



## Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering



# Norsk Vann Rapport

(Tidligere NORVAR-rapporter)

Det utgis 3 typer rapporter:

## Rapportserie A:

Dette er de opprinnelige hovedrapportene. Dette kan være:

- Rapportering av prosjekter som er gjennomført innenfor organisasjonens eget prosjektsystem
- Rapportering av spleiselagsprosjekter hvor to eller flere andelseiere i Norsk Vann BA samarbeider for å løse felles utfordringer
- Rapportering av prosjekter som er gjennomført av andelseiere eller andre. Rapporten vil i slike tilfeller kunne være en ren kopi av originalrapporten eller noe bearbeidet

Fortløpende nummer xx-årstall

## Rapportserie B:

Dette er en serie for «enklere» rapporter, for eksempel forprosjekter, som vil være grunnlag for videre prosjektvirksomhet mm.

Fortløpende nummer Bxx-årstall

## Rapportserie C:

Dette er rapporter delfinansiert av Norsk Vann, men som er utgitt av andre.

Fortløpende nummer Cxx-årstall

Prosjekresultatene fra Norsk Vann Rapport (serie A og B) kan fritt benyttes internt i egen organisasjon. Når prosjekresultatene benyttes i skriftlig materiale, må kilde oppgis. Viderealg/formidling av resultatene utover dette er kun tillatt etter skriftlig avtale med Norsk Vann BA.

Norsk Vann har ikke ansvar for feil eller ufullstendigheter som måtte forekomme i rapporten og kan ikke stilles økonomisk eller på annen måte til ansvar for problemer som måtte oppstå som følge av bruk av rapporten.



# Norsk Vann

Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2317 Hamar  
Tlf: 62 55 30 30 E-post: [post@norsk vann.no](mailto:post@norsk vann.no)  
[www.norsk vann.no](http://www.norsk vann.no)

Forsidefoto:  
Bergens Tidende

# Norsk Vann Rapport

## Norsk Vann BA

Postadresse: Vangsvegen 143, 2317 Hamar  
Telefon: 62 55 30 30  
E-post: post@norsk vann.no  
Internettadresse: norsk vann.no

Rapportnummer:  
162 - 2008

ISBN 978-82-414-0298-2  
ISSN 1504-9884 (trykt utgave)  
ISSN 1890-8802 (elektronisk utg.)

Dato: 22.12.2008

Antall sider: 79

Tilgjengelighet:  
Åpen: x  
Begrenset:

Rapportens tittel:  
Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering

Forfattere:  
Oddvar Lindholm, Svein Endresen, Sveinn Thorolfsson, Sveinung Sægrov,  
Guttorm Jakobsen og Lars Aaby

### Ekstrakt:

Rapporten er en veiledning for VA-faglig personell som jobber med overvannshåndtering i urbane områder, samt for arealplanleggere og landskapsarkitekter som gjør en viktig del av planleggingen av disse anleggene. Veiledningen fokuserer på klimaendringer, bruk av lokal overvannshåndtering og bruk av åpne løsninger med forsinkelse og fordrøyning, samt bruk av åpne renner, grøfter og byvassdrag. Det gis beskrivelser og forslag til dimensjonering for en rekke av de mest aktuelle infiltrasjonsløsningene og damtyper. Veiledningens prinsipper, metoder og tiltak kan brukes både for nye utbyggingsområder og eksisterende områder.

Det legges stor vekt på betydningen av å integrere overvannplanleggingen i arealplanleggingen og vektlegging av at overvannet bør brukes som en nyttig ressurs i det urbane landskapet. Veiledningen påpeker viktigheten av å planlegge for forsvarlige åpne flomveier som kan håndtere flom.m.er opptil 100-årsflommen, eller beregne en samfunnsøkonomisk optimal flomfrekvens for en sikker flomvei. Juridisk ekspertise har gjennomgått rettserfaringer og rettsregler om flomskader og ansvar som kan legges på kommunene.

Det er gitt anbefalinger for dimensjonerende gjentakintervall for regnhypighet og oversvømmelsehypighet. Denne anbefalingen er i stor grad basert på standarden NS-EN 752, men er strengere på enkelte områder. Forslag til fremgangsmåte for å motvirke klimateffektene på avløpsanleggene er beskrevet.

Veiledningen gir beskrivelser av noen aktuelle beregningsmetoder for overvannsavrenning med ulik grad av kompleksitet, samt aktuelle parametere for beregningene.

I tillegg til denne rapporten finnes mer utfyllende litteratur i del 3, vedlegg 1-8. Dette er kun tilgjengelig på internett: [www.norsk vann.no](http://www.norsk vann.no).

Emneord, norske: Klimaendringer, flom, overvann, overvannshåndtering.

Emneord, engelske: Climate change, storm water, storm runoff, flooding, sustainable urban drainage

Andre utgaver: **Erstatter NORVAR rapport nr. 144/2005**





## Forord

Denne veiledningen er en revidert utgave av NORVAR-rapport 144/2005. Bakgrunnen for revisjonen er ønsket om at veiledningen skal ta hensyn til antatte klimaendringer. Det har i de siste årene vært økte flomskader som følge av økte nedbørsflommer, og klimascenariene viser at det vil bli økt hyppighet av slike flommer. Også økt fortetting i tettstedene bidrar til økte overvannsflommer. Dette viser at det er sterkt behov for styrket arbeid og nye grep i arbeidet med flom og overvann.

### Rapport 144/2005:

Det opprinnelige prosjektet ble finansiert gjennom NORVARprosjekt og gjennom spleiselag med følgende aktører: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Finansnæringens Hovedorganisasjon (FNH), Sandnes kommune og Fredrikstad kommune.

Hovedforfatter og ansvarlig for koordinering av faglige bidrag var Oddvar Lindholm. Følgende personer ga også faglige bidrag til rapporten: Svein Endresen, Sveinn Thorolfsson, Guttorm Jacobsen, Sveinung Sægrov, Svein Ole Åstebøl og Lars Aaby.

Prosjektet ble fulgt opp av en arbeidsgruppe som også ga direkte skriftlige bidrag:

- Hallvard Berg, NVE
- Frode Berteig, Bærum kommune, VA
- Arild Eskildsen, Fredrikstad kommune
- Ole Roger Lindås, Bærum kommune, planseksjonen
- Terje Noreide, Oslo kommune, VAV
- Trond Sekse, Bergen kommune
- Arnold Tengesdal, Sandnes kommune

Det ble spilt på lag med ulike fagnettverk gjennom overvannsgruppene både i Fredrikstad, Bergen og Oslo for innspill. Også Norske landskapsarkitekters forening (NLA) med representant Sigrid Topsøe-Strøm Gilleberg bidro. I høringsprosessene kom det inn nyttige kommentarer fra mange andre fagpersoner.

### Rapport 162/2008:

Denne reviderte utgaven er skrevet av professor Oddvar Lindholm (UMB), og i tillegg har flere av de tidligere bidragsyterne deltatt, bl.a. nevnes Bent Braskerud (NVE), Svein Endresen (eget firma) og Lars Aaby (MFT).

Endringene i forhold til den tidligere veiledningen består i hovedtrekk av at det er lagt til stoff over forventede klimaendringer og effekten av disse. I disse vurderingene er det lagt til grunn scenarier som bl.a. bygger på resultater fra RegClim med mer.

Fremtidig klimautvikling vil fortsatt være et tema som vil bli fulgt opp i årene som kommer, og det knytter seg store usikkerheter til fremtidige prognoser! Det er derfor viktig å følge med på resultater fra forskningsinstitutter og fagmyndigheter for detaljer og oppdaterte prognoser, jfr bl.a.: [www.met.no](http://www.met.no), [www.nve.no](http://www.nve.no), [www.dsb.no](http://www.dsb.no), [www.sft.no](http://www.sft.no) og [www.klimakommune.no](http://www.klimakommune.no).

Denne rapporten må derfor sees på som et første skritt på veien for at klimaendringer blir tatt hensyn til i fremtidig planlegging av overvannssystemer og plassering av bebyggelse i forhold til eksempelvis vassdrag/sjø og flomveier.

Målgruppen for del 1 av veiledningen er primært overordnet nivå i kommunen, arealplanleggere og politikere. Del 2 er mer rettet mot de som skal jobbe på detaljeringsplanet med overvannshåndtering; ingeniører, arealplanleggere, landskapsarkitekter med mer. Vedleggene er et tilbud til VA-enhetene i kommunene eller konsulentene som ønsker å gå mer i detalj.

Norsk Vann vil takke alle bidragsyterne i det meget engasjerte overvannsmiljøet for gode innspill og diskusjoner i tilknytning til prosjektet.

Norsk Vanns prosjektledere har vært Erik Bøhleng for den første rapporten (144) og Trond Andersen for denne reviderte versjonen.

Hamar 22. desember 2008

Trond Andersen  
Prosjektleder Norsk Vann

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord .....</b>	<b>3</b>
<b>Sammendrag .....</b>	<b>7</b>
<b>Del 1 Utfordringer, visjoner og strategi .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Fra problem til ressurs .....</b>	<b>11</b>
Utfordringer knyttet til håndteringen av overvann, klimaendringer og fortetting ....	
Hva vil skje med klimaet? .....	
Nedbør .....	
Havstigning .....	
Stormflo.....	
Bruk av moderne overvannsløsninger .....	
<b>1.2 Visjon for helhetlig overvannshåndtering .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3. Strategi for å lykkes – helhetlig overvannsplanlegging .....</b>	<b>20</b>
Gode overvannsløsninger er avhengig av medvirkning fra flere fagmiljøer .....	
Reduksjon av overvannsforurensning .....	
Eksempler på tiltak av administrativ karakter på kommunenivå: .....	
Kommuneplanen og kommunedelplaner.....	
Klimautfordringene .....	
Reguleringsplan/ bebyggelsesplan .....	
Byggetillatelse .....	
Eksempler på retningslinjer som kan medtas i reguleringsbestemmelsene: .....	
<b>1.4 Rettsregler, rettspraksis og myndighetsspørsmål .....</b>	<b>27</b>
Force majeure kan gi ansvarsfrihet, men det skal mye til .....	
<b>1.5 Ordforklaringer – del 1 .....</b>	<b>30</b>
<b>Del 2 Kriterier, metoder og tiltak.....</b>	<b>32</b>
<b>2.1 Byvassdrag og hydrologisk modellering .....</b>	<b>32</b>
Bruk av hydrologiske modeller for modellering av byvassdrag .....	
Ulike årstider gir ulike dimensjonerende situasjoner .....	
<b>2.2 Utvikling av bærekraftig overvannshåndtering.....</b>	<b>35</b>
Mange fagdisipliner må medvirke for å få en bærekraftig overvannshåndtering ....	
Viktig med god planlegging og rett strategi .....	
<b>2.3 Analyse av overvannssystemet.....</b>	<b>38</b>
2.3.1 Tidligere ingeniørpraksis .....	
Veiledende dimensjonerende gjentakintervall for nedbør.....	
2.3.2 Metoder, kriterier og analyser .....	39
Valg av analysesituasjon for avrenningsforhold på overflatene .....	44
Hensyn til kaldt klima .....	
Hvordan analysere flomveier på overflatene .....	
Erosjon og sedimentering .....	
Bruk av manuelle beregningsmetoder.....	49
Valg av dimensjonerende gjentakintervall for regn.....	
Det er liten grunn til å skille mellom separat- og fellesavløpssystem .....	
Det koster lite å mangedoble rørkapasiteten ved nyanlegg .....	
Separering av fellesavløpssystem .....	
Om beregningsmetodikk med ulik bruk av regndata .....	
Flomfrekvensanalyser kan gi nyttig kunnskap .....	
Hensyntagen til kumtap .....	54

<b>2.4 Tiltaksplan. Prinsipper og løsninger .....</b>	<b>54</b>
2.4.1 Innledning .....	
2.4.2 Åpne overvannsløsninger .....	
Teknisk utforming .....	
Bruk av de ulike typer åpne overvannsløsninger .....	
2.4.3. Lokal overvannshåndtering på privat mark .....	57
Infiltrasjon på gresskledte flater .....	
Porøse flater .....	
Steinfyllingsmagasin .....	
Gresskledde forsenkninger .....	
Fordrøyningsdammer .....	
Grønne tak .....	
2.4.4. Ulike former for fordrøying .....	62
Tilfeldig oppdemning av overvann på gatedekket .....	
Tilfeldig oppdemning på spesielle oversvømmelsesflater .....	
Forsinket avledning av overvann .....	
Forsenkninger .....	
Regnbed .....	
Grøfter og bekker, bekkelukkinger og bekkeåpninger .....	
Overvannskanaler .....	
Filtervoller .....	
Oversvømmelsesflater .....	
Våtmarker .....	
2.4.5 Overvann i fellesavløpssystemet .....	70
<b>2.5 Ordforklaringer – del 2 .....</b>	<b>71</b>
<b>Del 3. Omtale av innhold i vedleggene .....</b>	<b>74</b>
<b>Referanser .....</b>	<b>76</b>

Oversikt over del 3, vedlegg til rapport

Finnes bare på [www.norskvann.no](http://www.norskvann.no)

- Vedlegg 1. Beskrivelse av anlegg for lokal overvannshåndtering
- Vedlegg 2. Eksempel på informasjonsmateriell til huseiere
- Vedlegg 3. Spesifikasjoner for overvannshåndtering i Hove i Sandens
- Vedlegg 4. Rettsregler, rettspraksis og myndighet
- Vedlegg 5. Eksempler på kommunale krav normer
- Vedlegg 6. Beregningsmetoder og datagrunnlag
- Vedlegg 7. Beskrivelse av anlegg i fellesavløpssystemet
- Vedlegg 8. Litteratur om overvann og flom

Det vises også til Bioforsk FOKUS nr 12, 2008; "Fangdammer for partikkel og fosforrensing", se [www.bioforsk.no](http://www.bioforsk.no).



## Sammendrag

### Klimaendringer

Overvann er vann som renner av på overflaten fra tak, vegger og andre tette flater. Dette vannet kan håndteres lokalt eller føres til avløpsledninger. Klimaendringene øker regnintensitetene og dette skaper mer overvann enn før. Enkelte klimaforskere forutser at regnintensitetene enkelte steder i perioden 2071-2100 kan øke med 20 til 60 % i forhold til dagens korttidsregn, som er dimensjonsgivende for byer. Det årlige nedbørvolumet øker ikke like mye, men 20–30 % økning i enkelte landsdeler er sannsynlig. Videre vil havnivået stige 15–25 cm enkelte steder innen 2050 og opptil 70 cm innen år 2100. Dette senker den hydrauliske kapasiteten i enkelte avløpsnett og kan gi ytterligere økte flomskader og overløpsutslipp. Stormflo er økning i havnivået på toppen av tidevannstanden. Dette skyldes at vinden skyver vannet foran seg og stuver dette opp mot land. Stormflonivået kan innen 2050 øke med mer enn 30 cm mange steder i landet, og dette nivået vil oppnås minst 1 % av tiden.

Analyser i enkelte byer over virkninger av klimaeffekter de neste ca. 50 år, har vist at dette kan føre til at dobbelt så mange bygninger flomskades som i dag, og at overløpsutslippene kan øke fra 50 til 100 % i forhold til ved dagens klima.

De fleste nye fortettingsprosjekter i byer medfører mer tette flater. Dette er gunstig ut i fra ønsket om å skape en kompakt by og flere boliger sentralt, men uheldig da avløpssystemer som allerede er overbelastet tilføres enda mer vann.

Når nye avløpssystemer eller oppgradering av eldre anlegg planlegges, bør mottiltak mot klimaeffektene tas med.

### Overvannet kan bli en ressurs

Byvassdragene og overvannet bør planlegges og behandles som en helhet. Denne måten å se overvannet på krever sterk kobling mellom overvannshåndtering og areal- og landskapsplanlegging. Den vanligste og tradisjonelle måten er å føre overvannet ned i sluk og bort i rør. Å behandle overvannet lokalt innebærer å la vannet finne naturlige veier via infiltrasjon til grunnen og/eller renne bort via åpne vannveier og dammer.

I mange år har overvann utelukkende vært sett som et problem, mens vannet heller bør oppfattes som en ressurs for rekreasjon og som et positivt element i nærmiljøet. Samtidig har tradisjonelle løsninger iblant vist seg å ikke være gode nok eller kostbare. Det har dessuten vært en betydelig økning i forsikringsselskapenes utbetalinger for flomskader på bygninger og infrastruktur.

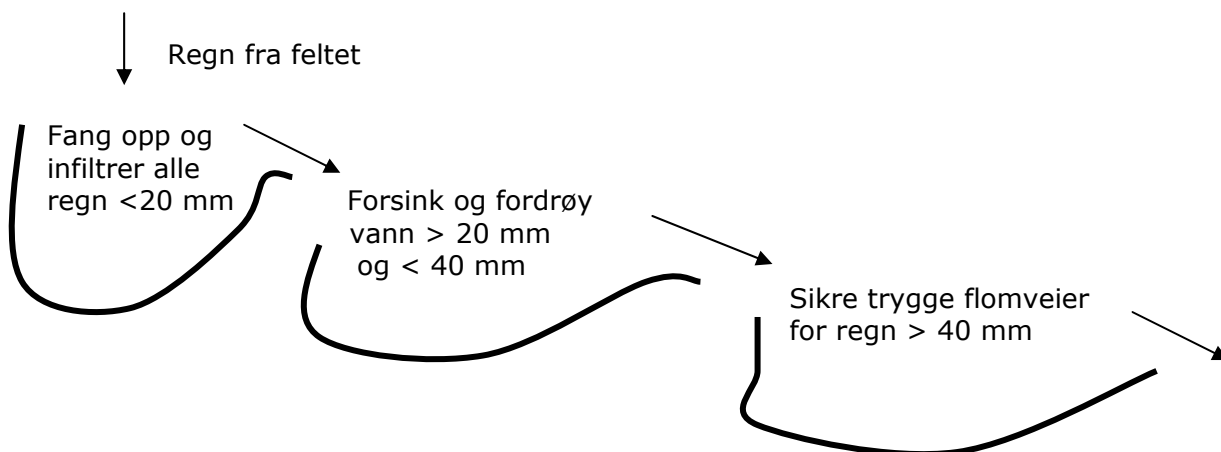


*Figur 0.1: Planlegging av alternative flomveier er viktig for å unngå store skader. Her et eksempel på en ikke planlagt flomvei fra Trondheim i september 2004.*

## Forurensning av overvann

Det har vist seg at det overvannet som kommer fra sterkt trafikkerte områder og belastede sentrale bystrøk, kan inneholde en del miljøgifter og andre forurensninger man ikke ønsker å sende direkte ut i følsomme vannforekomster. Denne delen av overvannet bør behandles i egnede anlegg. Det er dessuten en viktig oppgave å bidra til at overvannet i utgangspunktet ikke tilføres forurensende stoffer.

Ved å optimalisere bruken av lokale og åpne overvannsløsninger kan problemer med forurensninger fra overløpsutslipp, økte flomskader og forurensninger fra overvannet bringes under bedre kontroll, uten at man må investere store summer i kostbare ledningsnett.



Figur 0.2: **Treleddsstrategi.** Illustrasjon på strategi for håndtering av nedbør. Tallene er eksempler og må tilpasses lokalt.

Tabell 0.1: Norsk Vanns anbefalte minimums dimensjonerende gjentaksintervall for separat- og fellesavløpssystem.

Dimensjonerende regnskylhyppighet* (1 i løpet av "n" år)	Plassering	Dimensjonerende oversvømmelses-hyppighet** (1 i løpet av "n" år)
1 i løpet av 5	Områder med lavt skadepotensiale (utkantområder, landkommuner etc)	1 i løpet av 10
1 i løpet av 10	Boligområder	1 i løpet av 20
1 i løpet av 20	Bysenter/industriområder/forretningsstrøk	1 i løpet av 30
1 i løpet av 30	Underganger/områder med meget høyt skadepotensiale	1 i løpet av 50

\* Ledningsnettets skal bare fylles til topp av rør ved dimensjonerende regnskylhyppighet

\*\* Oversvømmelsesnivået skal normalt regnes til kjellernivået (90 cm over topp rør)

Ideelt sett bør optimalt gjentaksintervall baseres på samfunnsøkonomiske betraktninger og bærekraftige løsninger i hvert enkelt felt, sett over hele ledningens levetid. Dette kan være komplisert å beregne, så i de fleste tilfeller anbefales det å følge tabell 0.1, og at de anbefalte gjentaksintervall regnes som minimumskrav.

Risikovurderinger bør bl.a. inneholde en vurdering av trygg avledning av flommer opp til 100 års gjentaksintervall. Konsekvensene av en 100-års flom bør analyseres med tanke på om en er tjent med å anlegge åpne flomveier for det vannet rørnettet ikke klarer å transportere.

Kommunene må for ny utbygging også forholde seg til NVEs retningslinjer for flom og bebyggelse, som forutsetter enda høyere sikkerhet for en del typer arealbruk og infrastruktur.

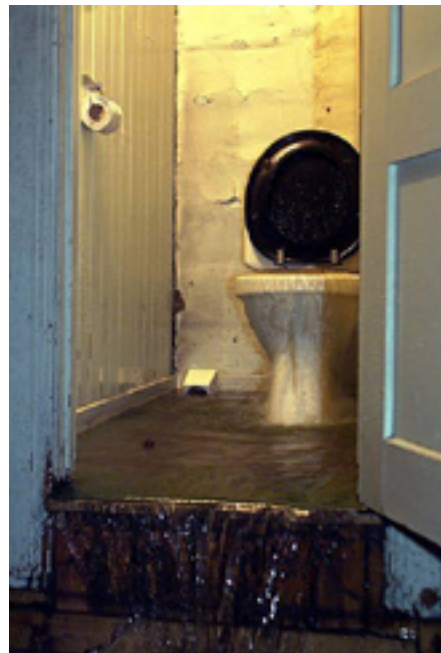
### **Viktige prinsipper ved overvannshåndtering**

Veiledningen gir praktiske råd om hvordan overvann kan bringes inn på alle nivåer i arealplanleggingen, foruten tekniske råd til selve overvannshåndteringen.

På øverste nivå må det i Kommuneplanen fastsettes generelle krav til hvordan overvannet skal håndteres i kommunen.

Her kan fastsettes prinsipper som:

- nedbørfeltvis planlegging omfattende både overvannshåndtering og flom i elver/bekker
- åpne løsninger som hovedprinsipp framfor lukkede systemer
- prinsipper for ny utbygging med f.eks. en tredelt løsning med primært infiltrasjon av moderate regn, sekundært fordrøyning og forsinking av overvannet fra større regn og tertiært flomveier for de helt store avrenningene, slik figur 0.2 illustrerer



*Figur 0.3: Fellesledning med for stor tilførsel av overvann kan føre til store skader.*

Man bør beregne maksimal avrenning for en sommersituasjon for alle feltstørrelser i alle landsdeler. I tillegg til sommersituasjonen bør man analysere avrenningen for følgende situasjoner:

- Vinteravrenning, frossen mark og langvarig regn, når feltene er større enn 20-50 ha. Snøsmelting kombinert med regn er også en mulighet. I sterkt urbaniserte strøk vil ofte regn alene være dimensjonerende, da snøen som regel kjøres bort. Regn på frossen mark kan også være dimensjonerende. (Sommerregnene bør da sorteres ut fra IVF-kurvene)
- Høstavrenning, langvarig regn og våt mark når feltene er større enn 20-50 ha

Den ugunstigste av disse situasjonene gir dimensjonerende avrenning.

Ved valg av rørdimensjoner bør man vurdere hva det vil koste å gå opp en dimensjon og hva dette gir av ekstra kapasitet. Normalt er kostnadsøkningen meget lav.

Separering av fellesavløpssystem er ofte kostbart og langsiktig, men gjøres i økende grad i mange kommuner. Dette tiltaket kan gjøre at man holder tritt med den gradvis økende klimaforverringen.

Veiledningen gir videre råd om datagrunnlag, om håndtering av hydrauliske kumtap i beregningene, om hvilke beregningsmetoder som kan brukes og beskriver dessuten hydrologisk modellering.



Figur 0.4. Konsekvensene og skadene ved flommen i Bergen september 2005 var store. Her illustrert ved flomvann ved Nesttun senteret.

#### **Detaljert stoff finnes på [www.norskvann.no](http://www.norskvann.no)**

Veiledningen er delt i en del 1 og del 2 som er trykket som en papirversjon. I tillegg er det utarbeidet en del 3 med 8 vedlegg som inneholder utdypende informasjon utover det som står i del 1 og del 2. Dette er bl.a. beskrivelse av LOD-anlegg (Lokal OvervannsDisponering), juridiske spørsmål, aktuelle tekniske tiltak, eksempler på konkrete krav og normer fra flere kommuner og informasjonsmaterieell til huseiere. Disse vedleggene finnes tilgjengelig for deltakere i Norsk Vanns prosjektsystem via nedlasting fra [www.norskvann.no](http://www.norskvann.no) Alternativt kan vedleggene kjøpes fra Norsk Vann.

# Del 1 Utfordringer, visjoner og strategi

## 1.1 Fra problem til ressurs

*Overvann ble i det forrige århundre i økende grad drenert ut fra byer og tettsteder via ledningsnett. Flommer i tettstedene har de senere år forårsaket stadig større skader. Ledningsnettene som ble anlagt har ikke klart å holde tritt med økningen i vannmengdene. Både økende urbaniseringsgrad og sterke endringer i klima de seneste ti-årene har bidratt til problemet. Samtidig erkjenner mange at dersom man i stedet for lukkede ledningsnett bruker mer åpne løsninger med dammer, renner og naturlige dreneringer, kan overvannet bli et estetisk element i bybildet.*

### **Utfordringer knyttet til håndteringen av overvann, klimaendringer og fortetting**

Overvann er vann som renner av på overflater som tak, vegger og andre tette flater. Flomskader forårsaket av overvann har økt i de senere årene. Det er mange årsaker til dette. Klimaendringene har gitt sterkere nedbørintensiteter og har dermed bidratt betydelig til dette problemet, samt at fortetting av byer og tettsteder gir større avrenning. Videre er vannets naturlige flomveier endret. Vi har fått mer tette overflater som bebyggelse og asfalt. Naturlige grøfter og bekkefar er lagt i rør, og myrområder og dammer er drenert.

Som en følge av klimaendringer vil også grunnvannet oftere stå på et høyere nivå, særlig etter kraftige regn. Dette kan føre til at infiltrasjonsvannmengdene inn i rørene øker og reduserer kapasiteten i avløpssystemet. Dette fører igjen til økte overløpsutslipp og økte flomskader. Økte vannføringer til avløpsrenseanleggene vil også føre til økte utgifter til kjemikalier og pumping, samt økte utslipp pga. økte totalvolumer av avløpstilførsler og flere timer med høy hydraulisk belastning. Globale klimamodeller viser at de klimaendringene som vil komme de neste 50 årene, blir betydelig større enn det vi allerede har opplevd.

Overvannet kan infiltreres, holdes tilbake lokalt, transporteres via overvannsledninger til aktuell resipient eller føres bort i fellessystemledninger for å håndteres i renseanlegg. Å behandle overvannet lokalt handler blant annet om å la vannet finne naturlige veier via infiltrasjon til grunnen og/eller renne bort via åpne vannveier og dammer. Før eller senere vil overvannet finne veien til vassdraget. Utbygging med mye tette flater og rask avledning via rør vil forsterke flommene i vassdraget og kan medføre økte skader nedstrøms. Flom i et byvassdrag vil samtidig kunne påvirke kapasiteten på tilstøtende overvannsanlegg i tettsteder, og kan i seg selv føre til flomskader på bebyggelse langs vassdragene. I tråd med dette bør vassdragene og overvannet planlegges og behandles som en helhet. Denne måten å se på overvannet krever sterk kobling mellom overvannshåndtering og areal- og landskapsplanlegging.

Overvann fra områder med ulike aktiviteter har ulik grad av forurensning. Overvann fra sterkt trafikkerte veier har for eksempel høyt innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter. Dette problemet kan takles ved at overvann fra renere områder brukes uten særlige restriksjoner, mens overvann fra forurensede områder bør gjennomgå rensende prosesser før det eventuelt brukes som en ressurs. Det er dessuten en viktig oppgave å bidra til at overvannet i utgangspunktet ikke tilføres forurensende stoffer.

Ved å gjennomføre bærekraftige tiltak mot klimaendringene og overvannsproblemer kan samfunnsmessige fordeler oppnåes med hensyn til bl.a. følgende temaer:

- Trafikkforstyrrelser som påfører forsinkelsestid for nyttetraffic, tog, busser og private bilister
- Skader på veier og gangveier. Erosjonsskader på trafikkarealer og fritids- og rekreasjonsområder



- Eiendommer med vannskader i kjellere eller første etasje
- Sykedager som følge av smitte eller infeksjoner ved kontakt med flomvann eller infisert vannforsyning
- Næringsliv som mister omsetning som følge av vannskader på lokaler eller lagre, eller produksjonstap
- Skader på vann- og avløpssystemets kummer, ledninger, pumpestasjoner og renseanlegg
- Vannbrønner som infiseres
- Skader på strømkabler, transformatorstasjoner, telefon- og datakabler ol
- Tap, ulemper og skader ved at elektrisiteten kortsluttes eller må stenges av
- Store forurensningsutslipp fra ikke virkende avløpsanlegg, skadede kjemikalietanker og oljetanker, samt fra industriområder
- Arbeidstid som må nedlegges av kommunalt ansatte og private i praktisk arbeid og til administrasjon

### **Hva vil skje med klimaet?**

Som følge av økt drivhuseffekt rundt vår klode, er det antatt at vi i mange ti-år fremover vil få større og mer intense nedbørmengder over Norge. Dette henger både sammen med at varmere luft kan inneholde mer vanndamp og med at det forventes endringer i atmosfærens sirkulasjonsmønster over våre områder.

Klimaendringene i Norge har vært fokusert i et større prosjekt kalt RegClim (<http://regclim.met.no>). Universitetene i Oslo og Bergen, Meteorologisk institutt, NILU, Havforskningsinstituttet og Nansensenteret har stått bak prosjektet.

### **Nedbør**

RegClim (2002) sier bl.a. om nedbøren i perioden 2030 – 2050 at mange steder vil intens nedbør komme oftere. Det er videre beregnet mer enn doblet risiko for intens nedbør på Vestlandet, indre deler av Trøndelag og på kysten av Troms og Finnmark. Med intens nedbør menes mengder per døgn som i dagens klima kun overstiges en gang hvert år. Om vinteren beregnes tilsvarende en doblet risiko for intens nedbør på kysten av Vest-Finnmark, på Vestlandet og nordlige deler av Østlandet. Forandringer i nedbør i Norge de neste 100 årene kan, ifølge RegClim-prosjektet (RegClim 2005), ventes å bli bl.a. som følger:

Døgn uten nedbør blir litt sjeldnere i alle landsdeler vest for vannskillet. På Østlandet og Sørlandet kan det derimot forventes en 5-10 % økning i antall døgn med oppholdsvær. I hele Norge vil ekstreme nedbørmengder opptre oftere. For eksempel beregnes det at Vestlandet får over 20 % flere døgn med over 20 mm nedbør. Frei (2006) sine analyser viser at det som i dag i Europa er 40 - 100-års hendelser, vil få et gjentaksintervall på ca. 20 år i perioden 2071 - 2100. Førland, mfl. (2007) skriver at over store deler av Norge forventes økningen i ekstreme nedbørverdier å være forholdsvis svak frem til 2025, men med en kraftigere økning frem til 2050.

Regn oppstår som resultat av at flere ulike regnceller dannes over et område. Noen regnceller er i ferd med å bygge seg opp, andre har sitt maksimum i regnavgivelse og andre er på vei til å avslutte regnavgivelsen. Jo mindre det området er som man betrakter (for eksempel en bydel), jo større er sannsynligheten for at en enkelt regncelle har sitt maksimum nettopp der. Ser man på middelnedbøren over et større område, vil dette alltid være mindre fordi denne da vil bestå av middelet av mange regnceller på ulike utviklingsstadier. Disse regncellebetraktningene gjelder kun de typiske sommerregnene, (konvektiv nedbør) men det er slike korte regnvarigheter og små arealutbredelser som er dimensjonerende for byer og tettsteder.

