

NORVAR

Prosjektrapport

144
2005



AL Norsk vann og avløp BA

NORVAR-rapport

AL Norsk vann og avløp BA

Postadresse: Vangsvogen 143, 2317 Hamar
Webadresse: www.norvar.no
Besøksadresse: Vangsvegen 143, Hamar
Telefon: 62 55 30 30

Rapportnummer:	144/2005
Dato:	17.10.2005
Antall sider (inkl. bilag):	46
Tilgjengelighet:	Åpen: x Begrenset:

Rapportens tittel:
Veiledning i overvannshåndtering

Forfattere:
Oddvar Lindholm, UMB, Svein Endresen, Siv. Ing. Svein Endresen AS, Sveinn Thorolfsson, NTNU, Sveinung Sægvog, SINTEF og Guttorm Jakobsen, Haavind Vislie AS

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 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 utbygningsområder 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 flommer opptil 100-årsflommen eller beregnet samfunnsøkonomisk flomfrekvens. Juridisk ekspertise har gjennomgått de nyeste rettsferinger og rettsregler om flomskader og ansvar som kan legges på kommunene.

Det er gitt anbefalinger for dimensjonerende gjentakintervall for regnhypighet og oversvømmelseshypighet. Denne anbefalingen er i stor grad basert på standarden NS-EN 752, men er strengere på enkelte områder.

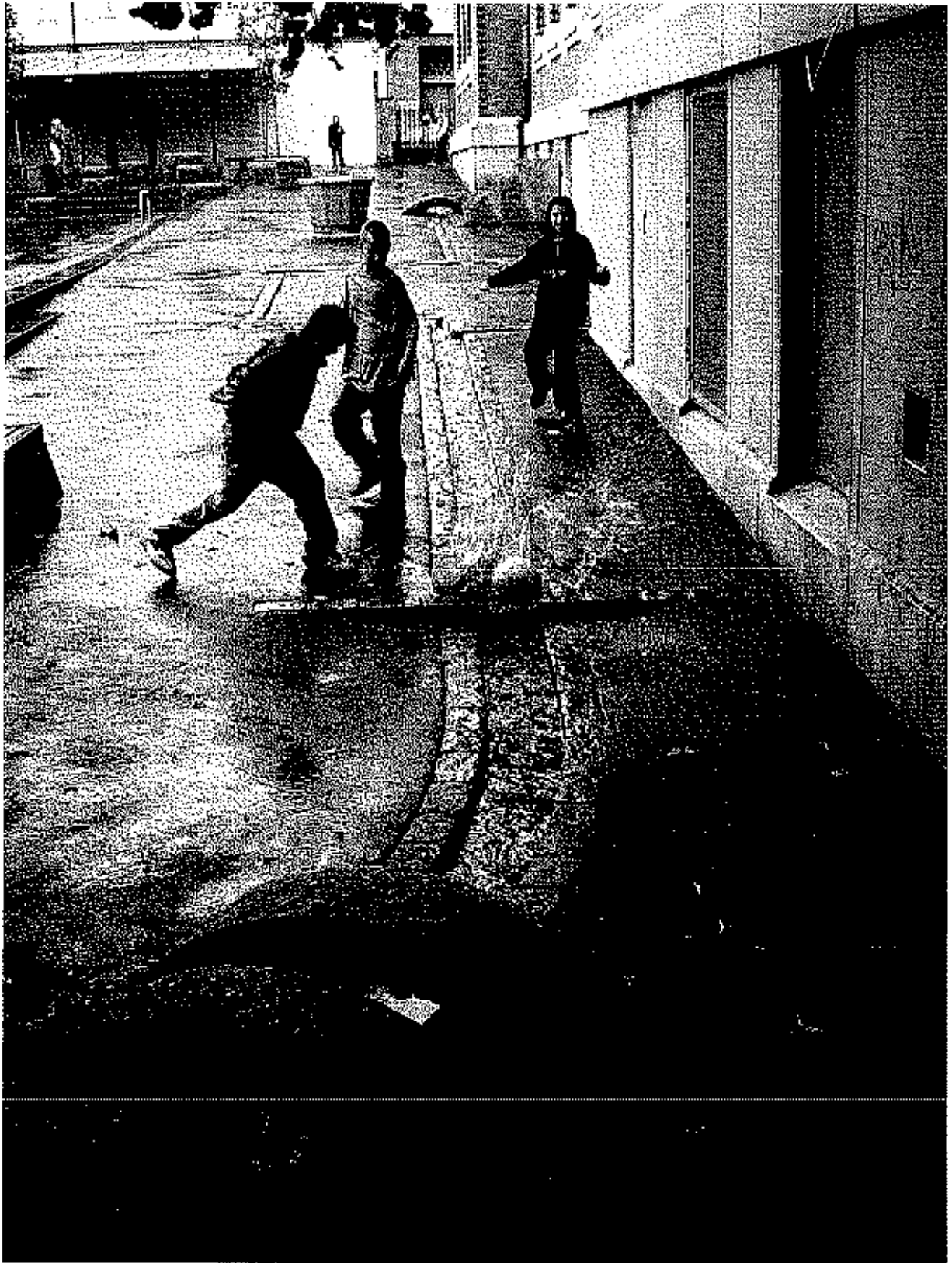
Veiledningen gir beskrivelser av noen aktuelle beregningsmetoder for overvannsavrenning med ulik grad av kompleksitet, samt aktuelle parametere for beregningene. De mest aktuelle dimensjonerende avrenningssituasjonene er diskutert for innlandsklima og kystklima.

Veiledningen består av en papirversjon som inneholder del 1 og del 2 av rapporten, mens mer utfyllende litteratur finnes i del 3 i vedlegg 1-7 og er kun tilgjengelig på www.norvar.no.

Emncord, norske: Overvann, overvannshåndtering.	Emncord, engelske:
--	--------------------

Andre utgaver:

ISBN 82-414-0268-6



Forord

Det har i de siste årene vært tydelig økning i flomskader og flomskadecutbetalinger i kommunene. Det tyder på at det kan være behov for et styrket arbeide med flom og overvann. Dels er dette faglig komplisert, og dels har mange nye metoder og tekniske løsninger blitt utviklet og utprøvet, som bør føre til at tradisjonelle løsninger revideres. Mange nye lover og retningslinjer har gjort kravene til kommunene større. Blant disse er § 24 a i Forurensningsloven som gir økt objektivt ansvar for kommunene ved flomskader.

NORVARs medlemmer har derfor etterlyst en veiledning på dette feltet. NORVARs mål for prosjektet har vært å lage en kort og konsis veiledning der alle relevante parter i overvannshåndteringen involveres. Overvannshåndteringen skal være helhetlig, fremtidsrettet og bidra til reduserte flomskader i fremtiden.

Gjennom prosjektet har vi også forsøkt å få avklart hvem som er "aktuell myndighet" i hht. NS-EN 752 vedrørende dimensjonering av spillvanns- og overvannsledninger. Da rapporten gikk i trykken var dette ikke endelig avklart, men foreløpige diskusjoner tyder på at Statens Bygningstekniske etat er aktuell myndighet med Norges vassdrags- og energidirektorat som faglig rådgiver.

Prosjektet har vært organisert gjennom NORVAR BA og er finansiert dels gjennom NORVARprosjekt og dels ved 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 har vært Oddvar Lindholm, institutt for matematiske realfag og teknologi ved Universitetet for miljø og biovitenskap.

For å få en god og bred involvering og implementering av veiledningen har vi valgt å benytte flere bidragsyttere via ulike fagmiljø. Følgende aktører har vært leid inn for å gi faglige bidrag til rapporten: Svein Endresen (eget firma), Sveinn Thorolfsson NTNU, Guttorm Jacobsen Haavind Vislie AS, Sveinung Sæggrov SINTEF og Svein Ole Åstebøl COWI AS.

Prosjektet er fulgt tett opp av en arbeidsgruppe som også har gitt 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 Tengedal, Sandnes kommune

Vi har bevisst også spilt på lag med de ulike fagnettverkene gjennom overvannsgruppene både i Fredrikstad, Bergen og Oslo. Også Norske landskapsarkitekters forening (NLA) med representant Sigrid Topsøe-Strøm Gilleberg har bidratt. I høringsprosessen er det også kommet inn nyttige kommentarer fra mange andre fagpersoner.

NORVAR BA vil takke alle bidragsytterne i det meget engasjerte overvannsmiljøet for gode innspill og diskusjoner i tilknytning til prosjektet.

NORVARs prosjektleder har vært Erik Bøhleng.

Hamar 17. oktober 2005

Erik Bøhleng

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Sammenheng.....	5
Del 1 utfordringer, visjoner og strategi.....	8
1.1 Fra problem til ressurs	8
1.2 Visjon for helhetlig overvannshåndtering.....	9
1.3 Strategi for å lykkes - helhetlig overvannshåndtering	11
1.4 Rettsregler, rettspraksis og myndighets spørsmål	16
1.5 Ordforklaring - del 1	18
Del 2 Kriterier, metoder og tiltak.....	19
2.1 Byvassdrag og hydrologisk modellering	19
2.2 Utvikling av bærekraftig overvannshåndtering	22
2.3 Analyse av overvannssystemet	24
2.3.1 Tidligere ingeniørpraksis.....	24
2.3.2 Metoder, kriterier og analyser	25
2.4 Tiltaksplan. Prinsipper og løsninger	32
2.4.1 Innledning.....	32
2.4.2 Åpne overvannsløsninger.....	32
2.4.3 Lokal overvannshåndtering på privat mark.....	33
2.4.4 Ulike former for fordrøyning	37
2.5 Ordforklaring - del 2	42
Del 3 Omtale om innhold i vedleggene (Finnes bare på www.norvar.no)	44
Vedlegg 1. Beskrivelse av anlegg for lokal overvannshåndtering.	
Vedlegg 2. Mal for informasjonsmateriale til husiere om kjelleroversvømmelser.	
Vedlegg 3. Spesifikasjoner for overvannshåndtering i Hove i Sandnes.	
Vedlegg 4. Rettsregler, rettspraksis og myndighet.	
Vedlegg 5. Eksempler fra kommuner på retningslinjer og krav.	
Vedlegg 6. Beregningsmetoder og datagrunnlag.	
Vedlegg 7. Litteratur som ikke er sitert i referansene i kapitellene og vedleggene.	
Referanser.....	45

Sammendrag

Overvann er vann som renner av på overflaten fra tak, vegger og andre tette flater. Dette vannet kan håndteres lokalt eller føres bort i avløpsledninger. Å behandle overvannet lokalt innebærer å la vannet finne naturlige veier via infiltrasjon til grunnen og/eller renne bort via åpne vannveier og dammer. Utbygging med mye tette flater og rask avledning via rør forsterker flommene i vassdragene og kan medføre økte skader nedstrøms.

Overvannet kan bli en ressurs

Byvassdragene og overvannet bør planlegges og behandles som en helhet. Denne måten å se på overvannet på krever sterk kobling mellom overvannshåndtering og areal- og landskapsplanlegging. Den vanligste og tradisjonelle måten 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 rekreasjon og som et positivt element i nærmiljøet. Samtidig har tradisjonelle løsninger vist seg iblant å ikke være gode nok eller kostbare. Det har dessuten vært en betydelig økning i forsikringsselskapenes utbetalinger for flomskader på bygninger og infrastrukturer.



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.

Det er mange årsaker til at flomskadene har økt i de senere årene. Deler av infrastrukturen forfaller eller holder ikke tritt med økende befestning som blant annet skyldes nye utbygninger, fortetting og utilstrekkelig vedlikehold. Videre er vannets naturlige flomveier endret. Vi har fått flere tette overflater som bebyggelse og asfalt. Naturlige grøfter og bekkefar er lagt i rør og myrområder og dammer er drenert. En annen årsak til økningen i flomskader er en utvikling de siste ti-årene i nedbør- og temperaturmønsteret i deler av landet som har gitt dels mer nedbør, dels mer intens nedbør og veksling mellom tineperioder og fryseperioder. Dette har bl.a. resultert i situasjoner med meget høy avrenning fra permeable flater etter regn på frossen mark eller på meget oppbløtt mark. Om det vi ser er starten på en varige endring eller videre forverring av klimaet er usikkert, men dette må tas inn i risikovurderinger.

