er benyttet i analysen.

Formålet er belyst gjennom følgende hovedpunkter:

- **Kunnskap om endringer i klimatiske forhold**

Det er utarbeidet en kort oversikt over foreliggende kunnskap om forventet endring i klima med særlig fokus på endring i nedbørs- og avrenningsmønsteret i form av endret mengde og intensitet. Dessuten er mulig endring i temperatur tatt med i analysen, spesielt fordi mønsteret for snøsmelting kan påvirke avrenningsforholdene for overvann i vinterperioden. Videre diskuteres kort mulige konsekvenser av fremtidige endringer i stoffkonsentrasjon og typer av forurensningsstoffer.

- **Modellberegninger med modifiserte regnserier**

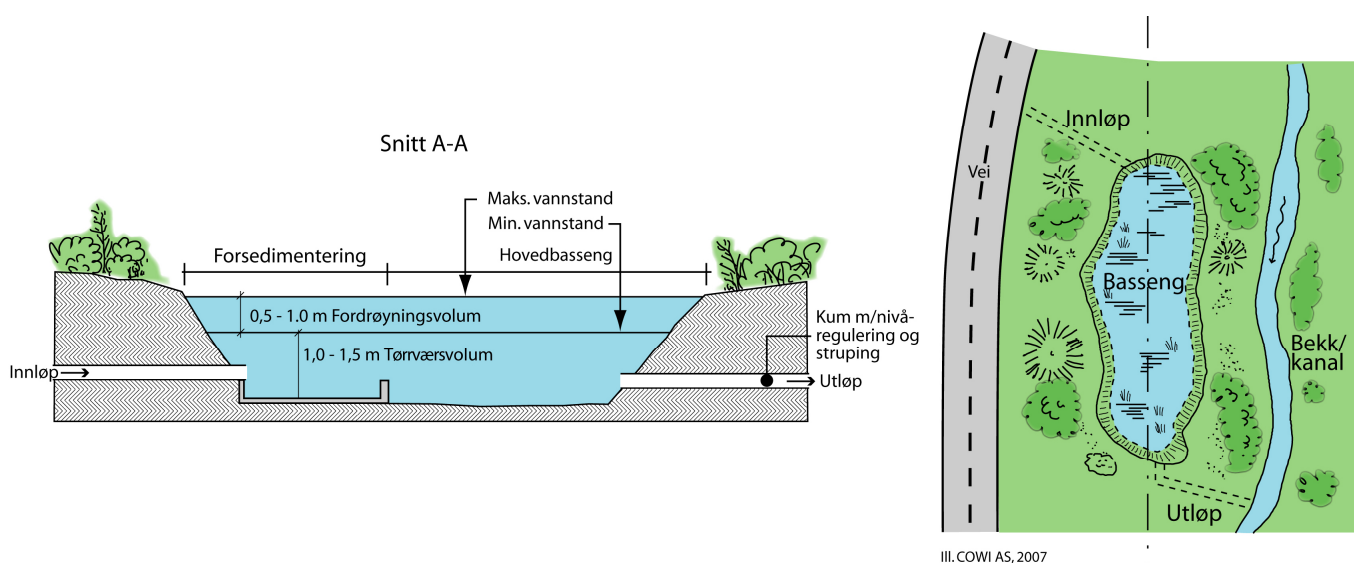
Basert på modellsimuleringer er det gjennomført en følsomhetsanalyse for dagens dimensjoneringsgrunnlag for overvannsbassenger. Denne analysen baserer seg på en eksisterende regnserie fra Oslo-området som er modifisert i forhold til den foreliggende kunnskap om mulige endringer i nedbørmønster og temperaturforhold. De avledede modifiserte regnseriene er benyttet som input i en modell for rensing av overvann i vått overvannsbasseng. Som ”modellbasseng” anvendes overvannsbassenget ved E6 Skullerudkrysset i Oslo sør, der den hydrauliske og resemessige funksjonen har vært undersøkt i detalj gjennom en periode på 1 år (Åstebøl og Coward, 2004; Vollertsen et al., 2007).

– **Vurdering av resultater**

Resultatet av modellberegningene blir en vurdering av den resemessige funksjonen i bassengene under forhold tilsvarende den mulige fremtidige klimaendring frem til perioden 2071 - 2100. Det vil i den sammenheng være særlig fokus på dimensjoneringsgrunnlaget og dermed det eventuelle behovet for endring av dette.

5 Sentrale kriterier for rensing i overvannsbasseng

Basert på i særlig grad erfaringer fra USA, er det gjennom de siste 30-40 år utviklet en rekke metoder for rensing av overvann fra vei og byområder (FHWA, 1996). Blant disse metodene har vått basseng fått stor utbredelse i en rekke land (fig.1).



Figur 1. Prinsippkisse av et vått overvannsbasseng. Det nederste vannvolumet utgjør bassengets permanente volum (tørrværsvolum) og det øverste vannvolumet er bassengets volum for magasinering/fordrøynning.

Våte overvannsbasseng fungerer i prinsippet på den måten at det magasinerer et tilført vannvolum som i slutten av en regneperiode og i etterfølgende tørrværsperiode utledes til vassdrag (elv/innsjø). Foruten den hydrauliske effekten i form av forsinkelse foregår det i perioden når bassenget tilføres vann og i særlig grad i den etterfølgende tørrværsperioden, en rekke fysiske, kjemiske og biologiske renseprosesser i bassenget. Sedimentasjon og adsorpsjon av særlig partikulært bundet stoff bidrar til rensing av bl.a. organisk stoff, næringssalter, tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer. Rensingen skjer ved at stoffene fjernes fra vannfasen og hovedsakelig

akkumuleres i bunnsedimentet. En sjelden gang, i størrelsesorden hvert 25-30 år, skal bunnsedimentet fjernes og deponeres i henhold til innholdet av miljøfremmede stoffer.

Et nyetablert overvannsbasseng får i løpet av 1-2 år et sjøliggende utseende og funksjon. Våte bassenger vil derfor kunne inngå som elementer i rekreative områder. De prosessene som medvirker til rensingen av overvannet kan sammenlignes med de prosesser som naturlig foregår i innsjøer.

Ved dimensjonering av overvannsbasseng inngår det en lang rekke hensyn (Hvitved-Jacobsen, 1990; Hvitved-Jacobsen et al., 2004; Vollertsen et al., 2007, Åstebøl et al., 1998/2006). Av disse forholdene er oppholdstidsfordelingen for den tilførte stoffmengden i overvannet, en grunnleggende parameter. Det må sikres nødvendig tid til at renseprosessene skal forløpe. Med korrekt dimensjonering vil det avhengig av stofftype, kunne fjernes 40-90% av forurensningsstoffene i innløpsvannet (Åstebøl og Coward, 2004). En utbygging av overvannsbasseng med anlegg for filtrering, adsorpsjon og felling vil ytterligere kunne øke rensegraden (Vollertsen et al., 2008).