Tabell 1.1.1. Gjennomsnittlig økning i temperatur og nedbør fra perioden (1961-90) til perioden (2071 – 2100). RegClim 2005.

		Temperaturøkning (°C)			Nedbørøkning (mm/døgn)			Nedbørøkning (%)
		MPI	HAD	Komb	MPI	HAD	Komb	Komb
Hele Norge	hele året	2,9	2,8	2,8	0,7	0,3	0,5	12,6
	vår	2,9	2,8	2,9	0,8	0,1	0,4	13,0
	sommer	2,8	1,9	2,4	0,1	0,1	0,1	3,2
	høst	3,0	3,6	3,3	1,1	0,7	0,9	19,7
	vinter	2,8	2,7	2,8	0,8	0,5	0,6	12,7
Nord-Troms og Finnmark	hele året	3,1	3,3	3,2	0,5	0,2	0,4	13,6
	vår	3,3	3,4	3,3	0,6	-0,0	0,3	11,2
	sommer	2,1	2,3	2,2	0,1	0,5	0,3	11,5
	høst	3,1	3,9	3,5	0,7	0,7	0,7	23,3
	vinter	3,7	3,5	3,6	0,6	-0,2	0,2	6,8
Nordland og Sør-Troms	hele året	2,7	2,7	2,7	0,7	0,2	0,5	11,6
	vår	2,8	2,9	2,9	0,9	-0,2	0,3	10,0
	sommer	2,4	1,7	2,0	0,2	0,7	0,5	12,7
	høst	2,8	3,5	3,1	1,0	0,7	0,8	18,2
	vinter	2,7	2,7	2,7	0,8	-0,3	0,3	5,5
Sør-Norge, vest for vannskillet	hele året	2,8	2,5	2,6	1,0	0,4	0,7	13,3
	vår	2,8	2,5	2,7	1,2	-0,1	0,6	13,8
	sommer	2,8	1,8	2,3	0,1	0,2	0,1	2,3
	høst	2,9	3,4	3,2	1,6	0,8	1,2	20,2
	vinter	2,5	2,3	2,4	1,1	0,9	1,0	14,1
Sør-Norge, øst for vannskillet	hele året	3,0	2,8	2,9	0,4	0,4	0,4	11,8
	vår	3,0	2,6	2,8	0,4	0,4	0,4	14,6
	sommer	3,2	2,0	2,6	0,1	-0,4	-0,2	-4,8
	høst	3,2	3,8	3,5	0,8	0,6	0,7	18,8
	vinter	2,8	2,9	2,8	0,4	0,7	0,6	18,2

Tabell 1.1.1 viser prosentvise endringer i nedbørmengder i ulike landsdeler og for ulike årstider (RegClim, 2005). Økningen er regnet fra perioden 1961 - 1990 til perioden 2071-2100. MPI (Max-Planck Institute) og HAD (Hadley) er to forskjellige klimamodeller som gir ulikt resultat. Kolonnen med tittel "Komb" er beste estimat. Man ser at for store deler av landet forventes det en klar økning i de kvartalsvise nedbørvolumene.

De klimaprognoser som forskerne opererer med nå, som er vist i tabell 1.1.1, er kun for svært store arealer med meget grov oppløsning, og de kan dermed egentlig ikke brukes for å beregne byflommer hvor dimensjonerende nedbør ofte har en utbredelse på bare ca. 10 km<sup>2</sup>.

Klimaprognosene gir dessuten ikke noen god beskrivelse av konvektiv nedbør ("bygenedbør") som er den type nedbør som oftest er bakgrunn for dimensjonerende lokal nedbør med kort varighet.

Basert på data fra Danmark har Grum m fl (2006) funnet at ekstreme regnhendelser vil opptre dobbelt så ofte som det man har observert de siste ti-årene. For eksempel vil et 1-timesregn med gjentaksintervall på 10 år registrert i 1979–1996 i København, i perioden 2071–2100 få et gjentaksintervall på bare 3,4 år.

I den danske Miljøstyrelsens rapport 9 - 2006 (Arnbjerg-Nielsen 2006) sies det at:

- "Klimaendringer har allerede medført endringer i nedbørstrukturen. Denne utviklingen må forventes å fortsette. Det vil komme færre regnhendelser, men de ekstreme regnhendelser vil bli vesentlig kraftigere. Endringer i nedbørstrukturen har avgjørende betydning for kloakksystemenes funksjon. Innledende undersøkelser tyder på at kloakksystemene enkelte steder bør ha fordoblet kapasitet for å unngå skader i byområder i fremtiden".
- "Ekstremregn vil bli kraftigere i fremtiden, - og fremtiden er begynt. Endringene for punktnedbør i høy tidsoppløsning vil bli meget voldsomme. Bearbeidingen tyder på at den dimensjonsgivende regnintensitet for små og mellomstore avløpssystemer fordobles. Kvantifiseringen er forbundet med stor usikkerhet og er antagelig konservativ".

Arnbjerg-Nielsen (2006) har gjennomført en analyse av 41 danske regnmålere og deres registreringer i 20 år. Disse viser at dagens regnintensitet-varighet-frekvenskurver ikke lenger er gyldige, da betydelige klimaendringer allerede er skjedd.

Spildevandskomiteen (2006) i Danmark har undersøkt om regnintensitetene har økt fra 1997 til 2005, som følge av klimaeffektene. De analyserte regnserier fra 41 målestasjoner med måleserier 1979 – 1997 og sammenlignet med tilsvarende måleserier for 1979 – 2005. På disse få årene fant man at økningene i regnintensiteter for de sterkeste regnene hadde økt med mer enn 20 %. Dette er regn med regnvarigheter på 1 til 3 timer.

Analyser av regnintensitetsøkningen på ulike norske nedbørstasjoner i årene 1968 til 2000 har vist en økning i regnintensitetene for flere lokaliteter og for de fleste regnvarigheter. På Blindern har nedbørintensitetene økt med opp imot 40-50 %, bortsett fra de helt korte regnvarighetene. Man fant for eksempel at for en regnvarighet på 45 minutter har regnintensiteten gått opp fra 11 til 16 mm/time, dvs. 45 % økning på 32 år. (Lindholm, O. mfl. 2003).

Jørgensen og Johansen (2004) har beregnet at klimaeffektene vil gi København 83 % høyere regnintensitet for 1 times regn med 10 års gjentakintervall på slutten av dette århundre.

I en rapport utgitt av Miljøstyrelsen i Danmark (DHI og PH-Consult 2005) anbefales følgende: -"Den bedste anbefaling i dag må derfor være at gange nuværende dimensioneringsregn med en faktor på 1,2-1,5". Dette gjelder 10-årsregn.

Miljøstyrelsen (2007) sier i to eksempler fra Roskilde og Aalborg at de bruker som prognose at et 10-årsregn om 100 år vil være 40 % kraftigere enn det dagens IVF-kurver viser.

Olsson, J. mfl. (2007) har laget nedbørscenarier for 30 minutters regn for Kalmar med den såkalte Delta Change method. Nedbørintensitetene ble beregnet for år 2071-2100. Resultatet ble at de høye regnintensitetene økte 20-30 % for sommerregn og 50-60 % for høstregn. Av sommerregnene ville de regnene som lå blant de 10 % mest intense, få økt regnintensitet, mens de 90 % av regnene som hadde lavere intensitet, ville få enda lavere intensitet. Med andre ord vil de mest intense regnene blir mer intense, mens de minst intense blir mindre intense.

Nilsen (2008) har med data fra Blindern i Oslo for år 2071-2100 og ved bruk av Delta Change Method utarbeidet nye klimapåvirkede IVF-kurver og en tidsserie med en tidsoppløsning ned til minutt-nivået. Regndataene gjelder for Oslo-området og viste at de sterkeste sommer-regnernes intensitet kan øke med ca. 20 % og de sterkeste høstregnene med ca. 40 %.

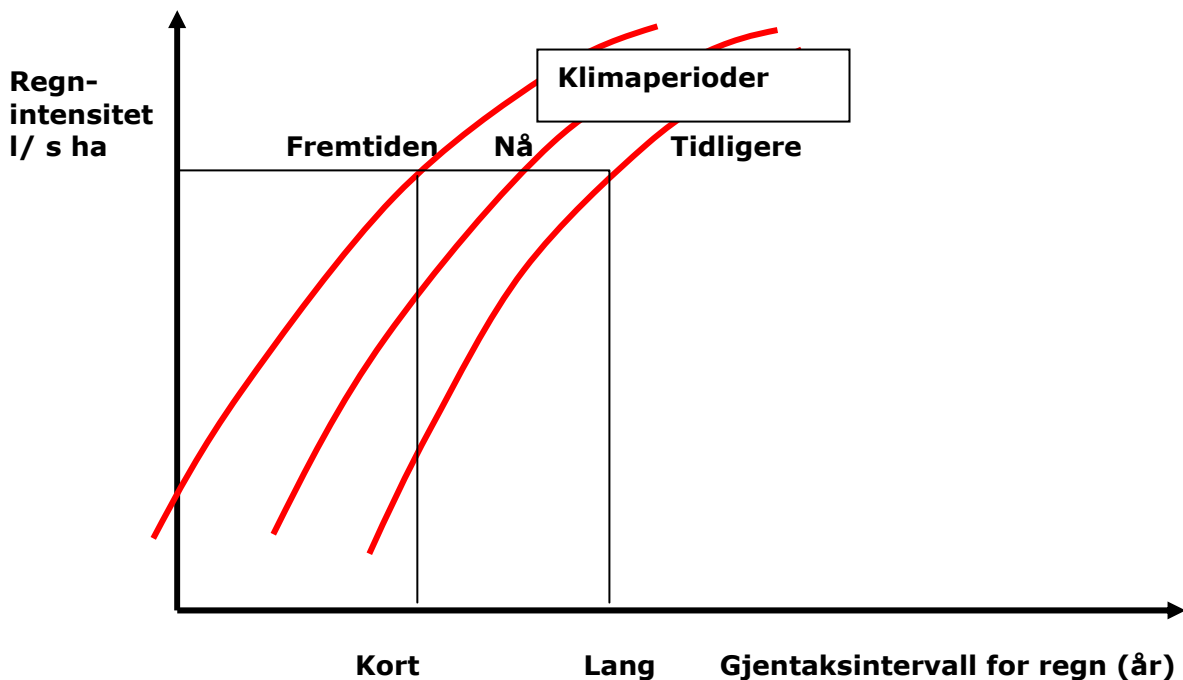
Olofsson, mfl (2007) analyserte virkningene av klimaforandringer på avløpssystemet i et område i en mindre by i Sør-Sverige med 3000 personer og 54 ha, hvorav 20 ha er tette flater. Man fant at både økningen i antall regnhendelser som gir oversvømmelser i avløpsnett, samt total varighet av oversvømmelsene, omtrent vil dobles i perioden 2071-2100 i forhold til dagens klima.

Hedlund (2007) skriver at volumet av nedbør i Sverige, kanskje med unntak av sydøstre Sverige, vil få store økninger høst, vinter og vår, med opp til 50-100 % økning vinterstid. Mer interessant for byflommer er imidlertid forventede økninger i intensive regn med 20 % til 2010 og med 50 % til 2080-tallet.

Farrer (2005) har lagt frem resultater fra et 2-1/2-års prosjekt kalt "Climate Change and the Hydraulic Design of Sewerage Systems," utført av sentrale fagmiljøer i England. Tre av de fire analyserte byene i UK vil få en øket regnintensitet for ekstremregn på 1,3 til

1,4 ganger dagens regn. Det var dessuten overraskende at avrenningen økte mye mer enn nedbøren skulle tilsi. Avrenningsvolumet og flomfrekvensene ble doblet.

I England har Evans mfl. (2004) vist at virkningene av økt regnintensitet på grunn av klimaforandringer blir meget større enn selve årsaken skulle tilsi. De fant at en 40 % økning i regnintensitetene vil føre til en økning i flomvolumene på 100 %, en økning på 130 % på antall eiendommer som blir flomskadet, og en økning på 200 % i kostnadene for flomskadene.



Figur 1.1.1. Effekt av klimaendringer på nedbørintensiteter, frekvenser og gjentakintervall

Figur 1.1.1 viser hva som skjer i forholdet mellom regnintensiteter, klimaperioder og gjentakintervall. For eksempel vil en bestemt regnintensitet få et kortere gjentakintervall etter hvert som tiden går, slik situasjonen allerede har vært de siste ti-årene, og slik vil det utvikle seg videre ut dette århundre.

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

### Havstigning

Når havet stiger, minker kapasiteten til enkelte av avløpssystemene i kystområdene og fører til økte overløpsutslipp og til oftere og større oppstuvninger i avløpssystemene. Dette kan skje fordi økende havnivå øker mottrykket og det reduserer dermed den hydrauliske gradienten som driver avløpet ut av rørene. FNs klimapanel IPCC opererer med ulike scenarier for fremtidige utslipp av klimagasser som vist under:

**Scenario B1:** Globale løsninger på økonomisk og sosial bærekraftighet. Raske endringer i økonomiske strukturer og introduksjon av rene teknologier. 7 milliarder mennesker i 2100. Atmosfærens CO<sub>2</sub>-innhold er på 540 ppm i 2100, mot 380 ppm i dag (ppm er "parts per million").

**Scenario B2:** Verden er mer bekymret for miljøet og sosial bærekraft enn i scenario A2. Det er en langsom utvikling generelt, men særlig i U-landene. Byene sprer seg ikke så

mye utover og avhengigheten av bilen er mindre. Verden er likevel i hovedsak karbonbasert energimessig sett. Det er ca. 10 milliarder mennesker på jorda.

**Scenario A1B:** Rask økonomisk vekst. Rik verden, men ujevnt fordelt rikdom. 7 milliarder mennesker i 2100. Teknologiske endringer fører til balanse mellom fossil og ikke-fossil energiteknologi. Atmosfærens CO<sub>2</sub>-innhold er på 703 ppm i 2100.

**Scenario A2:** Delt verden med høy befolkningsvekst og mindre bekymring for rask økonomisk utvikling. 15 milliarder mennesker i 2100. Atmosfærens CO<sub>2</sub>-innhold er på 836 ppm i 2100.

Tabell 1.1.2 viser havstigningen for ulike byer ifølge Drange mfl. Landhevingen er inkludert i tallene for havstigningen. For år 2050 er estimert usikkerhet i midlere havstigning -6 til +8 cm for B1, -7 til +12 cm for A1B og -6 til +12 cm for A2. For år 2100 er usikkerhetene -17 til +18 cm for B1, -20 til +35 cm for A1B og -16 til +31 cm for A2. Dette betyr at havstigningen kan bli godt over en meter i Haugesund, Bergen og Kristiansand i år 2100. For steder ikke angitt i tabellen, kan nærmeste kystby benyttes. Det kan derfor konkluderes med at dersom man inkluderer usikkerhet i havstigning og landheving, kan vannstanden øke med vel 30 cm i tillegg til det som er vist her.

*Tabell 1.1.2. Beregnet middelhavstigning (i cm) for norske kystbyer i år 2050 og 2100 relativt til år 2000. Drange mfl. (2007) Tallene for landheving er fra Vestøl (2006).*

By	År 2050				År 2100			
	Land- heving (cm)	Midlere havstigning (cm)			Land- heving (cm)	Midlere havstigning (cm)		
		A2	A1B	B1		A2	A1B	B1
Arendal	12	19	21	19	24	66	64	52
Bergen	8	23	25	23	17	73	72	60
Bodø	18	14	15	13	36	54	53	41
Drammen	22	10	11	9	43	46	45	33
Drøbak	22	9	11	9	44	46	44	32
Eigersund	5	27	28	26	10	80	79	67
Florø	10	22	23	21	20	70	68	56
Fredrikstad	19	13	14	12	38	52	50	38
Grimstad	11	21	22	20	22	68	66	54
Haugesund	5	27	28	26	9	80	79	67
Høyanger	12	20	21	19	23	67	65	53
Kirkenes	15	16	18	16	30	60	58	46
Kristiansand	8	23	25	23	16	74	72	60
Kristiansund	13	18	20	18	27	63	62	50
Larvik	16	16	17	15	32	58	57	45
Måløy	9	22	24	22	19	71	70	57
Mandal	6	25	27	25	13	77	76	64
Molde	12	20	21	19	23	67	65	53
Mosjøen	23	9	10	8	46	44	42	30
Moss	19	12	14	12	39	51	50	38
Namsos	23	9	10	8	46	44	43	30
Narvik	23	8	10	8	47	43	42	30
Ørsta	9	22	24	22	19	71	70	58
Oslo	24	7	9	7	49	41	40	27
Øvre Årdal	15	17	18	16	30	60	59	47
Porsgrunn	16	16	17	15	32	58	57	44
Sandefjord	17	15	16	14	34	56	55	42
Sandnessjøen	22	9	11	9	44	45	44	32
Sarpsborg	21	11	12	10	42	48	47	35
Sogndal	8	24	25	23	16	74	72	60
Stavanger	6	26	27	25	12	78	77	65
Svolvær	13	18	20	18	27	63	62	50
Tønsberg	19	13	14	12	37	53	51	39
Tromsø	13	18	20	18	27	63	62	50
Trondheim	24	7	9	7	48	41	40	28
Vadsø	13	19	20	18	26	64	63	50
Ålesund	9	22	24	22	19	71	70	58
Åndalsnes	13	18	20	18	26	64	62	50



Norge hever seg fremdeles etter istiden, men ulike deler av Norge hever seg noe ulikt.

Mildvær og snøsmeltningsperioder i løpet av vinteren vil sammen med økt vinternedbør gi flere vinterflommer, spesielt i lavlandet (Førland mfl. 2007). Det vil bli flere regnflommer på sensommer og høst, delvis som følge av økt nedbørintensitet og delvis som følge av senere snølegging om høsten. Situasjonen med vekslende mellom frostperioder og milde regnperioder er også en situasjon hvor svært stor avrenning kan skje.

**Stormflo** er økning i havnivået på toppen av tidevannstanden/springflo. Dette skyldes at vinden skyver vannet foran seg og stuver dette opp mot land. Når stormflo kommer på toppen av et høyt tidevann, vil mye avløpsvann stuve seg opp i avløpsnett og dette vil kunne øke overløpsmengdene og flomskadene utover det normale hvis det er et betydelig regn samtidig. Prognoser for stormflo i Norge kan finnes hos La Casce, J. og Debernard, J. (2007). Prognosene viser for eksempel at i Oslo kan stormflonivået øke fra 69 cm i 1980-1999 til 100 cm i 2030-2049, dvs. en økning på ca. 30 cm i forhold til dagens stormflo.

### Bruk av moderne overvannsløsninger

Den vanligste og tradisjonelle overvannsteknikken er å føre vannet ned i sluk og bort i rør. I mange år har overvann utelukkende vært sett som et problem, mens vannet heller bør oppfattes som en ressurs for opplevelse. Samtidig har tradisjonelle løsninger iblant vist seg ikke å være gode nok.

Vann er attraktivt og oppleves som et positivt element i nærmiljøet. Ved å planlegge for avledning av mer overvann gjennom åpne vannveier og dammer, kan en både oppnå et bedre bomiljø og i visse tilfeller også lavere kostnader.



Figur 1.1.2. Eksempler på bruk av overvannsløsninger i boligområder (Augustenborg i Malmö)

Gjennom denne veilederen ønsker vi å formidle en moderne måte å planlegge overvannshåndtering på og gi veiledning i hvordan dette kan gjennomføres i praksis. Veilederen gir praktiske råd til hvordan overvann kan bringes inn på alle nivå i arealplanleggingen, foruten tekniske råd til selve overvannshåndteringen. Det er imidlertid viktig å være klar over at infiltrasjon av overvann i grunnen kan være umulig dersom man har tette masser som leire eller tett fjell.

Veiledningens prinsipper, metoder og tiltak kan brukes både for nye utbyggingsområder og eksisterende områder.



*Figur 1.1.3. Åpne overvannsløsninger er et positivt element i bomiljøet. Her vist ved et eksempel fra Augustenborg i Malmø.*

## **1.2 Visjon for helhetlig overvannshåndtering**

God overvannshåndtering innebærer at metodene skal tilpasses lokale forhold og behov. Løsningene skal være bærekraftige og tilføre kvaliteter til omgivelsene. De valgte løsningene må fungere godt både ved vanlig nedbør, ved flom og i tørrvær.

Visjonen er å håndtere overvannet i størst mulig grad på overflaten som en synlig del av vassdraget og bybildet. Det vil si at arealplanlegging, bebyggelsesmønster og landskapsarkitektur blir viktig. Lukkede system med magasin og ledninger kan være et nødvendig supplement for å kontrollere/forebygge skader. For de helt store nedbørtilfellene bør man om mulig planlegge med åpne flomveier som gir en forsvarlig transport gjennom området fra ytterst i feltet til et vassdrag med nok kapasitet.

Hovedvisjonene kan oppsummeres i:

### Forebygge skader

Overvannet skal håndteres slik at tilfredsstillende sikkerhet for liv, helse og miljø oppnås. Vannforurensning skal reduseres.

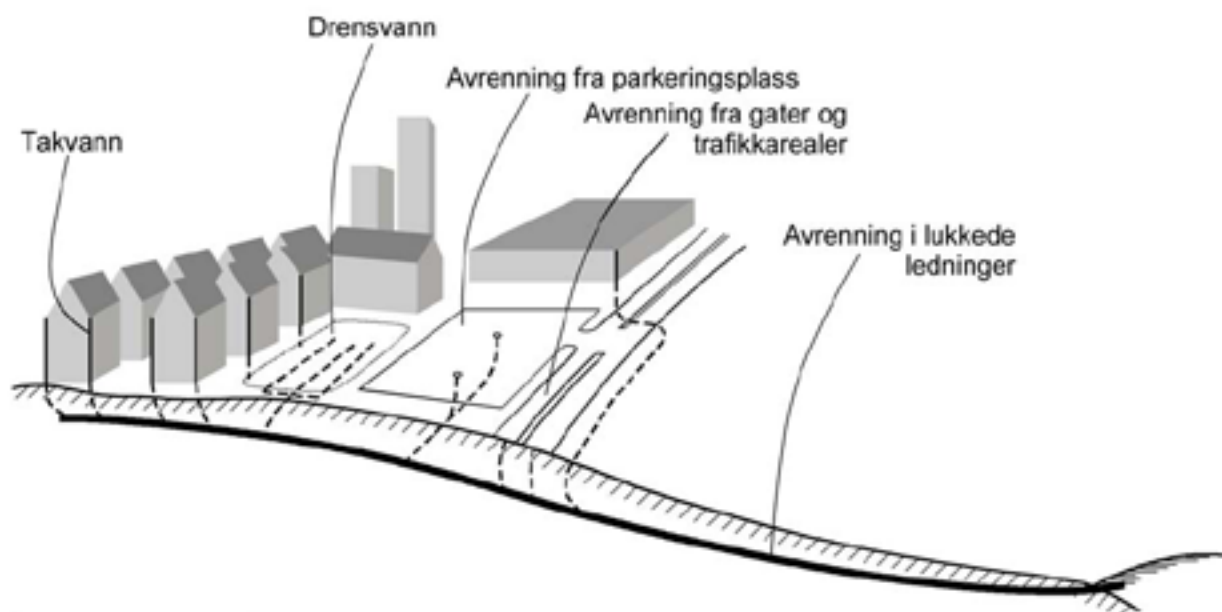
### Utnytte overvann som ressurs

Overvannet bør utnyttes som positivt landskapselement i bymiljøet og for bruk til rekreasjonsformål.

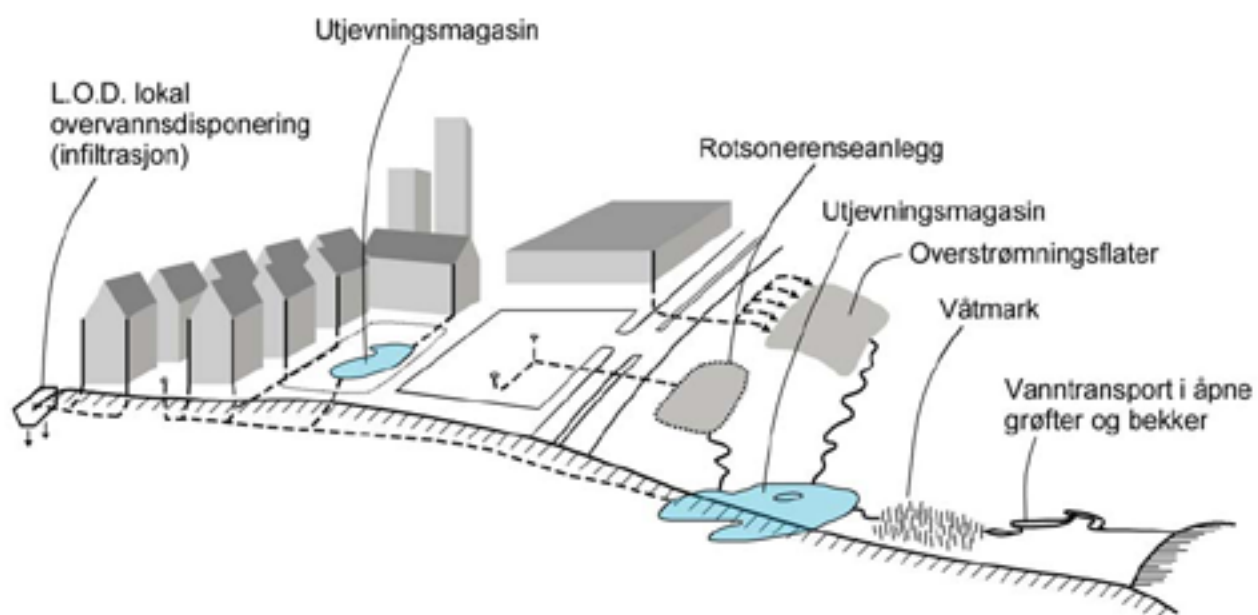
### Styrke biologisk mangfold – bymiljøet

Gjennom infiltrasjon, bruk av åpne vannveier og dammer skal det biologiske mangfoldet fremmes.

### Konvensjonelt system for overvann



### Åpen og lokal håndtering av overvann



Figur 1.2.1. Viser konvensjonelle overvannssystemer, samt løsning for samme område med bruk av mer infiltrasjon og åpne løsninger.



### 1.3. Strategi for å lykkes – helhetlig overvannsplanlegging

Overvann ble tidligere håndtert av VA-etaten alene. Dersom man i tillegg til å forbygge skader ønsker å utnytte overvann som en ressurs i bymiljøet, må mange fagdisipliner og fagetater i kommunen medvirke. Overvann som forurensingskilde har hittil ikke vært prioritert. Klimautfordringene gjør at behovet for samarbeid mellom etatene i kommunene blir enda større enn før. Fordi mye miljøgifter kan transporteres ut med overvann er det viktig å ha tiltak mot dette i planene. Gode løsninger kan bare fås hvis man tidlig i arealplanene trekker overvann aktivt inn. Både i kommuneplanen, kommunedelplaner, reguleringsplaner og bebyggelsesplaner må overvann få plass og kobles godt inn i de ulike nivåene. Konkrete krav om ulike typer lokaltilpassede åpne og lokale løsninger kan tas inn generelt og konkret i det enkelte prosjekt.

#### **Gode overvannsløsninger er avhengig av medvirkning fra flere fagmiljøer**

For å nå disse målene bør planlegging av flom- og overvannshåndteringen samordnes med arealplanleggingen i kommunene. Det vil si at prinsipper eller løsninger for håndtering av overvann vurderes og fastsettes i kommuneplaner, i kommunedelplaner, reguleringsplaner og bebyggelsesplaner.

Overvannshåndteringen kan i tillegg styrkes ved utarbeidelse av egne flom- og dreneringsplaner. EUs rammedirektiv for vann oppfordrer til at alt vann innenfor et nedbørfelt skal forvaltes som en ressurs på en helhetlig og samlende måte. EUs flomdirektiv sier dessuten at man skal beregne flomrisiko, fastsette hva som er en akseptabel risiko og planlegge passende mottiltak slik at man når den akseptable risikoen. Til slutt skal tiltakene iverksettes og relevant informasjon skal gis til innbyggere og spesielt beboere som er flomutsatt, slik at de kan gjøre sine forberedelser og egne private tiltak.

Ved flom kan ofte ikke rørsystemet ta unna alt overvannet. For slike situasjoner bør det planlegges åpne flomveier. Konstruksjoner som hindrer flomveiene bør vurderes fjernet. Helhetlige planer for både elveflommer forårsaket av større nedslagsfelt oppstrøms tettsted, og for lokale flommer i tettstedets egne mindre nedslagsfelt, bør utarbeides og oppdateres jevnlig.

Kommunen bør planlegge for hverdagssituasjonen og for flom. Hverdagens overvann håndteres med kombinasjoner av ledningsnett og anlegg for lokal overvannshåndtering: LOD-anlegg (**L**okal **O**vervanns**D**isponering). Ved flom ledes overvannet via overflatene med flomveier og flomvannet dirigeres til områder hvor skadene blir små.



Figur 1.3.1. Det er ikke tenkelig å dimensjonere ledningene og eventuelle LOD-løsninger for å ta unna alt overvann ved 100 årsflommer. Situasjon fra Bergen september 2005, viser hvordan det kan gå når en mangler helhetlige flomveier.

Det er viktig at det ikke etableres nye punktutslipp av overvann som overbelaster nedenforliggende overvannssystem. Ved større tiltak som medfører økt overflateavrenning og økt vanntilførsel til vassdrag, bør dette være spesielt godkjent i forbindelse

med behandling av tiltaket etter Plan- og bygningsloven (forkortet pbl). Ved nye tiltak innenfor bebygde områder bør det prioriteres løsninger som reduserer tilførselen av overvann til ledningsnettet.

Separering av overvann og spillvann i eksisterende fellesavløpssystem bør alltid vurderes ved omlegginger og fornying av avløpssystemet, ved gatefornyning og lignende. Dersom overvannet er særlig forurensset, kan det bli behov for separat behandling.

### Reduksjon av overvannsforurensning

Tiltak bør settes inn ved forurensningskilden som for eksempel det å redusere forurensningsproduksjon gjennom riktige materialvalg for bygninger, godt gaterenhold, gode rutiner for tømning av sandfang og gatesluk, samt holde atskilt forurensset og ikke-forurensset overvann. Ved bruk av overvann som en del av landskaps/bybildet er det viktig å ha vannkvaliteten i fokus. Overvannet i åpne anlegg kan forsøples og kan vaske med seg mye forurensninger.

Forurensset overvann som ikke kan tillates ført til en bestemt resipient må enten renses lokalt, føres til en mindre ømfintlig resipient eller ledes til kommunalt avløpsrenseanlegg dersom man har et fellesavløpssystem. Dersom det er et separatavløpssystem, må trolig det forurensede overvannet renses i et eget anlegg for overvann som for eksempel en sedimenteringsdam med sandfang og oljeavskiller.

Tabell 1.3.1 viser en prinsipiell inndeling av mulige tiltak sortert på områder. Når kommunene finner behov for å sette inn tiltak mot de kommende klimaendringer eller mot de overvannsproblemene man allerede har, er det viktig å se på et bredspektret omfang av alle mulige tiltak på alle de nivåer som er vist i tabell 1.3.1.