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 ikke tilføres de forurensende stoffene.

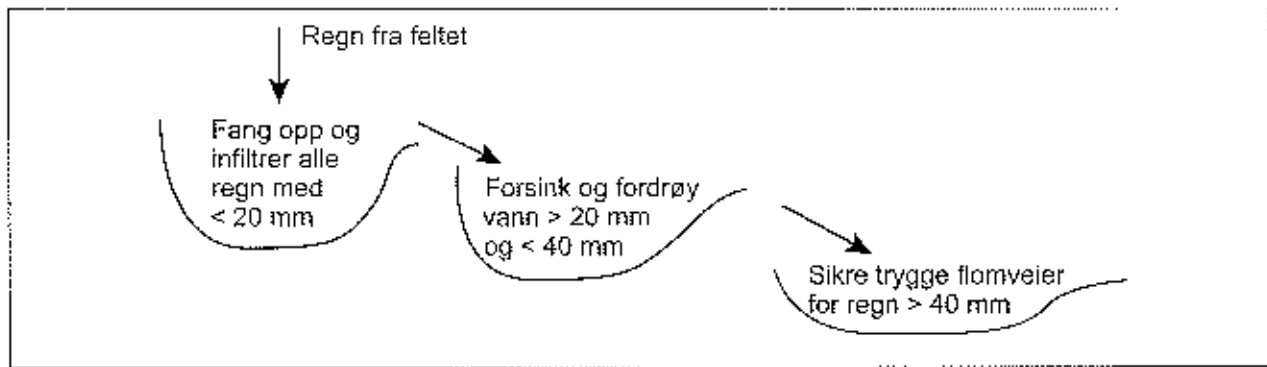
Problemer med forurensninger fra overløpsutslipp, økte flomskader og forurensninger fra overvannet, kan bringes under bedre kontroll uten å investere store summer i kostbare ledningsnett ved å optimalisere bruken av lokale og åpne overvannsløsninger.

Viktige prinsipper ved overvannshåndtering

Veiledningen gir praktiske råd om hvordan overvann kan bringes inn på alle nivå 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 figuren på neste side skal illustrere.



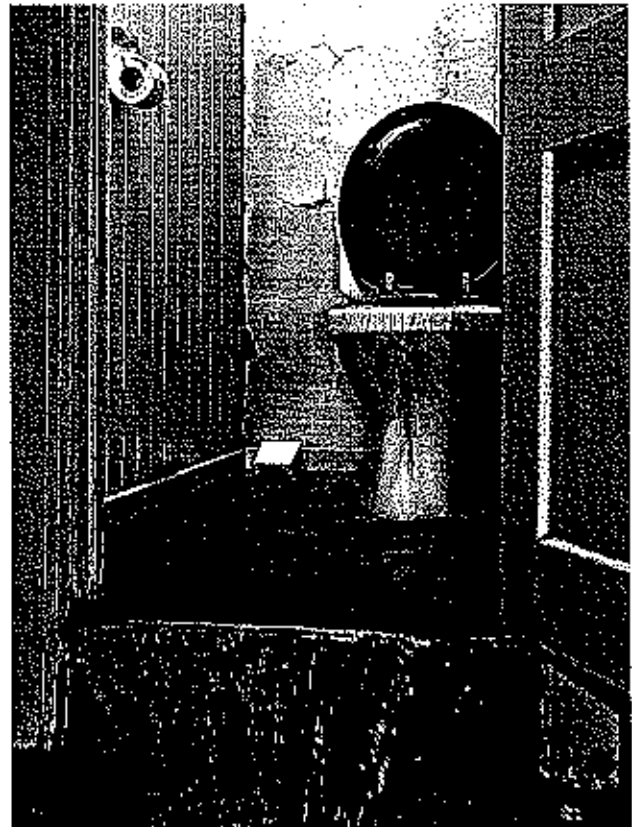
Figur 0.2: Treleddsstrategi, illustrasjon for håndtering av nedbør. Tallene er eksempler og må tilpasses lokalt.

Forurensningslovens § 24 a gir nå ledningseier objektivt ansvar for skader. Det vil si at selv om kommunen har fulgt god ingeniørpraksis kan kommunen bli erstatningspliktig ved overbelastning av avløpssystemet.

Rettspraksis har også blitt skjerpet med hensyn til vedlikehold av rister, hekkeinntak og ikke selvrensende ledninger. Kan det påvises at dette ikke var bra nok og en årsakssammenheng med flomskader, kan dette føre til erstatningskrav mot kommunen.

Primært anbefales kommunene å analysere hva som er optimalt gjentakintervall basert på samfunnsøkonomiske betraktninger og bærekraftige løsninger i hvert enkelt felt, sett over hele ledningens levetid. Dersom dette ikke gjøres anbefales det at tabell 0.1 brukes.

I analysene av optimalt gjentakintervall kan det være nyttig å innføre risikobegrepet, der risiko er sannsynlighet for en hendelse multiplisert med konsekvensen av denne hendelsen. Disse risikovurderingen må bl.a. inneholde vurdering av trygg avledning av flommer opp til 100 års gjentakintervall, jf treleddsstrategien. Kommunene må for ny utbygging



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

Tabell 0.1: NORVARs anbefalte minimums dimensjonerende gjentakintervall for separat- og fellesavløpssystem.

Dimensjonerende regnskylhyppighet* (1 i løpet av "n" år)	Plassering	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet** (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	Uderganger/underjordiske næringsområder	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).

også forholde seg til NVFs retningslinjer, som forutsetter enda høyere sikkerhet for en del typer arealbruk og infrastruktur.

Man bør beregne maksimal avrenning for en sommersituasjon for alle feltstørrelser i alle landsdeler. I sterkt urbaniserte strøk vil regn afene være dimensjonerende da snøen ofte kjøres bort.

1) I tillegg for innlandsklima:

- Det beregnes også vinteravrenning, frossen mark og langvarig regn, når feltene er større enn 20-50 ha. (Sommerregnene bør være utsortert fra I-V-F kurvene).

Den største av disse to gir maksimal avrenning.

2) I tillegg for kystklima:

- Det beregnes også høstavrenning, langvarig regn og våt mark når feltene er større enn 20-50 ha.
- Det beregnes videre vinteravrenning, frossen og snødekket mark og langvarig regn, når feltene er større enn 20-50 ha.

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.

Konsekvensene av en 100-års flom bør analyseres for det vannet røret ikke klarer å transportere. På

bakgrunn av analysen bør gjentakintervall for flomvei vurderes opp mot skadepotensiale og anleggs- og driftskostnader.

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

Detaljert stoff finnes på www.norvar.no

Som det fremgår av innholdsfortegnelsen er veiledningen delt i en del 1 og del 2 som er trykket som en papirversjon. I tillegg er det utarbeidet en del 3 med 7 vedlegg som inneholder utdypende informasjon utover det som står i del 1 og del 2 på bl.a. beskrivelse av LOD-anlegg, juridiske spørsmål, aktuelle tekniske tiltak, eksempler på konkrete krav og normer fra flere kommuner og informasjonsmaterieil til huseiere. Disse vedleggene finnes kun tilgjengelig for nedlasting på www.norvar.no. Vedleggene er tenkt oppdatert etter behov.

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 mer på detaljeringsplanet med overvannshåndtering som ingeniører, arealplanleggere, landskapsarkitekter, med mer. Vedleggene er et tilbud til VA-enhetene i kommunene eller konsulentene som ønsker å gå mer i detalj.



Figur 0.4: Konsekvensene og skadene ved flommen i Bergen september 2005 var store, her illustrert ved flomvann ved Nesttun sentret.

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. Man har i de senere år fått en stor økning av de skadene som flommer i tettstedene har forårsaket. Ledningsnettene som ble anlagt har ikke klart å holde tritt med økningene i vannmengdene. Både økende urbaniseringsgrad og endringer i værforholdene 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.

Hvorfor har flommene økt?

Overvann er vann som renner av på overflater som tak, veier og andre tette flater. Flomskader forårsaket av overvann har økt i de senere årene. Det er mange årsaker til dette. Deler av infrastrukturen forfaller eller holder ikke tritt med økende belastning som blant annet kan skyldes mulige klimaendringer, nye utbygninger, fortetting, utilstrekkelig vedlikehold. 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.

Overvannet kan infiltreres, holdes tilbake lokalt, transporteres via overvannsledninger til aktuell recipient 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 by-vassdrag vil samtidig 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 forurensete områder bør gjennomgå rensende prosesser før det eventuelt brukes som en ressurs. Det er dessuten en viktig oppgave å bidra til at overvannet ikke tilføres forurensete stoffer i utgangspunktet.



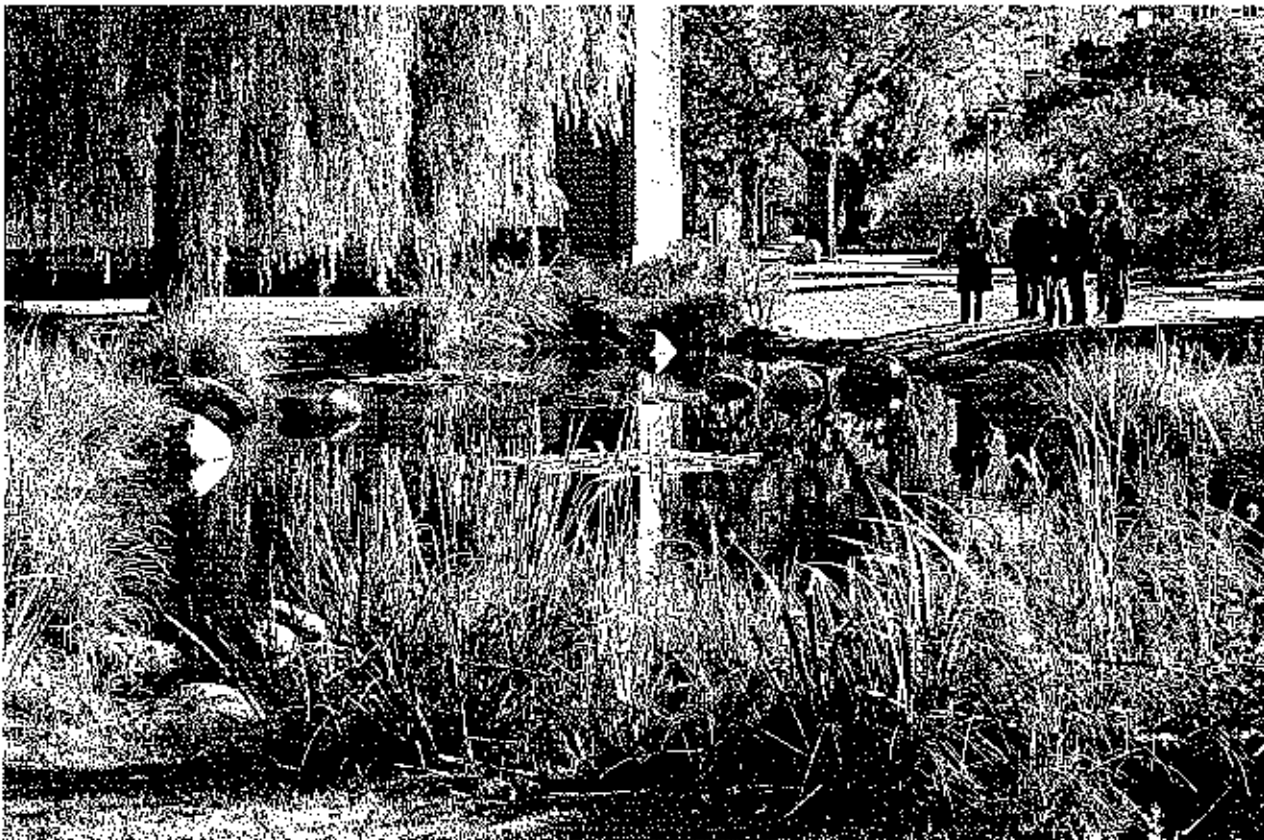
Figur 1.1: Eksempel på en estetisk vellykket bruk av overvannsløsning i boligområder (Augustenborg i Malmø).