Det er en viktig erkjennelse at et anleggs evne til å rense viser seg i en utløpskonsentrasjon som er mer eller mindre uavhengig av konsentrasjonen i innløpsvannet. Imidlertid har det vært tradisjon for å angi rensegraden i prosent. Problemet blir dermed at høy innløpskonsentrasjon pr definisjon resulterer i en tilsvarende høy rensegrad hvilket er grunnleggende sett uheldig i forhold til vurderingen av systemets renseevne. Hvis det eksempelvis over tid forventes endringer (reduksjoner) i overvannets konsentrasjon av forurensningsstoffer, er det dermed vesentlig for riktig vurdering av rensegraden i forhold til anleggets dimensjonering, at dette forholdet blir riktig hensyntatt.

6 Rensing av overvann under fremtidige endrede betingelser

I forhold til nåværende praksis for dimensjonering og drift av anlegg til rensing av overvann fra urbane områder og veier, kan det i fremtiden forventes endringer som vil kunne påvirke renseseffekten. Analysen handler om en vurdering av den mulige innflytelse som en rekke parametre og fenomener vil kunne få, og som umiddelbart vurderes å være relevante i forhold til å sikre det fremtidige dimensjoneringsgrunnlaget for bassengene. Formålet med vurderingen er å peke på forhold som anses som sentrale for en slik fremtidsrettet dimensjonering samtidig med at andre forhold vil kunne utelukkes som mindre vesentlige.

6.1 Endret konsentrasjon og sammensetning av forurensende stoffer i overvann

Med en tidshorisont på 60-90 år er det naturlig å forvente at det vil forekomme endringer i så vel sammensetning som konsentrasjon av forurensende stoffer i overvannet. Selv om dette forholdet ikke er relatert til en klimatisk betinget påvirkning, vurderes det å være en realitet som kort bør kommenteres i den gitte sammenheng. Innledningsvis vil det være relevant å belyse problemstillingen ved et eksempel:

I USA ble det i perioden 1979-1982 gjennomført et meget omfattende program, NURP (Nationwide Urban Runoff Program), for overvåkning av vannkvaliteten i overvann (USEPA, 1983). NURP kan betraktes som et ”paraplyprogram” for i alt 28 separate gjennomførte prosjekter. NURP må fortsatt i 2010 oppfattes som det største og mest omfattende program som på verdensplan er blitt gjennomført av sin art. Etterfølgende er det – også i USA – blitt utarbeidet en nasjonal database, NSQD (National Stormwater Quality Database), for vannkvaliteten i overvann (Pitt and Maestre, 2005). Dette programmet dekker målinger utført i perioden 1995-2003 og omfatter data produsert av 66 institusjoner med tilsvarende målinger av i alt ca. 4.000 regnhendelser. I tabell 1 er sammenfattende resultater av henholdsvis NURP og NSQD vist.

Tabell 1. Sammenligning av medianverdier for kvaliteten av overvann basert på data fra henholdsvis NURP (1979 -1982) og NSQD (1995-2003), jfr. tekst.

Stoff (enhet)	Samlet for alle avrenningsfelt		Avrenningsfelt i byområder	
	NURP	NSQD	NURP	NSQD
BOD ₅ (mg L ⁻¹)	9	8,6	10	9
COD (mg L ⁻¹)	65	53	73	55
TSS (mg L ⁻¹)	100	58	101	48
Total Kjeldahl Nitrogen, TKN (mg L ⁻¹)	1.5	1,4	1.9	1,4
Total P (mg L ⁻¹)	0.33	0,27	0.38	0,3
Filtrert P (mg L ⁻¹)	0.12	0,12	0.14	0,17
Total bly (µg L ⁻¹)	144	16	144	12
Total kobber (µg L ⁻¹)	34	16	33	12
Total zink (µg L ⁻¹)	160	116	135	73

Det fremgår av tabell 1 at det gjennom de ca. 20 årene som er den tidsmessige forskjellen på de sammenlignede data, har skjedd en markant endring i konsentrasjonen av bly. Blyet er redusert til et nivå på ca. 1/10 av NURP-verdiene. Årsaken til det skyldes at blyholdig bensin er erstattet av blyfri bensin. Om det også er signifikante reduksjoner i andre parametre, eksempelvis øvrige tungmetaller, kan ikke statistisk dokumenteres pga. den naturlige store variasjonen i data for overvannets kvalitet, men muligheten er der.

Det er naturligvis ikke mulig å gi en kvalifisert vurdering av verken konsentrasjonsnivå eller stoffsammensetning for overvann om 60-90 år. Det må imidlertid slås fast at selv markante reduksjoner i stoffkonsentrasjonene i forhold til det nåværende nivå, ikke generelt kan forventes å gi overvann en kvalitet som effektmessig under alle forhold kan betegnes som problemfri. Nye miljøfremmede stoffer, ny revidert kunnskap om uønskede effekter og forventelig nye strammere krav til utslipp, vurderes fortsatt å kreve rensing av overvann som ledes til særlig følsomme ferskvannsresipienter.

Bruk av våte bassenger som rensemetode for overvann, vurderes som en bredspektret og robust løsning forstått på den måten at metoden kan brukes overfor en bred vifte av forskjellige stoffer som forekommer i variable konsentrasjonsnivåer. Metoden anses derfor som robust og stabil på lang sikt, også i forhold til nye materialer i miljøet, og dermed knyttet til nye utfordringer for rensing.

Den overordnede konklusjonen for fremtidig sikring av våte overvannsbassenger med henblikk på rensing av nye stoffer og endrede konsentrasjonsforhold for velkjente stoffer, er at slike betingelser ikke gir anledning til nåtidige justeringer i dimensjoneringsgrunnlaget. I forbindelse med rensing er det for øvrig viktig å bemerke at en endret konsentrasjon i

innløpet, ikke typisk resulterer i en tilsvarende endret konsentrasjon i utløpet fra en renseprosess, jfr. kap. 5.

Det må videre antas som realistisk at det på årsbasis vil forekomme en økning i stoffavrenningen fra et nedbørfelt med økt årsnedbør. Den første tilnærmelsen avledet av denne problemstillingen, er at stoffavrenningen vil være proporsjonal med mengden av avrent overvann. Dette ligger implisitt i det forholdet at konsentrasjonen i overvannet antas å være konstant.

Forekomst og betydning av et eventuelt fremtidig endret konsentrasjonsnivå av forurensende stoffer i overvannet, vil ikke bli ytterligere behandlet i denne rapporten.