*Tabell 1.3.1. Typer tiltak mot klimaeffekter sortert på områder.*

Offentlig /privat	Områder	Tiltak for reduksjon av flomrisiko
Offentlig ansvar	Administrasjon og planlegging	Inkludere klimaendringer i langtidsplanleggingen for relevante samfunnssektorer kommunen har ansvar for og i arealplaner. Utføre tilleggsutredninger i risikoområder i byplanleggingen og beredskapsplanleggingen med tanke på sterke regn.
	Utredninger, informasjon og kommunikasjon	Kartlegge oversvømmelsesrisiko og lokale effekter p.g.a. sterke regn. Utrede behov for sanering av regnvannsavløp og lokal overvannshåndtering. Utvikle systemer for varsling av ekstreme fenomener. Informere beboere og huseiere om risiko for flom der de bor. Kartlegge behov for tiltak.
	Tekniske tiltak og økonomiske tiltak	Gjennomføre tekniske tiltak for å forbedre håndteringen av flom og overflatevann. Vurdere å støtte private tiltak. Vurdere bruk av avgifter for å motvirke visse løsninger, eller frita for avgift for å fremme visse løsninger.
	Krav og reglement	Utrede behov for endringer i sanitærreglementet og VA-normen. Gi retningslinjer og krav for håndtering av overvann. Gi retningslinjer og krav på ulike nivåer i arealplanleggingen.
Privat ansvar		Tegne dekkende forsikringer. Bygge forsvarlig i soner med flomrisiko. Forbedre håndteringen av overvann og dreneringer på egen tomt. Installere tilbakeslagsventiler. Heve elektriske kontakter, fjerne kostbart utstyr i kjellere.



### **Eksempler på tiltak av administrativ karakter på kommunenivå:**

- Råd til utsatte huseiere, butikker, kjøpesentre og næringsliv om hvordan man bør lagre ulike varer og utstyr, samt om installering av tilbakeslagsventiler
- Råd om enkle tiltak til etater og næringsliv for minsking av flomskader på bygninger, for hindring av innflomming av vann i underjordiske næringsarealer etc
- Utarbeidelse av rutiner og prosedyrer for rensk av bekkeinntak og rister samt renhold av bekkeskråninger og bekkeleier

### **Kommuneplanen og kommunedelplaner**

I kommuneplanens arealdel eller i tematiske kommunedelplaner bør det fastsettes generelle krav i form av retningslinjer til hvordan overvann skal håndteres i kommunen. Det kan fastsettes prinsipper som:

- nedbørfeltvis planlegging omfattende både overvannshåndtering og flom i elver/bekker
- at åpne løsninger, som for eksempel bekker, skal være et hovedprinsipp framfor lukkede systemer der dette er hensiktsmessig
- prinsipper for ny utbygging – f.eks. tredelt løsning (jf figur 2.2.2) med konkrete krav mht. avrenning fra hvert trinn
- prinsipper for forbedring av forholdene på eksisterende bebygde eiendommer

Fareutsatt område, f. eks. flomsone, kan markeres på plankartet som en veiledende opplysning.

Fareutsatt område som er avsatt til f.eks. byggeområde, kan skilles fra øvrige byggeområder ved at arealbrukskategorien underdeles, f.eks. kategori I, II mv. Dermed kan det knyttes atskilte kommuneplanbestemmelser til områdene.

Fareutsatt område som er avsatt til byggeområde, kan tilknyttes bestemmelser jfr. pbl. § 20-4 2. ledd bokstav a (plankrav).

Fareutsatt område som er avsatt til byggeområde, kan tilknyttes bestemmelser jfr. pbl. § 20-4 2. ledd bokstav b. Det kan gis bestemmelser om minste kotehøyder, bygnings-teknisk utforming og forbud mot kjellere.

Med hjemmel i pbl. § 20-4 2. ledd bokstav f) kan det gis bestemmelser om forbud mot alle byggetiltak som ikke er tilfredsstillende flomsikret.

Områder som skal brukes til fordrøyning, kan legges ut som Byggeområde - kommunalteknisk anlegg. Flomveier og større felles overvannstiltak (LOD) kan midlertidig sikres i form av båndlegging etter pbl. § 20-4 nr. 4 for senere regulering.

### **Klimautfordringene**

Kort beskrevet kan man sette opp følgende punkter i en handlingsplan for å utrede konsekvenser og tiltak i forbindelse med klimaendringene:

- Hvor vil uakseptable flomskader og overløpsutslipp oppstå som følge av klimaendringenes ekstreme regnhendelser og havnivåstigning?
- Når vil de ulike problemene utvikle seg til uakseptable tilstander? Analysene baseres på klimaprognoser mot perioden 2071 – 2100, som kan forutsettes å utvikle seg lineært fra dagens situasjon
- Hva slags skader vil oppstå og hvor store blir de?
- Hvilke tiltak kan settes inn for å motvirke skadene forårsaket av klimaendringene?
- Hva koster det å gjennomføre tiltakene og hvilke samfunnsøkonomiske fordeler kan oppnås ved tiltakene?
- Tiltakene gjennomføres hvis kostnadene veier mindre enn summen av de samfunnsmessige ulempene som forebygges og fordelene som oppnås ved å gjennomføre tiltakene.

### **Noen eksempler på retningslinjer til kommuneplanens arealdel er gjengitt nedenfor:**

I bebygde områder skal overvann i størst mulig grad tas hånd om ved kilden slik at vannbalansen opprettholdes tilnærmet lik naturtilstanden. Andel tette flater søkes minimalisert. Overvannet skal søkes utnyttet til glede for innbyggerne. Vannet skal gjøres synlig og tilgjengelig i bebygde områder/byområder, og reetablering/åpning av lukkede vannveier skal prioriteres der dette kan gjennomføres innenfor forsvarlige økonomiske rammer.

Separering av overvann og spillvann i eksisterende fellesavløpssystem skal alltid vurderes ved omlegginger og fornying av avløpssystemet, ved gatefornyning og lignende. Ved all ny utbygging bør åpne løsninger så vidt mulig benyttes og følgende tredelte strategier følges:

Fang opp og infiltrer inntil 20 mm nedbør (pr døgn ved sommerforhold)

Forsink og fordrøy opp til 1-års flom lokalt

Sikre trygge åpne flomveier opp til 100-årsflom. Nye tiltak må ikke hindre vannets flomveier. Konstruksjoner som hindrer flomveiene skal vurderes fjernet.

Nærmere krav til infiltrasjon og fordrøyning fastsettes i reguleringsplan og byggetillatelser i henhold til ... (kommunal norm for hvordan man i ulike typer bebyggelse kan oppnå den infiltrasjon og fordrøyning som er nødvendig)

Ny bebyggelse skal ikke plasseres flomutsatt jfr. pbl. § 68. NVE Retningslinjer nr 1/2007 skal følges. Konkrete høyder framgår av Flomsonekart for *(konkret stedsangivelse når relevant)*

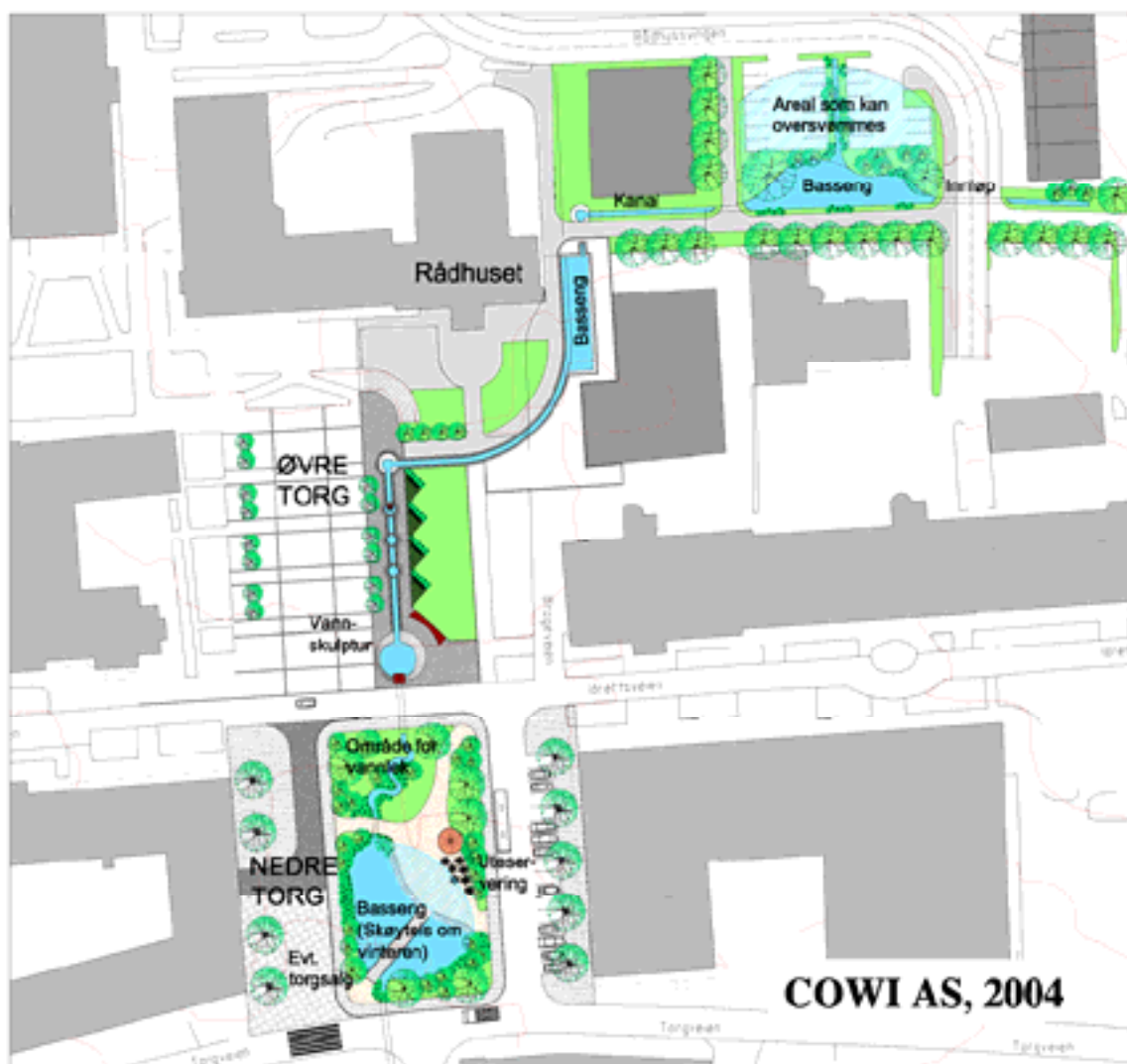
### **Reguleringsplan/ bebyggelsesplan**

I reguleringsplan/ bebyggelsesplan fastsettes konkrete krav for det enkelte området, forankret i arealbruk, bestemmelser og retningslinjer i kommuneplanens arealdel, kommunedelplaner, pbl §§25, 26, 28-2, 68, Vannressursloven §7 og Forurensningsloven Kap. 4 §§ 21, 22.

Det kan stilles krav til både plassering og utforming av bygninger, konstruksjoner, anlegg og utearealer som tillates etablert i områder med en viss flomfrekvens (høy sokkel, oppfylling for å komme til sikrere høyde, forbud mot kjeller, bruksrestriksjoner, tilbakeslagsventil eller lignende).

For nye utbyggingsområder er det vesentlig at overvannshåndteringen inngår i hele planprosessen. Terrengutforming som forsinker avrenningen, kan være et minst like viktig tiltak som å pålegge bygging av fordrøyningsmagasiner og krav til permeable flater. Veger som samtidig skal fungere som flomveier, må planlegges også ut fra dette. Større fellesanlegg kan f.eks. reguleres som spesialområder jfr pbl § 25 nr 6, og kan omfatte:

- Flomdempningsområder som fungerer som flomsletter og som til daglig for eksempel er idrettsanlegg, parkanlegg, rekreasjonsområder i byene, etc
- Større sentrale anlegg som dammer, åpne lokale vannveier med våtmarker, infiltrasjons- og fordrøyningsmagasiner
- Flomveier på overflaten når avløps- og overvannssystemet ikke lenger klarer å ta unna mer vann, utformet som planlagte senkninger i terrenget, eller der flommen gjør minst skade



Figur 1.3.2 Eksempel på plan for utforming av overvannanlegg i Ski kommune

### Byggetillatelse

Krav som skal stilles til den enkelte tomt kan være hjemlet i kommuneplanens arealdel, kommunedelplan, reguleringsplan, bebyggelsesplan eller pbl. §§ 66 pkt. 2, 67 og 68. Pålegg kan fastsettes i den enkelte byggesak. Krav til sikkerhet mot flom i vassdrag er definert i NVE Retningslinje nr 1/2007. (NVE 2007).

Bestemmelser i Vannressursloven (§7) og Forurensningsloven (Kap. 4, §§ 21, 22) kan også komme til anvendelse.

Teknisk forskrift (TEK) med hjemmel i Plan- og bygningsloven har bl.a. følgende relevante avsnitt:

#### § 8-37

##### 1. Generelle krav

*Bygningsdeler og konstruksjoner skal være slik utført at nedbør, overflatevann, grunnvann, bruksvann og luftfuktighet ikke kan trenge inn og gi fuktskader, mugg- og soppvekst eller andre hygieniske problemer.*

##### 2. Fuktsikring

*Terreng rundt byggverk skal ha tilstrekkelig fall fra byggverket når ikke andre tiltak er truffet for å lede bort overflatevann. Rundt bygningsdeler under terreng og under gulvkonstruksjoner på bakken, må det treffes nødvendige tiltak for å lede bort sigevann og hindre at fukt trenger inn i konstruksjonene.*

#### § 9-52

*Bortledning av overvann og drensvann skal skje slik at det ikke oppstår oversvømmelser eller andre ulemper ved dimensjonerende regnintensitet. Kommunen kan bestemme at overvann og drensvann skal ledes bort i eget avløp til vassdrag, terreng, infiltreres i grunnen eller helt eller delvis føres til hovedavløpsledning.*

Det bør vurderes i hver enkelt plan i hvilken grad tiltakene kan innarbeides på plankart eller i reguleringsbestemmelsene:

#### **Eksempler på tiltak som kan pålegges i en byggetillatelse med hjemmel i pbl §§ 67 og 68 er f.eks.:**

Bevare og utvikle trevegetasjon

Lage smalere veier

Anlegge permeable veidekker og permeable plasser. For eksempel kan det brukes åpne betongmønstre med grus i åpningene på parkeringsplasser

Anlegge mer gressflater og vegetasjon

Bygge infiltrasjonsmagasiner og infiltrasjonsgrøfter i grunnen

Angi hvor mye overvann som kan tilføres overvannsledninger, eller påby at alt overvann håndteres på egen tomt og forby påkobling på overvannsledning

Bruke slake gressbevokste veigrøfter

Bruke ca. 20 cm lette absorberende jordmaterialer over relativt tette jordarter

Bygge "grønne" hustak med vegetasjon og jord

Sette opp cisterner/regnvannstønner under taknedløp (for senere bruk til vanning og lignende)

Anlegge våtmarker

Frakobling av overvann fra takflater eller tette flater. Dette infiltreres i stedet til grunnen

Kravene ovenfor må begrunnes. I saker der valg av løsning for overvannshåndtering ikke har betydning for de forhold pbl § 67 og 68 skal ivareta, vil kommunene i liten grad ha hjemmel i pbl til å stille mange av de ovenfor nevnte kravene, dersom det ikke tas inn i retningslinjer på overordnet kommunalt nivå.



Figur 1.3.3. Eksempel på bruk av deler av en skolegård som fordrøyningsareal.

Tabell 1.3.2 viser en oversikt over ulike plannivåer og den hierarkiske oppbygningen av disse.

Tabell 1.3.2: Behandling av overvann innenfor aktuelle plannivåer i kommunene.

Planområde	Nedbørfelt	Plannivå/plantyper
Hele kommunen	Hele kommunen	Kommuneplanens arealdel (pbl § 20-4)/ hovedplan overvann/vassdragsplan
Vassdrag	Hele vassdraget. Kan gå i flere kommuner	Kommunedelplan (pbl § 20-4)/ vassdragsplan/vannbruksplan
Område	Deler av et eller flere vassdrag	Kommunedelplan/rammeplan/ overvannsplan/vassdragsplan
Lokal	Et mindre delområde	Reguleringsplan (pbl § 25) / bebyggelsesplan (pbl § 28-2)
Tomt	Vanligvis en tomt	Byggesøknad, melding (tiltak nevnt i pbl § 93). Redegjørelse for overvannshåndtering.

Eksempler på bestemmelser som kan knyttes til ulike plannivåer i kommunen er:

- Den naturlige vannbalanse skal søkes opprettholdt innenfor planområdet
- Plan for helhetlig overvannshåndtering skal utarbeides for hele planområdet
- Det må fremgå hvilke arealer som er avsatt til overvannshåndtering (fordrøyning/infiltrasjon)
- Det skal velges løsninger for overvannshåndtering innenfor området på en slik måte at tilrenning til vassdraget ikke øker og vannkvalitet i vassdraget ikke påvirkes negativt
- Lokal håndtering av overvann skal gjennomføres innenfor planområdet
- Byggeforbud gjelder innenfor et 20 m belte langs bekker, vann og vassdrag
- Overvann skal om mulig håndteres på tomten. Primært ved bruk av infiltrasjonsløsninger, sekundært ved fordrøyning før bortledning fra tomten
- Det tillates en maksimal tilført vannmengde på 2 l/s pr da til kommunal overvannsledning. Overstigende vannmengde må håndteres lokalt ved infiltrasjon og/eller fordrøyning
- Forurenset overvann skal samles opp og føres til offentlig overvannsledning
- Forurenset avrenning skal renses før videreføring til resipient
- I anleggsfasen tillates ikke urensset overvann ført inn på kommunens ledningsnett eller direkte til resipient
- Bekkelukking tillates ikke. Eksisterende bekkelukking skal gjenåpnes
- Kantvegetasjon langs elver, bekker og vann skal bevares og utvikles



### Eksempler på retningslinjer som kan medtas i reguleringsbestemmelsene:

- "Overvannsproblematikken skal løses ved bruk av lokal overvannshåndtering, i tråd med "Veiledning for overvannshåndtering og planlegging for klimaendringer", med vedlegg, utgitt av Norsk Vann
- "Overvann fra området må fordrøyes før avrenning til eksisterende vassdrag"
- "Avrenning til vassdraget skal etter utbygging av området være tilnærmet lik før utbygging"
- "Eksisterende vannveier bør beholdes åpne og ikke legges i rør"
- "Det skal foreligge en godkjent VA-rammeplan før det gis tillatelse etter § 93 i PBL for tiltak i reguleringsområdet. Plan for overvannshåndtering skal inngå i VA-rammeplanen. Det må her også gis føringer for hvordan eksisterende vassdrag skal sikres i anleggsperioden"

## 1.4 Rettsregler, rettspraksis og myndighetsspørsmål

*Forurensningslovens § 24a har nå innskjerpet ledningseiers objektive ansvar for skader. Det vil si at selv om kommunen har fulgt god ingeniørpraksis og er uten skyld, kan kommunen være erstatningspliktig ved overbelastning av avløpssystemet, såfremt ikke kommunen kan påberope seg force majeure. Flere domsavsigelser har satt et meget strengt krav til force majeure. Rettspraksis har også blitt betydelig skjerpet med hensyn til vedlikehold av rister, bekkeinntak og ikke selvrensende ledninger. Dersom det kan påvises at dette kunne vært bedre og at det kan være en årsakssammenheng ved flomskader, kan dette føre til erstatningskrav mot kommunen.*

Kommunen vil som ledningseier i utgangspunktet ha et objektivt ansvar for skade som skyldes feil eller mangler ved eget hovedledningsnett. For vannledninger og vanntunneler følger ansvaret av vannressursloven § 47 bokstav d. For avløpsledninger følger ansvaret av forurensningsloven § 24 A.

Kommunens ansvar for vassdragstiltak som for eksempel kulverter og bekkelukkinger, vil måtte vurderes etter vannressursloven § 47 annet ledd bokstav a. Ansvar vil her inntre dersom det kan påvises feil eller mangler ved tiltakets utførelse, jf. § 5 annet og tredje ledd, eller tiltakets vedlikehold etter § 37 første ledd. Det er her ikke tale om et objektivt ansvar. Ansvar kan også bli aktuelt etter nabolovens bestemmelser, dersom kulverten /bekkelukkingen anses å være til unødvendig eller urimelig ulempe for berørte naboer.

### Force majeure kan gi ansvarsfrihet, men det skal mye til

Kommunen vil kunne være helt eller delvis ansvarsfri dersom nedbørsmengdene er av en slik art at flomforholdene kan karakteriseres som helt ekstraordinære, slik at skadene faller inn under unntaket for force majeure. Det skal etter rettspraksis mye til for at vilkårene for force majeure anses for å være oppfylt. I den grad nedbør i seg selv skal kvalifisere til force majeure kan den måtte ha et gjentakintervall på mer enn 50 år.

Kommunen vil videre i stor utstrekning ha anledning til å fraskrive seg det objektive ansvaret som følger av reglene i forurensningsloven og vannressursloven, ved å ta inn slike bestemmelser i sine standard tilknytnings- og leveringsbetingelser (sanitær-reglement). Ansvarsfraskrivelse som konkret eller generelt av domstolene blir oppfattet som urimelige, kan settes til side med hjemmel i avtalelovens §§ 36 og 37.

Det foreligger eksempler i rettspraksis på at Normalreglementets standard ansvarsfraskrivelse inntatt i pkt. 3.9 har blitt delvis satt til side av domstolene under henvisning til konkret urimelighet.



Figur 1.4.1. Eksempel på skade påført av flom ved ekstreme nedbørsmengder.

Fra høsten 2008 er normalreglementet fra KS erstattet av "Standard abonnementsvilkår for vann og avløp". Endringene i dette kommenteres imidlertid ikke her.

For nærmere informasjon om det nyeste fra domstolene på dette feltet vises det til Norsk Vanns **VA-jus database**, som er en tematisk inngangsportal til ulike juridiske problemstillinger, der disse blir belyst på bakgrunn av regelverk og rettspraksis.

Kommunen har som regulerings-, bygnings- og i enkelte tilfelle som vassdragsteknisk myndighet, en rekke muligheter til å forebygge flom og erosjonsskader.

Det fremgår av plan- og bygningslovens bestemmelser, sett i sammenheng med vannressursloven, at kommunen skal påse at flom/oversvømmelsesfare blir vurdert ved utarbeidelse av reguleringsplaner og i vurderingen av om det i det enkelte tilfelle skal gis byggetillatelse. Det siktes her særlig til pbl § 25 nr 1, sett i sammenheng med nr 5 og vannressursloven § 7.

#### **Kommunen har ansvar for at ny byggegrunn er trygg.**

I forbindelse med selve byggesaksbehandlingen gjelder pbl § 68 om byggegrunn og miljøforhold. Etter sistnevnte bestemmelse kan grunn bare deles eller bebygges dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold.

I den grad kommunen som organ har utvist uaktsomhet mht. til å følge opp dette ansvaret, kan den bli holdt erstatningsansvarlig etter de ulovfestede regler om ansvar for uaktsomme handlinger. I den grad det er kommunens ansatte som har utvist uaktsomhet i sin tjeneste, vil ansvar være aktuelt etter bestemmelsen i skadeerstatningsloven § 2-1 om arbeidsgivers ansvar for sine arbeidstakers uaktsomme handlinger.

Det samme gjelder der den enkelte kommune har unnlatt å ta ansvar for en samlet overvannshåndtering, ved å ha unnlatt å gi de nødvendige pålegg om infiltrasjon av overvann i grunnen, eller at kommunen som bygnings- og/eller reguleringsmyndighet har forsømt seg ved at områder som ligger særlig utsatt til ikke er markert som fareområde, eller hvor det ikke er stilt tilstrekkelige krav i forbindelse med byggesøknaden til det byggetiltak som kan volde skade.



*Figur 1.4.2. To eksempler som viser deler av skadeomfanget ved flommen i Bergen i september 2005. Begge bilder er fra Nesttunområdet. Bergen kommune innførte egen overvannsnorm høsten 2005. Som bildene viser, er det på høy tid med en egen overvannsnorm som blant annet på sikt skal bidra til trygge flomveier.*

## 1.5 Ordforklaringer – del 1

*Avløpsområde:* Område som leder avløpsvann med selvføll eller pumping til samme punkt. De naturlige vannskiller danner som regel grensene for avrenningsområdet.

*Avløpsvann:* Felles betegnelse for spillvann fra husholdninger, industri og Omfatter også overvann som tilføres avløpsledningene. Se Forurensningsloven § 20.

*Delta Change Method:* Matematisk metode som med basis i eksisterende målte tidsserier kan fremstille nye klimatilpassede tidsserier og IVF-kurver med tidsoppløsning ned til minuttnivået.

*Drensvann:* Vann fra drensledninger som for eksempel ligger i underkant av husfundamenter.

*Flomsonekart:* Kart som viser hvilke områder som oversvømmes ved ulike flomfrekvenser.

*Flomveg:* Lavpunkt/-strekninger i terreng eller bebygde områder hvor vannet kan avledes ved flom

*Fordrøyning:* Midlertidig lagring av overvann. Tilført vann holdes tilbake/mellomlagres i magasin e.l. ved stor avrenning, for å redusere avrenningstoppene til nedenforliggende ledning eller vassdrag.

*Frontregn:* Når varm luft og kald luft møtes, tvinges den varme luften opp. Den vil da avkjøles og vanddampen kondenserer og regn dannes. Denne regntypen virker over et stort område og kan være langvarig. Regnintensitetene er imidlertid sjeldent særlig høye.

*Infiltrasjon av overvann:* Nedbørvannets nedtrenging gjennom jordoverflaten.

*Infiltrasjonsmagasiner:* Magasiner under marknivå bestående av et steinvolum, kassetter av plast eller lignende hvortil overvann ledes for så sakte å kunne infiltreres ut til grunnvannet under.

*Intens nedbør:* Definert av RegClim-prosjektet som mengder per døgn som i dagens klima kun overstiges en gang hvert år.

*IPCC:* FNs klimapanel (Intergovernmental Panel for Climate Change).

*IVF-kurve:* Kurve som for en bestemt målestasjon viser sammenhengen mellom maksimal regnintensitet for en viss regnvarighet og et visst gjentaksintervall.

*Konvektiv nedbør:* Oppstår ved lokal oppvarming av en luftmasse. Luftmassen stiger raskt opp, hvor den avkjøles og blir overmettet med vann. Den overmettede luftmassen blir herved ustabil og gir kortvarige og kraftige regn.

*Kulvert:* Rør eller betongtunnel som fører overvann eller bekk under veger, jernbane eller en lignende hindring.

*LOD = LOH:* Lokal overvannsdisponering/håndtering: Tiltak lokalt som hindrer overvannet i å renne direkte til avløpsledninger eller vassdrag. Består i hovedsak i å infiltrere via porøse overflater eller perkolere overvann via perkolasjonsbassenger til grunnvannet.

*Miljøgifter:* Stoffe som i relativt lave konsentrasjoner skader miljø og helse. For eksempel tungmetaller, PAH, PCB, dioksiner, bromerte flammehemmere, mm

*MOUSE:* Matematisk datamaskinbasert program som kan beregne vannføringer, oppstuvninger og forurensningsutslipp fra kompliserte avløpsnett over lange tidsperioder som for eksempel et helt år. Utviklet i Danmark.

*Nedbørfelt:* Et avgrenset område hvorfra all nedbør renner ned til et bestemt punkt nederst i feltet. Også ofte kalt nedslagsfelt.

*Objektivt ansvar:* Ansvar uten skyld.

*Overvann:* Nedbør og vann fra snøsmelting som renner av på overflaten.

*Oversvømmelseshyppighet:* Hyppighet for oversvømmelse/overbelastning i ledningssystemer eller andre vannveier. For ledningsanlegg oppstår oversvømmelse når vannstand stiger til terrengoverflate eller når tilbakestuvning i kjellere e.l. oppstår.

*pbl:* Plan- og bygningsloven.

*Permeable områder:* Områder hvor overvannet/regnvannet kan trenge ned i grunnen. Dette kan være gressflater, grusveier, jorder og løkker uten asfalt og betong, etc.

*Regncelle:* Del av et konvektivt skysystem som har oppstått samtidig og har nådd samme stadie i forhold til regnavgivelse. Typisk levetid for en regncelle er 20 – 40 minutter og en utbredelse på bare få km<sup>2</sup>. Cellene opptrer ofte sammen i klynger som totalt kan ha en levetid på en times tid og ha en utbredelse på opp til 100 km<sup>2</sup>.

*Resipient:* Mottager av behandlet eller ubehandlet avløpsvann. For eksempel hav, innsjø, elv, eller jord.

*Spillvann:* Avløpsvann fra husholdninger, næringsliv, offentlige institusjoner etc.

*Tette flater:* Flater med tett dekke som asfalterte veger, parkeringsplasser, hustak etc.

*Vannrammedirektivet:* EU-direktiv som bl.a. fastslår at alle vannressurser skal forvaltes som en helhet og med hele det nedbørfeltet som berøres som en forvaltningsenhet. Det er satt tidsfrister for når overvåking, tiltaksplaner og tiltaksgjennomføring for oppnåelse av en tilstand mest mulig lik naturtilstanden skal være gjennomført. Dette er i utgangspunktet år 2015.

*Åpne overvannsløsninger:* Håndtering av overvann med LOD-løsninger eller med åpne vannveier og dammer.



## Del 2 Kriterier, metoder og tiltak

### 2.1 Byvassdrag og hydrologisk modellering

*Mange byvassdrag ble tidligere lagt i kulverter og rør og ble en del av tettstedenes avløpsledningsnett. Dette er heldigvis nå forbudt uten spesiell tillatelse. Mange kommuner forsøker å åpne og rense disse tidligere byvassdragene. Ved nye utbygginger og økt urbanisering tilføres vassdragene mer vann. Om dette fører til økt flomfare for områdene inntil vassdraget kan simuleres med hydrologiske modeller. Slike modeller kan også beregne gunstigste tiltak som gir en redusert flomfare for bebyggelse nær vassdraget.*

Byvassdrag er i denne sammenheng vassdrag som i vesentlig grad påvirkes av avrenning fra bymessig bebygde områder, slik at vannføring og vannkvalitet endres. Byvassdrag kan inkludere innsjøer eller bassenger. I mange tilfeller starter vassdragene i naturlige områder oppstrøms byområdet. Mindre byvassdrag ble tidligere ofte lagt i kulverter og i noen tilfeller fungerer kulvertene som fellessystemer for spillvann- og overvann som siden ledes til renseanlegg. Dette fører til ujevne belastninger på renseanlegg og betydelige forurensede overløp og er derfor en lite gunstig løsning. Isteden kan et fritt rennende vannspeil brukes for å vitalisere bysentra. Det har derfor blitt mer og mer vanlig å åpne kulverter, separere spillvann og bruke vassdragene aktivt i sentrumsutviklingen.

Nedbør vil enten renne av fra overflatene, akkumuleres i jord, innsjøer eller snødekke eller fordampe fra vegetasjon eller markoverflate. Dette er de viktigste elementene i en vannbalanse. Når et område bygges ut med tette flater, endres den relative betydningen, slik at direkte avrenning blir viktigere og fordampning og infiltrasjon i grunnen mindre viktig. Dermed blir samlet avrenning større. Avrenningen endres også i tid: den raske avrenningen de første timene etter nedbør blir større, og den langsomme som normalt skal opptre over uker og måneder blir mindre. Effekten av dette er hyppigere regnværsflommer i vassdragene og lavere vannføring i lengre tørrværsperioder. Ingen av delene er ønsket i byvassdrag.