Brak 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.

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 utbygningsområder og eksisterende områder.



Figur 1.2: Åpne overvannsløsninger er et positivt element i bomiljøet. Her vist ved et eksempel fra Augustenborg i Malmö.

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, bebyggel-

sesmønster 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

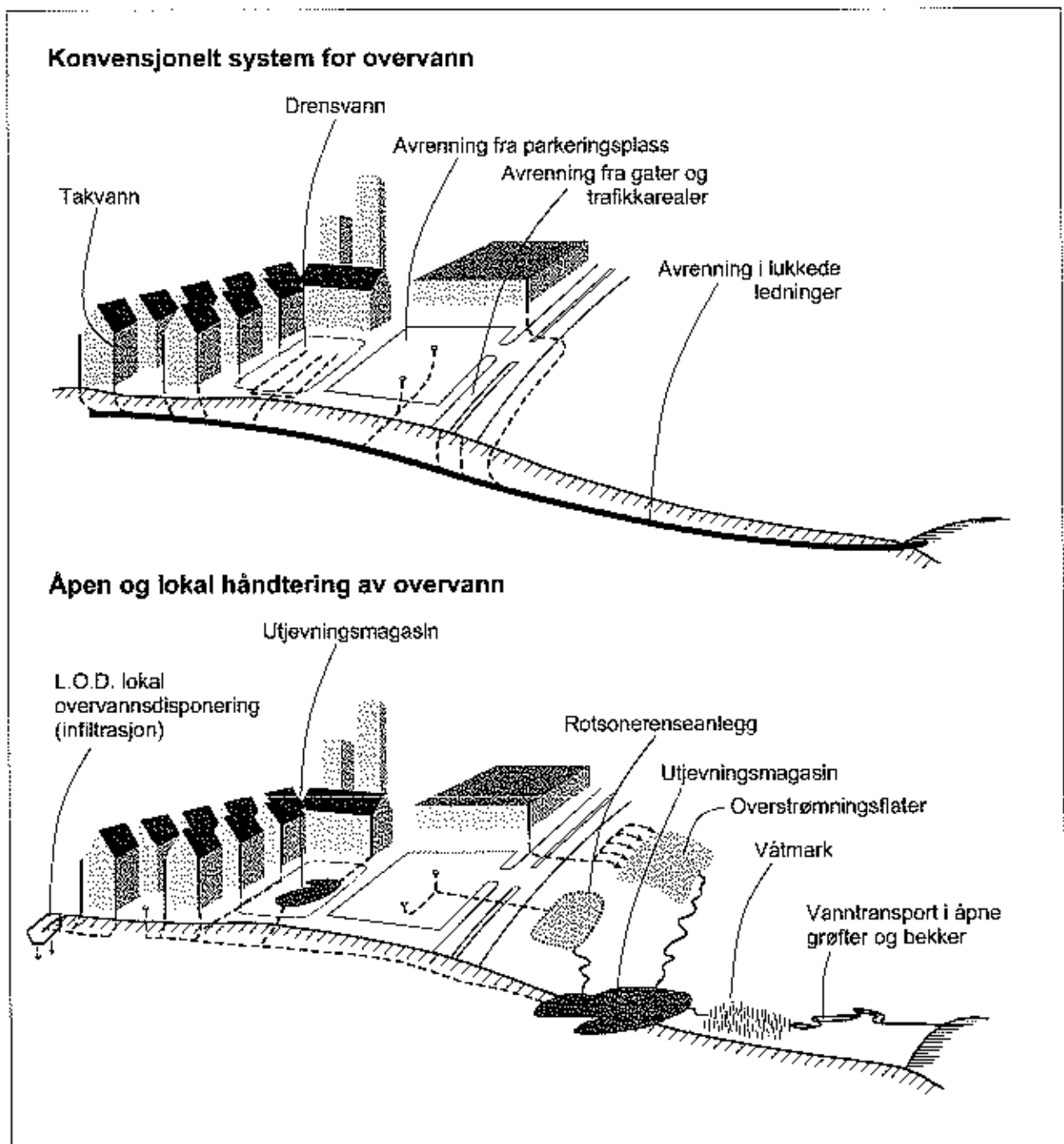
Overvannet skal håndteres slik at tilfredsstillende sikkerhet for liv, helse og miljø oppnås. Vannforurensning skal reduseres.

Utnytte overvann som ressurs

Overvannet skal 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.



Figur 1.3: 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. 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 prosjektet. Overvann som forurensningskilde har hittil ikke vært prioritert. Fordi mye miljøgifter kan transporteres ut med overvann er det viktig å ha tiltak mot dette i planene.

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 samlet måte.

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 iverksettes.

Kommunen bør planlegge for hverdagssituasjonen og for flom. I hverdagens overvann håndteres med kombinasjoner av ledningsnett og anlegg for lokal overvannshåndtering: LOD-anlegg (Lokal Overvanns-Disponering). Ved flom ledes overvannet via

overflatene med flomveier og flomvannet dirigeres til områder hvor skadene blir små.

Det er viktig at det ikke etableres nye punktutslipp av overvann som overbelaster nedreforliggende 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 ledningsnett.

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

Reduksjon av overvannsfurensning

Tiltak bør settes inn ved forurensningskilden som for eksempel det å redusere forurensningsproduksjon gjennom riktige materialvalg for bygninger, godt gaterehold, gode rutiner for tømming av sandfang/gatesluk, holde atskilt forurenset og ikke-forurenset 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.



Figur 1.4: Det er ikke tenkelig å dimensjonere ledningene og evt. 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.

Forurenset 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 i så fall det forurensete overvannet renses i et eget anlegg for overvann som for eksempel en sedimentringsdam med oljeavskiller.

Tiltak av mer administrativ karakter kan også iverksettes på kommunenivå, så som:

- Råd til huseiere, butikker, kjøpesentre og næringsliv om hvordan lagre ulike varer og utstyr.
- Råd om enkle tiltak til etater og næringsliv for minskning av flomskader på bygninger, for hindring av innflomming av vann i underjordiske næringsarealer etc.
- Utarbeidelse av rutiner for rensing av bekkeinntak, rister og renhold av bekkeskrånninger 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 2.4) 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 skiller 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, bygningsteknisk 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 flomsikkert.

Områder som skal brukes til fordroyning, 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.

Noen eksempler på retningslinjer som kan benyttes direkte i 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 gatefornying o.l.

Tiltak må settes inn ved forureningskilden. Forurenset 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/ledningsnett.

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 fordroy opp til 1-års-flom lokalt.
- Sikre trygge åpne flomveier opp til 100-års flom. Nye tiltak må ikke hindre vannets flomveier. Konstruksjoner som hindrer flomveiene skal vurderes fjernet.

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

Ny bebyggelse skal ikke plasseres flomsatt jfr. pbl. § 68. NVE Retningslinjer nr 1/1999 skal følges. Konkrete høyder framgår av Flomsonekart for aktuelt område.

Reguleringsplan/bbyggelsesplan

I reguleringsplan/ bbyggelsesplan 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 utarealer 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).

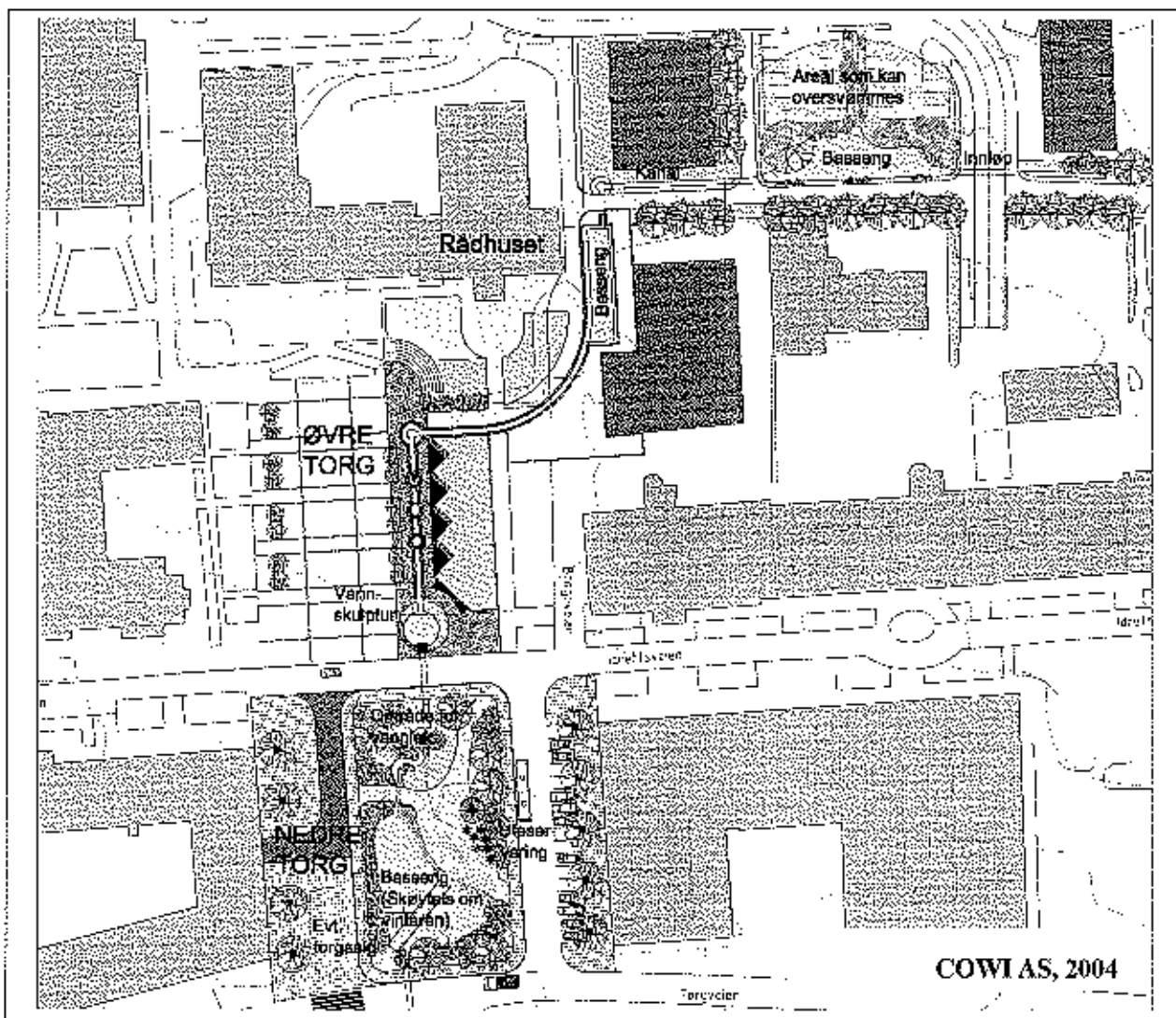
For nye utbyggingsområder er det vesentlig at overvannshåndteringen inngår i hele planprosessen. Terrengutforming som forsinker avrenningen, kan være et minst like viktig tiltak som å pålegge bygging av fordrøyningsmagasiner og krav til permeable flater. Vegger som samtidig skal fungere som flomveier, 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.

Byggetillatelse

Krav som skal stilles til den enkelte tomt kan være hjemlet i kommuneplanens arealdel, kommunedelplan, reguleringsplan, bbyggelsesplan 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 Retningslinjer nr 1/1999.



Figur 1.5: Eksempel på plan for utforming av overvannanlegg i Ski kommune.

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

Terrang rundt byggverk skal ha tilstrekkelig fall fra byggverket når ikke andre tiltak er truffet for å lede bort overflatevann. Rundt bygningsdeler under terrang og under gulykonstruksjoner 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, terrang, infiltreres i grunnen eller helt eller delvis føres til hovedavløpsledning.