6.2 Forventninger til endrede klimatiske betingelser for nedbør og temperatur

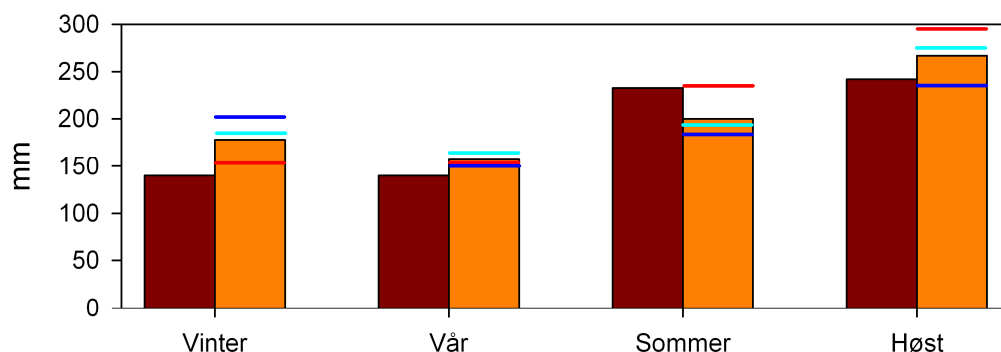
Den sentrale problemstillingen i denne rapporten behandler betydningen av et endret nedbørmønster for dimensjoneringen av våte overvannsbassenger. Spørsmålet er om dagens dimensjoneringsprinsipp i dens detaljerte utforming er holdbar under endrede klimatiske betingelser slik disse forventes i perioden 2071-2100.

I de følgende to delavsnittene vil fokus være på to forhold: nedbørmønsteret og temperaturen. Vurderingene baserer seg primært på hva som er opplyst i den relevante litteraturen om emnet, der det i særlig grad er lagt vekt på forhold av relevans for Oslo-området. Tidsmessig fokuseres det på perioden 2071-2100. Den utvalgte litteraturen stammer følgelig primært fra de nordiske land og litteratur som kvantifiserer forholdene fram for mer allmenn beskrivende litteratur er vektlagt. Et sentralt punkt vedrører data som vil kunne benyttes til å modifisere en foreliggende historisk regnserie. Det er derfor lagt vekt på muligheter for kvantifisering av regnets basale parametre, herunder nedbørmengde og regnets intensitet.

Disse fenomener vil, såfremt de kan kvantifiseres på et detaljert nivå, gi brukbar informasjon om forventede endringer i nedbørmønsteret.

6.2.1 Forventede endringer i nedbørmønsteret

Meteorologisk institutt angir klimatiske prognoser for perioden 2071-2100 (www.yr.no). For Oslo-området er det forventet en økning på årsbasis i forhold til nåværende nedbørmengde. Fordelt på årstidene er økningen for den sørlige del av Norge især konsentrert til høsten og vinteren, mens det om sommeren er tendens til en mindre reduksjon, jfr. figur 2.



Figur 2. Prognoser (høyre, oransje søyler) for årstidsvariasjoner i nedbør i Oslo-området (Blindern) i perioden 2071-2100 sammenlignet med nåværende forhold, røde søyler (ytterligere detaljer på www.yr.no).

Som indikert i kap. 6.1, vil man ved å fastholde en konstant konsentrasjon i en dimensjonerings situasjon med økt hydraulisk belastning, få tilført økt stoffbelastning til et renseanlegg. I tillegg, og som er dimensjoneringsmessig sentralt, betyr en økt hydraulisk belastning en tilsvarende redusert hydraulisk oppholdstid i et basseng og dermed følgende redusert tid for renseprosessenes forløp, jfr. kap. 5. Selv om informasjonen gitt i fig. 2 i prinsippet gjelder større nedbørfelt, gir det indikasjoner i retning av endret fordeling av oppholdstiden for tilført overvann til et gitt rensebasseng.

RegClim (2005) og Statens forurensningstilsyn (2007) angir hvorledes nedbørsfordelingen forventes å bli endret i perioden 2071-2100, jfr. tab. 2. Det bemerkes at opplysningene er gjennomsnittsverdier og derfor gjelder for større nedbørfelt, og ikke for konvektiv nedbør (kortvarige regnhendelser). Slike opplysninger er ikke umiddelbart brukbare ved dimensjonering for avrenning fra mindre nedbørfelt, men vurderes brukbare som estimat. Det konstateres at det er en rimelig, men heller ikke forventet full overensstemmelse mellom tab.2 og fig. 2.

Tabell 2. Gjennomsnittsverdier for endring i nedbør fra perioden 1961-90 til perioden 2071-2100, jfr. tekst.

	Nedbørsendring Sør-Norge vest for vannskillet (%)	Nedbørsendring Sør-Norge øst for vannskillet (%)
Hele året	13,3	11,8
Vår	13,8	14,6
Sommer	2,3	-4,8
Høst	20,2	18,8
Vinter	14,1	18,2

Med henvisning til tab. 2 vil det for Oslo-området være estimatene for Sør-Norge øst for vannskillet som vil være relevante.

Det foreligger i litteraturen for Norden et stort antall prognoser for fremtidig endringer av ekstremnedbøren. Imidlertid er disse opplysningene generelt sett forholdsvis kvalitativt angitt. Innenfor avløpsteknikken har formålet med prognosene typisk vært å indikere endringer i gitte dimensjonsstørrelser for anlegg med henblikk på de hydrauliske funksjonene under ”ekstreme” forhold.

De fleste informasjoner i litteraturen vedrørende estimater for ekstremregn er derfor grunnleggende sett ikke anvendelige for beregninger der rensesmessige forhold er sentrale.

Informasjonen er heller ikke umiddelbart egnet til å modifisere foreliggende regnserier. Opplysningene gjelder eksempelvis endring i gjentakelsesperioden (eksempelvis 5-10 års ekstremhendelser) og at ”ekstremregn blir kraftigere i fremtiden”. I andre tilfeller er opplysningen gitt som en prosentmessig økning av ”ekstremregn”, eksempelvis at en nå gjeldende dimensjonerende regnhendelse skal multipliseres med en faktor 1,2-1,6 for å oppfylle forventede fremtidige funksjonskrav.