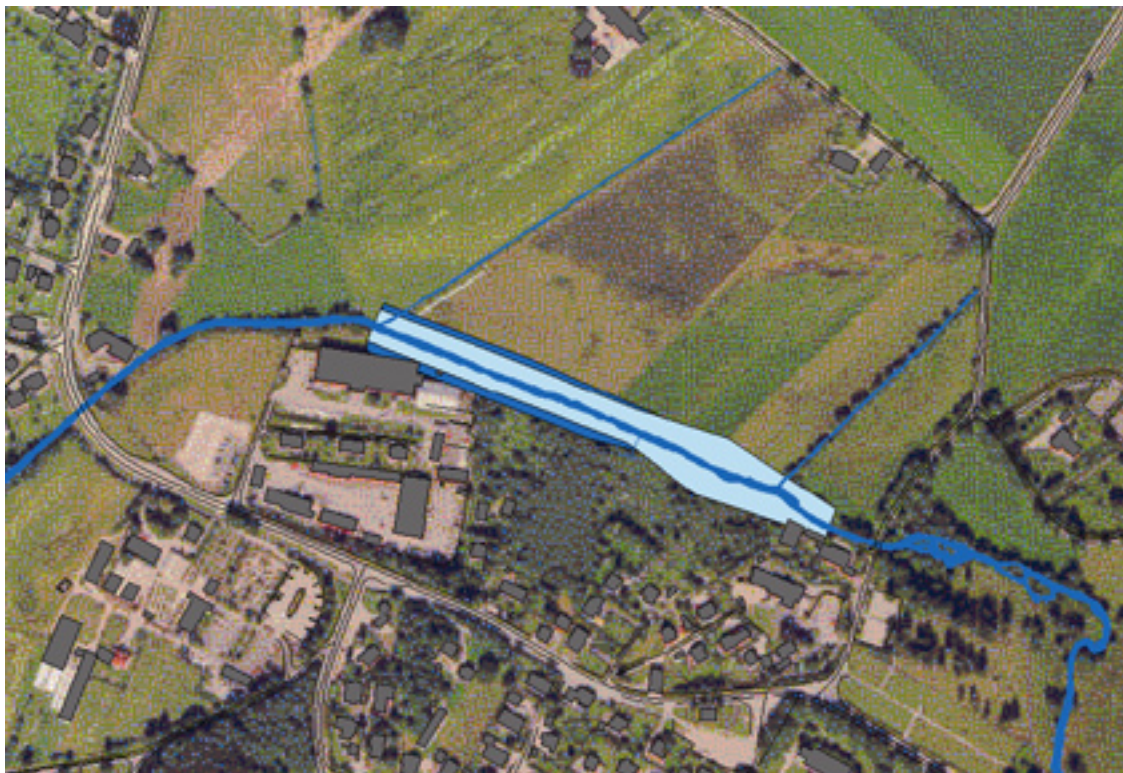
Hvorvidt en regnhendelse skal føre til flom, avhenger mye av styrken og varigheten av regnet. Et kortvarig regnvær vil kunne skape oversvømmelse i lokale områder, mens et regnvær som virker over lengre tid kan påvirke større områder. Flomeffekten er meget avhengig av tilstanden i feltet når regnhendelsen starter. Er feltet allerede oppfuktet fra tidligere regnhendelser eller er marka frossen, kan avrenningseffekten bli meget betydelig.

Når byer vokser, etableres boligfelter og sentrumsfunksjoner i periferien. Dette er ofte bebyggelse blandet med områder for jordbruk og naturmark. Jordbruk og friluftsliv vil være følsomt for endringer i vannføringsforholdene, og antatt økte oversvømmelseshyppigheter i mindre vassdrag kan utløse erstatningskrav. Det er da meget viktig å kunne dokumentere den hydrologiske effekten av utbygging.

#### **Bruk av hydrologiske modeller for modellering av byvassdrag**

Ved hjelp av en hydrologisk modell kan utbygger dokumentere alle effekter av utbygginger som er foretatt og analysere forventede effekter av planlagte utbygginger. Han kan det også gjennomføres risikoanalyser der sannsynlighet for oversvømmelser, eventuelt tørke, og tilhørende ulemper tallfestes. Dette vil i neste omgang gi et korrekt grunnlag for eventuelle erstatningsutbetalinger eller forebyggende tiltak mot fremtidige skader. Graden av nøyaktighet i modellens resultater er bestemt av hvor gode data som ligger til grunn for modelleringen. Betydningen av disse usikkerhetene i inngangsdataene bør analyseres ved hjelp av følsomhetsanalyser.

En hydrologisk modell må bygges som en desentralisert modell. Det vil si at markoverflatens beskaffenhet inngår som en parameter, eller "byggestein" i modellen. Når et område bygges ut, erstattes byggesteinen "åpen mark" med byggesteinen "tett flate" og modellen beregner en endret vannbalanse. For å kunne kjøre modellen, er det viktig å ha tilgang til representative nedbørperioder, målt med tidsoppløsning 2-5 minutter over en periode på helst flere år. Disse målingene må også inkludere temperatur, som er nødvendig for å skille mellom regn/snø og beregne fordampning. I tillegg er det nødvendig å kalibrere modellen. Derfor bør det gjennomføres representative målinger av avrenningen i vassdraget til alle årstider. Dette kan gjøres ved å opprette en målestasjon med kontinuerlig nivå eller mengderegistrering, fortrinnsvis nederst i vassdraget.



Figur 2.1.1. Eksempel på modellert 100-års flomnivå i Høylandsåna i Sandnes kommune før og etter nye utbygginger. Lys blå farge viser ettersituasjonen.

### Ulike årstider gir ulike dimensjonerende situasjoner

Vinteravrenningen har forskjellig karakter sammenlignet med sommeravrenningen, siden den ofte har høy intensitet over et lengre tidsrom, en del kan falle som snø, fordampningen er liten og bakken kan være frosset. Sommer- og høstregn kan ha høyere intensitet, men en større del vil bli holdt tilbake i feltet. På den annen side er heller ikke konsekvensene for jordbruk og friluftsliv de samme om vinteren som om sommeren.

I det følgende er det gitt et eksempel på analyse av byvassdrag; Storåna i Sandnes kommune. Storånavassdraget består av Storåna, Stokkelandsvatnet, Høylandsåna og sidevassdraget Svebestadkanalen som løper sammen med Høylandsåna oppstrøms Stokkelandsvatnet. Sandnes kommune har gjennomført utbygginger en rekke steder langs vassdraget. Avrenningen til vassdraget er simulert med en hydrologisk vannbalansemodell, men strømningsforholdene i vassdraget er simulert med en hydraulisk modell. De to modellene er bygd sammen til en integrert modell med Matlab/Simulink programvare. Modellen er kalibrert mot målinger nederst i Storåna, ved utløpet av Stokkelandsvassdraget og oppstrøms i vassdraget i Svebestadkanalen. Nedbørmålinger er samlet inn fra NVEs målestasjon på Sandnes og i tillegg en stasjon opprettet spesielt for Storåna.

Modellen har gitt disse resultatene:

- Utbygging gir størst utslag i form av hyppigere flommer og lavere tørrværsavrenning øverst i vassdraget. Innføring av utjevningsvolum er mest relevant i øverste del av feltet (der det har vært utbygging).
- Samlet medfører utbygging noe økt flom - og noe redusert tørrværsavrenning nederst i vassdraget. Innføring av lokal overvannshåndtering i utbyggings-områder kan gi en bedre utjevning. Fordrøyningstiltak nederst i vassdraget har ingen effekt. Fordrøyningstiltak (regulering) i innsjøer har vesentlig effekt.
- Den har påvist hydrauliske flaskehalser i vassdraget. Fjerning av disse kan redusere oversvømmelsesfaren betydelig.

Flere steder her i landet kan det se ut til at vi påvirkes av klimaendringer. Kraftige regnskylt som gir oversvømmelser kommer oftere enn før, og det kan tyde på at denne utviklingen også vil forsterke seg i årene framover. Forsikringsselskapene har de siste 10 årene allerede hatt en betydelig økning i erstatningsutbetalinger etter oversvømmelser i byvassdrag. Det er grunn til å vente betydelige bygningskader og ulemper for befolkningen pga. flommer også videre fremover. Dette kan til en viss grad forebygges ved reguleringsbestemmelser som sikrer en avrenningsbuffer.

Flomsikkerheten bør analyseres med kombinerte hydrauliske/hydrologiske modeller i alle byvassdrag slik som i Sandnes. Bebyggelse bør ikke tillates der det er sannsynlighet for oversvømmelse. Det vises i denne sammenheng til NVEs retningslinje nr.1-2007. Her sies det at områder hvor det planlegges boliger, mindre forretningsbygg og mindre offentlig bygg, bare skal oversvømmes av vassdrag ved flommer større enn 200-årsflommen (tidligere 100 årsflommen).

Naturlige flomveier må sikres slik at de ikke blir blokkert av utbygginger.

Byvassdrag kan sikres mot oversvømmelser og brukes ved utvikling av bedre bymiljø. Følgende prosedyre anbefales i dette arbeidet:

Definer grenser for vassdragets nedslagsfelt og arealbruk i feltet (dvs. naturlige områder, jordbruk, bolig- industri- sentrumsbebyggelse)

Innhent informasjon om tidligere oversvømmelser langs vassdraget og tilhørende skader

Gjennomgå eksisterende arealbruk langs vassdraget og identifiser anlegg som kan rammes ved oversvømmelser og som er sårbare for dette

Etabler en hydrologisk/hydraulisk modell for vassdraget. Dette krever tilgang til meteorologiske data (nedbør med oppløsning minutter og temperatur med oppløsning dager), lengdeprofil av vassdraget og representative tverrprofiler, etablering av målestasjon nedstrøms. Bruk modellen til å simulere sannsynlige vannføringsvariasjoner i vassdraget (oversvømmelser og tørrvær).

Bruk GIS-system for uttegning av flomsonekart over vassdraget og påvis eksisterende flomutsatte anlegg og områder der bygging ikke skal anbefales. La flomsonekartet inngå i kommunens overordnede kartverk for arealplanlegging.

Foreslå forebyggende tiltak og bruk modellen til å analysere effekten av dem

Gjennomfør de mest aktuelle tiltak, eventuelt revider reguleringsbestemmelser og gi byggesaksbehandlere VA-teknisk kompetanse





Figur 2.1.2. Flomutsatt område beregnet med avløpsmodell og presentert på kart. Rød farge indikerer flomutsatte områder.

## 2.2 Utvikling av bærekraftig overvannshåndtering

*I motsetning til det vi kan kalle en bærekraftig overvannshåndtering, har vi en overvannshåndtering som billigst og mest mulig effektivt fjerner overvannet fra bebygde områder. Ved en bærekraftig løsning tenker man også på andre kvaliteter som rekreasjon, estetikk, biologisk mangfold, ulempen av at folk får vann i kjellerne sine, forbruk av ressurser og utslipp i en vugge til grav tankegang.*

Overvannshåndteringen ble tidligere bare betraktet som et kapasitetsproblem, mens prinsippet om en langsiktig og bærekraftig overvannshåndtering har ført til at også forurensingsspørsmål og forskjellige miljøspørsmål må tas med i planleggingen. En fremtidsrettet og bærekraftig overvannshåndtering baseres på å beholde overvannet i området ved å fordrøye og redusere overvannsavrenningen og å unngå at overvannet blir forurenset.

Planlegging av en langsiktig og bærekraftig overvannshåndtering er en mer kompleks og mer tidkrevende prosess enn planlegging av et konvensjonelt overvannssystem. I lengre perspektiv er det sannsynlig at fordelene med en integrert arbeidsprosess oppveier den ekstra arbeidsinnsatsen som må bli lagt ned på planstadiet. En praktisk metode er å bruke lokal overvannshåndtering.

### **Mange fagdisipliner må medvirke for å få en bærekraftig overvannshåndtering**

En fremtidsrettet og bærekraftig overvannshåndtering baseres på å infiltrere og fordrøye overvannet og å unngå at overvannet blir forurenset.

Overvannshåndteringen skal lede bort overvannet og drenere grunnen for å unngå fuktskader, oversvømmelser og erosjon og bidra til innbyggernes komfort.

Overvannshåndteringen bygger på metoder og teknikker som omfatter flere fagdisipliner som bl.a. meteorologi/klimaforskning, arealplanlegging, landskapsarkitektur, urbanhydrologi, hydraulikk, hydrometri, vannkjemi, geologi/geoteknikk, VA-teknikk, biologi, økologi, mm Den tidligere overvannspraksisen ved å lede overvannet raskest mulig bort i rør bør om mulig erstattes av lokal overvannshåndtering og åpne løsninger med reduksjon av overvannsforurensinger. Disse løsningene må da integreres i arealplanene og inngå i driftsopplegget for VA-etaten. Det å disponere overvannet på en forsvarlig måte er en av de sentrale utfordringene ved planlegging, prosjektering og drift av infrastrukturen. Overvannshåndteringen er primært en planleggingsoppgave, og prinsippene for overvannshåndteringen bør komme tidlig med i planlegging av et område, både når et nytt område bygges ut og et eksisterende ombygges.

Overvannshåndteringen blir vanskeligere om vinteren ved at marken fryser og dekkes av snø og ved at snøen brøytes og legges i brøytekanter lang rennestein og rundt sluk. Smeltevann sammen med regnvann kan gi sjokkbelastninger av forurensninger og langvarige avrenninger. Overvannet kan være forurenset, særlig med hensyn til tungmetaller og organiske mikroforurensinger.

### **Viktig med god planlegging og rett strategi**

Grunnlaget for en god overvannshåndtering legges i arealplanleggingen. Dersom det planlegges feil, må samfunnet i lang tid leve med problemene og kostnadene som feildisponeringen måtte føre med seg (SFT 1978). I et ubebygd område finnes det et naturlig bekkesystem, som avleder overvannet. Når området utbygges, forandres dette systemet. Forandringen kan bestå av alt fra en tilfeldig legging av tette flater til fullstendig erstatning av det naturlige bekkesystemet med et system av lukkede ledninger.

I et urbant område blir overvannet normalt avledet i et system bestående av to delsystemer. Det ene er markoverflaten med det naturlige bekkesystemet og det andre er et ledningssystem.

Et totalsystem bør bygges opp av det naturlige avrenningssystemet som kalles primærsystemet og ledningssystemet som kalles sekundærsystemet.

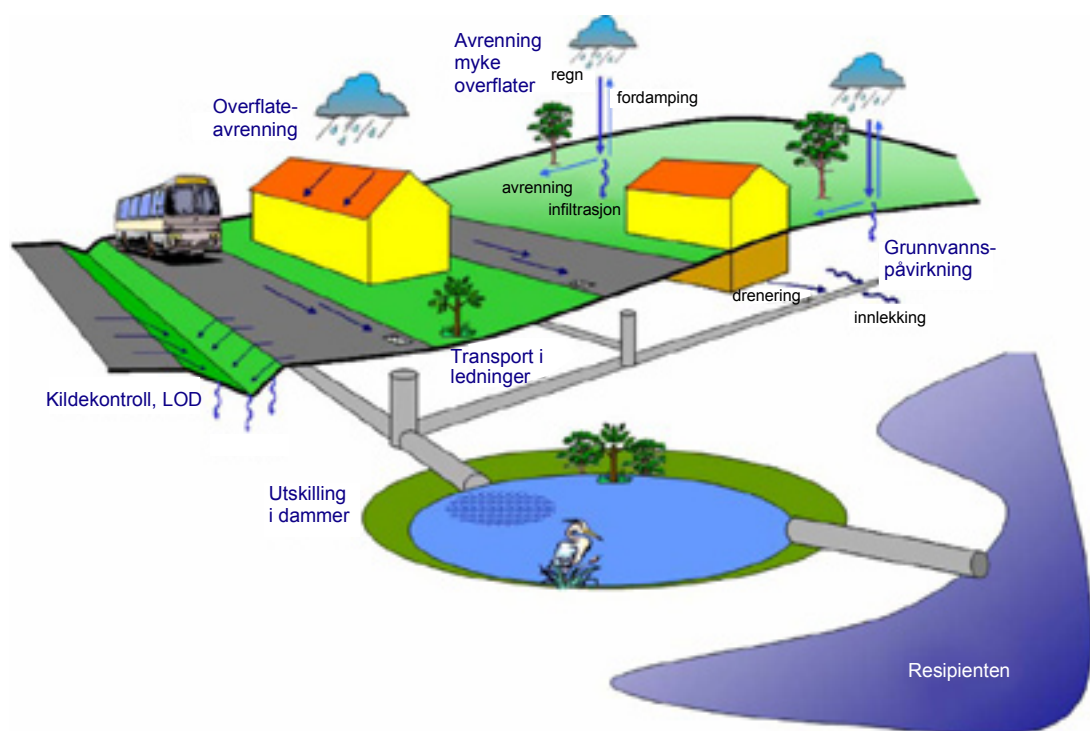
Overvannssystemene bør planlegges slik at primærsystemet fortsatt kan avlede overvannet eller midlertidig tas i bruk uten at skader oppstår når sekundærsystemet overbelastes. Det kan overveies å sløyfe overvannsledninger, når store deler av overvannet kan infiltreres i grunnen eller avledes på overflaten. Sterkt forurenset overvann kan vurderes tatt inn på spillvannsledningen. Man vil da kunne få en økning av miljøgiftinnholdet i avløpsslammet i avløpsrensaneanleggene og dermed gjøre dette slammet mindre brukbart som gjødsel og jordforbedringsmiddel i jordbruket.

Ved planleggingen av overvannshåndteringen må det tas hensyn til at overvannet er forurenset. Forurensingsgraden avhenger av arealbruk, topografi og klimaforhold. I planfasen må det også tas stilling til hvilken overvannshåndtering som skal brukes. Alle utslipp må vurderes på planstadiet. Utslippene kan være overvann, spillvann, overløpsvann, tilfeldige forurensinger fra lekkasjer og feilkoplinger, samt mer generelle kilder som avrenning fra jordbruk etc (ikke punktkilder).

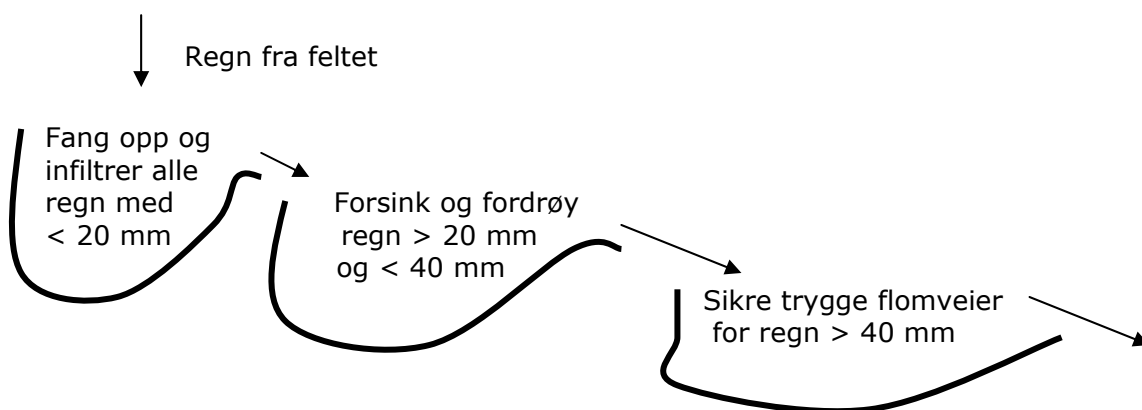
Ved bruk av LOD-løsninger må faren for vannskader vurderes. Følgene må sjekkes:

- Er infiltrasjonskapasiteten i grunnen god nok?
- Kan det oppstå forsumpning av områdene, skader på bygninger pga. dårlig drenering av fundamentene og vanninntrengning, eller sopp og råte?
- Blir trafikkarealer forsvarlig drenert?
- Kan iskjøving og andre frostrelaterte problemer oppstå? Værsituasjoner med snø og is kan forhindre normal planlagt overvannsavrenning. Trengs spesielle løsninger for å håndtere dette?
- Kan det oppstå erosjonsproblemer?





Figur 2.2.1. Forskjellige overvannsløsninger og tiltak satt sammen til et helhetlig overvannssystem. Figuren viser også hvilke forhold som påvirker og blir påvirket av løsningene. Basert på materiale fra SWECO Stockholm.



Figur 2.2.2. **Treleddsstrategi.** Illustrasjon for håndtering av nedbør. Tallene er eksempler og må tilpasses lokalt.

Figur 2.2.2 viser tankegangen i en treleddsstrategi for infiltrasjon, forsinking, fordrøyning og trygge flomveier. Prinsippet er at første ledd i de aller fleste tilfeller klarer å infiltrere eller holde tilbake vannet i alle regn med en mindre nedbørmengde enn et visst antall millimeter. Når regn faller med større vannvolum enn dette, vil det overskytende renne videre til åpne anlegg som forsinker og fordrøyer avrenningen. Noen få regn har så store vannvolum at de normale systemene ikke kan håndtere avrenningen alene. For disse må man anlegge flomveier som kan avlede disse sjeldne regnene på en trygg måte.

## 2.3 Analyse av overvannssystemet

### 2.3.1 Tidligere ingeniørpraksis

*Tidligere ingeniørpraksis i Norge har vært styrt av skrifter fra Kommunalteknisk forening, Kommunenes sentralforbund og Statens forurensningstilsyn. Disses faglige basis stammer igjen i stor grad fra tysk og svensk faglitteratur. Den foreliggende veiledningen fra NORSK VANN er en del av en policy hvor kommunenes eget VA-faglige organ, med betydelige bidrag fra medlemmene selv, i økende grad gir føringer.*

Alle kommuner har kunnet stille egne krav, men i praksis har de fleste brukt en felles ingeniørpraksis basert dels på lærebøker og lignende og dels på veiledende retningslinjer utgitt av sentrale organer.

Minimumskrav til høyde mellom åpent sluk i kjellergulv og topp av avløpsrør i tilknytningspunktet:

Høydekravene er foreslått dels av Kommunalteknisk forening og dels av Kommunenes sentralforbund via forslag til sanitærreglement. Dette har opp gjennom tidene vært:

1909–1946: 30 cm

1946–1972: 120 cm (50 cm dersom sluket kunne stenges med ventil)

1972–1980: 50 cm

1980 - : 90 cm

I de nye "Standard abonnementsvilkår for vann og avløp" er det krav om 90 cm, med tilbakevirkende kraft.

#### **Veiledende dimensjonerende gjentaksintervall for nedbør**

Inntil Norsk standard NS-EN 752-2: 1997, ble innført var det i Norge bare to referanser med faglig tyngde og autoritet som ga retningslinjer for hvordan et avløpsnett skal dimensjoneres med tanke på regn. Disse er: Statens forurensningstilsyn (SFT) "Veiledning ved dimensjonering av avløpsledninger" TA-550 fra juni 1979 og Norske kommuners sentralforbund (KS) "Vann og avløpsnorm" fra februar 1983.

SFTs TA-550 sier:

Valg av dimensjonerende regnskyll må treffes på grunnlag av de konsekvenser en oppstuvning i ledningsnettet vil medføre, eksempelvis oppstuvning i kjellere ved fellessystemet og i drenasjesystemet for hus ved separatsystemet. Gjentaksintervallet mellom dimensjonerende regnskyll anbefales valgt som angitt i tabell 2.3.1.

"Vann og avløpsnorm" fra KS er et basert på SFTs veiledning.

*Tabell 2.3.1: Minimumsverdier for intervaller mellom dimensjonerende regnskyll. SFT 1979*

Type område	Separatsystem	Fellessystem
Åpent område* utenfor sentrumsbebyggelse	2 år	5 år
Åpent område innenfor sentrumsbebyggelse	2 år	5 år
Innestengt område** utenfor sentrumsbebyggelse	5 år	10 år
Innestengt område innenfor sentrumsbebyggelse	10 år	10 år

\*Åpent område: Et område hvorfra overvann kan ledes bort med selvføll på overflaten (dvs. at vannet kan strøomme ut fra området både via avløpsnettet og via overflaten).

\*\*Innestengt område: Et område hvorfra overvann ikke kan ledes bort med selvføll på overflaten (det vil si av avløpsnettet er eneste akseptable vei ut for overvannet).

Det går ikke frem av skriftene om dimensjoneringen skal sørge for at oppstuvningen ikke går høyere enn til toppen av tverrsnittet innvendig i avløpsrøret, til laveste kjellernivå eller til marknivået. Ifølge en spørreundersøkelse (Lindholm, O. mfl. 2003) har de fleste kommuner tolket det slik at man skal dimensjonere slik at vannstanden ikke går over topp rør.



Figur 2.3.1: Overtrykk i overvannsledningen

Norsk fagkunnskap innen avløp var fra slutten av 1800-tallet opp til 1950-årene preget av tyske håndbøker. Særlig Imhoffs "Taschenbuch der Stadtentwässerung" ble brukt i Norge. Gjentakstintervall man oftest benyttet gikk fra 2 år og ned mot 1 år. Oftest ble 1 år som gjentakstintervall nevnt. Den sterke fagkapasiteten Reinhold (1940) benyttet 1 år for sine diagrammer og nomogrammer.

Bäckmann (1984) viser at i 1947 var det vanlig i Sverige å bruke 2 års regn i fellesavløpssystemer. Höganäs avloppshandbok 1972, sier at "i Sverige har man hittils som regel brukat dimensjonera kombinerade avlopp för 2-årsregnen och dagvattenledningar för 1-årsregnen".

Norge fulgte i mange år eksemplene fra Sverige og det var ganske vanlig før SFTs TA-550 kom i 1979 å dimensjonere for 2-årsregnet.

### 2.3.2 Metoder, kriterier og analyser

I det følgende er det vist en mulig fremgangsmåte for kommunenes arbeid med klimaeffekter og overvannsproblemer.

#### Strategi for analyse av mottiltak mot klimaeffekter

##### A) Målinger og innsamling av informasjon.

Innsamling av informasjon, målinger og inputdata til vurderinger og beregninger. Nødvendige målinger bør settes i gang så raskt som mulig, da det tar tid å få gode dataserier. Dette gjelder spesielt måling av korttidsnedbør i alle tettsteder. Snøsmeltebrett som nedbørmålere gir meget gode regnverdier. I tillegg gir de intensiteter på smelting og ikke minst kombinasjonen av smelting og nedbør. For at klimaforskere skal kunne utvikle klimapåvirkede regnserier og nye IVF-kurver, må det finnes målinger på nåværende nedbørforhold. Hvis avløpsmodeller skal brukes, trengs også målinger av nedbør og avrenning for å kunne kalibrere modeller.

##### B) Dokumentasjon av nåsituasjonen.

For å få en oppfatning av behovet for å gå inn i ulike typer planer for flere sektorer og flere nivåer er det nødvendig å analysere og dokumentere nåværende situasjon med konkretisering av risikonivå for flomskader og overløpsutslipp. Analysene vil blottstille eventuelle flaskehalser, problemområder og soner i kommunen som krever en grundigere planlegging av mottiltak mot klimaendringene eller eksisterende overvannsproblemer.

Man bør spesifikt ha som mål å kunne:

- Identifisere skadelige oppstuvninger og oversvømmelser som rammer infrastruktur, bygninger og eiendommer, samt større overløpsutslipp
- Beregne separat sannsynligheten for, og graden av oversvømmelse, med årsak i rørnettets kontra oversvømmelse via marken. (Kommunen er etter §24a i Forurensingsloven i stor grad ansvarlig for skader som skyldes tilbakeslag fra rørnettets, og i mindre grad ansvarlig for skader som skyldes vann fra marknivået).
- Kvantifisere risikoen for de ulike hendelser på ulike lokaliteter for å kunne prioritere tiltaksplaner. Man bør beregne frekvensen/gjentaksintervallet for ulike oppstuvningsnivåer og forurensningsutslippsmengder, samt ulike størrelser på skadeomfanget. Kostnadene som oversvømmelsene forårsaker er ofte nær relatert til oppstuvningsnivået over kjellergulvene i byggene.
- Forklare sammenhengen mellom skader eller utslipp og årsakene. Dette vil bidra til å kunne utbedre punktproblemer og flaskehalser mer effektivt.

I arbeidet med å vurdere nåsituasjonen kan man bruke risikoanalyser hvor risiko er definert som sannsynlighet ganger konsekvens. Dette gjør at man kan sammenligne alle årsaker til overløpsutslipp og oversvømmelser ved å vurdere sannsynlig hyppighet av hendelsen med konsekvensene av samme hendelse. Man kan dermed unngå å bruke uhensiktsmessig mye arbeid på enkelte problemer og tiltak, som sett over en tidsperiode på 30 - 50 år ikke bør veie særlig tungt, mens andre problemer som kanskje er viktigere blir nedprioritert.

### C) Analyser av klimaendringenes virkninger

Valg av scenarier for nedbør, avrenning, havnivå og stormflo som inngangsdata i beregningene for fremtidige konsekvenser.

Før man kan gjøre analyser av klimaeffektene må man bestemme hva slags klimascenarier man skal bruke. Dette er først og fremst hva slags nedbørintensiteter man skal bruke i stedet for dagens intensitets-varighets-frekvenskurver (IVF), tidsserier med klimadata, hva slags avrenningsforhold man skal bruke, hvilket havnivå og eventuelt hvilket stormflonivå man vil bruke. Disse forholdene er bl.a. beskrevet i kapittel 1.1. En oppsummering av dette er vist i det følgende:

- Nedbørintensiteter: Regn i størrelsesorden 1–2 timers varighet og med utstrekning på 10-25 km<sup>2</sup>, som ofte er dimensjonsgivende for mellomstore byer og bydeler i større byer, kan få større utslag enn de prosentvise økningene som er vist i tabell 1.1.1. Det minnes videre om at i en rapport utgitt av Miljøstyrelsen i Danmark (DHI og PH-Consult 2005) anbefales følgende: -"Den bedste anbefaling i dag må derfor være at gange nuværende dimentioneringsregn med en faktor på 1,2-1,5". Svenske forskere (Olsson mfl. 2007) fant faktorer på 1,2 til 1,6 for perioden 2071–2100. Nilsen (2008) har for klimascenario B2 og år 2071-2100 og ved bruk av den såkalte Delta Change Method utarbeidet nye klimapåvirkede IVF-kurver og en tidsserie med en tidsoppløsning ned til minutt-nivået. Regndataene gjelder for Oslo-området og viste at de sterkeste sommerregnenes intensitet kan øke med ca. 20 % og de sterkeste høstregnene med ca. 40 %.

Vi anbefaler at man tar kontakt med Meteorologisk Institutt eller tilsvarende fagmiljøer, for å få best mulig oppdatert estimat for fremtidige endringer i IVF-kurver for ulike deler av Norge. Dette gjelder også utarbeidelse av tidsserier for klimadata i et fremtidig klima. Normalt vil det være tilstrekkelig med temperatur og nedbør som klimaparametere i avløpsmodeller i tettsteder. Tidsseriene kan for eksempel bestilles for perioden 2071 – 2100.

- Avrenningsforhold: Veksling mellom tineperioder og fryseperioder om vinteren resulterer i situasjoner med meget høy avrenning fra permeable flater etter regn på frossen mark eller på meget oppbløtt mark, ofte kombinert med snøsmelting. Ved at flere dager pr år har regn og ved at marken oftere og i lengre perioder har et høyt innhold av vann, vil dette øke sannsynligheten for at avrenningskoeffisientene også øker. Dette vil si at samme regnintensitet som tidligere vil kunne gi større flommer i et nytt klimaregime.

Som følge av dette må man lokalt for det enkelte avrenningsfelt vurdere hvor mye eksisterende brukte avrenningskoeffisienter bør økes. Man må huske at vi her *ikke* snakker om midlere avrenningskoeffisienter for moderate regn, men avrenningskoeffisienter for sterke regn (for eksempel 10-årsregn eller mer) når avrenningskoeffisienten må forventes å være meget høy uansett klimaendringer eller ikke. I visse situasjoner kan det være riktig å sette avrenningskoeffisienten til 1,0.

Fortetting av urbane områder bidrar, på samme måte som klimaeffektene, til sterkere avrenning og dermed økte forurensningsutslipp. Slik fortetting som man forventer vil komme i fremtiden, må også tas inn i beregningene i tillegg til klimaeffektene.

- Havstigning i forhold til landnivået: Det anbefales å ta utgangspunkt i tabell 1.1.2. Hvilket år man skal beregne for, må man vurdere lokalt for den enkelte situasjon. I tabellen er angitt havstigninger i forhold til landnivå for år 2050 og år 2100.