Figur 1.6: Eksempel på bruk av deler av en skolegård som fordrøyningsareal.

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

Aktuelle tiltak som kan pålegges i en byggetilatelset med hjemmel i pbl §§ 67 og 68 er f.eks:

- Bevare og utvikle trevegetasjonen.
- Lage smalere veier.
- Anlegge permeable veidekker og permeable plasser. For eksempel kan det brukes åpne betongmønstre med grus i åpningene el. 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/forby påkobling på overvannsledning.
- Bruke brede slakke gressbevokste veigrøfter.
- Bruke ca. 20 cm lette absorberende jordmaterialer over relativt tette jordarter.
- Bygge "grønne" hustak med vegetasjon og jord.
- Sette opp cisterner/regnvannstøtter under taknedløp (for senere bruk til vanning etc.).
- Anlegge våtmarker.
- Frakobling av overvann fra takflater eller tette flater. Dette infiltreres i stedet til grunnen.
- m.m.

Tabell 1.1: 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.

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 Plan- og bygningsloven til å stille mange av de ovenfor nevnte kravene, dersom det ikke tas inn i retningslinjer på overordnet kommunalt nivå.

Tabell 1.1 viser en oversikt over ulike plannivåer og den hierarkiske oppbyggingen av disse.

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 vannkvaliteten i vassdraget ikke påvirkes negativt.
- Lokal håndtering av overvann skal gjennomføres innenfor planområdet.
- Byggefotbud 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.

Konkrete eksempler på noen retningslinjer som kan medtas i reguleringsbestemmelsene:

- "Overvannsproblematikken skal løses v/lokal overvannshåndtering, i tråd med "Veiledning for overvannshåndtering" utgitt av NORVAR.
- "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 § 24 a 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 tingrettsdommer 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. Kan det påvises at dette kunne vært bedre og en årsakssammenheng med 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 for 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 må den ha et gjentakintervall på mer enn 50 år.

Kommunen vil videre i stor utstrekning ha anledning til å fraskrive seg ansvar for det objektive ansvaret

som følger av reglene i forurensningsloven og vannressursloven, ved å ta inn slike bestemmelser i sine standard tilknytnings- og leveringsbetingelser (sanitærreglement). 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. Spørsmålet vil komme opp for lagmannsretten i løpet av 2006 og vi vil da forhåpentligvis få en nærmere avklaring av hvor langt ansvarsfraskrivelsene rekker på dette området.

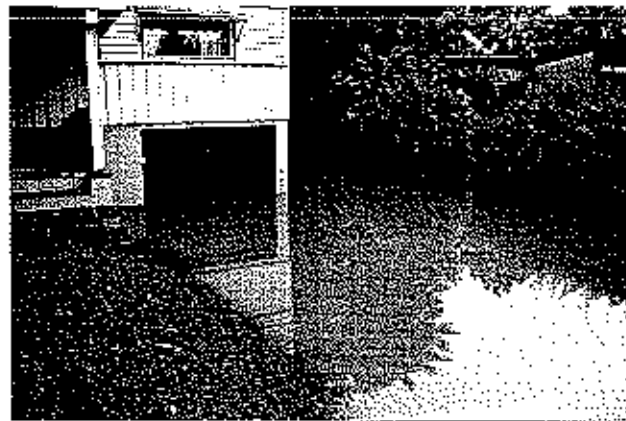
Kommunen har som regulerings, bygnings og i enkelte tilfelle som vassdragsteknisk myndighet, en rekke muligheter til å forebygge flom og erosjonsskader.

At kommunen gjennom utarbeidelse av reguleringsplaner og i vurderingen av om det i det enkelte tilfelle skal gis byggetillatelse skal påse at flom/oversvømmelsesfare blir vurdert, fremgår av plan- og bygningslovens regler sett i sammenheng med vannressursloven. 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.



Figur 1.7: Eksempel på skade påført av flom ved ekstreme nedbørsmengder.

Det samme gjelder der den enkelte kommune har unnlatt å ta ansvar for en samlet overvannshåndtering, ved å ha unnfatt 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 1.8: To eksempler som viser deler av skade omfanget ved flommen i Bergen i september 2005. Begge bildene 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 Ordforklaring - Del 1

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

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

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

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

Flomveg: Lavpunkt-streckninger i terreng eller bygde områder hvor vannet kan avledes ved flom.

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

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.

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

LOD = LOH: Lokal overvannsdiskonsering/håndtering: Tiltak lokalt der nedbøren faller 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: Stoffer som i relativt lave konsentrasjoner skader miljø og helse. For eksempel tungmetaller, PAH, PCB, dioksiner, bromerte flammehemmere, m.m.

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 tilbakestuving i kjellere o.l. oppstår.

PBL: Plan- og bygningsloven.

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

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 hydrologiske modellering

Mange byvassdrag ble tidligere lagt i kulverter og rør og ble en del av tettstedenes avløpsledningssnett. 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 overflaten, 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 regnværslommer 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 lenger tid kan påvirke større områder. Flomeffekten er meget avhengig av tilstanden i feltet når regnhendelsen starter. Et feltet allerede oppfuktet fra tidligere regnhendelser eller er marka frossen, kan avrenningseffekten bli meget betydelig.

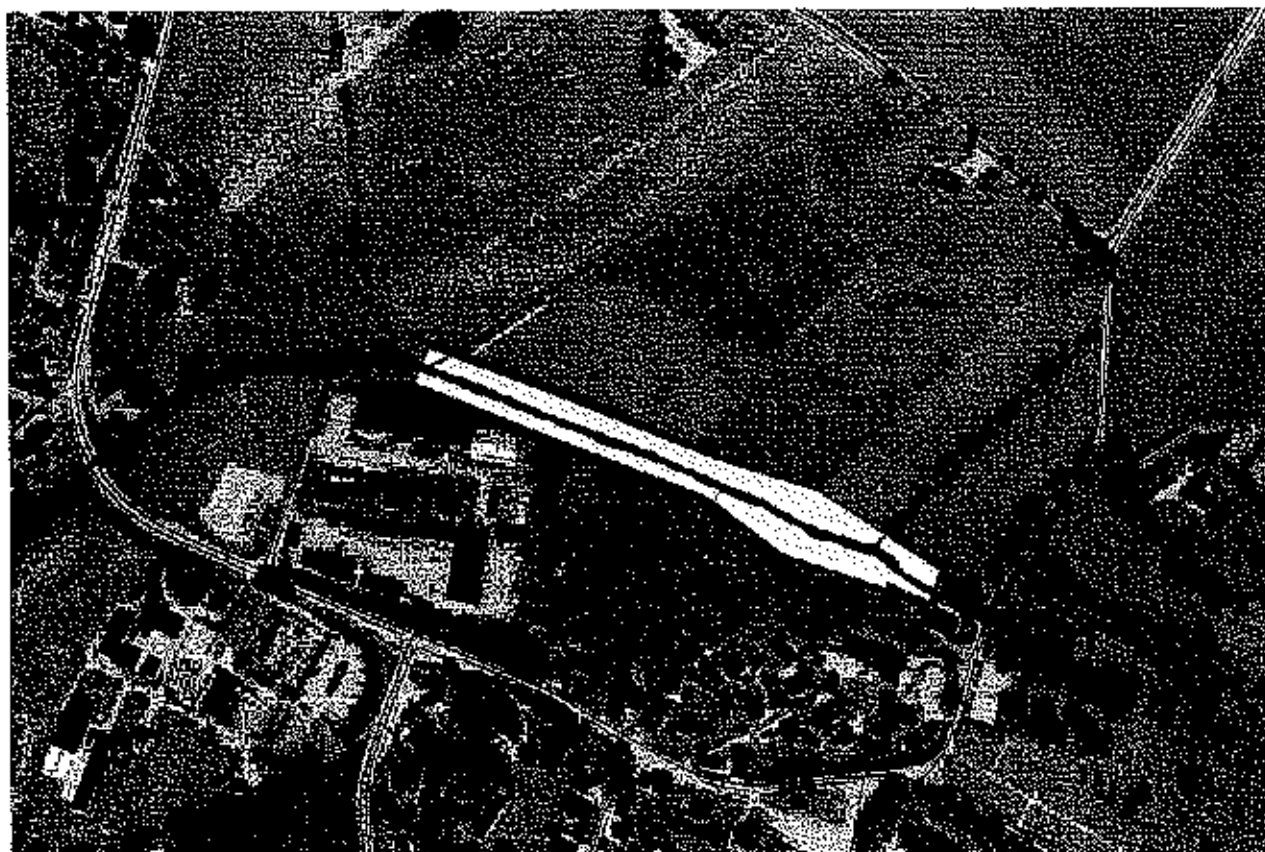
Når byer vokser, etableres boligfelt og sentrumsfunksjoner i periferien. Dette er ofte bebyggelse

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.

Brak 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 også gjennomføre risikoanalyser der sannsynlighet for oversvømmelser, evt. 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: Eksempel på modellert 100-års flomnivå i Høylandsåna i Sandnes kommune før og etter nye utbygginger. Lys blå farge viser ettersituasjon.

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. Storåna vassdraget 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 vanabalansmodell, 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

NVF's 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 utjevningvolum er mest relevant i øverste del av feltet (der det har vært utbygging).
- Samlet medfører utbygging noe øket flom- og noe redusert tørrværsavrenning nederst i vassdraget. Innføring av lokal overvannshåndtering i utbyggingsområder kan gi en bedre utjevning. Fordrøyningsiltak nederst i vassdraget har ingen effekt. Fordrøyningsiltak (regulering) i innsjøer har vesentlig effekt.
- Den har påvist hydrauliske flaskehals 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 erstatnings-

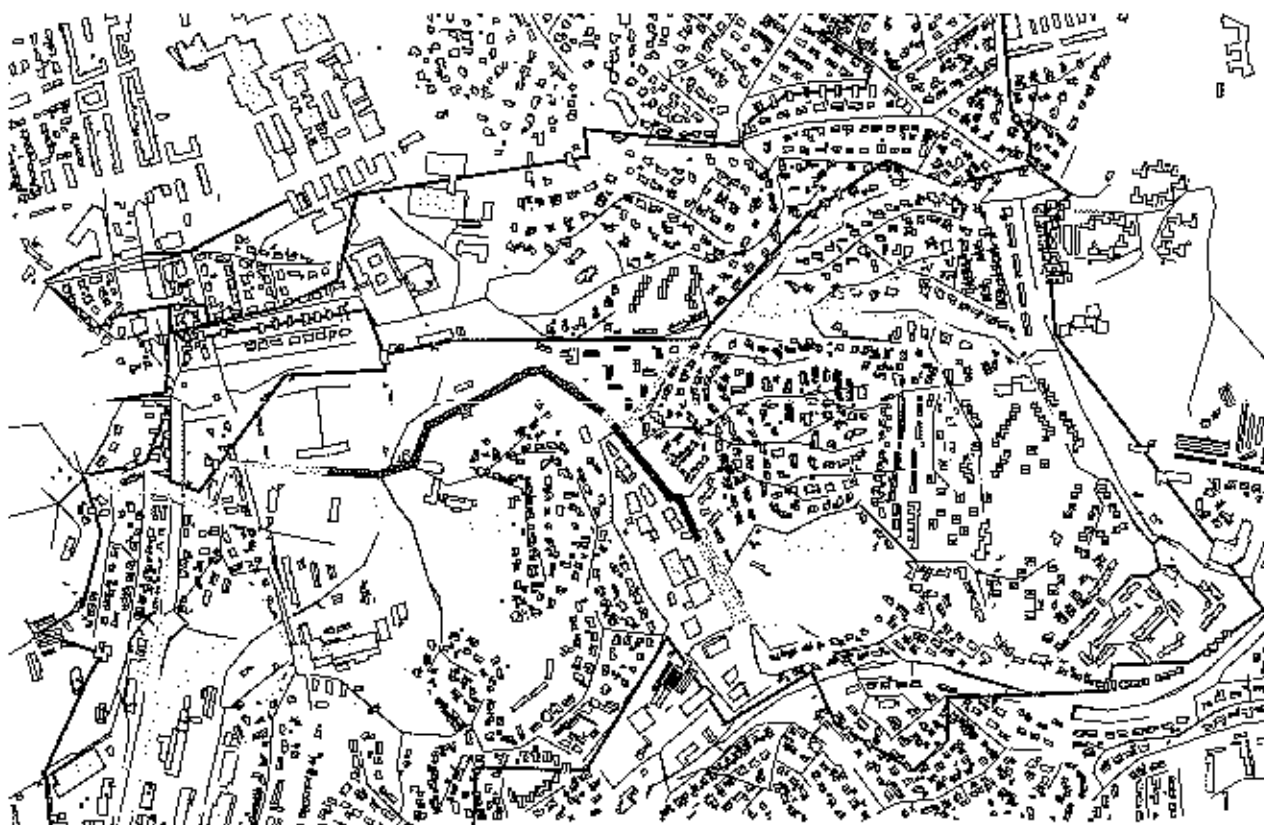
utbetalinger etter oversvømmelser i byvassdrag. Det er grunn til å vente betydelige bygningskader og vlemper for befolkningen pga flommer også videre fremover. Dette kan til en viss grad forebygges ved reguleringsbestemmelser som sikrer en avrenningsbuffer.