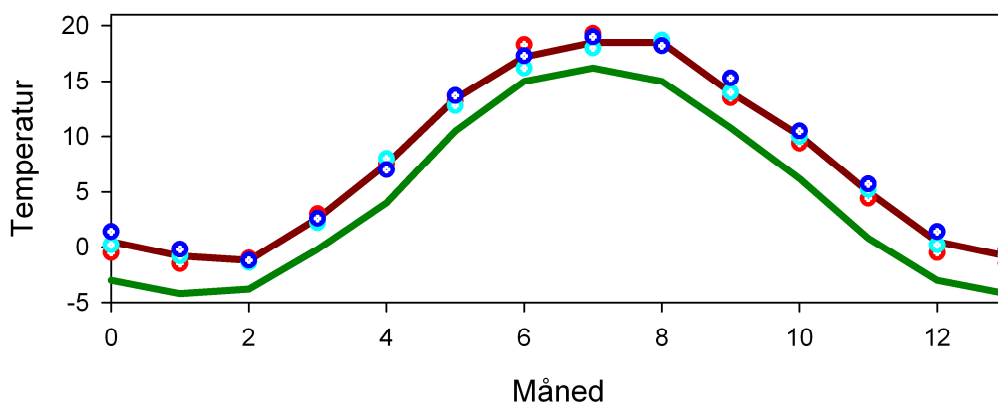
Disse referansene vil derfor typisk ikke inngå i denne rapporten. Men det skal nevnes at Norsk Vann (2008), som også fokuserer på ekstremregnet, påpeker at ”åpne” overvannssystemer (herunder også våte overvannsbassenger) må anses som velegnet til å håndtere fremtidige klimatiske betingede ekstreme regnhendelser. Med videre anfører DMI (2003) at det fram til 2075 for Danmark vil gjelde at det samlede nedbørvolumet fordelt på daglig intensitet > 15 mm/dag forventelig vil stige 30-40% i forhold til nåværende forhold. Tilsvarende indikerer norske meteorologer, at ”hyppigheten av 1-års nedbør fordobles” samt at ”antallet av døgn med nedbør > 20 mm økes med 30-100%”.

Det er i forlengelsen av ovennevnte vesentlig å understreke at ekstremnedbør i prinsippet IKKE kan anses som en relevant størrelse i forbindelse med rensing av overvann. Våte overvannsbassenger (og andre rensenanlegg) er designet til rensing av små, mellomstore og moderat store avrenningsvolumer. Disse overvannsbassengene ikke er utformet og dimensjonert til rensing av overvann i forbindelse med enkelthendelser av ”ekstrem” størrelse. Eksempelvis oppnår, avhengig av dimensjoneringen, de 3-6 største regnhendelser på årsbasis bare delvis rensing.

I et eksamensarbeide utført av Nielsen (2008), er det påpekt den generelle nytten av å benytte regnserier som antas å være representative for et fremtidig nedbørmønster. Likeledes konkluderes det med at en følsomhetsanalyse vil være et nyttig verktøy som vil kunne avspeile det forholdet at klimamodeller er beheftet med usikkerhet.

6.2.2 Forventede endringer i temperaturen

Meteorologisk institutt (Norge) angir prognoser for temperaturen i perioden 2071-2100 (www.yr.no). For Oslo-området er det i forhold til nåværende variasjoner på årsbasis, forventet en temperaturstigning på 4-5 °C, jfr. fig. 3. Den nåværende vintertemperatur på -4 til -5 °C vil dermed i fremtiden nærme seg 0 °C. Med hensyn til avrenningen av overvann fra veier og byområder, blir konsekvensen at avrenningen sammenlignet med nåværende forhold, antas å bli jevnere. Det må derfor forventes, at ”flomeffekten” i forbindelse med snøsmeltning i fremtiden vil bli merkbart redusert.



Figur 3. Prognose for temperaturvariasjoner i Oslo-området (Blindern) i perioden 2071-2100 sammenlignet med nåværende forhold. (Grønn kurve = normalen, rød kurve = gjennomsnittet av 3 fremtidsprosjeksjoner, ytterligere detaljer på www.yr.no).

Tilsvarende prognoser som angitt av Meteorologisk institutt, er sammenstilt av Danmarks Meteorologiske Institut (Sand-Jensen og Pedersen, 2005). Også for Danmark er scenariet et 4-5 °C varmere og litt mer regnfullt og stormende klima i perioden 2071-2100 som følge av en fordobling av atmosfærens innhold av CO₂.

I forhold til ovennevnte prognoser angir RegClim (2005) og Statens forurensningstilsyn (2007) et noe lavere estimat med en temperaturstigning i vinterperioden på 2,5-2,9 °C for perioden fra 1961-90 til perioden 2071-2100 gjeldende for Sør-Norge, så vel øst som vest for vannskillet.

7 Modifisering av regnserie og metode for modellsimulering av fremtidige scenarier for rensing av overvann

I dette avsnittet beskrives kort hvordan regnserien fra Oslo-Lambertseter er modifisert for å kunne simulere forventet nedbør i perioden 2071-2100. Videre beskrives metode for simulering av rensing i våte overvannsbassenger med utgangspunkt i bassenget ved Skullerud-krysset (E6).

7.1 Metode for modifisering av eksisterende regnserie

I forbindelse med modellsimuleringene er det tatt utgangspunkt i regnserien, stasjonsnummer 18020 Oslo-Lambertseter, som på timebasis foreligger for perioden 1985-2007. Denne regnserien er målt geografisk svært nær nedbørfeltet for Skullerud-bassenget og er derfor velegnet til simulering av overvannsavrenningen til bassenget ved Skullerud-krysset.

Regnserien er blitt modifisert for simulering av forventet avrenning i perioden 2071-2100. Modifikasjonen er skjedd på følgende måte:

- I den foreliggende regnserien fra Lambertseter er det en rekke ”hull” i måleserien som særlig forekommer i vinterperioder med snø og frost. Da det jfr. kap 6.2.2 er forventning til at temperaturen i vinterperioden vil stige med 4-5 °C og nærme seg 0 °C, er det funnet relevant å fylle ut disse ”hullene” med målinger fra tilsvarende perioder hvor nedbør i regnserien er blitt registrert. Den regnserien som dermed fremkommer er betegnet som ”nåværende” = 0.
- Regnserien 0 er etterpå blitt ytterligere modifisert ved å multiplisere nedbørsintensiteten med faktorer som avhenger av årstiden. Oppdelingen av årstidene følger oppsettet i tabell 2: vår (mars-mai), sommer (juni-august), høst (september-november) og vinter (desember-februar). Som utgangspunkt er det i overensstemmelse med tabell 2, valgt faktorer ut fra den forventede nedbørsendring for Sør-Norge øst for vannskillet. Dermed er intensiteten for de nevnte årstidene multiplisert med faktorer på henholdsvis 1,146; 0,952; 1,188 og 1,182. Den genererte regnserien er betegnet ”lineær prognose” = 1-lineær. For å vurdere robustheten i designet av overvannsbassenget, er de nevnte prosenttall i tab. 2 blitt ytterligere multiplisert med faktorene 2; 3; 4 og 5. De tilsvarende genererte fire regnseriene er betegnet 2-lineær til 5-lineær.