- Stormflo er økning i havnivået på toppen av tidevannstanden. Dette skyldes at vinden skyver vannet foran seg og stuver dette opp mot land. Hvis stormflo kommer på toppen av et høyt tidevann, vil mye avløpsvann kunne stuve seg opp i avløpsnett og øke overløpsmengdene utover det normale. For eksempel kan stormflonivået i Oslo øke fra 69 cm i perioden 1980-1999 til 100 cm i perioden 2030-2049. Mer om slike prognoser for stormflo i Norge kan finnes hos La Casce, J. og Debernard, J. (2007).

De forhold for nedbør og havnivåer som er nevnt over gjelder i hovedsak når man vil beregne maksimale utslipp for enkeltregn og oversvømmelser. Hva man gjør ved langtidssimuleringer er omtalt andre steder i dette kapittelet.

Om man både skal regne med havstigning og stormflo, må vurderes i det enkelte tilfellet.

#### Fremgangsmåte for analysearbeidet

Basert på god lokal kunnskap kan kommunen deles inn i soner, hvor enkelte soner antagelig vil kunne bedømmes å være mindre utsatt enn andre soner. Man kan starte med en grovanalyse, med for eksempel bruk av enkle terrengmodeller eller kartanalyser, av konsekvensene av klimaendringene. Dette kan gi prioritering til eventuelle etterfølgende mer grundige analyser. Man vil ved forenklede analyser forsøke å vurdere om egne servicekrav overfor innbyggerne, tekniske funksjonskrav og eventuelle myndighetskrav blir overskredet.

Man kan for eksempel å se på oppstuvningsnivåer, antall bygninger som flomskades eller overløpsmengder i ulike måneder av året. Neste steg blir å vurdere alvorligheten av skadene og utslippsmengdene og se på hvor ofte ulike situasjoner vil oppstå. Overløpsutslippenes størrelse må sammenholdes med resipientens sårbarhet og tilhørende brukerinteresser.

Der det åpenbart blir nødvendig med kompenserende tiltak på grunn av klimaendringene, kan det være riktig med mer grundige analyser av konsekvensene. Det vil som regel være nødvendig å bruke hydrodynamiske avløpsmodeller som MOUSE, SWMM eller tilsvarende. Kinematisk-bølge modeller som for eksempel NIVANETT, vil ikke kunne gi god nok nøyaktighet dersom vannet stuver seg opp over toppen av rørene hvis



en kum har flere utløp enn ett, og hvis videreført vannmengde fra overløpet ikke er ganske konstant og uavhengig av innkommende vannmengde til overløpet.

Utslippsmengdene i overløp bør beregnes både for enkelte ekstremregn, en sommermåned hvor man har sårbare brukerinteresser og et sårbart biologisk mangfold, samt for utslipp over et helt år. (SFT 2007). For å kunne gjøre dette må man ha modeller som kan simulere lange perioder som et helt år i samme kjøring. Virkningene av alle regn i perioden blir beregnet av modellen. Man kan da få med virkninger av at enkelte regn kommer når rørsystemet og marken rundt avløpsnettet er fylt godt opp med vann allerede. Man får i slike situasjoner liten dempningseffekt og mye mer går i overløp, enn hvis rørvolumet og porene i marken ikke er fylt opp på forhånd.

En slik langtidssimulering tar normalt utgangspunkt i tidligere målte nedbørserier som passer det lokale feltet, og man kan for eksempel bruke målt nedbør i et år som hadde omtrent midlere nedbør. For å simulere klimaendringene over et helt år, har enkelte tatt utgangspunkt i de prosentvise økningene som er vist i tabell 1.1.1 for de ulike sesongene. Hver sesong multipliseres da med sin faktor som vist. Det er imidlertid en bedre løsning å kontakte Meteorologisk institutt eller tilsvarende fagmiljøer for å få utarbeidet en tidsserie for f.eks 2071–2100, slik det er gjort for nedbørstasjonene på Blindern og Gardermoen av Meteorologisk institutt, med modelldata for temperatur og nedbør fra regional klimamodell med 1-times tidsoppløsning. (Pådrivsdata fra MPI's globale klimamodell og utslippsscenario B2 for kontrollperioden 1961-1990 og scenarieperioden 2071-2100.)

Ofte vil det være tilstrekkelig med tidsserier med nedbørdata og temperaturdata.

Selv om enkeltregn av interesse for byer kan få mye større utslag enn vist i tabell 1.1.1, som er beregnet ut fra en meget grov gridcelleinndeling, vil dette bli utjevnet over den lange simuleringstiden i en tidsserieberegning.

For å kunne beregne maksimalutslipp i enkeltstående regn og oversvømmelser bør man imidlertid bruke større faktorer, som antydnet i kapittel 1.1. Det å vite maksimalutslipp som kan forekomme for eksempel bare en gang pr år eller sjeldnere kan være av stor interesse, da en sjokkbelastning kan ta livet av mange arter. Store overløpsutslipp er av spesiell betydning for drikkevannsinteresser eller badeinteresser nedstrøms eller i nærheten av utslippet.

DANVA (2007) anbefaler å analysere virkningene av klimaendringene i flere trinn frem til for eksempel 100 år fra nå. Hvis prognosene for klimaendringene på angjeldende sted tilsier en økning i regnintensiteten på 50 % i løpet av 100 år, kan man anta en lineær utvikling som vist i tabellen under. Ved å øke regnintensiteten i trinn på denne måten vil man kunne finne i hvilke tidsperiode ulike systemkomponenter svikter funksjonskravene, slik at man har tid til å planlegge mottiltak i god tid før problemet blir for stort.

*Tabell 2.3.2: Gradvis økning av regnintensitetene som følge av klimaendringene. (DANVA 2007)*

<b>Tidshorisont</b>	<b>Økning i regnintensitet</b>
I dag	0 %
Om 10 år	5 %
Om 25 år	12,5 %
Om 50 år	25 %
Om 100 år	50 %

D) Tiltak for kompensasjon av fremtidige økninger i forurensningsutslipp og flomskader.

Slike tiltak kan sorteres på følgende hovedprinsipper (Lindholm 2007):

Reduksjon av tilrenning til avløpssystemene med infiltrasjon til grunnen eller til lukkede magasiner i grunnen (f.eks. steinmagasiner). Om mulig bør man frakoble overvannet fra rørrettet i eksisterende systemer og praktisere ikke-tilkobling i nye fortettinger og utbygginger. Dette benevnes normalt som lokal overvannsdiskontering (LOD). Se vedlegg 1.

Forsinkelse og demping av flomtoppene før vannet tilføres avløpssystemet ved bruk av strupeplater på gatesluk, åpne dammer, åpne renner og andre åpne vannveier, våtmarker etc. Benevnes også som LOD-tiltak. (Gatesluk vil ofte begrense videreført mengde til ledningssystemene ved dimensjonerende situasjoner og kan ofte være utsatt for tiltetting, så struping bør vurderes i forhold til konsekvenser/flomveier.)

Fordrøynings tiltak i selve avløpsnettet, som fordrøyningsbasseng av rørpakker, eller i plasstøpt betong, heving av overløpskanter opp til et nivå som ikke øker flomskadene for mye, bevegelige overløpskanter som til enhver tid demmer opp mest mulig vann i selve rørsystemet oppstrøms, etc. Fordrøyningsvolum i kombinasjon med selve overløpet kan utformes slik at fraskilling av partikler kan skje før overskuddsvannet går i overløpet når bassenget er fylt opp.

Økning av rørkapasiteten nedstrøms overløp eller i flaskehalser. Kan skje ved utskiftning til større rør, rehabilitering ved utblokking av eldre rør, rehabilitering av kummer med dårlig hydraulisk linjeføring eller rehabilitering av rør med høy rørfriksjon. LOD-løsninger bør om mulig brukes før rørkapasiteten økes.

Et aktuelt kommunalt tiltak, som ikke er et såkalt LOD-tiltak, kan være å føre avløpet fra et nyutbygget felt/fortettingsområder nedstrøms flaskehalser og kritiske overløp til et sted i nettet som har bedre kapasitet.

Rensende overløp (fellessystemet) som oppkonsentrerer forurensningene og sender dette til avløpsrenseanlegget.

Fordrøyningsvolum i avløpsrenseanlegg for å utjevne topper i vannføringen. Dette minker forurensningsutslippene fra utløpet og via overløp som ligger umiddelbart før eller i renseanlegget.

Separering av fellesavløpssystem. Dette er ofte kostbart og langsiktig, men gjøres i økende grad i mange kommuner. Tiltaket gjør at man kan holde tritt med den gradvis økende klimaforverringen.

Det er viktig å oppmuntre eller eventuelt pålegge tiltak for å infiltrere eller forsinke/fordrøye overvannet ved kilden. Kilden er ofte hos private på grunneieres egne tomter. Det vannet som ikke kan tas vare på der, må tas hånd om av kommunale tiltak.

Informasjonstiltak:

Kommunene bør offentliggjøre sine flomsone nivåer og hvilke områder i kommunen som er spesielt utsatt ved ulike gjentakelsesintervall av nedbør og flommer. På dette grunnlaget kan eiendomsbesitterne gjennomføre private tiltak og disposisjoner som de finner hensiktsmessig. Slik offentliggjøring vil også føre til at nye bygg bedre vil tilpasse seg risikoen.

E) Planer hvor hensynet til klimaendringer bør inn

EU-direktiv med føringer for tiltak vedrørende flom og virkninger av klimaendringer er Vannrammedirektivet og Flomdirektivet. I henhold til Vannrammedirektivet skal alle vassdrag, innenfor rimelighetens grenser, føres tilbake mot naturtilstanden. Råkkloakk fra overløp er derfor ikke akseptabelt i vassdrag og fjorder. Alle brukerinteresser og tiltak skal sees i sammenheng i hele nedbørfeltet under ett. Dette krever en koordinering internt i kommunen og med andre kommuner og aktører i nedbørfeltet.

Flomdirektivet (EU Kommisjonen 2006) krever at ansvarlig myndighet skal gjennomføre risikoanalyser for skadelige hendelser som følge av flommer. Det skal deretter fastsettes et akseptabelt risikonivå for disse hendelsene. Videre skal man planlegge tiltak som gjør at man innen år 2015 har oppnådd det akseptable risikonivået. Arbeid under Flomdirektivet må samordnes med Rammedirektivet som handler om en samordnet håndtering av alle konsekvenser og tiltak i et nedbørfelt.

Plan- og bygningslovens forskrifter, reglement og arealplaner er helt sentrale når det gjelder å løse utfordringene med overløpsutslipp og oversvømmelser. Det må settes av plass til redusering av tilrenning til avløpssystemene med hjelp av infiltrasjon via grøntområder og vegetasjon, samt ved frakobling i eksisterende systemer og ikke-tilkobling i nye fortettinger og utbygginger. Videre trengs arealer for forsinkelse og dempning av flomtoppene før vannet tilføres avløpssystemet ved bruk av åpne dammer, åpne renner og andre åpne vannveier. Disse prinsippene må nedfelles på alle nivåer via pbl i kommuneplanen, hovedplan avløp, områdeplaner for avløp, reguleringsplaner og detaljerte bebyggelsesplaner.

Kommunens beredskapsplan må også ha med elementer om hva man gjør før, under og etter flommer. Her må overløpsutslipp, som har karakter av meget store sjokkbelastninger over korte perioder, og andre oversvømmelseskader komme med. Informasjon er også en viktig del av en beredskapsplan. For eksempel bør man vurdere:

- å gi informasjon til de som bor i et nærområde nedstrøms et overløpsutslipp. Gi informasjon til beboere som har en utsatt beliggenhet med tanke på flomskader om hva de kan gjøre for å minke egen risiko. (For eksempel sjekke husforsikringen, om verdifulle gjenstander oppbevares lavt på kjellernivå, om sikringsskap og stikkontakter står for lavt på veggen, om tilbakeslagsventil bør overveies, om overflatevann kan trenge inn via garasjenedfarter, kjellervinduer, etc.)
- informasjon om hva innbyggere generelt kan gjøre før, under og etter en flom.
- informasjon om viktige telefoner, om hva kommunen kan tilby av assistanse, om hva kommunen har gjort av tiltak og videre planer.

Fornylsesplaner for avløpsnettet må ta hensyn til klimaendringene når deler av nettet skal skiftes ut eller rehabiliteres.

En samlet kommunal klimaplan hvor VA-sektoren med flomhåndtering i byer og tettsteder står sentralt, kan være riktig å utarbeide. I planen må ligge en prioritering av alle typer tiltak, både administrativt og teknisk. Planen, som kan gi en prioritering av tiltakene, bør ha milepæler, ansvarlig etat/enhet, kostnadsoverslag og finansierungsplan. De ansvarlige for avløpsanleggene i kommunen bør ikke vente på en slik plan, men straks gå i gang med sitt ansvarsområde.

### **Valg av analysesituasjon for avrenningsforhold på overflatene**

Overvannsmengden er i særlig grad avhengig av nedbørforholdene og avrenningsområdets karakter og spesielt urbaniseringsgraden, dvs. andel tette flater. Det er stor forskjell på kystklima og innlandsklima. På kysten er det kaldt maritimt klima med milde vintre og mye nedbør om høsten, mens det i innlandet er varm sommer og kald vinter og mest nedbør om sommeren der de intense ettermiddagsbygene dominerer. Hendelser de senere år viser imidlertid at intense sommerbyger også kan imidlertid oppstå i kystnære områder. Nedbøren avtar fra vest mot øst og fra sør mot nord. I lavlandet på Østlandet er årsnedbøren normalt på 600-800 mm, men på Vestlandet kan årsnedbøren bli 4-5 ganger større. Maksimal årlig døgnnedbør varierer også. På Østlandet er dette normalt 40-60 mm/døgn, mens på Vestlandet er maksimal døgnnedbør ofte over 100 mm. Avrenningene opptre derfor forskjellig på kysten og i innlandet. I mellom ligger en grensesone der begge tilfeller kan opptre. Erfaringer viser at maksimale avrenninger vinterstid kan overskride avrenninger sommerstid, og at

volumavrenninger vinterstid kan overskride volumavrenninger sommerstid mange ganger (Matheussen og Thorolfsson, 1999). I perioden 1978–2003 var det 12 store avrenningstilfeller i Trondheim, hvorav 7 skjedde om vinteren. Den største 30-31. mars 1997 med regn på snødekket og frossen mark, Nilsen mfl. (2001) og Thorolfsson (2004). Praksisen med å dimensjonere overvannssystemer bare ved å betrakte intense sommerregn på tette flater bør derfor endres.

I urbane områder kan avrenningssituasjonene karakteriseres etter årstidene, dvs. sommer, høst, vinter og vår (Thorolfsson 1999). Disse er som følger:

**1. Sommersituasjon:**

Intense regnbyger og avrenning fra de tette direkte tilkoblede overflatene. Liten avrenning fra semipermeable og permeable flater.

**2. Høstsituasjon:**

Langvarig regn på våt og/eller frossen mark. Avrenning fra alle flater med betydelig avrenning fra permeable flater.

**3. Vintersituasjon**

Regn på snødekket og frossen mark. Avrenning fra alle tette flater og betydelig avrenning fra semipermeable og permeable flater. Avrenningsvolumet kan overskride regnvolumet pga. smelting.

**4. Vårsituasjon**

Snøsmelting, våt og mettet mark, avrenning fra alle typer flater.

Alle avrenningssituasjoner vil kunne oppstå gjennom året. Alle avrenningssituasjonene må derfor kunne beregnes og analyseres. Avrenninger som involverer snøsmelting er det vanskelige å beregne eksakt og metodeutvikling pågår. (Matheussen 2004).

I små nedbørfelt, dvs under 20-50 hektar, vil det stort sett være sommersituasjonen som gir størst avrenningstopp og gir oftest dimensjonerende vannføring. Volumavrenningen derimot blir gjerne stor om vinteren, da marken er frossen og smeltevann kan komme i tillegg, (Matheussen og Thorolfsson, 1999). Inntak, sluk, bekkeinntak etc er ofte frossen i starten av et regntilfelle om vinteren. Gode kunnskaper om vinterforholdene, snødekke, frossen mark er derfor viktige.

I delvis urbane områder med store permeable flater kan det forekomme store maksimale avrenninger og volumavrenninger ved svært våt eller frossen mark om høsten og med regn på toppen av et langvarig frontregn.

Det er viktig å skille mellom avrenningskoeffisienter for kortvarige regn for dimensjonering av avløpssystemets transportkapasitet og dimensjonering av fordrøynings- eller rensedamper for overvann. Ved dimensjonering av et fordrøyningsbasseng med tilhørende flomsikringsavrenning ved en langtidshendelse benyttes normalt avrenningsfaktorer som er noe høyere enn for en korttidshendelse. Typiske anbefalte verdier i litteraturen i dette tilfellet tilsier at avrenningsfaktorer bør økes fra 0,4-0,7 for en korttidshendelse til 0,6-0,8 for en langtidshendelse. Det er imidlertid eksempler på at man har valgt å dimensjonere for en avrenningsfaktor på 1,0, dvs. at all nedbør renner av i løpet av den perioden som bassenget fylles opp og tømmes. Begrunnelsen for dette er at i en ekstremsituasjon og med tanke på sikring av flomavrenning bør ta som utgangspunkt at grunnen er fullt ut vannmettet forut for regnhendelsen, og at den derfor ikke kan magasinere ekstra vannvolum.



*Figur 2.3.2. Store vannmengder som ikke lar seg infiltrere på Lura i Sandnes. En planlagt helhetlig flomvei ville neppe gått over en bensinstasjon med all forurensning som finnes der.*

I større nedbørfelt blir det gjerne høst- og vintersituasjonen som gir de største spiss- og volumavrenningene (Nilsen og Bjørgum 2001).

For avskjærende avløpssystemer bør hele årsavrenningen analyseres, minutt for minutt, time for time og måned for måned, ved bruk av kontinuerlige simuleringsmodeller, der spesiell snøsmelterutine beregner snøsmelteavrenningen. Det vil gi avlastede vannvolumer i overløp og eventuelt behov for fordrøyning og tiltak mot oppstuvninger og overbelastninger.

#### Dimensjonering:

En sommersituasjon må beregnes for maksimal avrenning for alle feltstørrelser i alle landsdeler.

I tillegg bør man beregne følgende avrenningssituasjoner:

- Vinteravrenning, frossen mark, snødekket mark med snøsmelting og langvarig regn, når feltene er større enn 20-50 ha. (Sommerregn bør være utsortert fra IVF kurvene).
- Det beregnes også høstavrenning med langvarig regn og våt mark når feltene er større enn 20-50 ha.

Den største avrenningen av disse gir maksimal avrenning for alle årstider.

#### Volumberegninger:

Ved beregninger av avlastninger i overløp, tiltak for fordrøyning, oppstuvning og overbelastning, samt belastninger på renseanlegg, bør det utføres kontinuerlige simuleringer av avrenningssituasjonene over hele året for sommer-, høst-, vinter- og vårsituasjonen.

#### **Hensyn til kaldt klima**

Frost, tele, snø/snøsmelting med mer kan medføre problemer både for tradisjonelle overvannsanlegg og anlegg for lokal overvannshåndtering.



Utfordringer knyttet til utforming og drift av overvannsanlegg i kaldt klima kan blant annet være:

Frost/isdannelse i åpne renner og kanaler

Isdannelse, tiltetting av sluk/innløp, issørpe som hindrer vannets vei

Isdannelse på dammer (redusert rense- og fordrøyningseffekt)

Redusert oksygeninnivå i isdekkede dammer

Lav biologisk aktivitet

Redusert sedimenteringshastighet

Telehiv som skader infrastruktur og bygninger.

Redusert infiltrasjon til grunnen

Kort vekstsesong for vegetasjon

Negative effekter av veggssalting på vegetasjon og vannmiljøet

Høye avrenningskoeffisienter ved frost/isdekket mark

Stor avrenning ved samtidig regn/snøsmelting

Høy forurensningsbelastning ved snøsmelting

Snødeponier som ved smelting avgir forurensninger

Problemstillinger knyttet til kaldt klima må tas hensyn til ved utforming og bygging av anlegg, og tilfredsstillende forhold med hensyn til drift og vedlikehold av anleggene må ivaretas.

### **Hvordan analysere flomveier på overflatene**

Overvannshåndteringen må vurderes med hensyn på både normal nedbørsituasjon og flom.

Dersom ledningssystemet blir overbelastet, tiltettet eller ødelagt, skal det finnes et avrenningssystem på overflaten som overvannet kan renne bort på uten uakseptable skadevirkninger.

Flomveger skal planlegges både på overordnet plannivå og detaljert plannivå. Disse skal dimensjoneres for å kunne ta unna all avrenning fra hele nedbørsfeltet, og bør minst analyseres for hva som trengs for en kapasitet lik 100-års flom. Ved valg av flomveienes kapasitet bør man veie anslåtte skader og ulemper opp mot kostnadene for anlegg av flomveiene. Man har optimal kapasitet for flomveien når summen av anleggskostnader, drift- og vedlikeholdskostnader, skadekostnader ved flommer og flomulemper er minst mulig. Kapasiteten til flomveiene skal angis. Det må kontrolleres at nedenforliggende områder kan håndtere de tilførte vannmengder fra flomveier.

Veg og gateoverflate, parkområder ol kan eventuelt inngå som en del av flomveien.

Dette forutsetter særskilt begrunnelse, samt godkjenning av rette myndighet. Flomveier bør fortrinnsvis følge offentlig grunn. Dersom flomveier må følge privat grunn kan det være nødvendig å hjemle ivaretagelse av flomveiene i bindende arealplaner og følge opp planene gjennom avtaler med grunneierne eller erverv av grunnen. Flomveier bør generelt utføres slik at de forsinkes og fordrøyer avrenningen slik at store flomtopper i nedenforliggende vassdrag forebygges. Når man vil beregne flomveier på overflaten, er terrengmodeller av stor nytte. Man må da finne flomveiene via de laveste punkter i terrenget og finne hvor høyt vannflaten vil stige i flomløpene og hvilke arealer som da oversvømmes.

### **Erosjon og sedimentering**

Ved planlegging og prosjektering av overvannsanlegg skal alltid erosjonssikring vurderes. Dette gjelder både for nye anlegg (grøfter, kanaler, dammer ol) og for eksisterende anlegg og vannveier. For stikkrenner og kulverter må utforming ved innløp og utløp vurderes spesielt.

Aktuelle tiltak for erosjonssikring kan være reduksjon av vannhastighet ved bruk av energidrepere, plastring av skråninger og innløps- og utløpsområder, bruk av vegetasjon m.m.



*Figur 2.3.3. Vannet finner den letteste veien uavhengig av om det er kontrollert avrenning eller ei.*



*Figur 2.3.4. Her har vannet fått fritt spillerom og erodert i stykker en veg.*

På byggeplasser og anleggsområder må det vurderes spesielle tiltak for å hindre uønsket påvirkning av vassdrag og/eller grunnvann som følge av erosjon, utvasking og sedimentering.

### Bruk av manuelle beregningsmetoder

Ved bruk av den rasjonelle formel som den manuelle metoden, får man bare beregnet maksimalvannføringen fra et område på et tidspunkt som tilsvarer konsentrasjonstiden etter regnets start. Man må da regne området som ensartet, det vil si man må bruke en gjennomsnittlig avrenningskoeffisient. Skal man ha et helt hydrogram og ikke bare maksimalpunktet på denne, må man bruke f.eks. summasjonskurvemetoden og dele inn i flere mindre delfelt.

Dersom man vil bruke en manuell metode, må forutsetningen være at rørene ikke får oppstuvning, og det vil si at rørene ikke går mer enn såvidt fulle. Dersom man ønsker å beregne oppstuvningssituasjoner, må man bruke EDB-modeller. Heller ikke kinematiske bølgemodeller, som for eksempel NIVANETT, er gode nok til oppstuvningsberegninger. Man må da velge en EDB-modell med "dynamisk bølge-analyse". Dette vil i praksis bety at MOUSE, SWMM eller tilsvarende dataprogram brukes.

Dersom regnet varer mindre enn konsentrasjonstiden, vil manglende hensyntagen til rørslagringen gi for høye vannføringer. Selv med en regnvarighet lik konsentrasjonstiden kan man få f.eks. 30-40 % for høye vannføringer ved bruk av manuelle metoder i forhold til hydrodynamiske modeller (Lindholm 1972).

Ved manuelle metoder er man i praksis begrenset til å bruke konstant regnintensitet; såkalte "kasseregn". Forurensningsanalyser for overløp vil heller ikke kunne utføres med manuelle metoder. Med de begrensninger som er nevnt ovenfor, kan manuelle metoder gi rimelig brukbare overslagsverdier for maksimalvannføringen i mindre avløpsfelt.

NS-EN 752-standardens antyder at man for å skaffe seg enkle overslagsberegninger, bør kunne bruke den rasjonelle formel på områder med mindre konsentrasjonstid enn 15 minutter eller 200 ha. Det anbefales likevel ikke å bruke manuelle metoder på større felt enn 20-50 ha.

### Valg av dimensjonerende gjentakintervall for regn

Tabell 2.3.3 viser gjentakintervaller fra NS-EN 752 gjeldende som Norsk standard fra 1997.

Det er ikke angitt at tabell 2.3.3 gjelder noe bestemt system. Man må derfor gå ut fra at den gjelder både for separat- og fellesavløpssystem. Venstre side av tabellen er tenkt brukt på mindre avløpsfelt med det angitte dimensjonerende regn. Ledningene skal da ikke fylles mer enn til topp av rørene.

Tabell 2.3.3. Dimensjonerende hyppigheter ifølge Norsk standard NS-EN 752 1997.

Dimensjonerende regnskyllhyppighet (1 i løpet av "n" år)*	Plassering	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet (1 i løpet av "n" år)**
1 i løpet av 1	Landbruksområder	1 i løpet av 10
1 i løpet av 2	Boligområder	1 i løpet av 20
1 i løpet av 2 1 i løpet av 5	Bysenter/industriområder/forretningsstrøk -med oversvømmelseskontroll -uten oversvømmelseskontroll	1 i løpet av 30
1 i løpet av 10	Undergrunnsbaner/underganger	1 i løpet av 50

\* Ledningsnettets skal bare fylles til topp rør ved dimensjonerende regn.

\*\* Oversvømmelsesnivået skal normalt regnes til marknivået eller kjellernivå.

Høyre side i tabellen er tenkt brukt for større felt når skader kan oppstå, samt når hydrodynamiske modeller brukes. I følge NS-EN 752 kan man da la oppstuvningen gå opp til marknivået eller et annet definert nivå. Hvis man ikke har kontinuerlige målinger gjennom mange år i det aktuelle nettet (hvilket svært få har), er det vanskelig å skaffe avløpsfrekvensanalyser direkte. Eneste mulighet da, er å bruke en modell med såkalt "hydrologisk minne" som det MOUSE og SWMM har, og kjøre tidsserieanalyser over mange år. Dette betyr at modellen holder rede på de hydrologiske enhetsprosesser og tilstander, slik at feltets reaksjon på et regn blir avhengig av foregående regns karakter og tidspunkt. På denne måten blir det modellen som beregner flomavløpene og oppstuvningene på basis av nedbørmålinger.

Ved beregning av oppstuvninger med modeller må det legges inn en rekke data og forutsetninger. Disse må i størst mulig grad være basert på forsvarlige målinger og kalibreringer. Uansett vil det ligge igjen en usikkerhet som påvirker resultatene. Størrelsen på disse vil man kunne få et inntrykk av ved å gjøre følsomhetsanalyser på de viktigste parameterne.

Tabell 2.3.4 viser de minimums gjentakintervaller som Norsk Vann anbefaler brukt dersom man ikke selv beregner et optimalt gjentakintervall for det aktuelle feltet. Ideelt sett bør optimalt gjentakintervall baseres på samfunnsøkonomiske betraktninger og bærekraftige løsninger i hvert enkelt felt, sett over hele ledningens levetid. Dette kan være komplisert å beregne, så i de fleste tilfeller anbefales det å følge tabell 2.3.4 som minimumskrav.

**Tabell 2.3.4. Norsk Vanns anbefalte minimums dimensjonerende hyppigheter for separat- og fellesavløpssystem.**

<b>Dimensjonerende regnskyllhyppighet *</b> <b>(1 i løpet av "n" år)</b>	<b>Plassering</b>	<b>Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet**</b> <b>(1 i løpet av "n" år)</b>
1 i løpet av 5	Områder med lavt skadepotensiale (utkantområder, landbrukskommuner)	1 i løpet av 10
1 i løpet av 10	Boligområder	1 i løpet av 20
1 i løpet av 20	Bysenter/industriområder/forretningsstrøk	1 i løpet av 30
1 i løpet av 30	Underganger/ områder med meget høyt skadepotensial	1 i løpet av 50

\* Ledningsnettet skal bare fylles til topp av rør ved dimensjonerende regnskyllhyppighet.

\*\* Oversvømmelsesnivået skal normalt regnes til et kjellernivå 90 cm over topp av rør i hovedledningsnettet.

For spesielt viktige installasjoner og infrastruktur må dimensjonerende hyppighet vurderes særskilt.

For ekstremt sårbare objekter som T-banetunneler, større underjordiske handlesentre og må det foretas en egen risikovurdering og en egen beregning av samfunnsøkonomisk riktig gjentakintervall for avløpssystemet.

Dersom en by for eksempel har store flate områder som medfører at svært mange kjellere oversvømmes når en større regnhendelse kommer, vil tallene i tabell 2.3.4 sannsynligvis ligge for lavt i forhold til en samfunnsøkonomisk vurdering. I områder med bedre fallforhold vil normalt færre kjellere oversvømmes ved samme regntilfelle. I slike tilfeller kan tabell 2.3.4 ligge nærmere de samfunnsøkonomisk riktige verdier.



Ved nye anlegg eller oppgradering av eksisterende anlegg må valg av rentefot vurderes nøye fordi et nivå rundt 3 % kan gjøre det lønnsomt med nesten en dobling av investeringene i forhold til ved 7 %. Det kan nevnes at NVE anbefaler å bruke 4 % ved beregninger av optimale flomsikringstiltak i vassdrag.

Det er ikke bare størrelsen på enkeltflommene som er av interesse for et samfunn, men antallet av flommer over en viss størrelse. For å analysere om et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt, bør man for eksempel finne *alle* flommer som gir skader i det aktuelle feltet over for eksempel 40 år. En slik beregning krever en tidsserieanalyse med nedbørdata (eller eventuelt klimadata med både nedbør og temperatur) over denne perioden. I praksis må dette gjøres ved hjelp av avløpsmodeller.

Det er mange usikkerheter involvert i flomberegninger som følge av klimaendringer. Det er derfor viktig å gjøre følsomhetsanalyser på sentrale usikre inngangsparametere. Dette kan for eksempel være fremtidige antatte regnintensiteter, avrenningsforhold eller havnivåstigninger. Beslutningen om tiltak må påvirkes av usikkerheten i inngangsdataene.

Framtidig utvikling i området må også vurderes ved analyser av riktig lokaltilpasset dimensjonerende gjentakintervall. Dersom dette ikke gjøres, anbefales det at tabell 2.3.4 brukes.

En kommune bør analysere hva som er optimalt gjentakintervall i sine felt. Det kan være nyttig å bruke en risikobetraktning som utgangspunkt. Risiko er definert som sannsynligheten for en hendelse multiplisert med konsekvensen av denne hendelsen. Man ønsker å minimalisere risikoen for erstatningsutbetalinger eller regresskrav fra forsikringsselskapene, og for skader sett over et visst antall år. Dette må vurderes opp mot de kostnader man får ved ulike alternativer for bygging og drift av rørnett, åpne anleggsløsninger, og helhetlige flomveier. Kommunens servicenivå overfor sine abonnenter er også et viktig hensyn i denne sammenheng. Kommunene må for ny utbygging også forholde seg til NVEs retningslinjer, som forutsetter enda høyere sikkerhet for en del typer arealbruk og infrastruktur. (NVE 2007).