Flomsikkerheten bør analyseres med kombinerte hydrauliske/hydrologiske modeller i alle byvassdrag slik som i Sandnes. Boplyggelse bør ikke tillates der det er sannsynlighet for oversvømmelse. Det vises i denne sammenheng til NVEs retningslinje nr.1. - 1999. "Arealbruk og sikring i flomutsatte områder." Her sies det at områder hvor det planlegges boliger, mindre forretningsbygg og mindre offentlig bygg bare skal oversvømmes av vassdrag ved flommer større enn 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- og sentrumsbebyggelse).
- Samle 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 tidsoppløsning i minutter og temperatur med oppløsning i 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 et 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 2.2: Flomutsatt område beregnet med avløpsmodell og presentert på kart. Rød farge indikerer flomutsatte områder.

2.2 Utvikling av bærekraftig overvannshåndtering

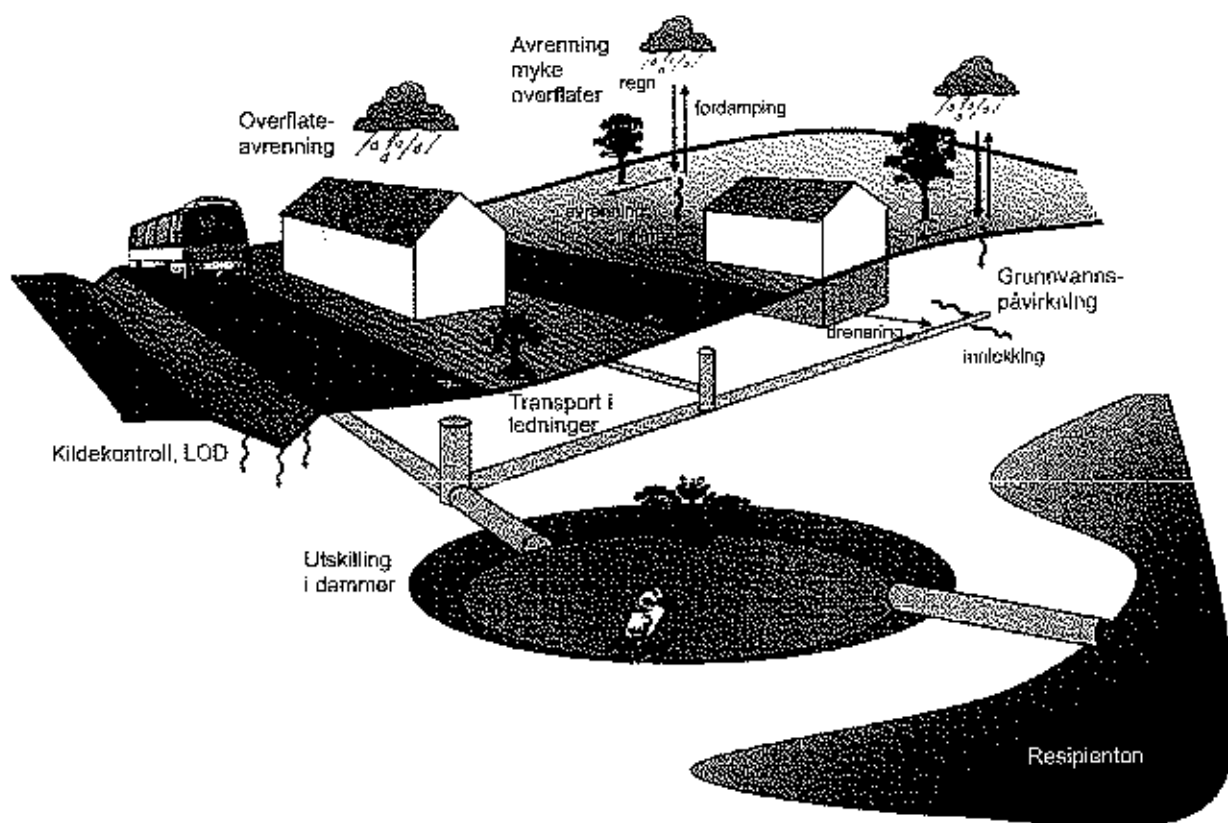
I motsetning til det vi kan kalle en bærekraftig overvannshåndtering, har vi en overvannshåndtering som billigst og mest mulig effektivt fjerner overvannet fra bebygde områder. Ved en bærekraftig løsning tenker man også på andre kvaliteter som rekreasjon, estetikk, biologisk mangfold, utelopen av at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

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. arealplanlegging, landskapsarkitektur, urbanhydrologi, hydraulikk, hydrometri, vannkjemi, geologi/geoteknikk, VA-teknikk, biologi, økologi, m.m. 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 overvannsfurensinger. Disse løsningene må da integreres i arealplanene og inngå i driftsopplegget for VA-etaten. Det å disponere overvannet på en forsvarlig måte



Figur 2.3: Forskjellige overvannsløsninger og tiltak satt sammen i et eksempel på et overvannssystem. Figuren viser også hvilke forhold som påvirker og blir påvirket av løsningene. Basert på materiale fra SWECO Stockholm.

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 utbygges 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 langs 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 mikroforurensninger.

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 ubebygde område finnes det et naturlig bekkesystem, som avleder overvannet. Når området utbygges, forandres dette systemet. Forandringen kan bestå av 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 avløpslammet i avløpsrenseanleggene og dermed gjøre dette slammene mindre

brukbart som gjødsel og jordforbedringsmiddel i jordbruket.

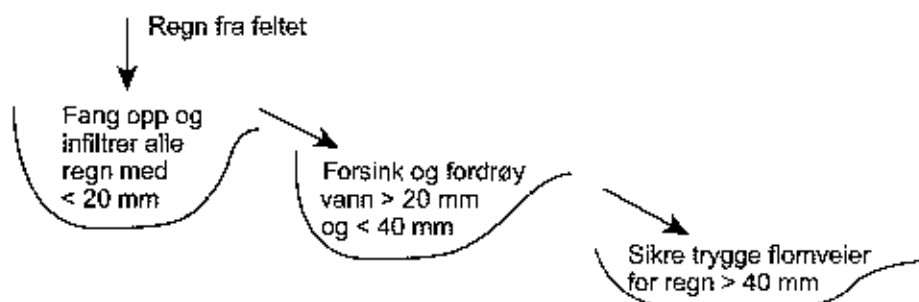
Ved planleggingen av overvannshåndteringen må det tas hensyn til at overvannet er forurenset. Forurensningsgraden avhenger av arealbruk, topografi og klimaforhold. I planfasen må det også tas stilling til hvilken overvannshåndtering som skal brukes. Alle utslipp må vurderes på planstadiet. Utslippene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

Figur 2.3 viser hvordan forskjellige overvannsløsninger og tiltak kan bygges sammen til et overvannssystem.

Figur 2.4 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 ved 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 regn på en trygg måte.

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

- Er infiltrasjonskapasiteten i grunnen god nok?
- Kan det oppstå forsumping av områdene, skader på bygninger pga dårlig drenering av fundamentene og vanninntrengning, sopp og råte?
- Blir trafikkarealer forsvarlig drenert?
- Kan iskjøving og andre frøstrelaterte problemer oppstå?
- Kan det oppstå erosjonsproblemer?



Figur 2.4: Treleddsstrategi, illustrasjon for håndtering av nedbør. Tallene er eksempler og må tilpasses lokalt.

2.3 Analyse av overvannssystemet

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 NORVAR er en del av en policy hvor kommunenes eget VA-faglige organ, med betydelige bidrag fra medlemmene selv, i økende grad gir føringer.

2.3.1 Tidligere ingeniørpraksis

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

Minimumskrav til høyde mellom åpent sluk i kjeller-gulv og topp av avløpsrør i tilknytningsspunktet.

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

Veiledende dimensjonerende gjentaksintervall for nedbør.

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 skulle dimensjoneres med tanke på regn. Disse var: Statens forurensningstilsyn (SFT) "Veiledning ved dimensjonering av avløpsledninger" TA-550 fra juni 1979 og Norske kommuners sentralforbund (KS) "Vann og avløpsnett" 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. Gjentaksintervalllet mellom dimensjonerende regnskyll anbefales valgt som angitt i tabell 2.1. "Vann og avløpsnett" fra KS er et basert på SFTs veiledning.

Det går ikke frem av skrifterne om dimensjoneringen skal sørge for at oppstuvningen ikke går høyere enn til toppen av tverrsnittet innvendig i avløpsrøret, til laveste kjellernivå eller til marknivået. I følge en spørreundersøkelse (Lindholm, Engan, Rapp, Petersen Øverleir og Markhus, 2003) har de fleste kommuner tolket det slik at man skal dimensjonere slik at vannstanden ikke går over topp rør.



Figur 2.5: Overtrykk i overvannsledningen.

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

Tabell 2.1: 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 selvfall på overflaten (det vil si at vannet kan strømme ut fra området både via avløpsnettet og via overflaten).

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

Bäckmann (1984) viser at i 1947 var det vanlig i Sverige å bruke 2 års regn i fellesavløpssystemer. Höganäs avloppsåndbok 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 TA-550 kom i 1979 å dimensjonerte for 2-årsregnet.

2.3.2 Metoder, kriterier og analyser

Valg av analysesituasjon

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. 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 og på Østlandet er dette 40-60 mm/døgn, mens på Vestlandet er maksimal døgnnedbør ofte over 100 mm. Avrenningene opptrer derfor forskjellig på kysten og i innlandet. I mellom ligger en grensone 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 avrennings-tilfeller i Trondheim, hvorav 7 skjedde om vinteren,

den største 30-31. mars 1997 med regn på snødekket og frossen mark, (Nilsen et al. 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. Lite avrenning fra semi-permeable 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 semi-permeable og permeable flater. Avrenningsvolumet kan overskride regnvolumet pga smelting.

4. Vårsituasjon

Snøsmelting, våt og mett 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 vanskelig å beregne eksakt og metodeutvikling pågår. (Matheussen 2004).



Figur 2.6: 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 små nedbørfelt, dvs under 20-50 hektar, vil det stort sett være sommer-situasjonen 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 B.V. og S. T. Thorolfsson, 1999). Inntak, sluk, bekkeinntak etc. er ofte frossen i starten av et regntilfelle om vinteren. Gode kunnskaper om vinterforholdene, snødekke, frosset 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.

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

For avskjærende avløpssystemer bør hele årsavrenningen analyseres, minutt for minutt, time for time og måned for måned, ved bruk av kontinuerlige simuleringssystemer, der spesiell snøsmelte rutine beregner snøsmelteavrenningen. Det vil gi avlastede vannvolumer i overløp og evt. behov for fordøyning og tiltak mot oppstuvninger og overbelastninger.