De nevnte 6 modifiserte regnseriene er basert på en forventning om at all nedbørsintensitet øker lineært, dvs. at så vel små som store intensitet prosentvis får samme tilvekst. Siden det er forventninger om at fenomenet ”ekstremregn” vil forekomme hyppigere, er prognosens regnserie 1-lineær, ytterligere blitt modifisert i overensstemmelse med dette. Som anført i kap. 6.2.1 foreligger det imidlertid for dette fenomenet bare relativt enkel kvantitativ informasjon. Den foreliggende informasjon er blitt implementert ved modifikasjon av regnserien 1-lineær på følgende måte:

- Regnintensitet under 1 $\mu\text{m/s}$ er blitt redusert med 1% for å sikre at vannmengden i den nye regnserien som betegnes 1-ekstrem, forblir uendret i forhold til prognosen 1-lineær.
- Regnintensitet mellom 1 og 5 $\mu\text{m/s}$ er uendret.
- Regnintensitet over 5 $\mu\text{m/s}$ er økt med 10%. Dermed er gjentakelsesperioden for et "gammelt" 2-års regn blitt konvertert til et 1-års regn i den nye regnserien.

7.2 Oversikt over modifiserte regnserier for simulering av klimapåvirkningen 2071-2100

I alt 7 regnserier står dermed til rådighet i forbindelse med simulering av rensingen av overvann fra vei i våte overvannsbassenger:

- Regnserien 0, dvs. den foreliggende regnserien fra Oslo-Lambertseter hvor ”huller” i regnserien i primært vinterperioder er blitt erstattet for å kunne simulere avrenning i forbindelse med prognosens forventning om en middeltemperatur på ca. 0 °C.
- Regnserien 1-lineær, dvs. en regnserie hvor regnintensiteten i regnserien 0 er blitt endret ut fra 2071-2100 prognosen om årstidsavhengige økte nedbørsmengder. Mellom hver av de 4 årstidene har endringen i intensiteten skjedd prosentvis forskjellig, men uavhengig av intensitetens størrelse.
- Fire regnserier, 2-lineær til 5-lineær som er utarbeidet ut fra 1-lineær ved å fordoble, henholdsvis opp til 5-doble, endrede mengder av overvann fra vei. Dermed vil følsomheten av påvirkningen kunne simuleres og vurderes.
- Regnserien 1-ekstrem som er utarbeidet ut fra 1-lineær ved å gi høy regnintensitet større vekt enn lavere intensiteter. Eksempelvis er en någjeldende regnhendelse med en gjentakelsesperiode på 2 år i denne regnserien blitt konvertert til en 1-års hendelse.

Disse 7 regnseriene benyttes i det følgende ved simulering av avrenningen fra nedbørfeltet til Skullerud-bassenget (Vollertsen et al., 2007). Regnseriene blir input til så vel det eksisterende bassenget ved Skullerud-krysset som input til to fiktive bassenger med volumer på henholdsvis 75% og 50% av det aktuelle bassengvolumet.

7.3 Modellberegninger relatert til veiavrenning til Skullerud-bassenget

Modellsimulering og analyse av fremtidige scenarier for rensing av overvann fra vei i våte rensedbassenger, gjennomføres med bassenget ved Skullerud-krysset (vei E6) som eksempel. Bassenget er med et totalt volum på 813 m³ dimensjonert og utformet i overensstemmelse med metoder og prinsipper beskrevet i Hvitved-Jacobsen (1990), Hvitved-Jacobsen et al. (2004) samt en rekke rapporter og veiledninger utarbeidet for Statens vegvesen (Åstebøl et al., 1998/2006).

Bassenget ble anlagt i 1999 av Statens vegvesen, Stor-Oslo distrikt for å redusere belastningen med forurensende stoffer til Ljanselva, et vannløp av høy biologisk og rekreativ kvalitet. Senere har det gjennom en 1-årig periode, 2003-2004, vært gjennomført et meget omfattende måleprogram for fastleggelse av bassengets renseseffekt. Resultater fra dette programmet har vist at dimensjonsgitte forventninger til rensesgrader for et meget bredt spekter av forurensende stoffer i overvannet fra vei er blitt oppfylt (Åstebøl og Coward, 2004). Data vedrørende bassenget samt målinger fra perioden 2003-2004 har senere vært benyttet ved oppstilling, kalibrering og validering av en modell for simulering av bassengets renseseffekt (Vollertsen et al., 2007 og tabell 3). Samtlige av disse forhold betyr at bassenget må anses for å være ideelt for analyse av forventninger til en klimatisk påvirket renseseffekt i perioden 2071-2100.

Tabell 3. Valgte prosesskonstanter (1' ordens rensesgrad) for 7 utvalgte stoffgrupper i modell for rensing av overvann fra vei i Skullerud-bassenget. Data er valgt i overensstemmelse med tidligere utførte modellberegninger (Vollertsen et al., 2007).

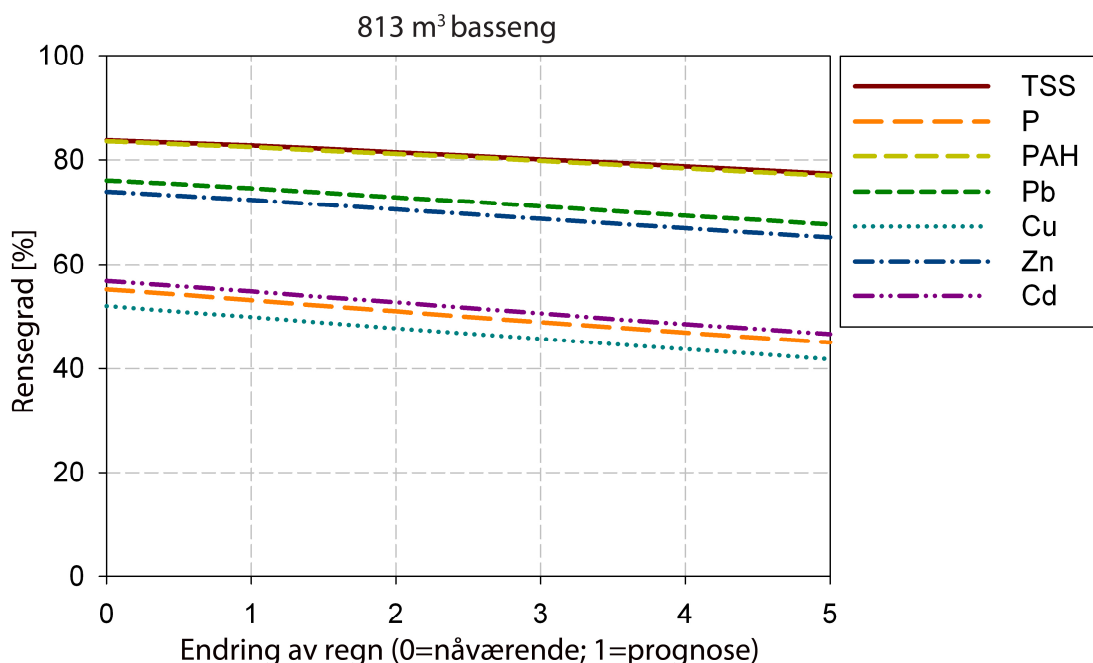
Stoff	1'ordens rensesgrad (d ⁻¹)
Suspendert stoff, TSS	1,93500
Fosfor, P	0,12260
PAH	1,84160
Bly, Pb	0,65200
Kopper, Cu	0,10150
Zink, Zn	0,51850
Cadmium, Cd	0,13550