Fordi eksisterende ingeniørpraksis i Norge på visse punkter har vært strengere enn NS-EN 752, har man her valgt å avvike noe fra NS-EN 752. Videre har man valgt å ikke skille mellom bygninger med og uten tilbakeslagsventil. Installering av tilbakeslagsventil er huseiers ansvar. Dessuten kan man ikke være sikker på at ventilen virker når flommen kommer, dersom den ikke vedlikeholdes regelmessig og korrekt.

### **Det er liten grunn til å skille mellom separat- og fellesavløpssystem**

Det er liten grunn til å skille mellom avløpssystemene fordi en oppstuvning i overvannsledningen over kjellergulv også sannsynligvis gir oversvømmelser. Dette skyldes at veggen som støpes på kjellergulvet, ikke gir en vanntett sammenføyning. Selv om det er mer ubehagelig at vann fra fellesavløpssystemet er kommet inn enn vann fra en overvannsledning, er forskjellene ikke avgjørende med hensyn til skadeomfanget. NS-EN-752 skiller heller ikke mellom systemene. I mange kommuner er det dessuten et lappeteppe med ulike systemer blandet sammen og mange separatsystemer er såkalte ikke-virkende separatsystemer.

For bruken av tabell 2.3.4 anbefales følgende:

- Hovedledningssystemet dimensjoneres først med "dimensjonerende regnskylhyppighet" (venstre side i tabellen), slik at rørene bare går så vidt fulle. Dersom det er små felter med konsentrasjonstid mindre enn 15 minutter, kan manuelle metoder vurderes benyttet.



- En simuleringsmodell bør deretter brukes til å beregne nivået av sikring mot oppstuvning i forhold til den "dimensjonerende oversvømmelseshyppighet" (høyre side i tabellen). Ved avløpssystem som har kjellerløse hus, kan oppstuvning tillates til marknivået. Ellers bør oppstuvning bare tillates til kjellernivået. (90 cm over topp rør).

Eksempel: Man har et større område med boliger og velger dermed andre rad i tabell 2.3.4. Man dimensjonerer ledningene slik at rørene ikke går mer enn så vidt helt fulle i et regn med 10 års gjentakintervall. Deretter kan man kjøre en representativ regnserie med f.eks 20 års regndata i en dynamisk modell med hydrologisk minne (MOUSE, SWMM, etc). Oppstuvning til kjellergulv skal da ikke skje oftere enn en gang (En gang på 20 år). I den forbindelse kan det nevnes at dette i praksis betyr at det mest utsatte, eller de mest utsatte hus rammes av flom med den nevnte frekvensen. Det er sjelden at mange hus i et helt område er like utsatt som det eller de mest utsatte.

Dersom man for eksempel velger å kontrollere et eksisterende felt for et 10-årsregn, for å se om rørnettet klarer dette regnet med bare maksimum fylling til topp av rør, kan følgende situasjon oppstå: Man velger f.eks å se på en høst- eller vinteravrenning hvor avrenningskoeffisienten kan bli meget høy. (I intensitetskurvene for regn skal sommerregnene i så fall være utsortert). Dersom feltet har store permeable områder, kan vannføringen nå bli meget større enn det en eventuell sommerregndimensjonering tidligere har gitt. Man kan da få mer avrenning enn nettet klarer uten oppstuvning. Da bør man vurdere om det er gunstigere å anlegge en åpen trygg flomvei gjennom området for det overskytende vannet, enn det å oppdimensjonere rørnettet.

#### **Det koster lite å mangedoble rørkapasiteten ved nyanlegg**

Det har i tidligere år vært tradisjon å runde av dimensjonene oppover for å sikre seg bedre mot overbelastning. Et konkret eksempel fra en dansk veiledning (Spildevandskomiteen 2005) viser at det koster i størrelsesorden 5 % å øke gjentakelsesintervallet fra 2 år til 5 år. En dobling av rørdiameter øker kapasiteten mer enn seks ganger. Ved usikre rammebetingelser kan det derfor være riktig å gå litt opp i kapasitet/dimensjon.

Dersom man finner at nye og større dimensjoner på avløpsrør må legges, er det viktig å sjekke om rørene fortsatt er selvreisende i tørrvær.



NVEs Retningslinje nr.1.- 2007 angir at boligområder ikke skal utsettes for flom oftere enn gjennomsnittlig en gang pr 200 år. Dette er ikke i i strid med denne veiledningens anbefaling på 20 år. NVEs retningslinje gjelder elveflommer som kan være mye mer skadelig og dramatisk enn det å få vann i kjelleren under en forholdsvis kort tid.

*Figur 2.3.5 Overbelastet overvannsledning*

### **Separering av fellesavløpssystem**

Dette er ofte kostbart og langsiktig, men gjøres i økende grad i mange kommuner. Tiltaket kan gjøre at man holder tritt med den gradvis økende klimaforverringen

### **Om beregningsmetodikk med ulik bruk av regndata**

Seks ulike nivåer av innsats og kompleksitet for bruk av regndata er beskrevet i vedlegg 6. (Vedlegget finnes på [www.norskvann.no](http://www.norskvann.no)). Dette er:

- Bruk av bare ett kasseregn, som f.eks. 10 minutter med 200 l/s ha
- Omdanning av et kasseregn til modellregn av typen SIFALDA, e.l
- Mange kasseregn, valgt langs hele IVF-kurven (for et gitt gjentakintervall)
- Omdanning av IVF-kurven til modellregn som f.eks. symmetrisk hyetogram
- Lange tidsserier hvor man lager frekvensfordelingsfunksjoner for ulike hendelser
- Utarbeidelse av dimensjonerende modellregn på basis av kjøring med lange tidsserier

Det kan være av betydning at regnintensitetskurvene er beregnet på basis av det såkalte utvidede varighetsprinsipp og ikke det innskrenkede. Se mer om disse begrepene i ordforklaringen.

Det er viktig av analysene er basert på ferskest mulig regndata og ikke eldre lærebøkers og retningslinjers IVF-kurver. Utvikling i nedbørmengder og intensiteter i deler av landet kan ha gjort disse ikke representative for dagens situasjon.

Ved dimensjonering av nye systemer er bruk av syntetiske modellregn nyttig. Såkalte symmetriske hyetogram viser seg å være godt egnet til dette. (Lindholm, O. mfl. 2003). Ved analyse av eksisterende systemer kan målte historiske regn være viktigere.

Teknikken med bruk av værradar har i det siste utviklet seg betydelig og kan være nyttig ved bestemmelse av regnintensiteter i enkeltregn når man ikke har, eller har dårlige korttidsnedbørmålinger. Det norske meteorologiske institutt disponerer og opererer slike værradarer, og de dekker hele Østlandsområdet.

I vedlegg 6 er forhold omkring nedbør nærmere utdypet.

### **Flomfrekvensanalyser kan gi nyttig kunnskap**

Vanlige flomberegninger gjøres ofte basert på regnintensiteter for ulike gjentakintervall. Man forutsetter da underforstått at de resulterende maksimale vannføringer og oppstuvninger opptrer med samme gjentakintervall. Man vet imidlertid at det ikke alltid er slik fordi avrenningsforholdene i feltet varierer svært mye. Fordi nedbøren i seg selv ikke er av interesse, men derimot oppstuvningsnivåene, er en flomfrekvensanalyse av større interesse. Ved flomfrekvensanalyser ønsker man å finne hyppigheten til forskjellige situasjoner i et avløpssystem. Det kan for eksempel være hvor ofte en maksimal vannføring oppstår ulike steder i et avløpssystem eller hvor ofte en maksimal oppstuvning oppstår i ulike deler av et ledningsnett. Da man normalt ikke har langvarige og kontinuerlige målinger i avløpsnettene, må man simulere dette i avløpsmodeller med såkalt hydrologisk minne. Det vil si at modellene kan simulere endrede avrenningsbetingelser fra et regn til det neste.

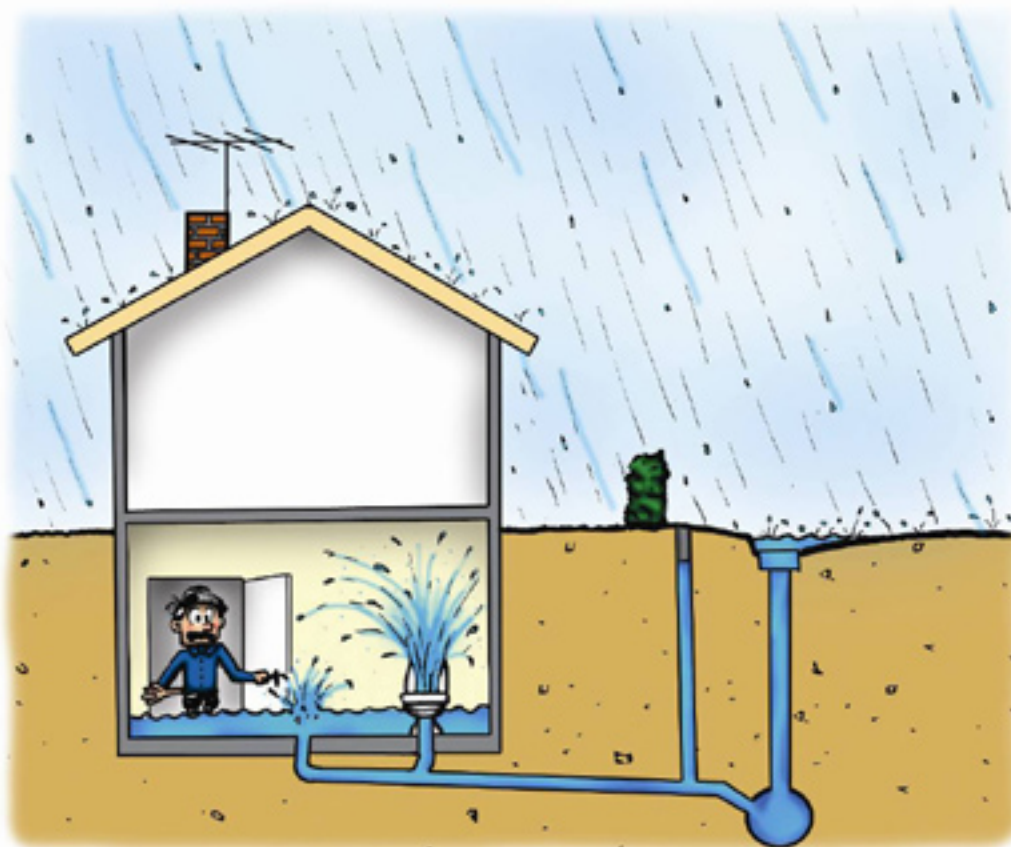
Å kjøre et større avløpsnett med mange knutepunkter med nedbør over mer enn for eksempel 10 år, krever ekstremt mye regnekraft og mange dager med datamaskintid for hver situasjon. En løsning kan da være å bare kjøre tidsserieanalyser på overflateavrenningen. Dette er ikke så tidkrevende som en ledningsnettberegning. Hvis man på denne måten har kjørt gjennom for eksempel 30 år med klimadata, kan man ta ut de store avrenningene og kjøre disse regnene i avløpsnettmodellen. Den største i en 30-årsserie vil kunne kalles 30-årsregnet, nr. 2 blir 15-årsregnet, nr. 3 blir 10-årsregnet osv.

I vedlegg 6 vises et eksempel på en flomfrekvensanalyse utført for Bærum kommune.

### Hensyntagen til kumtap

Falltap forårsaket av kummene i en oppstuvningssituasjon kan være i samme størrelsesorden som selve rørfriksjonen. Dette avhenger imidlertid av avstanden mellom kummene og kummenes tilstand og utforming. Beregning av kumtap er generelt komplisert. Dette skyldes at mange ulike hydrauliske prosesser skjer i kummen. Det er innløpstap inn i kummen og utløpstap ved utstrømning fra kummen. Det kan være retningsendringer i kummen, det er sidetilførsler inn i hovedstrømmen og eventuelle avtrapninger i bunnen av kummen. Videre vet man at når vannspeilet stiger litt over toppen av kummen, blir det intense strømningsenergi i kummen som gir store energitap. Det er i senere tid gjort praktiske forsøk med modellkummer, og resultatene fra dette vil bli presentert i en ny Norsk Vann Rapport. Kort fortalt viser forsøkene at rennedybden bør være lik eller helst større enn rørdiameter. Dessuten virker ofte sideløp forstyrrende inn på strømningsbildet. Ideelt sett er det også gunstig å øke rennebredden i kummen ved koniske overganger på inn- og utløp.

Mer opplysninger om kumtap og oppstuvningsberegninger er vist i vedlegg 6.



*Figur 2.3.6. Vi kan ikke dimensjonere vårt overvannsnett for alle fremtidige avrenningsforløp. Dette blir alt for dyrt. Vi kan derimot vurdere å gå opp en dimensjon ved nyanlegg, noe som gir minimal kostnadsøkning og vesentlig økt gjentakintervall for kjelleroversvømmelser.*

## 2.4 Tiltaksplan. Prinsipper og løsninger

Når kommunen lager en overvannsplan eller flomplan, er det viktig å se på alle typer tiltak som kan bidra til måloppnåelsen. Dette spenner fra private tiltak på egen tomt og på eget hus til kommunale tiltak. Tiltakene kan være konstruktive, ikke-konstruktive, skadereduserende eller flomreduserende. Alle aktuelle tiltaks kostnader og nytte bør analyseres før en endelig prioriteringsliste over valgte tiltak settes opp i en handlingsplan.

### 2.4.1 Innledning

Før man setter i gang med tiltak, er det viktig å ha en grundig gjennomgang av status for situasjonen og konkrete mål for hva man ønsker å oppnå. Valgene av tiltakene bør så basere seg på en analyse av hvilke tiltak som på en mest mulig bærekraftig og effektiv måte når målene og som tilfredsstiller samfunnsøkonomiske hensyn.

Eksempel på tema som bør gjennomtenkes før man velger tiltak i avløpssystemet:

I planfasen bør bekker kartlegges og mulighetene de har som elementer i et overvannssystem vurderes  
Bekkelukkinger bør unngås  
Bekkeskråninger må sikres mot erosjon og ras  
Forholdene om vinteren må vurderes  
Ved bruk at store tette flater bør disse avledes ut på permeable flater for infiltrasjon  
Tette flater bør i størst mulig grad være omgitt av permeable flater  
Der det er ønskelig å avslutte tette flater med kantstein, bør disse ha åpninger slik at overvannet slippes ut på de permeable flatene  
Permeable flater bør legges slik at man oppnår maksimal infiltrasjon  
Valg av jordtype og tilsåing bør utføres mht. infiltrasjon av overvannet  
Unødig komprimering skal unngås og anleggskjøring ikke tillates i infiltrasjonsområder  
Snøforholdene og smeltevannsavrenningen vurderes

Lokal overvannshåndtering kan oppnås gjennom blant annet følgende tiltak:

1. Taknedløp bør ikke koples til ledningsnett
2. Eksisterende taknedløp frakoples ledningsnett og ledes fortrinnsvis ut på permeable flater, som gressflater etc. Etablering av regnbet i hager
3. Kantstein anlegges ikke langs kjørearealer. Eksisterende kantstein fjernes
4. Grøfter erstatter rennestein
5. Sluk kobles ikke direkte til ledningsnett. Eksisterende sluk frakoples eller reduseres
6. Bruk av "porøs asfalt" i stedet for tett asfalt på gang-, sykkel- og kjørearealer
7. Bruk av "ikke-tett beleg" der det er mulig, som brostein, betongkassetter etc
8. Egne fordrøynings- eller infiltrasjonsanlegg bygges for området

### 2.4.2 Åpne overvannsløsninger

Begrepet "åpen overvannsløsning" er brukt om en rekke metoder for håndtering av overvann, dvs. til fordrøyning og magasinering av overvannet i helt eller delvis åpne systemer. Her benyttes prosesser som etterligner naturens egen måte å ta hånd om overvannet på, for eksempel infiltrasjon, perkolasjon, overflateavrenning, fordrøyd avrenning i åpne systemer, samt fordrøyning i dammer og våtmarker. Anleggene kjennetegnes ved at overvannet, til forskjell fra bortledning i lukkede systemer, er synlige (Stahre 2004).

Åpne overvannsløsninger kan inndeles i følgende kategorier;

Lokal overvannshåndtering, infiltrasjon og fordrøyning i nærheten av kilden

- Fordrøyd avledning
- Samlet fordrøyning

Ved bruk av åpne overvannsløsninger legges det vekt på å forsinke og/eller redusere overvannsmengden ved infiltrasjon og/eller naturlig fordrøyning, øket bruk av naturlige vannveier eller mindre bruk av ledninger og avløpstekniske installasjoner til transport av overvannet. I et utbyggingsområde oppe i et vassdrag er disse betingelsene oftest til stede. Utfordringen ligger i å finne frem til en løsning der prinsippet for bærekraftig utvikling kombinert med akseptable økonomiske og miljømessige kriterier oppfylles.





Figur 2.4.1 Eksempel på åpen overvannsløsning fra Høla-løkka i Oslo

Åpne overvannsløsninger kan inndeles i følgende kategorier;

- Lokal overvannshåndtering, infiltrasjon og fordrøyning i nærheten av kilden
- Fordrøyd avledning
- Samlet fordrøyning

Ved bruk av åpne overvannsløsninger legges det vekt på å forsinke og/eller redusere overvannsmengden ved infiltrasjon og/eller naturlig fordrøyning, øket bruk av naturlige vannveier eller mindre bruk av ledninger og avløpstekniske installasjoner til transport av overvannet. I et utbyggingsområde oppe i et vassdrag er disse betingelsene oftest til stede. Utfordringen ligger i å finne frem til en løsning der prinsippet for bærekraftig utvikling kombinert med akseptable økonomiske og miljømessige kriterier oppfylles.

Overvannsforurensninger kan skape problemer for utnyttelsen av overvann som ressurs i form av åpne vannspeil i bebyggelse. Etablering av åpne dammer er ikke uproblematisk i forhold til vannkvalitet. Dette både fordi områdene kan bli forsuret og fordi overvann kan inneholde for mye forurensninger. Det er også rapport problemer med algevekst i etablerte dammer. I slike tilfeller kan rensetiltak og utforming løse mange problemer.

### Teknisk utforming

Inndelingen av åpne overvannssystemer bygger på plasseringen i avrenningssystemet, nær kilden eller mot slutten av systemet.

Stahre (2004) gir følgende tabell over mulige tekniske løsninger innen de ulike kategoriene.

Kategori	Eksempel på teknisk utforming
Lokal overvannshåndtering Infiltrasjon og fordrøyning i nærheten av kilden	Infiltrasjon på gresskledte flater Porøse dekker Infiltrasjon i steinfyllinger Tilfeldig ansamling av overvann på spesielle overflater for oversvømmelse Dammer Våtmarker
Fordrøyd bortledning	Forsenkninger Kanaler Bekker/grøfter
Samlet fordrøyning	Dammer Våtmarksområder Tjern / Innsjøer



### Bruk av de ulike typer åpne overvannsløsninger

For å oppnå maksimal effekt når det gjelder å minske hydraulisk belastning på et overbelastet ledningssystem bør tiltak settes inn i hele avrenningskjeden for overvannet. Man bør kombinere lokal overvannshåndtering, nemlig infiltrasjons- og fordrøyningstiltak og fordrøyd avrenning på offentlig grunn i øvre deler av overvannssystemet. I tillegg kan man etter behov benytte samlet fordrøyning lenger nede i systemet.

Ved planlegging av de forskjellige tiltakene bør ulike deler av avrenningssystemet ikke vurderes separat, men hele avrenningssystemet vurderes under ett. Et grunnleggende prinsipp er at nedbørsvann så tidlig som mulig bør tilbakeføres til det naturlige kretsløpet.

Dette kan gjøres på følgende måte:

Den mest effektive måten å redusere overvannet på er å minske andel tette flater. En stor del av overvannsavrenningen kan på den måte elimineres. Dette gjelder primært oppe i feltet.

Overvann fra tette flater bør håndteres så nær kilden som mulig. Dette kan skje ved avledning av overvannet til gresskledd overflater der det kan infiltrere.

Det overvannet som ikke kan infiltreres nær kilden, bør, hvis mulig, bortledes i åpne renner. I disse utjevnes overvannet i den videre transporten, samtidig som man får en viss avskilling av forurensninger.

Hvis overvannet ikke kan håndteres innenfor området der det skapes, bør man anlegge fordrøyningsanlegg lenger nede i systemet.

### 2.4.3. Lokal overvannshåndtering på privat mark

LOH (Lokal Overvannshåndtering) = LOD (Lokal OvervannsDisponering) hadde tidligere en videre definisjon, og har i prinsippet omfattet alle ulike alternativ til tradisjonell avledning av overvannet i øvre deler av avrenningsområdet. Større dammer nede i systemet har også tidligere blitt definert som LOH.

Reduksjonen av avrenning fra hver enkelt tomt er ikke alltid så stor, men den samlede effekten kan bli vesentlig. Man bør derfor utnytte mulighetene for lokal overvannshåndtering i nye utbyggingsområder. I eksisterende utbyggingsområder har det vist seg at lokal overvannshåndtering har redusert overvannsbelastningen på overvannssystemet.

I det etterfølgende gis det eksempler på lokal overvannshåndtering på privat grunn.

#### Infiltrasjon på gresskledd flater

Overvann fra tak ledes vanligvis via takrenner og nedløpsrør (stuprør) ned i kommunens overvannssystem. Avrenningen fra tak skjer normalt meget fort, og gir et stort bidrag til overvannet i overvannssystemet.



*Figur 2.4.2 Eksempel på løsning der takvann ledes til infiltrasjon lokalt. Foto er tatt av SWEKO VBB, Växjökontoret*

Tak kan på en enkel måte koples fra det tradisjonelle overvannssystemet, og i stedet ledes ut på en hensiktsmessig infiltrasjonsflate. Dette kan gjøres med såkalt "nedløpsrørutkast" nederst på nedløpsrøret. Derfra ledes overvannet ut på en renne av betong, naturstein etc. Det må unngås at takvannet renner ned langs grunnmuren og forårsaker fuktskader.

Ved infiltrasjon av takvann bør infiltrasjonsflaten være ca. 1-2 ganger større enn takflaten som vannet renner fra.

Ved bruk av infiltrasjon på gressflater bør man anrette tiltak for å ta hånd om eventuelt overskuddvann som ikke infiltrerer, for eksempel ved at en kum med åpen og steinsatt bunn kobles til overvannsnett. Etablering av regnbed i hager kan også være både nyttig og vakkert.



*Figur 2.4.3 Eksempel på utforming av gressflater for infiltrasjon. Foto er tatt av SWECO VBB, Växjökontoret.*

Erosjon må unngås, og det må også unngås at overvannet renner ned til en nabo! Der det er mulig, bør porøse belegg brukes. Eksempler på slike belegg er:

- Singel eller naturgrus
- Singel som stabiliseres med spesielt netting
- Naturstein med fuger som slipper vann i gjennom
- Hulstein av betong (betongkassetter)
- Porøs asfalt.

Porøse dekker bygges med underlag av grovere materiale, som lett slipper vann igjennom. Der skjer det noe magasinering av vannet som infiltrerer gjennom dekket.

### **Porøse flater**

En stor del av overvannsavrenningen fra bebygde tomter kommer fra tette flater. Det magasinerte vannet kan enten transporteres videre ned i grunnen eller dreneres i spesielle drens-systemer. Erfaringer viser at en betydelig del av vannet fordamper fra overflaten, opp til 30 %. Betonghulstein (betongkassetter) brukes ofte på parkeringsplasser og biloppstillingsplasser og de fås kjøpt hos betongvareforhandlerne. Porøse dekker brukes primært inne på tomten der slitasjen på flaten blir liten, men i visse tilfeller kan denne teknikken også benyttes på offentlig mark.

Den enkleste måten å anlegge en porøs flate på, er å la være å gjøre den tett, for eksempel med asfalt. Men mulighetene for å ha en grusflate i tettbygde strøk istedenfor en asfaltflate er ofte begrensede, særlig med tanke på overflatevedlikeholdet. Porøs asfalt ble utviklet for å dempe støy fra hjulets kontakt med vegbanen, samt å minske risikoen for vannplaning. Man brukte da en porøs flate som også slapp vann i gjennom.

Det finnes to typer porøse asfaltdekker. Dette er såkalt "enhetsoverbygging" og "drensasfalt". Enhetsoverbyggingen består av porøs vegoverbygging i flere lag. I underdelen finnes en drensledning som drenerer vegkroppen. Når det gjelder drensasfalt, er det bare øverste sjiktet i asfaltlaget som er porøst.



*Figur 2.4.4 Eksempel på utforming av porøst dekke for infiltrasjon på parkeringsplass.*

Porøs asfalt vil bli tilført finstoff som tetter og begrenser infiltrasjonsevnen etter hvert. Med tanke på gjentettingsfaren og trafikk bør porøs asfalt bare brukes der det er liten trafikk. Erfaringer viser at porøs asfalt kan fungere uten problem i opp til 15-20 år. Bruk av vakuumteknikk for å suge opp partikler som tetter porene kan forlenge levetiden.

### **Steinfyllingsmagasin**

Et steinfyllingsmagasin er et magasin som er fylt med singel, grus eller annet grovt steinmateriale. For denne typen magasin brukes ofte betegnelsen "steinkiste" og "perkolasjonsmagasin". Det frie volumet i magasinet er porevolumet i fyllingsmassene. Steinfyllingsmagasin er et alternativ når det ikke er mulig å lede takvann eller annet ikke-forurensset overvann ut på en gresskledd infiltrasjonsflate. Steinfyllingsmagasin kjennetegnes ved at avrenningsområdet er begrenset (Thorolfsson 1998).

Steinfyllingsmagasinet tømmes ved at vannet perkolerer ut i omgivelsene eller ved kontrollert tapping via et spesielt dreneringssystem eller en kombinasjon.

Grunnvannsspeilet har avgjørende betydning for anvendelsen av slike magasin. For å få full effekt må grunnvannsstanden ligge under bunnen i steinfyllingsmagasinet. Ved bruk av steinfyllingsmagasin ved fengraderte grunnforhold, vil perkolasjonen ned til bunnen bli svært liten.

Bruk av porevolumer i fyllingsmasser til magasinering av overvann innebærer alltid en viss fare for gjentetting. Dette kan skje ved at omkringliggende jordmateriale trenger inn i fyllingen og/eller ved at fint materiale blir ført inn i magasinet med overvannet og akkumuleres i steinfyllingen. Dette vil forkorte levetiden på magasinet. Tiltak bør treffes for å unngå eller redusere faren for tiltetting av magasinet. Ved bruk av magasinet i grunn med finkornig materiale bør det brukes fiberduk rundt magasinet.

Overvann som føres til magasinet bør passere et sandfang med oljeavskiller og eventuelt gjennomgå en viss form for filtrering. Dertil kan det brukes spesielle filterbrønner. Man bør kunne regne med en levetid på steinfyllingsmagasinet på 20-30 år forutsatt normalt vedlikehold.

Steinmagasiner har ofte et porevolum på ca. 30 %. Det disponible volumet kan utvides til opp mot 95 % dersom man bruker plastkassetter som bærende fyllingsmateriale i magasinet.



### **Gresskledd forsenkninger**

Ved overvannshåndtering i et industriområde, større boligområder og andre større eiendommer, kan det være hensiktsmessig å samle opp overvannet i en grunn forsenkningsgrøft ("swales"). Det er vanligvis en gresskledd, grunn forsenkning som fungerer som kombinert infiltrasjonsflate og et åpent bortledningssystem. Forsenkningen bør ha en lett helning i avrenningsretningen. Gresskledd forsenkninger bør ikke ha brattere helning enn at gress på sidene kan slås maskinelt.

Avrenningen fra et begrenset avrenningsområde bør ledes ved selvføll til forsenkningen. I nedstrøms ende av forsenkningen bør det plasseres en kuppelbrønn, hvorfra overskuddsvann ledes til kommunens overvannssystem.

En forsenkning kan vanligvis ta opp hoveddelen av overvannsavrenningen uten at det skjer noen ansamling av vann i forsenkningen. Hvis avrenningsområdet er stort, kan man overveie å anlegge en steinkiste under forsenkningen. Vann kan da magasineres før det perkoleres ut i omkringliggende masser.



*Figur 2.4.5. Eksempel på gresskledd forsenkning.  
Foto er tatt av SWECO VBB, Växjökontoret*

### **Fordrøyningsdammer**

En mulighet til å bremse opp overvannsavrenningen er å bygge fordrøyningsdam med permanent vannoverflate. Utformingen av fordrøyningsdammen er helt avhengig av de lokale forholdene.

En åpen dam i et boligområde kan bli et attraktivt innslag i bomiljøet. Dammen må ha en regelmessig drift og vedlikehold. Et problem i de fleste fordrøyningsdammer er ukontrollert algevekst. For å forenkle vedlikeholdet bør dammen ha en bunnventil for tømning av dammen. Dammen skal ikke utgjøre en sikkerhetsrisiko for beboerne. For å hindre ulykker bør sidene være forholdsvis slake. (Se Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven).

En åpen dam i et industriområde kan også benyttes for å fange opp akutte oljeutslipp og andre uønskede forurensinger som blir sluppet ut i overvannet fra tette flater. For å lette oppsamlingen av oljeutslipp kan forsenkningen ha utløp som er mulig å stenge. Hvis den aktuelle forsenkningen gjerdes inn, kan dammen fungere som en oljeavskiller, beregnet for akuttutslipp.



*Figur 2.4.6. Eksempel på åpen dam i boligområdet ((Augustenborg i Malmö). Dammen tilfører området et vakkert vannspeil og utvidet fauna.*

Åpne dammer med permanent vannspeil er vanlige anlegg for fordrøyning av overvann. Det er viktig at stor omhu legges ned i planleggingen av fordrøyningsdammer på offentlig grunn. Hvis de er rett utformet, kan de bli et attraktivt innslag i bymiljøet. For å hindre ulykker bør dammene ha slake skråninger og slak bunn. Hvis dammen ligger i nærheten av gang- eller sykkelsti, bør det vurderes å sette opp et gjerde. Ved mindre dammer kan det være nok å sette opp hekk eller tilsvarende for å minske ulykkesrisikoen. Problem med algevekst forekommer i de aller fleste fordrøyningsdammer. Å unngå alger helt er nesten umulig. Problemet kan til en viss grad begrenses ved ulike tiltak:

- Det bør anlegges et sluk i bunn av bassenget for tømning av bassenget
- For reduksjon av næringssalter bør overvannet gjennomgå en biologisk filtrering før det ledes inn i fordrøyningsdammen
- Det bør anordnes muligheter for å pumpe vannet rundt
- En fontene kan installeres i dammen
- For etterfylling av vann i dammen bør egne vannuttak installeres
- Trær kan plantes rundt dammen for å redusere sollyset på dammen

### **Grønne tak**

Det kan anlegges et tynt vegetasjonsdekke på takene, som så holder noe av nedbøren igjen. Grønne tak kan anlegges på både eksisterende og nye tak. En forutsetning er at taket ikke er for bratt og konstruksjonen er dimensjonert for ekstrabelastningen. Vegetasjonen på grønne tak består ofte av såkalte "sedumtak". Sedumtak kan klare lange perioder uten å tørke ut. Tykkelsen er 3-4 cm, og det legges på drenerende sjikt som har en tykkelse på noen få centimeter. Det grønne taket legges normalt på asfaltappen på taket.

Målinger viser, (Stahre 2004) at avrenningen fra mindre regn holdes igjen på taket. Ved lengre regn oppnås metning i vegetasjonsdekket, og fordrøyningseffekten blir begrenset. Sett over et år kan grønne tak holde tilbake opp til halvparten av nedbøren.



Bruk av grønne tak har økt mye de siste årene i Sverige, og erfaringene er meget gode.