Dimensjonering:

Ved sommersituasjon beregnes maksimal avrenning for alle feltstørrelser i alle landsdeler. I sterkt urbanisert strøk vil regn være dimensjonerende da snøen ofte kjøres bort.

1) I tillegg i innlandsklima:

- Det beregnes også vinteravrenning, frossen mark og langvarig regn, når feltene er større enn 20-50 ha. (Sommerregn bør være ut-sortert fra I-V-F kurvene).

Den største av disse to gir maksimal avrenning for alle årets årstider.

2) I tillegg i kystklima:

- Det beregnes også høstavrenning, langvarig regn og våt mark når feltene er større enn 20-50 ha.
- Det beregnes videre vinteravrenning, frossen og snødekket mark og langvarig regn, når feltene er større enn 20-50 ha.

Hensiktsmessig beregningstrinn ved bruk av modeller i urbane områder kan settes til maksimum 5 – 10 minutter.

Volumberegninger:

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

Hensyn til kaldt klima

Frost, tele, snø/snøsmelting m.m. 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 ledninger.
- Isdannelse, tiltetting av sluk/innløp, issørpe som hindrer vannets vei.
- Isdannelse på dammer (reduert rense- og fordøyningseffekt).
- 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 vegg-salting 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.

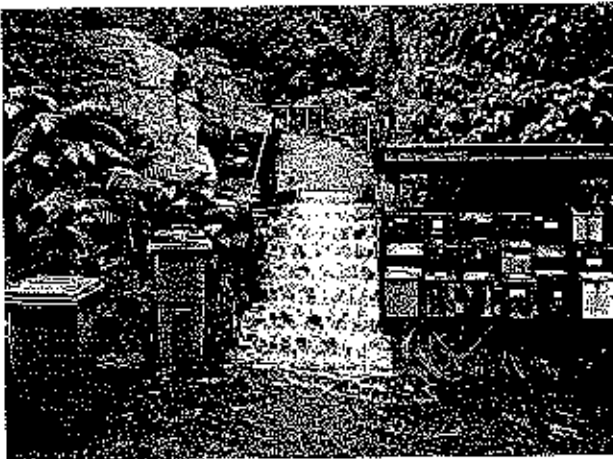
Problemstillinger knyttet til kaldt klima må tas hensyn til ved utforming og bygging av anlegg, og tilfredsstillende forhold med hensyn til drift og vedlikehold av anleggene må ivaretas.

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 vite anslåtte skader og ulemper opp mot kostnadene for anlegg av flomveiene. Kapasiteten til flomveiene skal angis. Det må kontrolleres at nedenforliggende områder kan håndtere de tilførte vannmengder fra flomveier.

Veg-/gatcoverflate, parkområder o.l. kan eventuelt inngå som en del av flomveien.



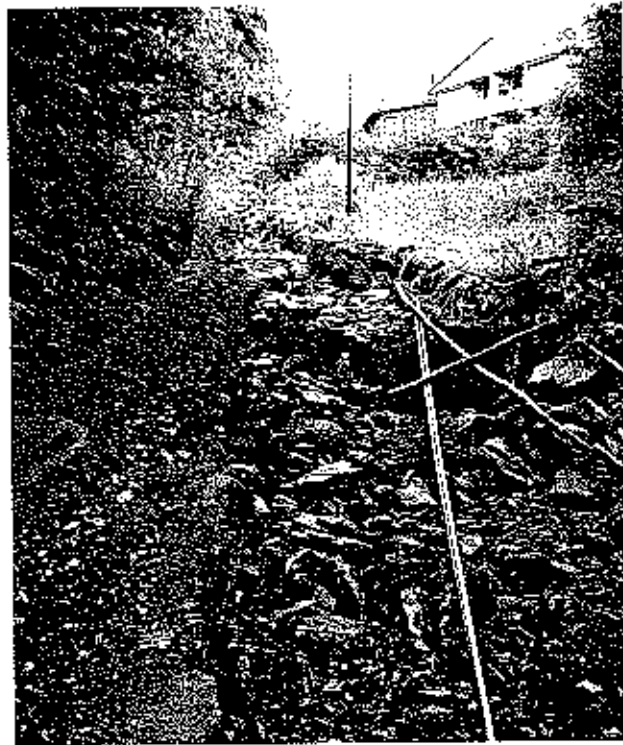
Figur 2.7: Vannet finner den lettest veien om det er kontrollert avrenning eller ei.

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 o.l.) og for eksisterende anlegg/vannveier. For stikkrenner og kulverter må utforming ved innløp og utløp vurderes spesielt.

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



Figur 2.8: 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. summasjonskurvemethoden 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 bølgeanalyse". Dette vil i praksis bety at MOUSE, SWMM eller tilsvarende brukes.

Tabell 2.2: Dimensjonerende hyppigheter ifølge Norsk standard NS-EN 752 1997.

Dimensjonerende regnskyl- hyppighet (1 i løpet av "n" år)*	Plassering	Dimensjonerende oversvøm- melseshyppighet (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	Undergrunnsbane/underganger	1 i løpet av 50

* Ledningsnettet skal bare fylles til topp rør ved dimensjonerende regn.

** Oversvømmelsesnivået skal normalt regnes til marknivået.

Dersom regnet varer mindre enn konsentrasjonstiden, vil manglende hensyntagen til rørlagringen 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.

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-standarden 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 å ikke bruke manuelle metoder på større felt enn 20-50 ha.

Valg av dimensjonerende gjentakintervall for regn

Tabell 2.2 viser gjentakintervaller fra NS-EN 752 gjeldende som Norsk standard fra 1997.

Det er ikke angitt at tabell 2.2 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. 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. 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.

Tabell 2.3 viser de minimums gjentakintervall som NORVAR anbefaler brukt dersom man ikke selv beregner et optimalt gjentakintervall for det aktuelle feltet.

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

Tabell 2.3: NORVARs anbefalte minimums dimensjonerende hyppigheter for separat- og fellesavløpssystem.

Dimensjonerende regnskyl- hyppighet * (1 i løpet av "n" år)	Plassering	Dimensjonerende over- svømmelseshyppighet** (1 i løpet av "n" år)
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/ underjordiske næringsområder	1 i løpet av 50

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

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

Primært anbefaler NORVAR at kommunene analyserer hva som er optimalt gjentakintervall basert på samfunnsøkonomiske betraktninger og bærekraftige løsninger i hvert enkelt felt, sett over hele ledningens levetid.

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 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 ligge nærmere de samfunnsøkonomiske 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.

Framtidig utvikling i området må også vurderes ved analyser av riktig lokaltilpasset dimensjonerende gjentakintervall. Dersom dette ikke gjøres anbefales det at tabell 2.3 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 rønett, 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.

Fordi eksisterende ingeniørpraksis i Norge på visse punkter har vært strengere enn NS-EN 752 (tabell 2.2), 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 separat- og fellesavløpssystem. Dette 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 separatssystemer er såkalte ikke-virkende separatssystemer.

For bruken av tabell 2.3 anbefales følgende:

- Hovedledningssystemet dimensjoneres først med "dimensjonerende regnskyllhyppighet" (venstre side i tabellen), slik at rørene bare går så vidt fulle. Dersom det er små felter med konsentrasjonstid mindre enn 15 minutter eller 20-50 hektar areal, 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. 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 regnerie 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).

Dersom man for eksempel velger å kontrollere et eksisterende felt for et 10-årsregn, for å se om røret 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 røret.

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.



Figur 2.9: Overbelastet overvannsledning

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. - 1999. "Arealbruk og sikring i flornasatte områder.", angir at boligområder ikke skal utsettes for flom oftere enn gjennomsnittlig en gang pr. 100 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.

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.norvar.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 I-V-F kurven (for et gitt gjentakelsesintervall).
- Omdanning av I-V-F kurven til modellregn som f.eks. symmetrisk hyetogram.
- Lange tidsserier hvor man lager frekvens for delingsfunksjoner 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 varighetsprinsippet 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 I-V-F 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, Engan, Rapp, Petersen-Øverleir og Markhus. 2003). Ved analyse av eksisterende systemer er målte historiske regn 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 operer slike værradarer og de dekker hele Østlandsområdet.

I vedlegg 6 er forhold omkring nedbør nærmere utdypet.

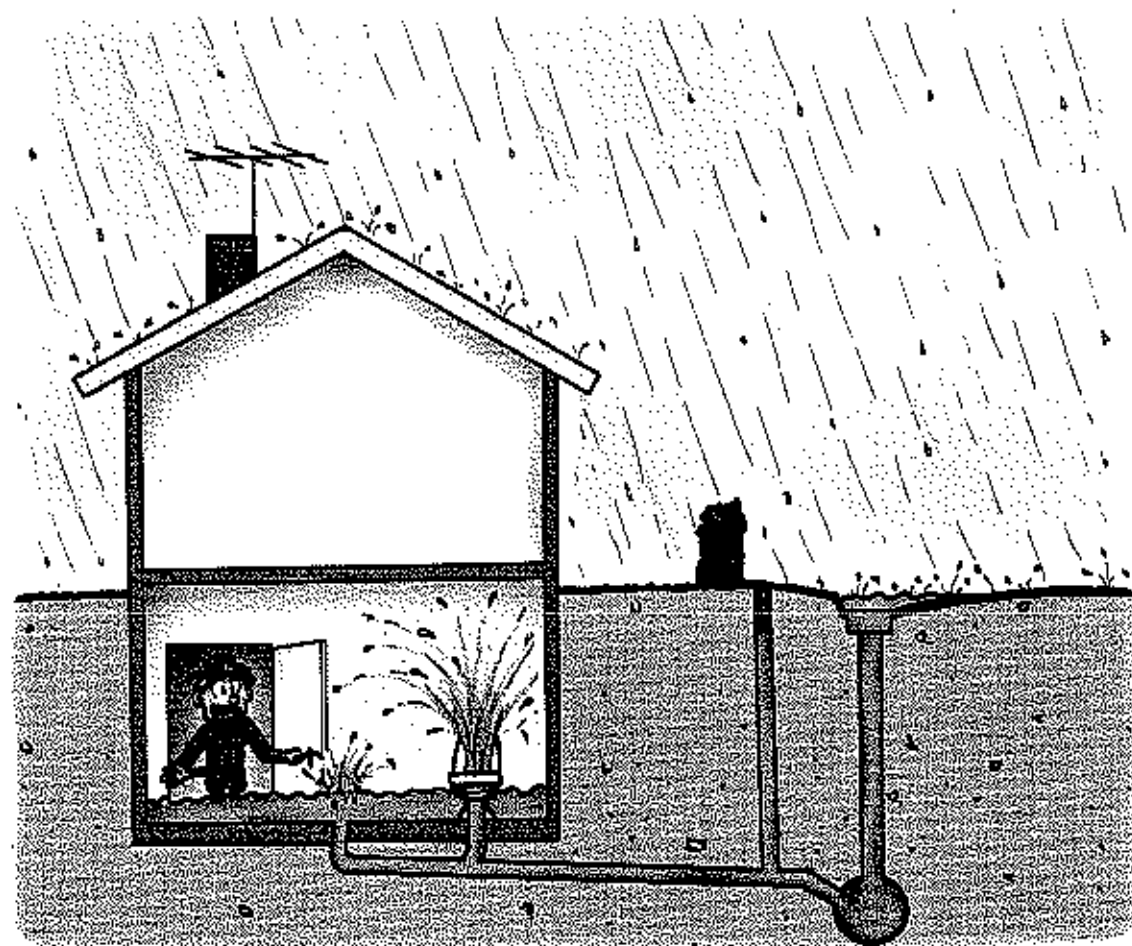
Flomfrekvensanalyser kan gi nyttig kunnskap

Vanlige flomberegninger gjøres ofte basert på regnintensiteter for ulike gjentakelsesintervall. Man forutsetter da underforstått at de resulterende maksimale vannføringer og oppstuvninger opptrer med samme

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

Hensyntagen til kumtap

Falltap forårsaket av kummenne i en oppstuvningssituasjon kan være i samme størrelsesorden som selve rørfriksjonen. Dette avhenger imidlertid av avstanden mellom kummenne og kummenes tilstand og utforming. Beregning av kumtap er generelt komplisert. Dette skyldes at mange ulike hydrauliske prosesser skjer i kummen. Det er innløpstop inn i kummen og utløpstop ved utstrømming 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 topp rør i kummen, blir det intense strømminger i kummen som gir store energitap. Mer opplysninger om kumtap og oppstuvningsberegninger er vist i vedlegg 6.