Alle modellmessige beregninger er gjennomført med data tilsvarende den aktuelle utformingen av Skullerud-bassenget. For å vurdere en mulig klimatisk effekt på mindre bassenger, er det gjennomført modellberegninger på to fiktive bassenger med volum på henholdsvis 75% og 50% av det aktuelle bassengvolum.

8 Resultater og diskusjon av modellsimuleringer med modifiserte regnserier

I det etterfølgende beskrives resultater av modellsimuleringene for rensing i våte overvannsbassenger under endret klimapåvirkning. Resultatene for regnserier med så vel lineært økt intensitet som intensitetsavhengig endret nedbør, vil bli behandlet.

Figur 4 viser hvorledes rensing av de 7 utvalgte stoffgruppene i overvann fra vei forventes å bli påvirket under forhold med et endret nedbørsmønster. Alle beregninger vist i denne figuren er skjedd med lineært økt regnintensitet.

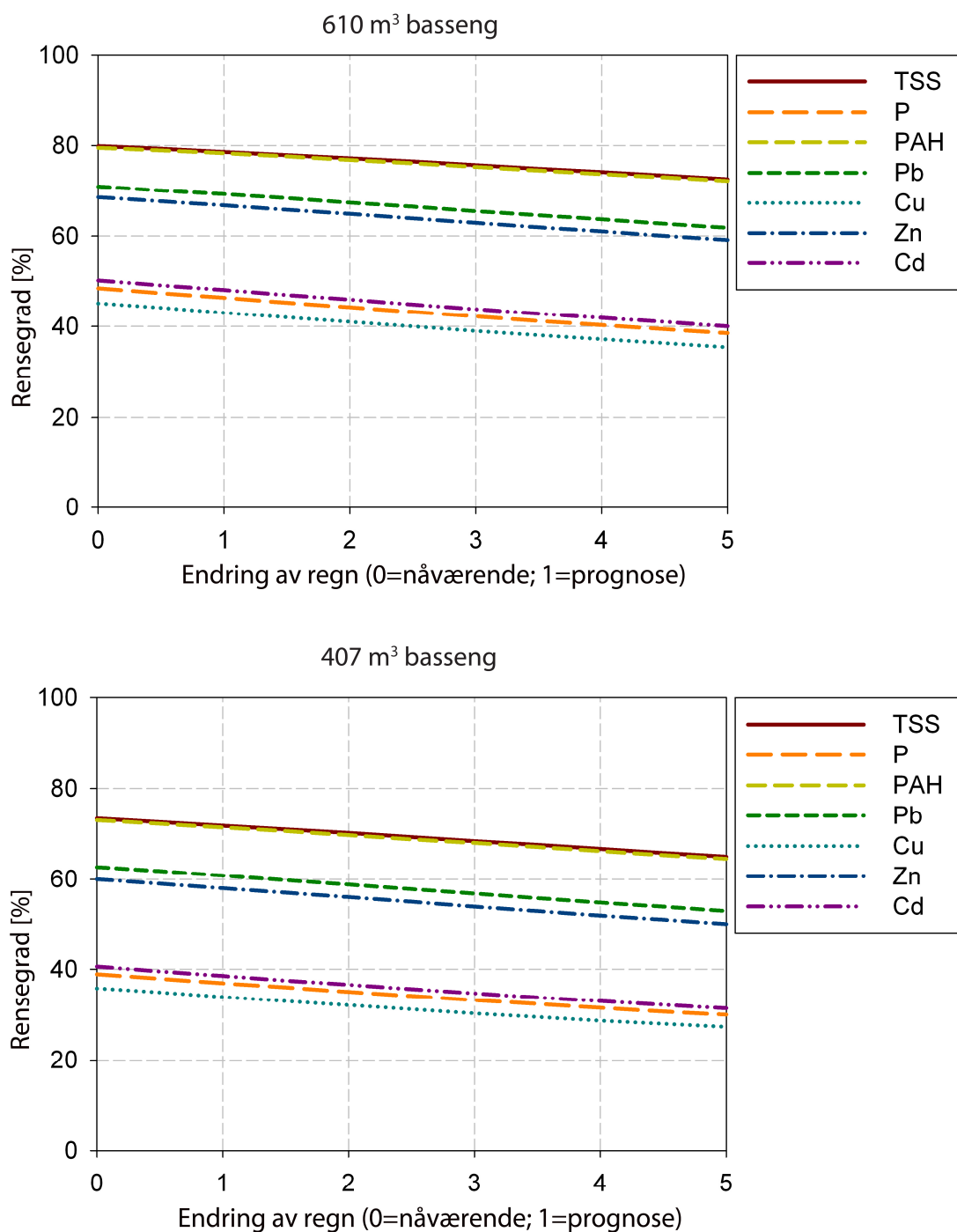


Figur 4. Rensegrad for 7 utvalgte stoffgrupper i overvann fra vei tilført bassenget ved Skullerud-krysset under forhold med varierende nedbørsmønster (0 = nåværende nedbørsforhold; 1 = prognose 2071-2100. Tallverdiene 2-5 representerer nedbørssituasjoner med prosentvis 2-5 ganger økt nedbør i forhold til endringen fra 0 til 1.

Figur 4 viser at reduksjonen i rensegrad fra scenariet 0 til 1 er moderat. Sammenlignes rensegrader for scenariet 0 med tilsvarende rensegrader ved endring av nedbørmønsteret opp til 5 ganger prognoseverdien (tilsvarende ca. 50% økt nedbør i forhold til nåværende forhold), kan det konkluderes med at et vått overvannsbasseng dimensjonert etter gjeldende anbefalinger, er robust og stabilt med hensyn til renseeffekt under fremtidige nedbørsforhold.