*Figur 2.4.7: Eksempel på bruk av grønt tak fra Pilestredet park i Oslo. Landskapsarkitekt Ådne Svalastog.*

#### **2.4.4. Ulike former for fordrøyning**

Fordrøyning er en midlertidig lagring av vann i et hensiktsmessig område. Fordrøyning nær kilden omfatter ulike anlegg for å redusere eller fordrøye overvannsavrenningen i de øvre delene av overvannssystemet.

I nye utbyggingsområder må plass for åpne fordrøyningsanlegg avsettes allerede i reguleringsplanen og inngå i detaljplanene. For å lokalisere hensiktsmessige områder må det være god kommunikasjon og samarbeid mellom utbyggingskontoret, VA-etaten og andre aktuelle deler av administrasjonen.

Se for øvrig avsnitt 2.4.3 om fordrøyning.

En rasjonell og aktuell måte å skaffe fordrøyningsvolumer på er å kombinere bruken med annen bruk som for eksempel ballplasser, friluftsentraer og lekeplasser. Tanken er at slike fordrøyningsvolumer meget sjelden er i bruk under sterke regn.

Fordrøyningsdammer og deres nærområde bør være gjenstand for regelmessig drift og vedlikehold. Standarden bør tilpasses plasseringen av fordrøyningsdammen i byen. Jo flere mennesker som ferdes rundt dammen, desto større driftsbehov.



*Figur 2.4.8. Eksempel på fordrøynings- og rensedam fra nye Snarøyaveien, Bærum. Landskapsarkitektene Bjørbeek og Lindheim.*

### **Tilfeldig oppdemning av overvann på gatedekket**

I visse situasjoner kan det være hensiktsmessig å fordrøye overvann i kortere perioder i rennesteinen og på overflaten i nærheten. Det skjer ved strupning eller tetting av sluket i rennesteinen. Teknikken brukes helst på lokale gater med liten trafikk.

Ved tetting av sluket må rennesteinen ha helning så overvannet kan strømme forbi sluket og til neste sluk. Fordrøyningen skjer ved at tilrenningstiden øker og overvannet kan ledes til en overvannsledning med god kapasitet. Ved tetting av sluk bør man først tette sluket midlertidig med en tett plate eller lignende. Når man har skaffet erfaringen med hvordan tettingen fungerer, gjøres den permanent for eksempel ved å fjerne sluket.

Strupning av sluk skjer ved at man legger en plate med hull opp på sluket. Ved strupning eller fjerning av sluk bør innbyggerne involveres. De bør informeres om målet med strupningen samt forventede effekter.

For at teknikken med strupning av rennesteiner skal fungere, kreves en del ekstra gatevedlikehold. Det bør planlegges sammen med gateforvaltningsetaten.



*Figur 2.4.9. Eksempel på løsning for struping av gatesluk. Foto: Peter Stahre.*

### **Tilfeldig oppdemning på spesielle oversvømmelsesflater**

Overvannet kan fordrøyes ved å lage strupning i ledningssystemet. Det fører til at overvannet stuves opp i overvannssystemet ved kraftig regn og/eller snøsmelting. Strupning stilles inn slik at oppstuvning skjer ved en gitt vannføring i et gitt punkt i overvannssystemet. Oppstuvning og muligens oversvømmelse skjer på spesielle oversvømmelsesflater, som anlegges i tilknytting til overvannssystemet. Når overvannsavrenningen avtar, renner overvannet som er magasinert på oppstuvningsflaten tilbake til ledningssystemet. Tømmingen skjer normalt ved selvføll.

Oversvømmelsesflaten er forsenket i forhold til marken omkring. I større anlegg anlegges ofte en grøft mellom innløp og utløp for å styre avrenningen en bestemt vei gjennom anlegget.

Når man bruker tilfeldig fordrøyning av overvann på flater med vegetasjon innen bebygde områder, er det viktig at anleggene ser tiltalende ut. Målet bør være å gi den et parkmessig preg, og at anlegget er tilgjengelig for publikum. Stor omhu bør legges ned i planleggingen og detaljeringen av anlegget og av vegetasjonen som skal være i anlegget. Valg av naturlige lokale planter er et viktig moment, særlig med tanke på den kalde vinteren i Norge. Sidene på anlegget bør være så flate at gresset på disse kan slås maskinelt. I lavpartier bør der være et drens-system for rask avledning og utørking. Hvis det er ønskelig, kan en del av anlegget anlegges som våtmark med spesielt utvalgte planter. For at anlegget skal holdes i hevd, bør vedlikeholdet ligge på samme nivå som for en park.

Kontrollerte oversvømmelsesflater kan bygges med tett bunn. Slike løsninger bygges helst i tilknytting til sterkt urbaniserte områder.



Figur 2.4.10. Eksempel på bruk av deler av en skolegård som oversvømmelsesareal.  
Foto: Peter Stahre.

### **Forsinket avledning av overvann**

Begrepet forsinket bortledning omfatter ulike systemer for sakte bortledning av overvannet.

Ved bruk av åpne overvannsløsninger legges det vekt på å forsinke og/eller redusere tilførselen av overvann til overvannssystemet ved:

- 1) Infiltrasjon og/eller naturlig fordrøyning,
- 2) Øket bruk av naturlige vannveier,
- 3) Mindre bruk av ledninger og avløpstekniske installasjoner til transport av overvannet.

Når et utbyggingsområde ligger oppe i et vassdrag, er disse betingelsene som regel til stede.

Ofte skjer sakte avrenning på og i åpne avrenningsflater og renner inne i bebygde områder. Slike åpne avrenningsrenner kan erstatte tradisjonelt overvannssystem.

En forutsetning for å bruke fordrøyd avrenning er at det finnes arealer for det åpne avrenningssystemet. I nye områder må slikt areal settes av i detaljplanleggingen og prosjekteringen. Planleggingen av fordrøyd avrenning må skje i nært samarbeid med kommunens plankontor, VA-forvaltningen, gateforvaltningen, parketaten, og de involverte på utførersiden. Systemer for fordrøyd avrenning planlegges for eventuelle fremtidige endringer i overvannsavrenningen.

Fordrøyd avrenning kan skje på mange ulike måter. Nedenfor kommer noen eksempler.

### **Forsenkninger**

Forsenkninger er gresskledte grøfter med slake sider og som er tørre når det ikke regner. Forsenkninger fungerer både som infiltrasjonsflater og som transportsystem for overvann. For å unngå erosjonsskader må hastigheten holdes på et akseptabelt nivå. Helningen i avrenningsretningen bør derfor ikke overskride 0,2 % (Stahre 2004).

Forsenkninger har som regel god fordrøyningsevne, og man kan øke den ytterligere ved at det anordnes steinfylling under forsengkningens bunn. Steinfyllingsmagasinet må ikke ligge under grunnvannsnivået.





*Figur 2.4.11. Eksempel på bruk av forsenkning av gresskledde grøfter for forsinket avrenning av overvann. Foto er tatt av SWECO VBB, Växjökontoret.*

Forsenkninger plasseres ofte langs en tett flate som overvann renner fra, for eksempel en parkeringsplass ol. Overvannet renner langs hele kanten over i forsenkningen i den slake skråningen i hele forsenkningens lengde. Man bør unngå å konsentrere avrenningen for å unngå erosjonsskader i skråningen.

Hvis overvann føres i ledning til forsenkningen, bør spesielle tiltak iverksettes som steinstetting for å unngå erosjon ved innløpet. Utløpet fra forsenkningen kan utformes på forskjellige måter avhengig av de lokale forhold. Hvis overskuddsvannet fra forsenkningen skal tilføres overvannssystemet, skjer det gjerne via en kum med åpen steinsatt bunn.

Forsenkningene må ha regelmessig vedlikehold som omfatter gressklipping etc. Sidene på forsenkningene bør være så slake at gresset der kan slås maskinelt.

### **Regnbed**

Regnbed er blomsterbed for infiltrasjon og fordrøying av vann. Det kan også ha en vannrensende funksjon (Dietz og Clausen, 2005). Det er meget egnet for mottak av vann fra tak, men kan også dimensjoneres for avrenning fra gårdsplass og P-plasser. Bedet kan ofte plasseres ved eksisterende bebyggelse (se foto), og gir mulighet for vakre, vannkjære vekster som ikke er så vanlige i hager. Det må være avstand til hus med kjeller. Størrelsen vil avhenge av tilførte vannmengder og infiltrasjonskapasitet. Når den flomdempende kapasiteten er utnyttet, ledes vannet kontrollert videre. Enkle dimensjonerende regler kan finnes på internett ved søking på "rain gardens". For å unngå utvikling av mygg, skal det ikke stå fast vannspeil i anlegget. I perioden mellom snøsmelting og juni måned bør regnbedet være tørt en gang per uke.



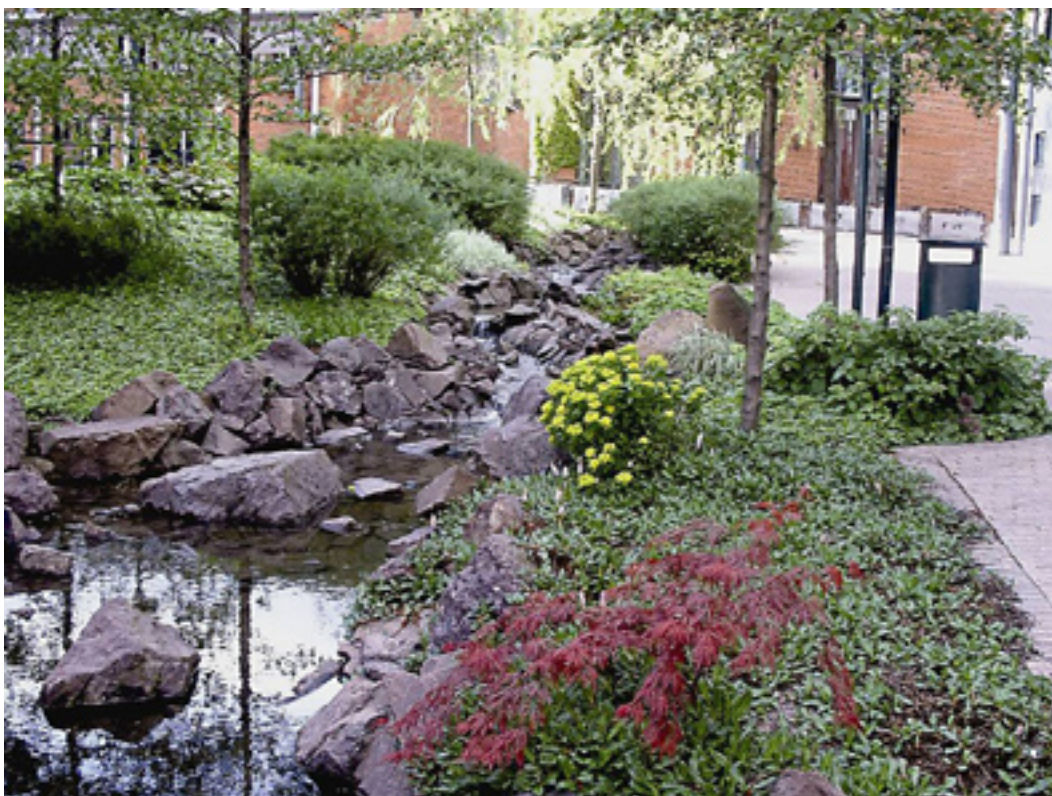
*Figur 2.4.12. Et lite regnbed som mottar vann fra gårdsplass i Nordre Aker, Oslo. Alt vann var infiltrert 10 timer etter regn. (foto: Bent C. Braskerud).*

### **Grøfter og bekker, bekkelukkinger og bekkeåpninger**

Ved utbygging av nye områder bør det alltid undersøkes om det finnes grøfter, bekker og andre vassdrag i området som kan brukes for å avlede overvannet. En ukontrollert tilkopling av overvann fra nye områder til eksisterende grøfter og bekker kan gi markoversvømmelser og erosjonsskader.

Å utnytte eksisterende grøfter og vassdrag for overvannshåndtering kan innebære store fordeler. I visse tilfeller kan det bli slik at et eksisterende vassdrag kan bli et bærende element en fremtidig økologisk strekning. Det brukes da som en felles ressurs for fremtidig bebyggelse med hensyn til park, rekreasjon og overvannshåndteringsformål.

Ved planlegging av nye områder bør det alltid undersøkes om det tidligere har vært åpne grøfter eller bekker i området. Igjenfylte grøfter og bekker blir nå ofte gjenåpnet og brukt for åpen avledning av overvannet, dvs. gamle bekkelukkinger gjenåpnes.



*Figur 2.4.13. Bruk av åpne vannløsninger ved Bislett i Oslo.  
Landskapsarkitektene Sundt og Thomassen*

### **Overvannskanaler**

I visse situasjoner kan man overveie å anlegge åpne kanaler for avledning av overvannet inne i bebyggelsen. Disse kan bli et spennende tilskudd i det urbane miljøet, samtidig som de synliggjør og skaper forståelse for en av samfunnets tekniske anlegg. Det å anlegge et åpent kanalsystem for overvann blir vanligvis ikke billigere enn et tradisjonelt overvannssystem. Denne løsningen er bare aktuell i spesielle tilfeller, for eksempel der de topografiske forholdene gjør det nødvendig å anlegge åpne kanaler, eller hvis man vil synliggjøre overvannet for å profilere det aktuelle området. Stahre (2004).

Ved utforming av åpen overvannskanal må man være oppmerksom på ulykkesrisikoen og på kravet om tilgjengelighet. Spesielle tiltak i form av gjerder, beplantning og lignende bør iverksettes hvis det anses nødvendig. Kanalsystemet må utformes slik at det ikke er til hinder for å komme frem til eiendommene. Man bør da særlig være oppmerksom på de handikappede (bevegelseshemmede).

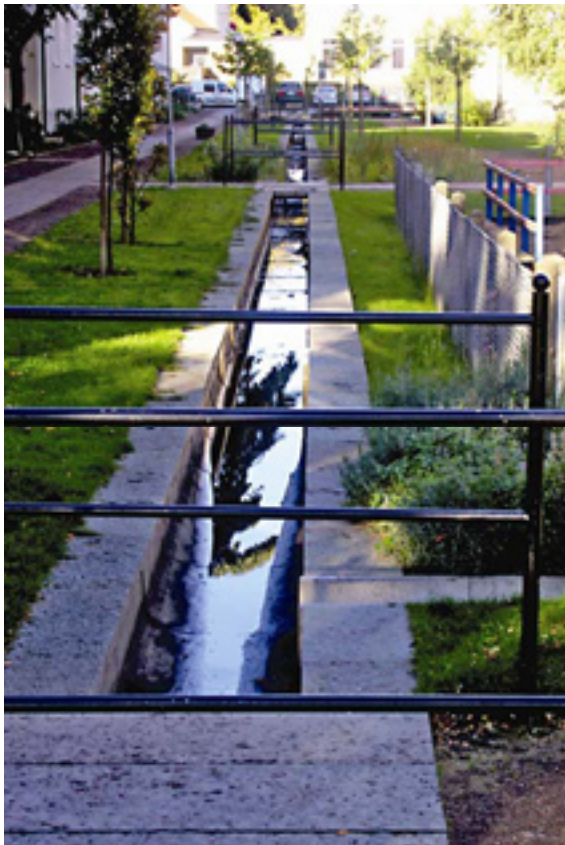




*Figur 2.4.14. Eksempel på bruk av åpne vannrenner som et element i skolegården på Grünerløkka Barneskole i Oslo. Foto Bjørbekk og Lindheim.*

Et problem med åpne overvannskanaler er at de har tendens til å bli et sted der papir, skrot etc kastes. Man må regne med at åpne overvannssystem trenger mer vedlikehold enn tradisjonelt overvannssystem.

Hovedmålet med en åpen overvannskanal er at den skal lede bort overvannet. Erfaringer viser at mange synes det er leit at kanalene kun fører vann når det regner. Hvis man anlegger åpne overvannskanaler, er det derfor viktig at en i god tid gir innbyggerne informasjon om bakgrunnen for systemet og hvordan det er tenkt å fungere.



*Figur 2.4.15. Eksempel på overvannskanal i boligområde. (Augustenborg i Malmö).*

### **Filtervoller**

Filtervoller brukes til å filtrere utstrømmende overvann fra en fordrøyningsdam. Selve filtervollen som er en del av en damkonstruksjon, består av drenerende materiale med en bestemt korngradering. Filtringen starter når vannstanden har nådd en visst nivå. Ved vannstand under dette nivået skjer det ingen avtapping fra dammen.

Det vannet som passerer gjennom filtervollen, strømmer med en bred front ut i området nedstrøms dammen og samles oftest opp i en åpen grøft. En forutsetning for å bruke filtervoller er at det finnes tilstrekkelig høydeforskjell mellom vannstanden i dammen og vannstanden i oppsamlingsgrøften nedstrøms dammen.

Filtervollens filterkapasitet blir etter hvert nedsatt. Ved å gjøre dammen lang og høy, blir levetiden som regel stor nok. Som en ekstra sikkerhetsordning kan en del av kronen på dammen legges lavere enn resten av dammen. Denne delen kan da fungere som nødoverløp fra dammen. Denne delen må da erosjonssikres. Det er vanligvis ikke behov for spesielt vedlikehold av dammen (Stahre 2004).



*Figur 2.4.16. Filtervoll i en fordrøyningsvoll for overvann.  
Foto: Ulf Thysell*

### **Oversvømmelsesflater**

Tilfeldig oppstuvning på spesielle flater er beskrevet foran. Her beskrives tilpasning av teknikk for samlet fordrøyning av overvannsavrenningen fra et større område.

Tilførselen av overvann til oversvømmelsesflater styres av spesielle reguleringsanordninger i overvannssystemet, for eksempel hvirvelkammer, strupet ventil etc. Denne bestemmes ut fra ved hvilket oppstuvningsnivå i ledningsnettet overvannet skal tilføres oversvømmelsesflaten. Den aktuelle oversvømmelsesflaten bør være anlagt slik at den dreneres helt tom når den ikke brukes. Ellers er det fare for at området blir forsumpet.

Samlet fordrøyning gjennom oppdemning på oversvømmelsesflater krever vanligvis store områder. Krav til drift og vedlikehold av oversvømmelsesflaten er avhengig av hvor mange mennesker som ferdes i nærheten av anlegget. Hvis anlegget ligger inntil eller i et boligområde, bør gresset i anlegget slås noen ganger i året. Oversvømmelsesflater som ligger mer isolert, behøver ikke ha samme vedlikeholdsfrekvens.

## Våtmarker

En våtmark er et område der vannstanden ligger i overflaten eller umiddelbart under overflaten, eventuelt over overflaten. Våtmarker er for det meste dekket av våtmarksvegetasjon. I senere år har det blitt vanlig å anlegge våtmarker for fordrøyning og rensing av overvannet.

Større våtmarksanlegg blir normalt ikke anlagt i direkte tilknytting til bebyggelse. Det er vanlig å legge dem i et eksisterende natur- og/eller våtmarksområde. Lokale naturvernforeninger, beboerforeninger etc bør være med i planleggingen fra starten.

En konstruert våtmark bør ha en relativt liten vanndybde. Våtmarker tåler normalt godt noe inntørking, selv om det vil være en fordel med en viss tørrværsavrenning.

Ved å variere dybdeforholdene vil alltid noe vann bli igjen for å sikre overlevelse av vannlevende dyr. Planter greier seg normalt godt selv om alt synlig vann blir borte i en periode. (Braskerud 2002). Ved innløpet bør det anlegges en sedimenteringsdam for å fange sedimenterbart materiale som tilføres med overvannet. Innløpsdammen bør utformes slik at fjerning av det akkumulerte sedimenterbare stoffet er enkelt. Man må regne med at rensing av dammen må foretas med noen års mellomrom.

Ved utløpet fra våtmarken anordnes en spesiell reguleringsanordning. Gjennom den reguleres oppdemningshøyden i våtmarken og hvor mye vann som føres videre fra anlegget. Ofte får reguleringsanlegget et beskyttende tiltak for å fange opp flytende gjenstander og forurensinger fra våtmarken. Utløpskonstruksjonen bør være lett tilgjengelig for drift og vedlikehold. Det enkleste er å lage en V-formet utløpsanordning. Da håndteres store vannmengder trygt og profilet struper vannet slik at våtmarka gir en god fordrøyning (avhengig av formen på utløpet). I nedbørfelt der fisk og andre vannlevende organismer beveger seg i bekkestrengen vil migrasjon være mulig over slike åpne utløp.



*Figur 2.4.17. Eksempel på våtmark via en fangdam fra Hole kommune. Landskapsarkitekt Ådne Svalastog.*

### **2.4.5 Overvann i fellesavløpssystemet**

Fellessystemet er fortsatt typisk for våre sentrumsområder og utslipp fra fellessystemet representerer en vesentlig faktor i forbindelse en helhetlig forvaltning av våre vassdrag. Bidraget fra regnvannsoverløp må inkluderes ved tiltaksplanlegging med hensyn til bl.a. flom, erosjon og ikke minst forurensningstilførsel til våre vassdrag.

Det finnes i dag ikke nasjonal statistikk over hvor stor andel av befolkningen som er tilknyttet fellessystemet. Trolig er tallet ca. 40 %. Nasjonal statistikk for antall regnvannsoverløp i fellessystemet er mangelfull. Til Statistisk sentralbyrå ble det i 2004 oppgitt 3937, i 2005 ble det oppgitt 6440 og i 2006 ble det oppgitt 5309 regnvannsoverløp!

Regnvannsoverløpet avlaster avløpsnettet under nedbør og snøsmelting slik at overbelastning og kjelleroversvømmelser minker. Det skilles gjerne mellom regnvannsoverløp og nødoverløp. Det er ikke definert noen klar grense mellom regnvannsoverløp og nødoverløp. Regnvannsoverløpet trer i funksjon under "normale nedbør- og snøsmeltingsforhold" mens nødoverløpet begynner å avlaste under avrenningsforhold som opptrer sjeldnere eller ved tekniske problemer i avløpssystemet.

Avløpsforskriften krever at regnvannsoverløp skal dimensjoneres, bygges, drives og vedlikeholdes med utgangspunkt i best tilgjengelig teknologi og fagkunnskap. Med utgangspunkt i regnvannsoverløpets funksjon så innebærer dette at overløpet skal videreføre mest mulig av forurensningene og gi tilfredsstillende hydraulisk kontroll. Bare en liten andel av de totalt 4 – 5000 regnvannsoverløpene i Norge anses å tilfredsstillende kravet om best tilgjengelig teknologi.

Ut fra tilgjengelig statistikk og kunnskap om tilstand kan det konkluderes med at regnvannsoverløp og utslipp fra regnvannsoverløp ikke har vært prioritert i Norge.

Lokal håndtering av overvann for anlegg som er tilknyttet fellessystemet vil redusere utslipp fra regnvannsoverløp, men vil ikke gi en tilfredsstillende helhetsløsning så lenge regnvannsoverløpenes tilstand ikke tilfredsstiller dagens krav. I denne forbindelse må vi huske på at analyser i enkelte byer over virkninger av klimaeffekter de neste 50 år har vist at overløputslippene kan øke med 50 til 100 % i forhold til dagens utslipp.

Følgende anlegg i tilknytning til fellessystemet er omtalt i vedlegg nr. 7:

1. Regnvannsoverløp
2. Fordrøyningsmagasin i fellessystemet
3. Effektive avlastningsoverløp (Nivåregulering)

## 2.5 Ordforklaringer – del 2

*Avskjærende ledning:* Avløpsledninger langs fjorder, vassdrag eller innsjøer i strandsonene som skal fange opp avløp fra mange tidligere direkte utslipp. Avskjærende ledninger fører som regel avløpsvannet til avløpsrenseanlegg.

*Avrenningskoeffisient, maksimal ( $\phi_{maks}$ ):* Forholdet mellom maksimal overvannsavrenning og midlere nedbørintensitet (omregnet til vannføring). Uttrykker hvor stor andel av nedbøren som ikke infiltrerer til undergrunnen eller fordamper.

*Den rasjonelle formel:* Formel for beregning av overvannsavrenning. Formelen sier at vannføringen er lik regnintensiteten multiplisert med nedslagsfeltets areal og avrenningskoeffisient

*Fellesavløpssystem:* Avløpsledningsnett som transporterer både spillvann fra husholdninger, næringsliv, offentlige institusjoner, drensvann fra bygningskonstruksjoner og overvann fra overflatene.

*Flomdirektivet:* Direktiv fra EU som også gjelder i Norge. Formålet er å begrense risikoen for flommer og beskytte mot skadevirkninger av flom.

*Flomfrekvensanalyser:* Beregninger som viser hvor ofte maksimale avrenninger og maksimale oppstuvningsnivåer oppstår i avløpssystemene.

*Flomveg:* Lavpunkt/-strekninger i terreng eller bebygde områder hvor vannet kan avledes ved flom

*Fordrøyning:* Midlertidig lagring av overvann. Tilført vann holdes tilbake/mellomlagres i magasin e.l. ved stor avrenning, for å redusere avrenningstoppene til nedenforliggende ledning, vassdrag, område.

*Frontregn:* Når varm luft og kald luft møtes tvinges den varme luften opp. Den avkjøles da og vanddampen kondenserer og regn dannes. Denne regntypen virker over et stort område og kan være langvarig. Regnintensitetene er imidlertid sjeldent særlig høye.

*Gjentaksintervall for regn/flom:* Tidsintervall i antall år (i middel over en lengre tidsperiode) mellom regn- eller avrenningstilfeller for en gitt intensitet.

*Gropmagasinering:* Deler av nedbøren som magasineres på overflaten og fordamper derfra.

*Grunnvannstrømning:* Strømningen i den mettede sonen under grunnvannstanden

*Infiltrasjon av overvann:* Nedbørvannets nedtrenging gjennom jordoverflaten.

*Innskrenkede varighetsprinsipp:* Når en benytter det innskrenkede varighetsprinsipp benytter man en rekke kriterier for å skille uavhengige nedbørserier fra hverandre. Et av prinsippene er en maksimum tid mellom to etterfølgende vipp nedbørmåleren registrerer. Når dette er lenger enn et på forhånd bestemt antall minutter mellom to vipp deles nedbørtilfellet i to og anses som uavhengige nedbørhendelser. Dette kan medføre at nedbørmengdene i to tett påfølgende nedbørhendelser ikke blir summert og summen av disse vil dermed ikke inngå i datagrunnlaget for beregning av IVF -kurvene. Et annet prinsipp er lengden på nedbørhendelsen. Når et nedbørtilfelle slutter defineres lengden på nedbørtilfellet ut fra registreringen av første og siste vipp. Dette nedbørtilfellet inngår dermed ikke i datagrunnlaget for varigheter lenger enn tidsforskjellen mellom første og siste vipp. Et eksempel er dersom det har regnet kraftig i 40 minutter der det er 40 minutter mellom første og siste vipp, vil ikke denne



nedbørhendelsen inngå i datagrunnlaget for 45 minutter. Allikevel er forutsetningene for bruk av den rasjonelle metode at det er summen av nedbør som faller innenfor tilrenningstiden som er av interesse. Det blir derfor galt å utelukke dette nedbørtilfellet som har vart i 40 minutter fra beregningsgrunnlaget for 45 minutter.

*Intersepsjon:* Den delen av nedbøren som henger seg på gjenstander, trær, etc og aldri når jordoverflaten.

*IVF-kurve* (Intensitet-Varighet-Frekvens kurve): Kurve som for en bestemt målestasjon viser sammenhengen mellom maksimal regnintensitet for en viss regnvarighet og et visst gjentakintervall.

*Kasseregn:* Et tenkt regnskyll normalt utledet fra en IVF-kurve med den regnvarighet og konstante regnintensitet som det valgte punktet på kurven indikerer.

*Kumtap, hydraulisk:* Energitaap i vannstrømmen som oppstår ved passasje fra innløp til utløp. Kan medføre økt fare for oppstuvning i kjellere og lignende.

*Konsentrasjonstid:* Den tid det tar å konsentrere all nedbør fra de fjerneste deler av avrenningsområdet til det punkt som betraktes.

*LOD = LOH:* Lokal overvannsdiskonering. Samlebetegnelse på teknikker som hindrer overvannet i å renne raskt og direkte til avøpsledninger eller vassdrag. Består i å infiltrere overvann, fordrøye i basseng/dammer eller å forsinke avrenningen.

*Markvann:* Vannet som befinner seg in den umettede sonen.

*Modellregn:* Fiktivt regn som konstrueres på basis av tidligere regnstatistikk og som brukes for å analysere virkningene av et dimensjonerende regn.

*MOUSE:* Matematisk datamaskinbasert program som kan beregne vannføringer, oppstuvninger og forurensningsutslipp fra kompliserte avløpsnett over lange tidsperioder som for eksempel et helt år. Utviklet i Danmark.

*Nedbørintensitet:* Nedbørsmengde pr tidsenhet.

*Nedbørsintensitetskurve:* En kurve som viser nedbørens intensitet som funksjon av regnvarigheten.

*NIVANETT:* Matematisk datamaskinbasert program som kan beregne vannføringer og forurensningsutslipp fra avløpsnett, samt dimensjonere dette. Utviklet i Norge.

*Oppstuvningsnivå, maksimal:* Den maksimale høyde avløpsvannet stiger til i kummer, kjellere, etc. under sterke regn.

*Overløp:* Utslippsarrangement i fellesavløpssystem som trer i kraft når vannføringen blir for stor som følge av for mye overvannstilførsel. Urenset avløp strømmer da direkte ut i tilstøtende vannforekomster.

*Oversvømmelsesfrekvens:* Hyppighet for oversvømmelse/overbelastning i ledningssystemer eller andre vannveier. For ledningsanlegg oppstår oversvømmelse når vannstand stiger til terrengoverflate eller når tilbakestuvning i kjellere e.l. oppstår.

*Perkolasjon:* Vannets bevegelse ned i gjennom jordprofilet til grunnvannet (i øvre markvannssone).

*pbl:* Plan- og bygningsloven.

*Permeable områder:* Områder hvor overvannet/regnvannet kan trenge ned i grunnen. Dette kan være gressflater, grusveier, jorder og løkker uten asfalt og betong, etc.

*Pluviograf:* En instrument for automatisk registrering av nedbøren som funksjon av tid.

*Primærsystemet:* Betegnelse på de naturlige avrenningssystemene. Navnet indikerer at disse primært om mulig bør brukes.

*Regnbed:* Blomsterbed for infiltrasjon av overvann til grunnen. Normalt dimensjoneres regnbed slik at alt vann infiltreres innen 2 døgn.

*Rørsedimenter/røravlagringer:* Partikler av mineralsk eller organisk sammensetning som bunnfeller i rør i tørrværsperioder når vannføringen er liten i rørene. Deler av dette spyles senere ut i våtværsperioder.

*Sekundærsystemet:* Betegnelse på rørsystemet for bortledning av overvann.

*Selvrensing:* Et rørs evne til å transportere partikler. Viktig for å unngå gjentetting og rørsedimenter i tørrværsperioder.

*Separatavløpssystem:* Avløpssystem som har to separate avledninger for spillvann og overvann. Dette skjer normalt i to separate avløpsledninger.

*Sluk:* Installasjon i gater som leder vannet fra gateplan til avløpsledning.

*Suspendert stoff SS:* Små partikler av organisk og uorganisk materiale som svever i vannet.

*SWMM:* Matematisk datamaskinbasert program som kan beregne vannføringer, oppstuvninger og forurensningsutslipp fra kompliserte avløpsnett over lange tidsperioder som for eksempel et helt år. Utviklet i USA.

*Symmetriske hyetogram:* Fiktivt regn som konstrueres på basis av en IVF-kurve. Regnet er som regel pyramideformet og symmetrisk om en midtakse. Ved å bruke dette for man dimensjonerende vannføringer alle steder i avløpssystemet med kun en beregning.

*Syntetisk modellregn:* Et konstruert regn som brukes til å dimensjonere avløpsanlegg.

*Tilrenningstid:* Den tiden det tar en vanddråpe å renne fra ytterste punkt i et felt til nærmeste ledningsinntak i delfeltet.

*Trykklinje:* Trykklinjen forbinder nivåer som en fri vannoverflate stiger til under rørstrømning.

*Utvidede varighetsprinsipp:* Prinsippet kan belyses ved å vise hvordan en beregner for 10 minutters regnvarighet. Man beregner da summen av nedbør falt de 10 første minuttene, deretter flytter man seg 1 minutt og beregner nedbør falt innenfor disse 10 minuttene. Deretter flytter en seg fortløpende ett og ett minutt og beregner et såkalt glidende middel. Deretter plukker en ut de hendelsene som har størst nedbørvolum. For å sikre seg at man kun har uavhengige hendelser plukker man bort hendelser som har overlapp i tid med en større hendelse. I tillegg kan man også plukke den laveste av hendelser som opptrer på samme dato.

*Våtværsperioder:* Perioder med nedbør som gir avrenning eller snøsmelteperioder.

## Del 3. Omtale av innhold i vedleggene

**Vedleggene er ikke trykket i rapportform, men kan lastes ned fra Norsk Vanns hjemmeside <http://norskvann.no>. (Vedleggene er kun tilgjengelig for deltagere i Norsk Vanns prosjektsystem – andre som ønsker vedleggene bes ta kontakt med Norsk Vann).**

**Vedlegg 1. "Beskrivelse av anlegg for lokal overvannshåndtering"** gir en oversikt over prinsipper og aktuelle anleggstyper. Tabell for renseeffekter for de ulike anleggstypene er vist og hydraulisk dimensjonering av fordrøyningsvolumer. Ulike typer utløpsarrangement for anleggene er beskrevet. Skisser og beskrivelser av følgende anlegg er gitt:

Dammer:

"Våte" dammer uten fordrøyningsvolum, "tørre" dammer, "våte" dammer med fordrøyningsvolum.

Lukkede magasiner:

Steinmagasiner og rørmagasiner.

Våtmark:

Grunne våtmarksområder, dam med etterfølgende våtmark, våtmark med stort volum.

Infiltrasjon:

Infiltrasjon fra terreng, åpne infiltrasjonsgrøfter, infiltrasjonsdammer, infiltrasjon gjennom porøs asfalt og andre former for porøs overflatebelegning, lukkede infiltrasjonsgrøfter.

Grønne tak.

**Vedlegg 2. "Eksempel på informasjonsmateriell til huseiere"** er en mal for informasjons-materiell til huseiere om kjelleroversvømmelser og består av en rekke illustrative figurer og opplysende tekst til huseiere. Etter de seneste årenes kraftige nedbørsituasjoner med etterfølgende oversvømmelser har behovet og etterspørselen for bra informasjon til huseiere økt. Vedlegget beskriver hvordan kommuner kan lage sitt eget informasjonsskrift. Tekstene kan tilpasses hver enkelt kommunes eget behov. Tekstmalene er generelle forslag som kan være dårlig tilpasset i en gitt kommune. Det er derfor nødvendig å diskutere malene grundig i egen VA-organisasjon slik at den blir best mulig tilpasset til den enkelte kommunes situasjon.

**Vedlegg 3. "Spesifikasjoner for overvannshåndteringen i Hove i Sandnes"** er et eksempel fra Sandnes kommune. Sandnes kommune ønsker å prøve ut ny teknologi for overvannshåndtering. I denne forbindelse er en ny utbygging i Sørbø – Hove å betrakte som et pilotprosjekt. Vedlegg 3 viser retningslinjer for overvannshåndteringen i dette prosjektet. Retningslinjene er utarbeidet i samsvar med Norsk Vanns veileder i overvannshåndtering.

**Vedlegg 4. "Rettsregler, rettspraksis og myndighet"** går gjennom kommunens ansvar ved skade som følge av flom og oversvømmelser, som for eksempel kommunens ansvar for avløpsledning som volder skade og kommunens ansvar etter vannressursloven ved bekkelukkinger og kulverter. Unntak for ansvar ved force majeure diskuteres grundig.

Videre utredes kommunenes adgang til å fraskrive seg det ansvar de ellers ville ha etter vannressursloven og forurensningsloven gjennom leverings- og tilknytningsbestemmelser og forholdet til avtalelovens §§ 36 og 37 samt markedsføringsloven § 9 a.

Kommunens ansvar for flom som arealplanlegger, bygnings- og vassdragsmyndighet, og kommunens ansvar som bygningsmyndighet for oversvømmelsesskader som voldes på byggetomta gjennomgås. Til slutt beskrives kommunens erstatningsansvar etter

skadeerstatningsloven § 2-1 for unnlatelser av å ta ansvar for samlet overvannshåndtering.

**Vedlegg 5. "Eksempler på kommunale krav og normer"** inneholder eksempler på krav og retningslinjer noen kommuner har utarbeidet. Dette er Bergen kommunes retningslinjer for overvannshåndtering med et eksempel på en tilbudsforespørsel om planarbeid for en helhetlig overvannshåndtering i Haukåsvassdraget i Bergen. Videre er det vedlagt Bærum kommunes normer, krav og saksbehandlingsrutiner for overvannshåndtering, samt noen krav fra Fredrikstad kommune, Oslo kommune og Vägverket i Sverige.

**Vedlegg 6. "Beregningsmetoder og datagrunnlag"** gir råd om hvilke parametere som kan velges for avrenningsberegninger for overflatene og hvilke nedbørsituasjoner og årstider som kan bli dimensjonerende for avrenningen. Videre gjennomgås ulike beregningsmetoder som for eksempel bruk av kasseregn, modellregn, symmetriske regnhyetogram og tidsserier. Vedlegget viser også hvordan man kan ta hensyn til hydrauliske kumtap i beregningene, eksempel på bruk av flomfrekvensanalyser og hvordan forurensingstilførsler fra overvann kan beregnes.

**Vedlegg 7. "Beskrivelse av anlegg i fellesavløpssystemet"** beskriver forhold omkring overvannstransport i fellessystemet. Regnvannsoverløp, fordrøyningsmagasin i ledningsnett og effektive avlastningsoverløp er omtalt og beskrevet.

**Vedlegg 8. "Litteratur om overvann og flom"** viser litteratur som ikke er sitert i referanselisten i hovedrapporten eller de andre vedleggene. Her finner man stoff som går dypere inn i emner som modeller, urban hydrologi med avrenning fra overflater, snøsmelting, nedbørforhold, anlegg for lokal håndtering av overvann (LOD), åpne løsninger for overvann, flomberegninger i avløpsnett, retningslinjer, veiledninger, normer og andre relevante rapporter.

## Referanser

- Arnebjerg-Nielsen, K. 2006. "Klimaeffektens betydning for ekstremregn og dermed funktionen af afløbssystemer – Litteraturstudie". Miljøstyrelsen Arbejdsrapport nr. 9 2006. København.
- Bergen kommune 2003. "Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune."
- Bøyum, Å. og Thorolfsson, S.T. 2000. "VA-teknikk del 2." Tapir forlag. Trondheim.
- Bäckmann, H. 1984. "Avloppsledningar i svenska tätorter i ett historisk perspektiv." Chalmers Tekniska Högskola. Göteborg.
- Braskerud, B.C. (2002). Fangdammer/konstruerte våtmarker som et tiltak i restaurering av vassdrag. VANN 2002 nr 3; 256-259.
- DANVA. 2007. "En kagebok for analyser af klimaændringers effekt på afløbssystemer – med fokus på oversvømmelser". ISBN: 87-90455-74-6. København.
- DHI. 2000. "MOUSE Reference Manual. Pipe flow." Copenhagen.
- DHI og PH-Consult. 2005. "Afløbssystemer under påvirkning af klimaændringer- Hovedrapport". Miljøstyrelsen København.
- Dietz, M. E. and J. C. Clausen (2005) A field evaluation of rain garden flow and pollutant treatment. Water, Air, and Soil Pollution, 167: 123–138.
- Drange, H., Marzeion, B., Nesje, A. og Sorteberg, A. 2007. Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2100. Cicerone Mars 2007. Oslo.
- Evans, E., Ashley, R., Hall, J., Penning-Rowsell, P., Thorne, C. and Watkinson, A. (2004). "Foresight. Future Flooding". Office of Science and Technology. London.
- EU-kommisjonen 2006. EUs flomdirektiv. Brussel 18.01.2006.
- Farrer, K. 2005. "Climate change project produces tools to cope with flooding in urban areas". Water & Wastewater International, September 2005.
- Finlands Jord- och skogsbruksministeriet (2005) "Nationell strategi för anpassning till klimatförändringen" Publikation 1b/2005. Helsingfors.
- Førland, E. J., Alfnes, E., Amundsen, H., Pytte Asvall, R., Benestad, R., Debernard, J., Engen-Skaugen, T., Hanssen-Bauer, I., Harstveit, K., Haugen, J. E., Hovelsrud, G.K., Isaksen, K., Jaedicke, C., Kronholm, K., Kvambekk, Å. S., LaCasce, J., Roald, L.A., Sletten, K. og Stalsberg, Å. 2007. "Climate change and natural disasters in Norway – An assessment of possible future changes". Report 06/2007. Meteorologisk institutt. Oslo.
- Førland, E., Amundsen, H. og Hovelsrud, G., K. 2007. "Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer". Cicerorapport 2007:03.
- Frei, C., R., Schöll, S., Fukutomi, J., Schmid, P., L., Vidale (2006). „Future change of precipitation extremes in Europe. Intercomparison of scenario from regional climate models". Journal of geophysical research-atmosphere III Art. No. D06105.



Grum, M., Jørgensen, A.T., Johansen, R.M. and Linde, J.J. 2006. "The effect of climate change on urban drainage: an evaluation based on regional climate model simulations". Water Science & Technology Vol. 54 No 6-7 pp 9-15 © IWA Publishing 2006.

Hardang, H. 2007. "Analyse av virkninger av klima på flomskader og overløpsutslipp i Veumdalen, Fredrikstad". Institutt for matematiske realfag og teknologi, UMB.

Haugen, J., E. og Debernard, J. 2007. "Regionale klimascenarier for transportsektoren i Norge – en oppdatering". Meteorologisk institutt. Feb. 2007.

Hedlund, T. 2007. "Sårbart vatten- Klimaforskningsinstitut föreslås." Miljöforskning nummer 5-6 december 2007. Stockholm.

Höganäs. 1972. "Höganäs avloppshandbok." Sverige.

Imhoff, K. 1965. "Taschenbuch der Stadtentwässerung." 21-Auflage. Oldenbourg verlag. München.

Jørgensen, A.T. og Johansen, R.M. 2004. . "Klimaændringernes betydning for afløbssystemerne". Diplomingeniørstudiet. Danmarks tekniske universitet. København.

Kommunenes Sentralforbund. 1983. "Vann og avløpsnorm." Oslo.

La Casce, J. og Debernard, J. 2007. "Vil det bli økt hyppighet av springflo kombinert med sterk vind, s.k. stormflo?". Cicerorapport 2007:03 "Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer". Oslo.

Larm, T. 2003. "Schablonhalter- StormTac". Version 2003-02." SWECO

Lindholm, O. 1972. "PRA 4.6. Systemanalyse av avløpsanlegg". NIVA-rapport.

Lindholm, O. 1978. "Konstruksjon og bruk av nedbørhyetogrammer." VANN nr. 2 1978. Oslo.

Lindholm, O., Engan, J., Rapp, Ø., Petersen-Øverleir, A. og Markhus, M. 2003. "Revurdering av beregningskriterier for avløpssystemer. Flom i kommunale avløpssystem". NIVA-rapport 4652-2003. Forskningsrapport.

Lindholm, O. "Miljøgifter i overvann fra tette flater." NIVA. rapport 4775- 2004.

Lindvall, G. 1982, "Energiförluster i ledningsbrunnar. Litteraturstudie." Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen. Meddelande nr. 65, Göteborg.

Lindvall, G. 1986, "Energiförluster i ledningsbrunnar, laboratoriemätningar." Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen. Meddelande nr. 81, Göteborg.

Lindvall G. 1993. "Energiförluster i ledningsbrunnar. Meddelande nr. 94." CTH. Göteborg.

Madsen, A., B. 2007. "Flomskader og forurensningsutslipp i Bergen. Analyse av klimaendringers virkninger". Institutt for matematiske realfag og teknologi UMB.

Mays, L. 2001 "Stormwater Collection Systems Design Handbook." McGraw Hill. ISBN 0-07-13571-9.

Matheussen B.V. og Thorolfsson, S. T. 1999. "Simulation errors due to insufficient temporal resolution in urban snowmelt models." Proceedings of 8ICUD. Eds. Ian B. Joliffe

and James Ball. Vol.4. pp.2107 - 2114. 30. August – 3. September Sydney Australia. ISBN 0 85825 718 1.

Matheussen B.V. 2004. "Effects of anthropogenic activities on snow distribution, and melt in urban environment." PhD-thesis. Department of Hydraulic & Environmental Engineering. NTNU. Trondheim, Norway.

Miljøstyrelsen. 2006. Katalog over tiltag til reduction af effekten fra klimaændringer på afløbssystemer - Tillægsrapport". Miljøprojekt 1124. København.

Miljøstyrelsen. 2007. "Klimatilpasning af afløbssystemer og metodeafprøving. Økonomisk analyse". Miljøprojekt nr. 1187, 2007. København.

Nilsen O. og F. Bjørgum. 2001. "Hva er problemene i Trondheim med hensyn til overvannsavrenning?" NORVAR/NHR seminar om: Overvannsteknologi i Norge – Nye utfordringer. 8 oktober 2001, Gardermoen.  
[http://www.hydrologiraadet.no/overvann\\_Nilsen.pdf](http://www.hydrologiraadet.no/overvann_Nilsen.pdf)

-Nilsen, V. 2008. "Urban drainage in the face of climate change – a model simulation from Oslo." Masterprosjekt. Institutt for matematiske realfag og teknologi UMB.

Norsk standard NS-EN 752-2. 1997 "Utvendig stikklednings- og hovedledningssystemer. Del 2: Ytelseskrav." Oslo.

NORVAR. 2003. "VA-norm."

NVE. 2007. Retningslinje nr.1. - 2007. "Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag".

Olsson, J., Berggren, K., Olofsson, M. og Viklander, M. 2007. "Applying climate model precipitation scenarios for urban hydrological assessment: A case study in Kalmar City, Sweden". Licentiate thesis. Luleå University of Technology.

RegClim. 2000. "Klima i Norge om 50 år". Oslo.

Regclim. 2002. "Mer variabelt vær om 50 år. Mer viten om usikkerheter". Oslo.

RegClim. 2005. "Norges klima om 100 år. Usikkerheter og risiko". Oslo.

Reinhold. 1940. Archiv für Wasserwirtschaft nr. 56. 1940.

Sandnes kommune. Udatert. "Modellstudie av utbyggingseffekt i småvassdrag i Sandnes kommune."

Schilling, W. 1998. "Analyse av oversvømmelseshyppighet i avløpssystem." VAR-Forskningsdagene '98, NTNU 8.-9. juni, ed. S.T.Thorolfsson, pp. 45-54, ISBN 82-519-1347-0, Trondheim.

Sifalda, V. 1973. "Entwicklung eines Berechnungsregen für die Bemessung von kanalnetzen." GWF - Wasser/Abwasser 114, 435-440.

SINTEF. Udatert. "Bevaring av Storåna-vassdraget. Flombegrensende tiltak." Sandnes kommune.

Spildevandskomitten. 2005. "Skrift 27. Funktionspraksis for afløbssystemer under regn." København.

- Spildevandskomiteen. 2006. "Regional variation af ekstremregn I Danmark – ny bearbejdning (1979-2005) Skrift nr. 28. København.
- Stahre P. 2004. "En långsiktigt hållbar dagvatten håndtering. Planering och exempel." VA-Forsk. Svensk Vatten. ISBN 91-85159-17-4.
- Statens forurensningstilsyn (SFT) 1979. "Veiledning ved dimensjonering av avløpsledninger." TA-550.
- Statens forurensningstilsyn (SFT) 1978. "Retningslinjer for håndtering av overvann." TA531.
- Statens forurensningstilsyn (SFT) 2007. "Klimaendringer – Veiledning om mulige tiltak i avløpsanlegg." TA2317 - 2007.
- Statsbygg 2004. "Åpne overvannsløsninger. Erfaringer og anbefalinger." Fornebu.
- Stockholm Stad/Stockholm Vatten AB Diverse rapporter om overvann og forurensning.
- Svensk Vatten. 2004. "Rapport P90. Dimensjonering av almäna avloppsledningar". Stockholm.
- Thorolfsson, S. T. 1999. "Stormwater Management in Birkeland Basin, Bergen. Sixteen Years Research and Experiences." Proceeding of Sustaining Urban Water Resources in the 21st Century. ASCE. Pp 558 – 571. ISBN 0-7844-0424-0
- Thorolfsson S. T. 2004. "Challenges in integrated urban water management in cold climate." Invited paper. XXIII NHC2004. Tallinn Technical University. Tallinn, Estonia 8 - 12 August 2004.
- Vestøl, O. 2006. "Determination of postglacial land uplift in Fennoscandia from levelling, tidegauges and continuous GPS stations using least squares collocation". J. Geodesy 80, 248 -258.
- Watt, W. E., Waters, D. and McLean, R. 2003. "Climate Change and Urban Stormwater Infrastructure in Canada: Context and Case Studies". Report 2003-1. Dept. of Civil Engineering. Queen's University. Canada.
- Zhu, H., Tveit, O.A., Heuberger, J.; Wirth, H. and Schilling, W. 1996. "Derivation of Design Storm by Long-Term Simulation in a Large Sewer System." Proc. 7th Int. Conf. Urban Storm Drainage, 9-13 Sept., Hannover, Germany, ISBN 3-00-000860-8, 13 - 18, 1996.

# Utgitte Norsk Vann Rapporter

(Tidligere kalt NORVAR-rapporter)

20. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Sluttrapport
- 20a. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Aerob og anaerob behandling
- 20b. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Kalking. Kompostering
- 20c. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Slamavvanning
- 20d. Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg. Termisk behandling av kloakkslam
21. NORVAR's årsberetning 1991
22. EDB i VAR-teknikken. Fase 1 - kravspesifikasjoner m.m. Status-beskrivelse og forslag til videre arbeid
- 23a. Internkontroll for VA-anlegg. Mal for internkontroll-håndbok for VA-anlegg.
- 23b. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for avløpsanlegg. Eksempel fra Fredrikstad og omegn avløpsanlegg
- 23c. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontrollhåndbok for vannverk. Eksempel fra Vansjø vannverk
- 23d. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. Informasjon, avvik og tiltak, verne- og sikkerhetsarbeid, opplæring
- 23e. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. HMS ved vannbehandlingsanlegg
- 23f. Aktivitetsstyrende håndbok for VA-anlegg. HMS ved avløpsrenseanlegg
- 23g. Interkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Oltedalen kloakkrenseanlegg
- 23h. Internkontroll for VA-anlegg. Eksempel på driftsinstruks Smøla vannverk
- 23i. Internkontroll for VA-anlegg. Internkontroll for VA-transportsystemet. Eksempel fra Nedre Eiker kommune
24. NRV-prosjekt. Korrosjonskontroll ved vannbehandling med mikronisert marmor
25. Mal for prosessoppfølging av anlegg for stabilisering og hygienisering av slam
26. Installering av gassmotor for strømproduksjon ved rensanlegg
27. Mottak og behandling av avvannet råslam ved rensanlegg som hygieniserer og stabiliserer slam i væskeform
28. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt
29. Regnvannsoverløp
30. Utvikling og uttesting av datasystem for informasjonsflyt i VA-sektoren
31. PRO-VA, Brukerklubb for prosess-styresystemer, drift- og fjernkontroll for VA-anlegg. Oversikt pr.1993. Leverandører, produkter, konsulenter
32. Bruk av statiske metoder (kjemometri) for å finne sammenhenger i analyseresultater for avløpsvann
33. Evaluering av enkle rensemetoder. Slamavskillere
34. Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/finnister
35. Kravspesifikasjon og kontrollprogram for VA-kjemikalier
36. Filter som hygienisk barriere
37. EU/EØS, konsekvenser for Norges vannforsyning
38. NORVAR-prosjekter 1992/93
39. Implementering av EDB-basert vedlikeholdssystem. Erfaringer fra referanseprosjekt knyttet til pilot-prosjekt ved Bekkelaget rensanlegg
40. Driftsassistanter for avløp. Utredning om rolle og funksjon fremover
41. Metri-tel. Kommunikasjonsmedium for VA-installasjoner. Erfaringer fra prøveprosjekt i Sandefjord kommune
42. Industriavløp til kommunalt nett. Evaluering av utførte industrikartleggingsprosjekt.
43. Korrosjonskontroll ved Hamar vannverk
44. Slam på grøntarealer. Erfaringer fra et demonstrasjonsprosjekt. Vekstsesongen 1994
45. Forsøk med forfelling og felling i 2 trinn med polyaluminium-klorid høsten 1993 Kartlegging av slam- slamvannsstrømmer med og uten forfelling 1993-94
46. Renovering av avløpsledninger. Retningslinjer for dokumentasjon og kvalitetskontroll
47. Strategidokument for industrikontroll
48. NORVAR og miljøteknologi. Forprosjekt
49. Grunnundersøkelser for infiltrasjon - små avløpsanlegg. Forundersøkelse, områdebefaring og detaljundersøkelse ved planlegging og separate avløpsanlegg
50. Rørinspeksjon i avløpsledninger. Rapporteringshåndbok (Erstattet av 145/05)
51. Slambehandling
52. Bruk av slam i jordbruket
53. Bruk av slam på grøntarealer
54. Rørinspeksjon av avløpsledninger. Veileder (Erstattet av 145/05)
55. Vannbehandling og innvendig korrosjonskontroll i vannledninger
56. Vannforsyning til næringsmiddelindustrien. Krav til kvalitet. Vannverkenes erstatningsansvar ved svikt i vannleveransen
57. Trykkreduksjon. Håndbok og veileder
58. Karbonatisering på alkaliske filter
59. Veileder ved utarbeidelse av prosessgarantier
60. Avløp fra bilvaskeanlegg til kommunalt rensanlegg
61. Veileder i planlegging av fornyelse av vannledningsnett
62. Veileder i planlegging av spyling og pluggkjøring av vannledningsnett
63. Mal for godkjenning av vannverk
64. Driftserfaringer fra anlegg for stabilisering og hygienisering av slam i Norge
65. Forslag til veileder for fettavskillere til kommunalt avløpsnett
66. EØS-regelverket brukt på anskaffelser i VA-sektoren
67. Filter som hygienisk barriere - fase 3
68. Korrosjonskontroll ved Stange vannverk
69. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Siler/finnister
70. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Store slamavskillere samt underlag for veileder
71. Evaluering av enkle rensemetoder, fase 3. Veileder for valg av rensemetode ved utslipp til gode sjøresipienter
72. Utviklingstrekk og utfordringer innen VA-teknikken. Sammenstilling av resultatet fra arbeidet i NORVARs gruppe for langtidsplanlegging i VA-sektoren
73. Etablering av NORVARs VA-infotorg. Bruk av internett som kommunikasjonsverktøy
74. Informasjon fra NORVARs faggruppe for EDB og IT. Spesialrapport - 5. Utgave Beskrivelse av 34 EDB-programmer/Moduler for bruk i VA-teknikken (Erstattet av 133/03)
75. NORVARs faggruppe for EDB og IT. IT-strategi i VA-sektoren. (Erstattet av 133/03)
76. Dataflyt-klassifisering av avløpsledninger. (Erstattet av 150/07)
77. Alternative områder for bruk av slam utenom jordbruket. Forprosjekt
78. Alternative behandlingsmetoder for fettslam fra fettavskillere
79. Informasjonssystem fordrikkevann, forprosjekt
80. Sjekkliste/veiledninger for prosjektering og utførelse av VA-hoved og stikkledninger - sanitærinstallasjoner
81. Veileder. Kontrahering av VA-tekniske prosessanlegg i totalentreprise
82. Veileder for prøvetaking av avløpsvann
83. Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering (Erstattet av 145/05)
84. Forfall og fornyelse av ledningsnett
85. Effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken
86. Behandling og disponering av vannverksslam. Forprosjekt
87. Kalsiumkarbonatfilter for korrosjonskontroll. Utpøving av forskjellige marmormasser
88. Vannglass som korrosjonsinhibitor. Resultater fra pilotforsøk i Orkdal kommune
89. VA-ledningsanlegg etter revidert plan- og bygningslov
90. Actiflo-prosjektet ved Flesland ra

91. Vurdering av "slamfabrikk" for Østfold
  92. Informasjon om VA-sektoren - forprosjekt
  93. Videreutvikling av NORVAR. Resultatet av strategisk prosess 1997/98
  94. Nettverksamarbeid mellom NORVAR, driftsassistanter og kommuner
  95. Veileder for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken
  96. Rist- og silgods - karakterisering, behandlings- og disponeringsløsninger
  97. Slamforbrenning (VA-forsk 1999-11). (Samarbeidsprosjekt med VAV)
  98. Kvalitetssystemer for VA-ledninger. Mal for prosessen for å komme fram til kvalitetssystem som tilfredsstiller kravene i revidert plan- og bygningslov
  99. Veiledning i dokumentasjon av utslipp
  100. Kvalitet, service og pris på kommunale vann- og avløpstjenester
  101. Status og strategi for VA-opplæringen
  102. Oppsummering av resultater og erfaringer fra forsøk og drift av nitrogenfjerning ved norske avløpsrenseanlegg
  103. Returstrømmer i renseanlegg. Karakterisering og håndtering
  104. Nordisk konferanse om nitrogenfjerning og biologisk fosforfjerning 1999
  105. Sjekkliste plan- og byggeprosess for silanlegg
  106. Effektiv bruk av driftsinformasjon på renseanlegg/mal for rapportering
  107. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Teknisk veiledning. Foreløpig utgave
  108. Data for dokumentasjon av VA-sektorens infrastruktur og resultater
  109. Resultatindikatorer som styringsverktøy for VA-ledelsen
  110. Veileder i konkurranseutsetting. Avtaler for drift og vedlikehold av VA-anlegg
  111. Eksempel på driftsinstruks for silanlegg. Cap Clara i Molde kommune
  112. Erfaringer med nye renseløsninger for mindre utslipp
  113. Nødvendig kompetanse for drift av avløpsrenseanlegg. Læreplan for driftsoperatør avløp
  114. Nødvendig kompetanse for drift av vannbehandlingsanlegg. Læreplan for driftsoperatør vann
  115. Pumping av avløpsslam. Pumpetyper, erfaringer og tikk
  116. Scenarier for VA-sektoren år 2010
  117. VA-juss. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (*Erstattet av 134*)
  118. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR-teknikk (*Erstattet av 138/04*)
  119. Omstruktureringer i VA-sektoren i Norge En kartlegging og sammenstilling
  120. Strategi for norske vann- og avløpsverk. Rapport fra strategiprosess 2000/2001
  121. Kjøkkenavfallskverner for håndtering av matavfall. Erfaringer og vurderinger
  122. Prosessen ved utarbeidelse av miljømål for vannforekomster. Erfaringer og råd fra noen kommuner
  123. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Veiledning for utarbeidelse av lokale forskrifter
  124. Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger. Læreplan for ADK 1
  125. Mal for forenklet VA-norm
  126. Organisering og effektivisering av VA-sektoren. En mulighetsstudie
  127. Vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene - en samarbeidsmodell
  128. Bruk av resultatindikatorer og benchmarking i effektivitetsmåling av kommunale VA-virksomheter. Erfaringer og anbefalinger fra et prøveprosjekt
  129. Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering hovedledninger
  130. Gjenanskaffelseskostnadene for norske VA-anlegg
  131. Effektivisering av avløpssektoren
  132. Forslag til nytt system for prosjektvirksomheten i NORVAR
  133. IT-strategi for VA-sektoren. Veiledning
  134. VA-JUS. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel  
(Oppdateres årlig på [www.norskvann.no](http://www.norskvann.no))
  135. Vannledningsrør i Norge. Historisk utvikling. 26 dimensjonstabeller
  136. Hygienisk barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?
  137. Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng
  138. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR-teknikk. Revidert utgave
  139. Erfaringar med klorering og UV-stråling av drikkevann
  140. NORVARs videre arbeid med slam. Strategisk plan for prosjektvirksomhet, informasjon og kommunikasjon. Forprosjekt
  141. Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp
  142. NORVARs benchmarkingsprosjekt 2004 Presentasjon av målesystem og resultater for 2003 ed analyse av datamaterialet
  143. Kartlegging av mulig helserisiko for abonnenter berørt av trykløs vannledning ved arbeid på ledningsnettet
  144. Veiledning i overvannshåndtering
  145. Inspeksjonsmanual for avløpssystemer. Del 1 – Ledninger
  146. Bærekraftig vedlikehold. Betraktinger av utvalgte problemstillinger knyttet til langsiktig forvaltning av vannledningsnett
  147. Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann
  148. Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann
  149. Tilførsel av industrielt avløpsvann til kommunalt nett. Veiledning
  150. Dataflyt – Klassifisering av avløpsledninger
  151. Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)
  152. Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren
  153. Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren
  154. Norm for tagkoding i VA-anlegg
  155. Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren
  156. Veiledning for oljeutskilleranlegg
  157. Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07
  158. Termoplastrør i Norge – før og nå
  159. Håndbok i kildeprosporing i avløpssystemet
  160. Driftserfaringer med membranfiltrering
  161. Helsemessig sikkert vannledningsnett
  162. Veiledning i overvannshåndtering og planlegging for klimaendringer
  163. Veiledning for innhenting og evaluering av tilbud på analyseoppdrag
  164. Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann
- Rapportserie B:
- B1: Effektive VA-organisasjoner og tilfredse brukere. Forprosjekt
  - B2: PressurePuls for deteksjon av lekkasje på vannledninger.
  - B3: Kvalitetshveving av nye VA-ledningsanlegg. Kartlegging og tiltaksforslag
  - B4: Vannkvalitet i ledningsnett – Problemoversikt og status. Forprosjekt.
  - B5: Utslipp fra bilvaskehaller
  - B6: Kommunikasjonsstrategi for NORVAR og norske vann og avløpsverk
  - B7: Sandnesmodellen. Eksempel på system for kommunikasjon og virksomhetsstyring
  - B8: Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren
  - B9: Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene
  - B10: Vannkilden som hygienisk barriere
  - B11: Økonomiske forhold i interkommunalt VA-samarbeid – praksis og kjøreregler
- Rapportserie C:
- C1: Sårbarhet i vannforsyningen
  - C2: Stoff for stoff – kilde for kilde. Kvikksølv i avløpsnettet
  - C3: Samarbeid om økt bruk av avløpsslam på grøntarealer
  - C4: Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling
  - C5: Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen - veiledning
- De mest aktuelle rapportene ligger som PDF-filer på [www.norskvann.no](http://www.norskvann.no)**





- Norsk Vann er en ikke-kommersiell interesseorganisasjon for vann- og avløpssektoren (VA-sektoren). Organisasjonen skal bidra til å oppfylle visjonen om rent vann ved å sikre VA-sektoren funksjonelle rammevilkår og legge til rette for kunnskapsutvikling og kunnskapsdeling.
- Norsk Vann eies av norske kommuner, kommunalt eide VA-selskaper, kommunenes driftsassistanser for VA og noen private andelsvannverk. Norsk Vann representerer ca 340 kommuner med over 90 % av landets innbyggere. Virksomheten finansieres i hovedsak gjennom kontingenter fra medlemmene.
- Norsk Vann styres av eierne gjennom årsmøtet og av et styre sammensatt av representanter fra eierne.

- I Norsk Vanns prosjektsystem gjennomføres hvert år FoU-prosjekter for ca. 6 mill. kroner
- Det er praktiske og aktuelle spørsmål innenfor vann- og avløp som utredes
- Deltakerne foreslår prosjekter, styrer gjennomføringen og får full tilgang til alle resultater