Figur 2.10: 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 med påfølgende minimal kostnadsøkning og vesentlig økt gjentagelsesintervall 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 gi bidrag til måloppnåelsen. Dette spenner fra private tiltak på egen tomt og eget hus, til kommunale tiltak. Tiltakene kan være skadereduserende eller flomreduserende. Alle aktuelle tiltak bør kost-nytte 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 tilfredsstillende samfunnsøkonomiske hensyn.

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

- 1) I planfasen bør bekker kartlegges og mulighetene de har som elementer i et overvannssystem vurderes.
- 2) Bekkelukkinger bør unngås.
- 3) Bekkeskråninger må sikres mot erosjon og ras
- 4) Forholdene om vinteren må vurderes.
- 5) Ved bruk av store tette flater bør disse avledes ut på permeable flater for infiltrasjon.
- 6) Tette flater bør i størst mulig grad være omgitt av permeable flater.
- 7) Der det er ønskelig å avslutte tette flater med kantstein, bør disse ha åpninger slik at overvannet slippes ut på de permeable flatene.
- 8) Permeable flater bør legges slik at man oppnår maksimal infiltrasjon.
- 9) Valg av jordtype og tilsåing bør utføres mht infiltrasjon av overvannet.
- 10) Unødig komprimering skal unngås og anleggskjøring ikke tillates i infiltrasjonsområder.
- 11) 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.
3. Kantstein anlegges ikke langs kjørearealer. Eksisterende kantstein fjernes.
4. Grøfter erstatter rennestein.
5. Sluk kobles ikke direkte til ledningsnett. Eksisterende sluk frakoples.
6. Antall sluk reduseres.
7. Bruk av "porøs asfalt" i stedet for tett asfalt på gang-, sykkel- og kjørearealer.
8. Bruk av "ikke-tett beleg" der det er mulig som brostein, betongkassetter etc.
9. Eigne 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 fordrøynings 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 fordrøynings i dammer og våtmarker. Anleggene kjennetegnes ved at overvannet, til forskjell fra bortledning i lukkede systemer, er synlige (Stahre 2004).



Figur 2.11: Eksempel på åpen overvannsløsning fra Hølatokka 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.

Overvannsfurensninger 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 forsoplet og fordi overvann kan inneholde for mye forurensninger. 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 gressklede flater Porøse dekker Infiltrasjon i steinfyllinger Tilfeldig ansamling av overvann på spesielle overflater for oversvømmelse Dammer Våtmarker
Fodrøyd 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:

1. 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.
2. Overvann fra tette flater bør håndteres så nær kilden som mulig. Dette kan skje ved avledning av overvannet til gressklede overflater der det kan infiltrere.
3. 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.
4. 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 alternativer 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 overvannsbeklastningen på overvannssystemet.

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

Infiltrasjon på gressklede 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.

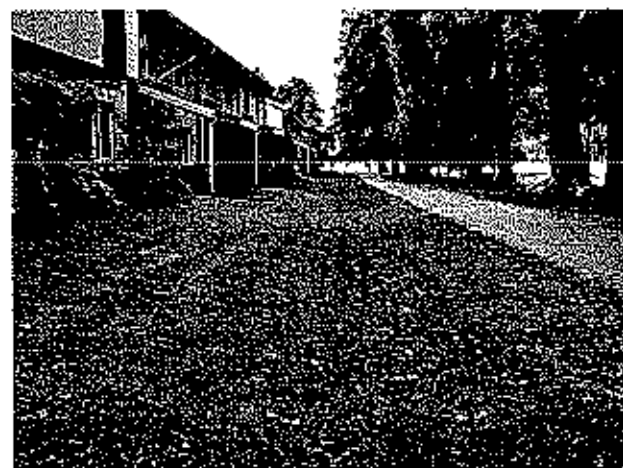


Figur 2.12: Eksempel på løsning der takvann ledes til infiltrasjon lokalt. Foto er tatt av SWECO VBB, Växjökontoret.

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 "nedløpsrørs-utkast" 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 infiltrer, for eksempel ved at en kum med åpen og steinsatt bunn kobles til overvannsnettet.



Figur 2.13: Eksempel på utforming av gressflater for infiltrasjon. Foto er tatt av SWECO VBB, Växjökontoret.

Erosjon må unngås, og det må også unngås at overvannet rener 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
- Hulfstein av betong (betongkassetter)
- Porøst asfalt.

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

Porøse flater

En stor del av overvannsavrenningen fra bebygde tomter kommer fra lette flater. Det magasinerte vannet kan enten transporteres videre ned i grunnen eller dreneres i spesielle drencsystemer. Erfaringer viser at en betydelig del av vannet fordamper fra overflaten, opp til 30 %. Betonghulfstein (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.



Figur 2.14: Eksempel på utforming av porøst dekke for infiltrasjon på en parkeringsplass.

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 begrenset, 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 dreneledning som drenerer vegkroppen. Når det gjelder drensasfalt, er det bare øverste sjiktet i asfaltlaget som er porøst. Noen spesielle tiltak for drenering av vegkroppen finnes ikke.

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 vakuumpnekk for å sug opp partikler som tetter porene kan forlenge levetiden.

Steinfyllingsmagasin

Et steinfyllingsmagasin er et magasin som er fyllt 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 avtapping 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 fagraderte grunnforhold, vil perkolasjonen ned til grunnen 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 tilsetting av magasinet. Ved bruk av magasinet i grunn med finkornig materiale, må fiberduk rundt magasinet brukes. Overvann som føres til magasinet bør 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 forsenkingsgrøft ("swales"). Det er vanligvis en gresskledd, grunn forsenkning som fungerer som kombinert infiltrasjonsflate og et åpent bortlednings-system. Forsenkningen bør ha en lett helning i avrenningsretningen. Gresskledd forsenkninger bør ikke ha brattere helning enn at sidene kan slås maskinelt.

Avrenningen fra et begrenset avrenningsområde ledes ved selvfyll til forsenkninga. 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 perkolerer ut i omkringliggende masser.



Figur 2.15: 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 regelmessig drift og vedlikehold. Et problem i de fleste fordrøyningsdammer er ukontrollert algevekst. For å forenkle vedlikeholdet bør dammen ha en bunnventil for tømming av dammen. Dammen skal ikke utgjøre en sikkerhetsrisiko for beboerne. For å hindre ulykker bør



Figur 2.16: Eksempel på åpen dam i boligområdet (Augustenborg i Malmö). Dammen tilfører området et vakkert vannspeil og utvidet fauna.

siden være forholdsvis slakke. (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 forurensninger som blir sluppet ut i overvannet fra tette flater. For å lette oppsamlingen av oljeutslipp kan forsengkningen ha utløp som er mulig å stenge. Hvis den aktuelle forsengkningen gjerdes inn, kan dammen fungere som en oljeavskiller, beregnet for akuttutslipp.

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 slakke skrånninger og slakk 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 bunnen 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 nedbørsvannet 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.



Figur 2.17: Eksempel på bruk av grønt tak fra Pilestredet park i Oslo. Landskapsarkitekt Ådne Svalastog.

Vegetasjonen på grønne tak består normalt av det såkalt "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 asfalttrappen på taket.

Målinger viser, (Stahre 2004) at avrenningen fra mindre regn holdes igjen på taket. Ved lengre regn oppnås metning i vegetasjonsdekket, og fordøyningseffekten 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.

2.4.4. Ulike former for fordøyning

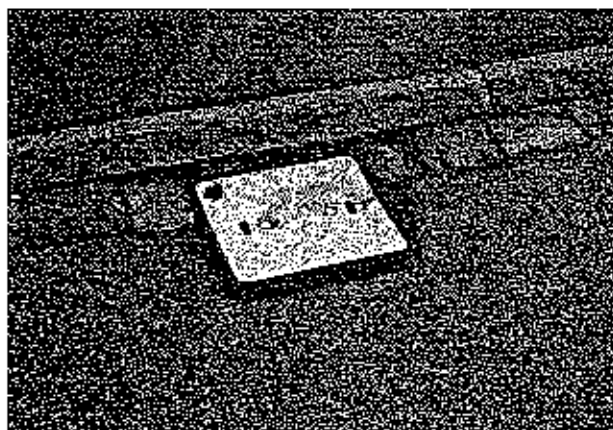
Fordøyning er en midlertidig lagring av vann i et hensiktsmessig område. Fordøyning nær kilden omfatter ulike anlegg for å redusere eller fordøye overvannsavrenningen i de øvre delene av overvannssystemet.

I nye utbygningsområder må plass for åpne fordøyingsanlegg 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 fordøyning.

En rasjonell og aktuell måte å skaffe fordøyingsvolumer på er å kombinere bruken med annen bruk som for eksempel ballplasser, friluftsentraer og lekeplasser. Tanken er at dette fordøyingsvolumet meget sjelden er i bruk, og de få gangene dette inntreffer vil ikke disse plassene være i bruk av mennesker.

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



Figur 2.19: Eksempel på løsning for struping av gatesluk. Foto: Peter Stahre.

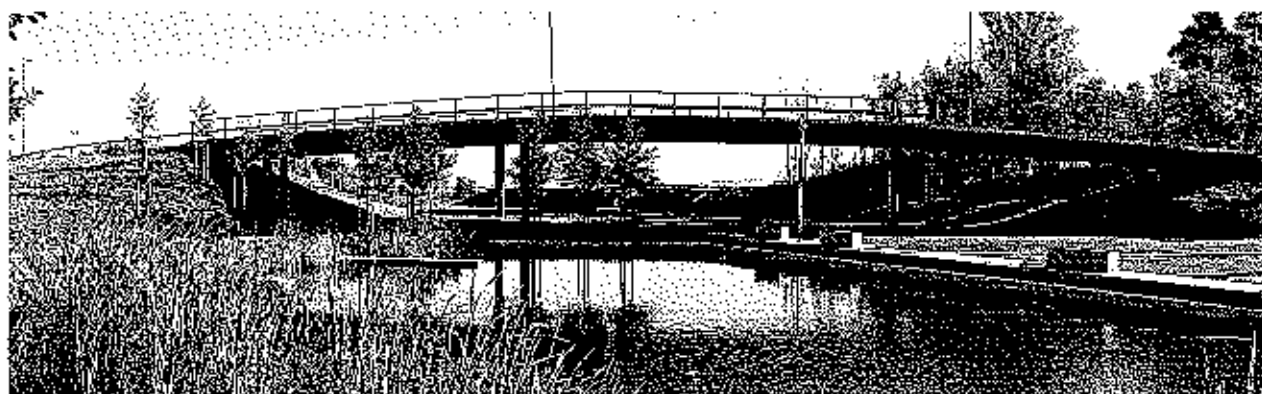
Tilfeldig oppdemning av overvann på gate-dekket

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. Fordøyningen 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 tettningen 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 2.18: Eksempel på fordøyings- og rensedam fra Ny Snarøyave, Oslo. Landskapsarkitekt Bjørbekk og Lindheim.