Figur 5 viser resultatet av beregninger tilsvarende det som er vist i figur 4 med den forskjell at volumet av overvannsbassenget er redusert til henholdsvis 75% og 50% av det aktuelle volumet i Skullerud-bassenget. Dette gir naturligvis en tilsvarende redusert rensegrad under nedbørsforhold tilsvarende regnserien 0. Figur 5 viser at også bassenger med redusert volum under endrede klimatiske betingelser er robuste. Det kan derfor konkluderes med at det også for våte overvannsbassenger med et endret dimensjoneringsgrunnlag, vil kunne oppnås en særdeles stabil rensing av overvannet fra vei.

I overensstemmelse med de viste endringer i rensegrad fra scenariet 0 til 1 i figur 4 og 5, er det naturligvis mulig med full opprettholdelse av nåværende renseeffekt ved å endre dimensjoneringsgrunnlaget med en tilsvarende marginal økning av bassengvolumet. Tas imidlertid den forventede og i praksis registrerte variabilitet for rensegrader i betraktning, vurderes de beregnede klimarelaterte endringer i forhold til dette å være uten reel betydning.



Figur 5. Rensegrad for 7 utvalgte stoffgrupper i overvann fra vei tilført bassenger med volumer som i forhold til bassenget ved Skullerud-kryssset, er redusert til henholdsvis 75% og 50%. Tallverdien 0 = nåværende nedbørsforhold; 1 = prognose 2071-2100. Tallverdiene 2-5 representerer nedbørsituasjoner med prosentvis 2-5 ganger økt nedbør i forhold til endringen fra 0 til 1.

Tabell 4 viser resultater i form av prosent fjernet stoff i våte overvannsbassenger ved anvendelse av de tre regnseriene: 0, 1-lineær og 1-ekstrem. De tre tabellene viser stoffjerning i tre typer bassenger, nemlig henholdsvis Skullerud-bassenget og to bassenger med reduserte volum som er 75% og 50% av volumet i Skullerud-bassenget.

Tabell 4. Rensegrad (%) i 3 typer volummessig forskjellige våte overvannsbassenger under forhold tilsvarende to prognoser (1-lineær og 1-ekstrem) for klimautviklingen fram til 2071-2100. Beregningene er sammenlignet med regnserie 0 tilsvarende den någjeldende tilstand, jfr. tekst.

Skullerud-bassenget, volum 813 m³ basseng:

Stoff	Regnserie 0, basis (%)	Regnserie 1-lineær (%)	Regnserie 1-ekstrem (%)
Suspendert stoff, TSS	83,7	82,7	82,6
Fosfor, P	55,2	53,1	53,1
PAH	83,5	82,4	82,2
Bly, Pb	76,1	74,6	74,5
Kopper, Cu	52,0	49,9	49,8
Zink, Zn	74,0	72,4	72,3
Cadmium, Cd	56,8	54,8	54,7

Modifisert Skullerud-basseng, volum 610 m³ basseng:

Stoff	Regnserie 0, basis (%)	Regnserie 1-lineær (%)	Regnserie 1-ekstrem (%)
Suspendert stoff, TSS	79,9	78,6	78,5
Fosfor, P	48,4	46,3	46,3
PAH	79,5	78,3	78,1
Bly, Pb	71,0	69,3	69,2
Kopper, Cu	45,1	43,0	43,0
Zink, Zn	68,6	66,8	66,7
Cadmium, Cd	50,1	48,0	47,9

Modifisert Skullerud-basseng, volum 407 m³ basseng:

Stoff	Regnserie 0, basis (%)	Regnserie 1-lineær (%)	Regnserie 1-ekstrem (%)
Suspendert stoff, TSS	73,4	71,8	71,7
Fosfor, P	38,9	36,9	36,9
PAH	73,0	71,4	71,3
Bly, Pb	62,7	60,8	60,7
Kopper, Cu	35,8	33,9	33,9
Zink, Zn	60,0	58,0	57,9
Cadmium, Cd	40,6	38,5	38,5

Sammenlignes prognoseverdiene for rensegrader 2071-2100 (2. og 3. kolonne) i tabell 4, med basisverdiene (1. kolonne), sees en mindre reduksjon som avhengig av stofftype og bassenvolum typisk er av størrelsesorden 1-5%. En slik størrelsesorden for reduksjon er i praksis uten reel betydning på grunn av den naturlige variabilitet. Det kan således konstateres at den forventede klimautvikling ikke vil få reel betydning for rensing av overvann fra vei i våte overvannsbassenger. Den dimensjoneringspraksis som er anbefalt og som i dag brukes for denne type bassenger, gir således et tilfredsstillende grunnlag også på lang sikt.

Det er teoretisk sett forståelig at den mindre endringen i nedbørsmengder som i fremtiden forventes, jfr. tabell 2, ikke får vesentlig praktisk betydning for funksjonen av de våte overvannsbassengene. Forholdet er at overvannets oppholdstid i bassenget, som er den helt sentrale parameteren for rensing, ikke i vesentlig grad blir redusert.

Ved å sammenligne kolonnene 2 og 3 i tabell 4 kan det ytterligere konstateres at det er veldig liten forskjell i rensegraden basert på en prognose med en lineær økt regnserie og en prognose med en regnserie hvor de høye intensitetene er økt kraftigere enn de mindre intensitetene. Dette er forståelig ut fra det forholdet at det er vannmengdene som tilføres bassenget, og ikke den hastighet som disse kommer med (avhengig av intensitetene), som er av betydning for rensingen.

Under de nåværende klimaforhold i Oslo-området med en gjennomsnittlig laveste månedsverdi for temperatur på ca. -4 til -5 °C, vil nedbøren i utstrakt grad falle som snø. Snø hopes ofte opp over lengre perioder langs veier og på eller nær urbane områder i byene. De etterfølgende avsmeltningsperiodene kan gi anledning til flomvirkning og resultere i tilsvarende forringet rensegrad i bassenger. Dette fenomenet er blitt observert gjennom måleprogrammet for Skullerud-bassenget (Åstebøl og Coward, 2004). I en fremtidig situasjon med gjennomsnittlige vintertemperaturer på omkring 0 °C, vil snøsmeltingen tidsmessig foregå mer spredt, og tilsvarende vil avrenningen gjennom våte overvannsbassenger skje mer kontinuerlig. Dette forholdet vil bety at bassengenes renseeffektivitet øker i vinterperioden.

Basert på resultatene i tabell 4 og resultatene fra figur 4 og 5, kan det konstateres at et vått overvannsbasseng er en meget robust løsning for rensing av overvann fra vei og urbane områder. En forventet endring av klimaet fram til 2071-2100 vil således bare i marginal grad endre rensepotensialet. Den dimensjoneringspraksis som nå gjelder, er derfor fortsatt brukbar under de forventede endrede klimatiske betingelser i fremtiden.

9 Konklusjon

Analysene viser at med hensyn til klimaendringer, er et vått overvannsbasseng en meget robust løsning for rensing av overvann fra vei og urbane områder generelt. En forventet endring av klimaet frem til 2071 – 2100 vil kun i marginal grad endre rensesgraden og den nåværende dimensjoneringspraksis er derfor fortsatt brukbar under de forventede endrede klimatiske betingelser i fremtiden.

10 Referanser

DMI (2003), Drift af Spildevandskomitéens regnmålersystem, årsnotat 2002, DMI (Danmarks Meteorologiske Institut), Teknisk Rapport 03-04, pp 42.

FHWA (1996), Evaluation and management of highway runoff water quality, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-PD-96-032, pp 457.

Hvitved-Jacobsen, T. (1990), Design criteria for detention pond quality. In H.C. Torno (Ed.), Urban Stormwater Quality Enhancement - Source Control, Retrofitting and Combined Sewer Technology, ASCE (American Society of Civil Engineers) publication, 111-130.

Hvitved-Jacobsen, T., J. Vollertsen, H.I. Madsen og J.J. Linde (2004), Er vi klædt på til at rense byernes regnvand om elleve år?, Dansk Vand, 72(6), 312-317.

Nilsen, V. (2008), Urban drainage in the face of climate change – adaption of regional climate model output for rainfall-runoff simulations in Oslo, Norway, Master's thesis, Department of Mathematical Sciences and Technology, Norwegian University of Life Sciences, pp 82.

Norsk Vann (2008), Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering, rapport nr. 162, pp 79. ISBN 978-82-414-0298-2.

Pitt, R.E. and A. Maestre (2005), Stormwater quality as described in the National Stormwater Quality Database (NSQD), Proceedings of the 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark, August 21-26, 2005, pp 8.

RegClim (2005), Norges klima om 100 år, usikkerheder og risiko, Oslo. <http://regclim.met.no>.

Sand-Jensen, K. og N.L. Pedersen (2005), Troverdige spådomme om fremtidens klima, Aktuell Naturvidenskab, 1, 30-32.

Statens forurensningstilsyn (2007), Klimatilpasninger – Veiledning om mulige tiltak i avløpsanlegg, TA-2317/2007, pp 48.

USEPA (US Environmental Protection Agency) (1983), Results of the Nationwide Urban Runoff Program, Volume I – Final Report, Water Planning Division, USEPA, NTIS No. PB 84-185552, Washington, D.C., USA.

Vollertsen, J., S.O. Åstebøl, J.E. Coward, T. Fageraas, H.I. Madsen, A.H. Nielsen and T. Hvitved-Jacobsen (2007), Monitoring and modeling the performance of a wet pond for treatment of highway runoff in cold climates. In G.M. Morrison and S. Rauch (Eds.), Highway and Urban Environment, proceedings of the 8th Highway and Urban Environment Symposium, Springer, 499-509. ISBN 978-1-4020-6009-0.

Vollertsen, J., K.H. Lange, J. Pedersen, P. Hallager, A. Bruus, A. Laustsen, V.W. Bundesen, H. Brix, A.H. Nielsen, N.H. Nielsen, T. Wium-Andersen and T. Hvitved-Jacobsen (2008), Removal of soluble and colloidal pollutants from stormwater in full-scale detention ponds, proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008, pp 10.

Åstebøl, S.O. og Coward, J.E: (2004), Overvåkning av rensedbasseng for overvann fra E6 Skullerudkrysset i Oslo, 2003-2004. Rapport til Statens vegvesen Region øst, Stor-Oslo distrikt, pp 29.

Åstebøl, S.O. og Hvitved-Jacobsen, T. (1998), Rensing av overvann fra veg – aktuelle løsninger. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Miljø- og samfunnsavdelingen, rapport MISA 98/07, pp 86.

Åstebøl, S.O. og Hvitved-Jacobsen, T. (2006), Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, utkast håndbok 261.

Supplerende web-sider:

<http://www.yr.no/nyheter/1.6500252>: Fremtidens klima i de største byene. Her kan du se Meteorologisk institutt sine grafer som viser beregnet klima i de største norske byene i perioden 2071-2100.

<http://regclim.met.no>.



Vedlegg 1

Delprosjekt 3 Sikring mot flom og erosjon

Delprosjektet omfatter utredning av behov og muligheter for tilpasning til endret klima, både gjennom dimensjonering av drenering, erosjonssikring eller vegen og ved endringer i kriterier for valg av løsninger. Målet er å formulere forslag til endringer i retningslinjer for prosjektering, tilstandsvurdering og vedlikehold. Et titalls pilotprosjekter brukes til utprøving og demonstrasjon.

Delprosjektet er organisert i følgende aktiviteter:

- 3-1 Drenering
- 3-2 Erosjonssikring mot strømmende vann
- 3-3 Sikring mot bølgeerosjon
- 3-4 Miljøeffekt av endret klima
- 3-5 Overvann: fordrøyning, drenering og vanngjennomløp (2010)

Drenering ser på følgende tema:

- metoder og datagrunnlag for beregning av nødvendig dreneringskapasitet,
- for nye veger: bedre verktøy for prosjektering og valg av drensløsninger for vegkroppen og omgivelsene
- for drift/vedlikehold og eventuell oppgradering av eksisterende veger: tilstandsvurdering, tilstandsdata til bruk i kontrakter

Erosjonssikring mot strømmende vann ser på utfordringer knyttet til prosjektering og sikring av brufundamenter samt beskyttelse av vegens omgivelser og sikring av vegskråninger.

Sikring mot bølgeerosjon ser på utfordringer knyttet til veger, ferjekaier, tilløpsfyllinger for bruer og deres sikring mot bølgeerosjon og overskylling

Miljøeffekt av endret klima har som mål å utvikle et bedre og klimatilpasset grunnlag for valg og prosjektering av renseløsninger for avrenningsvann fra veg.

Overvann: fordrøyning, drenering og vanngjennomløp er en koordinerende aktivitet i 2010 som har som mål å utvikle grunnlag for en håndbok med vannhåndtering som tema.



Vedlegg 2

Prosjektrapporter fra 'Klima og transport'

Rapportnr.	Tittel	Utarbeidet av
2519	Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer State of the art studie	Bjørn Ove Lerfald og Inge Hoff, SINTEF Byggforsk
2520	Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS
2542	Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima	Per Otto Aursand og Joralf Aurstad, Statens vegvesen og Ivar Horvli, ViaNova Plan og Trafikk AS
2566	Pilotprosjekt på stikkrenner E 136 Dombås - Ålesund	Kristine Flesjø og Hilde Hestangen, Statens vegvesen og Than Ngan Nguyen, NTNU student



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005