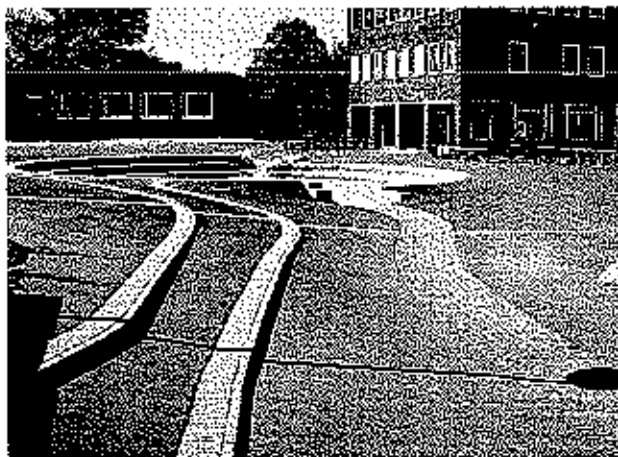
Tilfeldig oppdemning på spesielle oversvømmelsesflater

Overvannet kan fordrøyes ved å lage strupning i ledningssystemet. Det fører til at overvannet staves 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 tilknytning til overvannssystemet. Når overvannsavrenningen avtar, renner overvannet som er magasinert på oppstuvningsflaten tilbake til ledningssystemet. Tømringen skjer normalt ved selvføll.

Oversvømmelsesflaten er forsenket i forhold til markens omkring. I større anlegg anlegges ofte en grøft mellom innløp og utløp for å styre avrenningen en bestemt veg i 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 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 det være et drencsystem for rask avledning og uttørking. 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 bunns. Slike løsninger bygges helst i tilknytning til sterkt urbaniserte områder.



Figur 2.20: Eksempel på bruk av deler av en skolegård som oversvømmelsesareal.
Foto: Peter Stahre.

Forsinkel 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 opp i et vassdrag, er disse betingelsene som regel til stede.

Ofta 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 detalj i planleggingen og prosjekteringen. Planleggingen av fordrøyd avrenning må skje i nært samarbeid med kommunens plankontor, VA-forvaltningen, gateforvaltningen, parketaten og de involverte på utfører-siden. Systemer for fordrøyd avrenning planlegges for eventuelle fremtidig endringer i overvannsavrenningen.

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

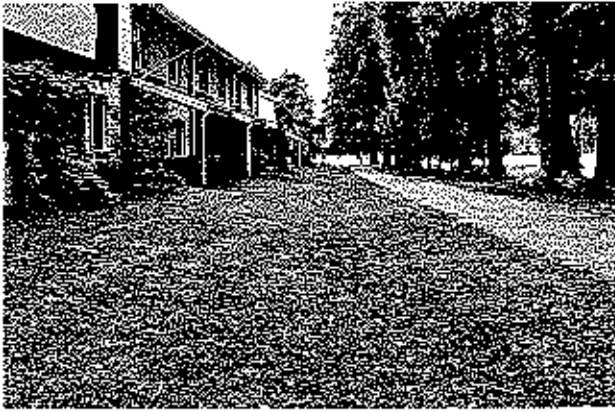
Forsenkninger

Forsenkninger er gressklede grøfter med slakke 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 bunns. Steinfyllingsmagasinet må ikke ligge under grunnvannsnivået.

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

Hvis overvann føres i ledning til forsengkningen bør spesielle tiltak iverksettes som steinsetting for å unngå erosjon ved innløpet. Utløpet fra forsengkningen



Figur 2.21: Eksempel på bruk av forsenkning av gresskleddede grøfter for forsinket avrenning av overvann. Foto er tatt av SWECO VBB, Væxjökontoret.

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 forsenkningen bør være så slakke at de kan slås maskinelt.

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 tilkøpling 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 overvannshåndterings formål.

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 gjenåpnet og brukt for åpen avledning av overvannet, dvs gamle bekkelukkinger gjenåpnes.

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).



Figur 2.22: Bruk av åpne vann løsninger ved Bislett i Oslo. Landskapsarkitekt Sundt og Thomassen.



Figur 2.23: Eksempel på bruk av åpen vannrenne som et element i skolegården på Grünerløkka Barne-skole i Oslo. Foto Bjørhekk og Lindheim.

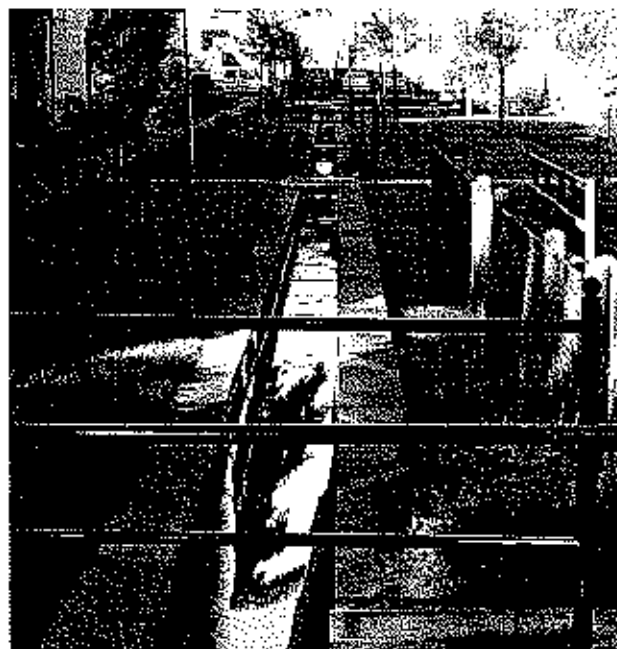
Ved utforming av åpen overvannskanal må man være oppmerksom på ulykkesrisikoen og på kravet om tilgjengelighet. Spesielle tiltak i form av gjerder, beplantning og lignende bør iverksettes hvis det anses nødvendig. Kanalsystemet må utformes slik at det ikke er til hinder for å komme frem til eiendommene.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

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 av kanalene kun fører vann når det regner.

Hvis man anlegger åpne overvannskanaler, er det viktig å informere innbyggerne i god tid om bakgrunnen for systemet og hvordan det er tenkt å fungere.

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 et visst nivå.



Figur 2.24: Eksempel på overvannskanal i bolig-område (Augustenborg i Malmö).

Ved vannstand under dette nivået skjer det ingen avtapping fra dammen.

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

Filtrevollens 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 nød-overløp fra dammen. Spesielt vedlikehold trenges vanligvis ikke av dammen (Stahre 2004).



Figur 2.25: Filtrevoll 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 ifra hvilket oppstuvningsnivå i ledningsnett 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. Våtmarker er for det meste dekket av våtmarksvegeta-

sjon. I senere år har det blitt vanlig å anlegge våtmarker for fordrøyning og rensing av overvannet.

Større våtmarksanlegg blir normalt ikke anlagt direkte i tilknytning til bebyggelse. Det er vanlig å legge de 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 vann-dybde. For at våtmarken ikke skal tørke inn er det viktig at det tilføres en viss tørværsavrenning. Ved innløpet bør det anlegges en sedimenteringsdam for å fange opp sedimenterbart materiale som tilføres med overvannet. Innløpsdammen bør utformes slik at fjerning av det akkumulerte sedimenterbare stoffet er enkel. Man må regne med at rensing av dammen må foretas med noen års mellomrom.

Ved utløpet fra våtmarken anordnes en spesiell reguleringsanordning. I 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.



Figur 2.26: Eksempel på våtmark via en fangdam fra Hole kommune. Landskapsarkitekt Ådne Svalastog.

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 (φ_{maks}): Forholdet mellom maksimal overvannsavrenning og midlere nedbørintensitet (omregnet til vannføring). Uttrykker hvor stor andel av nedbøren som ikke infiltrerer til undergrunnen eller fordampes.

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.

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

Flomveg: Lavpunkt-/strekninger i terrenget eller bygde 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 nedenfølgende ledning, vassdrag, område.

Frontregn: Når varm luft og kald luft møtes tvinges den varme luften opp. Den avkjøles da og vann dampen 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.

Gropmagasinerings: Deler av nedbøren som magasineres på overflaten og fordampes 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.

I-V-F 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 I-V-F kurve med den regnvarighet og konstante regnintensitet som det valgte punktet på kurven indikerer.

Kumtap, hydraulisk: Energitap 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 overvannsdisponering. Samlebetegnelse på teknikker som hindrer overvannet i å renne raskt og direkte til avløpsledninger eller vassdrag. Består i å infiltrere overvann, fordrøye i basseng/dammer eller å forsinke avrenningen.

Markvann: Vannet som befinner seg i 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: Nedbørmengde pr. tidsenhet.

Nedbørintensitetskurve: 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 vannstanden stiger til terrengoverflate eller når tilbakestrøving i kjellere e.l. oppstår.

Perkolasjon: Vannets bevegelse ned i gjennom jordprofilen til grunnvannet (i øvre markvannzone).

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: Et instrument for automatisk registrering av nedbøren som funksjon av tid.

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

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

Sekundærsystemet: Belegning på rørsystemet for bortledning av overvann.

Selvreising: 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.

Stuk: 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 I-V-F 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 vandråp å renne fra ytterste punkt i et felt til nærmeste ledningsinntak i delfeltet.

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

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 NORVARs hjemmeside <http://www.norvar.no>. (Vedleggene er kun tilgjengelig for deltakere i NORVARprosjekt).

Vedlegg 1 "Beskrivelse av anlegg for lokal overvannshåndtering" gir en oversikt over prinsipper og aktuelle anleggstyper. Tabell for renseseffekter 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:

Grunn 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 informasjonsmaterieil til huseiere" er en mal for informasjonsmaterieil 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 pilot prosjekt. Vedlegg 3 viser retningslinjer for overvannshåndteringen i dette prosjektet. Retningslinjene er utarbeidet i samsvar med NORVAR's 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 forse 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 oversvømmelseskader som volder 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, 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 kasseregning, modellregn, symmetriske regnhycogram og tidsserier. Vedlegget viser også hvordan man kan ta hensyn til hydrauliske kumtap i beregningene, eksempel på bruk av flomfrekvensanalyser og hvordan forurensingsstoffforhold fra overvann kan beregnes.

Vedlegg 7 "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

- 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. "Avloppsledninger i svenska tätorter i ett historisk perspektiv." Chalmers Tekniska Högskola. Göteborg.
- DHI. 2000. "MOUSE Reference Manual. Pipe flow." Copenhagen.
- Höganäs. 1972. "Höganäs avloppshandbok." Sverige.
- Imhoff, K. 1965. "Taschenbuch der Stadtentwässerung." 21-Auflage. Oldenbourg verlag. München.
- Kommunenes Sentralforbund. 1983. "Vann og avløpsnorm." Oslo.
- Larm, T. 2003. "Schablonhalter- Stormfac. Version 2003-02." SWECO
- Lindholm, O. 1978. "Konstruksjon og bruk av nedbøryctogrammer." 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, "Energiføluster i ledningsbrunnar. Litteraturstudie." Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen. Meddelande nr. 65, Göteborg.
- Lindvall, G. 1986, "Energiføluster i ledningsbrunnar, laboratoriemätningar." Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen. Meddelande nr. 81, Göteborg.
- Lindvall G. 1993. "Energiføluster i ledningsbrunnar. Meddelande nr. 94." CTH. Göteborg.
- 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 SICUD. Eds. Ian B. Jolliffe 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.
- Nilsen O. og Bjørgum F. 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
- NVE. 1999. Retningslinje nr.1. - 1999. "Arealbruk og sikring i flomutsatte områder."
- 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.
- Norsk standard NS-EN 752-2. 1997 "Utvendig stikklednings- og hovedledningssystemer. Del 2; Ytelseskrav." Oslo.
- NORVAR. 2003. "VA-norm."
- Reinhold. 1940. Archiv für Wasserwirtschaft nr. 56. 1940.
- Sandnes kommune. Udatert. "Modellstudie av utbyggingseffekt i småvassdrag i Sandnes kommune."
- Schilling, W. 1998. "Analyse av oversvømmelsehyppighet i avløpssystem." VAR-Forskningsdage 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. Flombegrensede tiltak." Sandnes kommune.

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

Stahre, P. 2004. "En långsiktigt hållbar dagvatten handtering. Planering och eks-empel." VA-Forsk. Svensk Vatten. ISBN 91-85159-17-4.

Statens forurensningstilsyn (SFT) 1979. "Veiledning ved dimensjonering av avløpsledninger." TA-550. Oslo.

SFT 1978. "Retningslinjer for håndtering av overvann." TA531.

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.

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.

Til egne notater:

Til egne notater:
