

**RETNINGSLINJER FOR
OVERVANNSHÅNDTERING
I BERGEN KOMMUNE**



**Bergen kommune
Byrådsavdeling for byutvikling
Vann- og avløpsetaten**

Utgave: 11.02.2005

INNHold

1	Innledning	3
2	Hensikt med OV-retningslinjer	5
3	Strategi	6
4	Planlegging og gjennomføring.....	7
4.1	Generelt.....	7
4.2	Overordnede planer.....	7
4.3	Rammeplan overvann	8
4.4	Prosjektplan/detaljplan.....	8
4.5	Drifts- og vedlikeholdsplan.....	9
4.6	Anleggsplan	9
5	Beregning av overvannsmengder.....	10
5.1	Generelt.....	10
5.2	Gjentaksintervall (z).....	11
5.3	Areal/nedbørsfelt > 50 ha.....	12
5.4	Areal/nedbørsfelt < 50 ha.....	13
5.4.1	Den rasjonelle formel.....	13
5.4.2	Tilknyttet areal	13
5.4.3	Avrenningskoeffisient.....	13
5.4.4	Konsentrasjonstid.....	14
5.4.5	Nedbør (IVF-kurve).....	16
5.5	Dimensjonering av magasinivolum (regnenvelopemetoden)	18
5.6	Dimensjonering av avskjærende ledningsanlegg/ overløp	18
6	Lokal overvannshåndtering (LOH).....	19
6.1	Infiltrasjon.....	20
6.2	Fordrøyning.....	21
6.3	Renner, kanaler, diker og bekker	22
6.4	Vegetasjon o.l.	23
6.5	Løsninger i bysentrum	23
6.6	Aktuelle tiltak for Lokal Håndtering av Overvann (LOH).....	24
6.6.1	Generelle prinsipper.....	24
6.6.2	Utbyggingsområder, veganlegg o.l.	25
6.6.3	Tomt.....	25
6.7	Drift og vedlikehold av LOH-anlegg.....	26
7	Krav til maksimal påslippsmengde	26
8	Tradisjonelle overvannsløsninger	26
9	Flomveger	26
10	Erosjon og sedimentering	27
11	Hensyn til kaldt klima.....	27
12	Resipientklassifisering	27
13	Overvannskvalitet	28
13.1	Forurensninger i overvann	28
13.2	Behov for rensing.....	30

13.3	Aktuelle renssetiltak	30
14	Ordforklaringer	32
15	Referanser/Litteratur	34

1 INNLEDNING

Tradisjonelt har håndtering av overvannet (regn og smeltevann) i urbane områder vært basert på å lede overvannet raskest mulig bort i lukkede ledningssystemer. Denne praksis var ment å gi gode urbane miljøer og å gi sikkerhet mot oversvømmelser, men resulterer ofte i:

1. Økt overvannsavrenning i mengde og intensitet
2. Økt vannhastighet og fare for erosjon
3. Senkning av grunnvannstanden samt skader på vegetasjon og bygningskonstruksjoner.
4. Utslipp og spredning av overvannsforurensinger (tungmetaller og miljøgifter mm).
5. Foringelse av det økologiske miljø (reduksjon av det biologiske mangfold)

Ved urbanisering øker andelen tette flater på bekostning av naturlig permeabel grunn, vegetasjon og trær. Naturlige grøfter og vannveier legges i rør eller legges om og myrer, våtmarker, dammer o.l. dreneres. Den naturlige infiltrasjon, fordrøyning, absorpsjon og fordampning av regnvann reduseres kraftig og medfører en betydelig økning i overflateavrenning fra området. Den opprinnelige vannbalanse og grunnvannsnivå endres og tørrværsavrenning/minstevannføring reduseres. Ofte blir også naturlige flomveier fjernet eller får redusert kapasitet. Selv urbanisering i liten skala (> 10% tette flater) påvirker det lokale vassdrag og medfører redusert vannkvalitet med negative konsekvenser for økosystem, vanntemperatur, sedimentering og fiskeliv

Utbygging av nye områder og fortetting i eksisterende bebygde områder vil ved fortsatt bruk av tradisjonelle overvannsløsninger gi økt overflateavrenning. Dette vil mange steder kunne føre til overbelastning av overvannssystemer med flere tilfeller av oversvømmelse og flom, økt forurensning, mer kostnadskrevende anlegg, setningsskader, vegetasjonsuttørking o.l. som resultat.

En fremtidsrettet og bærekraftig overvannshåndtering må baseres på å fordrøye og redusere/ infiltrere overflateavrenningen ved lokal håndtering av overvannet. God overvannshåndtering i urbane strøk kan oppnås gjennom løsninger som i størst mulig grad opprettholder den naturlige vannbalanse i området (naturtilstanden). Skånsom arealbruk med en hydrologisk orientert arealplanlegging og bruk av et sett velfungerende og integrerte håndteringsmetoder er avgjørende for å minimere effekten av menneskelige inngrep på opprinnelige hydrologisk situasjon.

Dette er i tråd med innholdet i EU's Vanddirektiv (rammedirektivet), som bl.a. sier følgende:

Miljømål

Målet er at alt ferskvann, kystvann og grunnvann skal ha god tilstand innen utgangen av 2015. Det betyr at både kjemiske, biologiske og hydromorfologiske forhold, det vil si mengde vann og vannforekomstens fysiske utforming, ikke skal avvike for mye fra de forhold som ville ha eksistert dersom vannforekomsten ikke hadde vært påvirket av menneskelige aktiviteter.

Forvaltning

En nedbørfeltorientert forvaltning skal innføres. Det innebærer at alt vann innen et nedbørfelt og alle aktiviteter som kan påvirke den kvalitative eller kvantitative tilstanden til vannet, skal ses under ett, uavhengig av kommune-, fylkes- eller landegrens.

Sammen med kommunens "Forvaltningsplan for vassdrag" vil nye retningslinjer for overvannshåndtering sette økt fokus på avrenning og vannkvalitet og bidra til bruk av bedre løsninger og bedre forvaltning av vannressursene.

Det vises også til Den europeiske landskapskonvensjonen, som påpeker at natur- og kulturkvaliteter må tas bedre vare på ved planlegging og forvaltning.

Eksisterende lovverk.

Problemstillinger knyttet til overvannshåndtering reguleres av flere lover. De viktigste er Vannressursloven, Forurensingsloven (§24 A), Plan- og bygningsloven og naboloven. Rammedirektivet for vann vil også ha stor betydning for hvilke krav som må settes til overvannshåndtering.

Vannressurslovens § 7 annet ledd lyder:

"Utbygging og annen grunnutnytting bør fortrinnsvis skje slik at nedbøren fortsatt kan få avløp gjennom infiltrasjon i grunnen. Vassdragsmyndigheten kan gi pålegg om tiltak som vil gi bedre infiltrasjon i grunnen, dersom dette kan gjennomføres uten urimelige kostnader". Her gis kommunen hjemmel til å gi pålegg om tiltak som vil gi bedre infiltrasjon i grunnen dersom dette kan gjennomføres uten urimelige kostnader.

Forurensingsloven regulerer ansvar for skade forvoldt av avløpsledning.

Anleggseier er ansvarlig uten hensyn til skyld for skade som et avløpsanlegg volder fordi kapasiteten ikke strekker til eller fordi vedlikeholdet har vært utilstrekkelig.

Videre er det slik at hvis ledningen opprinnelig hadde stor nok kapasitet, men tiltak i nedbørfeltet har økt avrenningen ut over kapasiteten, er utgangspunktet at anleggseieren er ansvarlig selv om det er andre som har iverksatt tiltakene. Ansvaret kan imidlertid i disse situasjonene lempes.

Plan- og bygningsloven pålegger kommunen å føre tilsyn med at plan- og bygningslov-givningen holdes. Det er kommunenes ansvar å vurdere overvannssituasjonen mhp. flom, erosjon, sikkerhet. Slike vurderinger må inngå i arealplanarbeid. Kommuneplaner, reguleringsplaner, bebyggelsesplaner må ivareta krav/bestemmelser i lovverket nevnt ovenfor. I reguleringsplaner bør fareområder og flomutsatte områder merkes og ikke tillates bebygget uten spesielle tiltak. Også konsekvenser for områder nedstrøms en ny utbygging bør vurderes.

I Bergen kommune er det i senere år gjort et stort løft i utbygging av nye avløpsanlegg. En viktig oppgave fremover vil være å redusere overløp fra avløpsnett til resipienter. Stor tilførsel av overvann til avløpsledninger medfører kapasitetsproblemer på ledningsnettet med overløpsdrift som følge.

Fremtiden tilsier økt fortetting i bebygde områder og utbygging av nye områder rundt og i byen. Dette sammen med en forventet økning i årsnedbør de kommende år vil medføre økt overflateavrenning og dermed økt belastning på både overvannsledninger og på avløpsledninger i områder med fellessystem. Økt urbanisering gir også økt forurensning av overvann, dvs. økt forurensning av vassdrag. Denne fremtiden må møtes med en prioritering av løsninger som reduserer overflateavrenningen fra områder og/eller som reduserer overvannstilførselen til ledningsnettet.

Rent overvann er en viktig ressurs i bymiljø og nærmiljø og må i større grad utnyttes som et positivt element ved utarbeidelse av byplaner, bebyggelsesplaner m.m.

2 HENSIKT MED OV-RETNINGSLINJER

Dette dokument skal være en veileder for alle som planlegger, prosjekterer eller bygger anlegg hvor overvannshåndtering er en del av tiltaket. Normen omhandler en del ”nye” måter å tenke overvannshåndtering på.

Overvannshåndtering innenfor et større areal involverer som oftest flere parter. Utfordringen er å ivareta en helhetlig planlegging, utforming og vedlikehold av anlegg på alle plan-, ansvars- og myndighetsnivå. Arbeidet må samordnes og ansvar fordeles mellom de ulike parter (kommune, bydel, ulike kommunale etater, byggherre/utbygger, planleggere, entreprenører)

En helhetlig overvannshåndtering er viktig for å ivareta en rekke forhold:

- Sikkerhet for innbyggerne (liv, helse, økonomi)
- Unngå flomskader og sikre at flommer ledes i flomveier utenom bebyggelse, og slik at de gjør minst mulig skade.
- Se til at flomutsatte områder ikke bebygges
- Sikre en best mulig vannkvalitet for overvann (grunnvann, vassdrag, sjøer).
- Redusere overløpsdriften fra avløpssystemet.
- Ivareta vegetasjonsområder innenfor urbane områder
- Sikre god bruk av vannveier ved utforming av nye urbane områder. Unngå bekkelukkinger.

Det settes krav til hvilke planer som skal/bør utarbeides og hva disse bør inneholde, hvilke løsninger som skal prioriteres osv. God overvannshåndtering krever effektive, pålitelige og kostnadsakseptable løsninger. Valg av løsninger må tilpasses hvert prosjekt basert på lokale forutsetninger.

Alle aktører må forsikre seg om at den nødvendige kompetanse innefor de ulike aspekter av overvannshåndteringen er tilstede i planarbeidet og prosjektgjennomføringen.

Når det gjelder det teoretiske grunnlaget, beregningsmåter o.l. må planlegger/utbygger/ tiltakshaver selv finne frem til og sette seg inn i dette.

3 STRATEGI

Hovedplan for avløp og vannmiljø setter fokus på en helhetlig overvannshåndtering. Målet er å sikre gode og velfungerende overvannsløsninger som hensyntar sikkerhet, miljø og estetikk.

Overvannssystemet skal avlede nedbør (regnvann og snø) på en sikker, miljøtilpasset og kostnadseffektiv måte slik at innbyggernes helse, sikkerhet og økonomiske interesser ivaretas. Overvannet skal søkes utnyttet til glede for innbyggerne. Vannet skal gjøres mer synlig og tilgjengelig i bebygde områder/byområder, og reetablering/åpning av lukkede vannveier skal prioriteres der det kan gjennomføres innenfor forsvarlige rammer.

Planlegging av overvannshåndtering må samordnes med arealplanlegging, det vil si at prinsipper eller løsninger for håndtering av overvann bør vurderes og fastsettes i arealplaner (kommuneplan/kommunedelplan/reguleringsplan). Dette kan ivaretas ved utarbeidelse av egne planer for overvannshåndtering; hovedplan, prinsipplan, forprosjekt, flom-/drensplan o.l. Samordningsmuligheter mellom overvannshåndtering og grønnstruktur, vegplaner o.l. skal søkes utnyttet.

Ved utbygging av nye områder og ved fortettingsprosjekter må overvannshåndteringen planlegges og utføres på en slik måte at overvannet ikke gir skader eller ulemper på nedenforliggende områder. Det må ikke etableres nye punktutslipp av overvann som overbelaster nedenforliggende overvannssystem (rør, bekker, vassdrag). Ved tiltak som medfører økt overflateavrenning og økt vanntilførsel til vassdrag skal dette være spesielt godkjent etter søknad.

Ved nye tiltak (gatearbeider, opprustning av plasser og byrom, nybygg o.l.) innenfor bebygde områder/byområder skal det prioriteres løsninger som reduserer tilførselen av rent overvann til overvannsledninger/ fellesledninger. Nye tiltak må heller ikke hindre vannets flomveier.

Mål for overvannshåndtering i Bergen kommune:

Det skal benyttes løsninger for overvannshåndtering som ikke medfører skade på miljø, bygninger og konstruksjoner. Lokal overvannshåndtering (LOH) skal benyttes der dette er mulig.

Prioriteringer:

1. I bebygde områder skal overvann i størst mulig grad tas hånd om ved kilden slik at vannbalansen opprettholdes tilnærmet lik naturtilstanden (oppretholde naturlig grunnvannsnivå, infiltrasjon, fordrøyning og vannveier). Andel tette flater søkes minimalisert.
2. Forurenset overvann som ikke kan tillates ført til en bestemt resipient må enten renses lokalt, føres til en mindre ømfindtlig resipient eller ledes til kommunalt avløpsrenseanlegg.
3. Separering av overvann fra spillvann i eksisterende felles avløpssystem skal alltid vurderes i forbindelse med omlegginger og fornying av avløpssystemet, ved gatefornyning o.l.
4. Tiltak må settes inn ved forurensningskilden (redusere forurensningsproduksjon gjennom riktige materialvalg for bygninger, godt gaterenhold, gode rutiner for tømning av sandfang/gatesluker, holde adskilt forurenset og ikke-forurenset overvann,)

Løsninger hvor det avvikes fra ovenstående skal begrunnes spesielt.

4 PLANLEGGING OG GJENNOMFØRING

4.1 Generelt

Vegen mot en fremtidsrettet og bærekraftig overvannshåndtering må blant annet styres gjennom krav til utarbeidelse av gode planer, både på overordnet nivå og detaljnivå. Planer skal utarbeides med forankring i overordnede mål og prioriteringer. Stikkordet er en hydrologisk orientert arealplanlegging, hvor krav til overvannshåndtering forankres i overordnede planer. For eksempel bør/må slike krav medtas i bestemmelser til reguleringsplaner.

Planleggingsnivåer:

Planområde	Nedbørsfelt	Plannivå/-type
Vassdrag	Hele vassdraget	Kommunedelplan/hovedplan overvann/vassdragsplan
Område	Deler av vassdraget	Rammeplan/overvannsplan/ vassdragsplan
Lokal	Et mindre delområde	Reguleringsplan/ bebyggelsesplan
Tomt	Tomten	Bebyggelsesplan/byggesøknad

Ovenstående tabell gir en oversikt over ulike nivåer i en helhetlig planlegging av overvannsløsninger. Overvannsproblemstillinger må behandles spesielt innenfor hvert av plannivåene.

Ved utarbeidelse av overordnede planer som for eksempel kommuneplanens arealdel må de planansvarlige vurdere behovet for eventuelle ”overvannsplaner”.

Kostnader knyttet til planutarbeidelse og gjennomføring av overvannstiltak skal i utgangspunktet dekkes av utbygger/grunneier. For å sikre en helhetlig planlegging og gjennomføring innenfor større plan-/utbyggingsområder kan det i enkelte tilfeller være nødvendig med kommunal deltakelse i finansiering. Dette kan blant annet gjelde utarbeidelse av overordnede planer som i areal dekker flere reguleringsplaner, og ved etablering av større sentrale overvannsanlegg (rensedammer o.l.).

Kommunen kan ved behandling av søknad om byggetillatelse for enkelttiltak (nybygg, påbygg og ombygginger) stille krav om spesielle løsninger for overvannshåndtering.

4.2 Overordnede planer

Sentrale planer på dette nivå er kommuneplaner og kommunedelplaner, eksempelvis grøntplan, hovedplan for avløp og vannmiljø, arealplaner og temaplaner. Slike planer må sette rammebetingelser for utvikling og bruk av grøntdrag og vassdrag i kommunen og gi retningslinjer for overvannshåndtering innenfor hele området eller delområder. Krav til overvannshåndtering bør medtas i planbestemmelser.

Av spesielle forhold som bør/må vurderes i forbindelse med planarbeidet og som har innvirkning på overvannshåndteringen kan nevnes; flomsoner, flomveier, vannkvalitet i

byvassdrag/resipienter, vegetasjonsbelter/grøntdrag og arealer båndlagt til overvannsmål (renseparker, fordrøyings-/infiltrasjonsarealer o.l.)

4.3 Rammeplan overvann

Det skal utarbeides prinsipplan for overvannshåndtering innenfor et avrenningsområde. Planen legges til grunn for videre prosjektering av overvannshåndtering i det enkelte utbyggingsområde eller byggeprosjekt. Prinsipplanen skal ivareta de krav og prioriteringer som fremgår i overordnede planer og i kommunens VA-norm.

I en prinsipplan bør følgende registreres og vurderes:

- Topografi
- Grunnforhold og vegetasjon
- Områder med vegetasjon som er sårbare for grunnvannsendringer
- Områder og resipienter som er sårbare for forurensninger
- Områder som er egnet for infiltrasjon, fordrøyning, rensedammer o.l.
- Naturlig avrenningsmønster
- Eksisterende flomveier
- Kommunalt avløps- og overvannssystem

I prinsipplanen må blant annet fremgå endringer i avrenningsmønster, flomveier, vurdering av forurensningsnivå i overvann, resipientvurdering, krav til vannkvalitet, krav til løsninger for overvannshåndtering på prosjektnivå og lokalisering av eventuelle ”fellesarealer” for overvannstiltak

4.4 Prosjektplan/detaljplan

Utnyttelse av muligheter for infiltrasjon, fordrøyning, rensing, bruk av vann som et estetisk element i byggeprosjektet osv. krever helhetstenkning i en tidlig fase av byggeprosjektet. Før et område planlegges eller rehabiliteres skal løsninger for overvannsdisponeringen være avklart og overvannsplan skal utarbeides som en del av bebyggelsesplanen. Planen skal ivareta de krav og prioriteringer som fremgår i overordnede planer, prinsipplaner og i kommunens VA-norm. Alle utbyggingsplaner skal gjøre rede for overvannshåndteringen, også hvert enkelt hus.

En prosjektplan bør inneholde:

- Avrenningsmønster (infiltrasjon, fordrøyning, resipient)
- Flomveger
- Detaljplan for infiltrasjon, fordrøyning og bortledning
- Tiltak mot forurensning av grunn og resipient (rensing av overvann)
- Eventuell tilkobling til kommunalt ledningsnett, med angivelse av mengder som tilføres (spissavrenning)

Dokumentasjon av beregning av vannmengder og dimensjonering av overvannsanlegg skal fremlegges. Likeså begrunnelse for valg av løsninger.

4.5 Drifts- og vedlikeholdsplan

Driftsansvar for anlegget må avklares før utbygging. Kommunen vil normalt være driftsansvarlig for anlegg som helt eller delvis eies av kommunen. Ved private anlegg vil driftsansvarlig være den eier av eiendommen som anlegget opprinnelig ble bygd for.

For å sikre nødvendig vedlikehold skal det utarbeides driftsintruks som inneholder:

- Kart over anlegget
- Beskrivelse av anleggets funksjon.
- Retningslinjer for drift og vedlikehold.
- Regler og normer for endringer i området som påvirker avrenningen og overvannssystemet (må være kjent av alle tomtekjøpere/grunneiere/huseiere/...)

Det er viktig at det i ettertid ikke blir gjennomført tiltak som reduserer infiltrasjonsareal og endrer avrenningen fra området.

4.6 Anleggsplan

For bygg- og anleggsprosjekter hvor det i anleggsfasen er fare for forurensning av overvann/resipienter eller hvor tiltaket i anleggsfasen kan påvirke avrenningsforhold, skal det utarbeides plan for håndtering av overvann i anleggsfasen. Utslipp til sårbare resipienter bør unngås. Forurensningspotensialet fra ustabile/erosjonsutsatte skråninger, plassering av massedeponier, rutiner for og lokalisering av drivstofflager/-påfylling, oljeskift o.l. må vurderes i forhold til overvannshåndtering.

Det er viktig at arbeidsprosessene planlegges godt og at mulige miljøproblemer tas hensyn til tidlig i planprosessen.

I en anleggsplan kan det blant annet være aktuelt å ta med krav til :

- Beskyttelse av vegetasjon og infiltrasjonsarealer/permeable flater
- Beskyttelse av vassdrag og/eller grunnvann
- Tiltak for å hindre erosjon og sedimenttransport/sedimentering
- Tiltak for å redusere avrenningsvolum/-topp i anleggsfasen
- Tiltak mot forurensning fra anleggsdriften
- Avfallshåndtering i anleggsfasen

Internkontroll og oppfølging er en viktig del av prosessen og byggherre må stille krav til entreprenør i kontraktsgrunnlaget (tilbuds-/anbudsgrunnlag, HMS-plan).

Kvalitetssikringssystemer skal sikre en god gjennomføring av anleggsarbeidet og at dette følger gjeldende planer, krav og retningslinjer.

5 BEREGNING AV OVERVANNSMENGDER

5.1 Generelt

Dette kapittel omhandler beregning av vannmengder både for overvannssystemer og for avløpssystemer (fellessystemer).

Ledningsanlegg dimensjoneres i utgangspunktet for spissavrenning, mens avskjærende ledningssystem, overløp, fordrøyningsanlegg, infiltrasjonsanlegg o.l. dimensjoneres for volumavrenning.

Ved dimensjonering av overvanns- og fellessystem må det blant annet tas høyde for mulige fremtidige endringer i:

- tilknyttede arealer (utvidet nedbørsfelt)
- andel tette flater (økt urbanisering)
- klima (forventet større nedbørmengder)

Ved planlegging og prosjektering av anlegg skal alltid vurderes risiko for og konsekvens av hendelser som overstiger dimensjonerende avrenning.

For relativt små og enkle nedbørsfelt kan overvannsmengde beregnes ved bruk av den rasjonelle metode. I denne norm er valgt en øvre grense på 50 ha for bruk av den rasjonelle metode. Dersom feltet/feltene har uregelmessig utforming og/eller vesentlig ulike konsentrasjonstider eller avrenningskoeffisienter, må bruk av alternative metoder vurderes (tid-areal metoden, summasjonskurvemetoden).

For større nedbørsfelt ($A > 50$ ha) skal hydrauliske EDB-modeller benyttes. Slike modeller må også benyttes for arealer mindre enn 50 ha der hvor en har spesielle forhold, kompliserte nedbørsfelt eller hvor konsekvenser ved feildimensjonering vil være store. Dette må avklares i tidlig planfase gjennom kontakt med VA-etaten ifm. planbehandling/ forhåndskonferanse.

Generelt skal overvannssystem og fellessystem dimensjoneres ihht. NS EN-752. VA-normen gjelder foran NS EN-752.

Alle beregninger skal utføres av personell med tilfredsstillende kompetanse innenfor fagfeltet. Beregninger av vannmengder, magasinivolum, infiltrasjonskapasitet o.l. skal dokumenteres og vedlegges søknad om forhåndsgodkjenning.

5.2 Gjentakintervall (z)

Det skiller mellom gjentakintervall for dimensjonerende vannføring ved hhv. **fylt ledning** og ved **oppstuvning** til mark-/gate-/kjellernivå.

I åpne områder hvor oversvømmelse medfører relativt små konsekvenser kan dimensjonerende regnskylhyppighet benyttes. Da skal ledningsanlegg dimensjoneres for fylt ledning, dvs. slik at oppstuvning **ikke** forekommer ved dimensjonerende gjentakintervall/regnskyl.

I byområder og hvor oversvømmelser vil medføre større konsekvenser skal normalt dimensjonerende oversvømmelseshyppighet benyttes. I slike tilfeller skal beregninger fortrinnsvis utføres med bruk av EDB-modeller (se kap. 5.3).

Følgende gjentakintervall skal **minimum** benyttes for regnskylhyppighet/oversvømmelseshyppighet:

Dimensjonerende regnskylhyppighet (gjentakintervall) ¹ (1 i løpet av <i>n</i> år)	Områdetype	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet (gjentakintervall) ² (1 i løpet av <i>n</i> år)
2 år	Ubebygde område (åpent)	10 år
10 år 20 år	Boligområde - Åpent - Lukket	20 år 30 år
20 år 30 år	By-/sentrumsområde - Åpent - Lukket	30 år 50 år

¹ Det skal ikke oppstå oppstuvning i ledningsnett for disse dimensjonerende regnskylene

² Det skal ikke oppstå oppstuvning til kjellernivå/marknivå for disse gjentakintervall

Flomveier skal dimensjoneres for en kapasitet minst lik 100-års flom.

Ovennevnte verdier er **minimumsverdier**. Høyere gjentakintervall må benyttes der skadepotensial er stort. Dersom oversvømmelser vil medføre store kostnader/alvorlige konsekvenser må det vurderes å benytte lengre gjentakintervall enn vist i tabell ovenfor. Det samme kan sies dersom kostnaden ved å benytte høyere gjentakintervall er lav.

Spesielle konstruksjoner som flomforebygging, elvekulverter, kritiske underganger og lignende krever normalt høyere gjentakintervall enn angitt ovenfor. 100 års gjentakintervall blir ofte benyttet ved dimensjonering av slike anlegg. Valg av gjentakintervall og dimensjoneringsgrunnlag må vurderes spesielt.

5.3 Areal/nedbørsfelt > 50 ha

For nedbørsfelt større enn 50 ha og for mindre nedbørsfelt med kompliserte avrenningsforhold eller der konsekvenser ved feildimensjonering er store, skal det benyttes EDB-baserte simuleringsmodeller ved beregning av overvannsmengder og dimensjonering av overvannsanlegg.

For større terrengområder/vassdrag kreves spesielle vassdragsmodeller. For urbane områder kan benyttes avløpsmodeller av typen MOUSE eller tilsvarende.

NS EN-752 anbefaler at nivå av sikring mot oversvømmelse vurderes særskilt. Ledningssystem dimensjoneres først som for mindre anlegg, deretter benyttes simuleringsmodell for å kontrollere at sikring mot oversvømmelse er ihht. gjentakintervall for dimensjonerende oversvømmelseshyppighet.

Dimensjonering bør foregå ved at lange historiske tidsserier av nedbør, fordampning og temperatur, dvs. 20 års tidsserier eller lenger, gjennomregnes i en kalibrert simuleringsmodell for avløpssystemet. De maksimale beregnede flommene i ledningsnett skal så benyttes for å beregne flomfrekvens og/eller frekvens for oppstuvning over et gitt nivå i avløpskummene (flomfrekvensanalyse).

Bergen kommune har som mål å få utarbeidet ett sett utvalgte regnhendelser, basert på lang nedbørsserie, som kan benyttes til dimensjonering og kapasitetsvurdering av avløpsnett. Inntil disse foreligger kan VA-etaten kontaktes for nærmere gjennomgang av hvilke nedbørsdata som bør benyttes ved modellberegninger. VA-etaten har tidsserier med nedbør (korttidsnedbørsdata) for Bergen sentrum og for Sandsli for perioden 1982-2003.

Dersom det ikke er mulig å kjøre beregninger med kalibrert modell, kan VA-etaten kontaktes for om mulig å få opplysninger om aktuelle parametersett for det feltet som skal beregnes. Dvs. bruk av parametersett fra et annet kalibrert felt som har liknende karakteristikk som det felt som skal beregnes.

Ved modellberegninger vil det i tillegg til nedbørsdata også være behov for fordampnings- og temperaturdata. Fordampning varierer med vindforhold, temperatur, nedbør og type overflate. Fordampningen i Bergen er normalt høyest i perioden mai-juli. Fordampningen har liten innvirkning på avrenningen over kortere tid og kan neglisjeres ved dimensjonering av ledningsanlegg.

Potensiell fordampning benyttes derimot ofte sammen med temperaturdata som inngangsdata i modellberegninger av overvannsavrenning. Ved behov for fordampningsdata/temperaturdata kan VA-etaten kontaktes.

5.4 Areal/nedbørsfelt < 50 ha

5.4.1 Den rasjonelle formel

Den rasjonelle metode kan benyttes ved beregning av overvannsmengder og dimensjonering av overvanns-/fellesledninger for små, homogene nedbørsfelt ($A < 50$ ha).

Rasjonelle formel: $Q = C * i * A$

C: avrenningskoeffisient

i: nedbørsintensitet (fra relevant IVF-kurve)

A: nedbørfeltets areal

Ved bruk av den rasjonelle metoden blir fremgangsmåten for beregning av overvannsmengder i et punkt som følger:

1. Anslå fornuftig verdi for t_s (3-15 minutter, eller mer for større felt).
2. Anslå fornuftig verdi for vannhastigheten v i ledningen (bruke gjerne Colebrooks formel).
3. Beregn tiden $t_l = l/v$ i ledningen.
4. Beregn konsentrasjonstiden t_k og sett denne lik regnvarigheten
5. Velg gjentakelsesperiode z for eksempel lik 10 år.
6. Gå inn i den valgte IVF-kurve med varighet lik t_k og Z og les av tilhørende regnintensitet I .
7. Beregn vannmengden $Q = C * i * A$
8. Finn ledningsdiameter vha en friksjonsformel, for eksempel Colebrooks formel. Finn vannhastigheten vha delfyllingsdiagram og sammenlign denne med verdien antatt i pkt. 2.
9. Hvis det er et stor gap mellom antatt og beregnet verdi, gjenta beregningene.

5.4.2 Tilknyttet areal

Nedbørfeltets areal må bestemmes. Kartstudie må suppleres med feltbefaring, spesielt i områder med lite fall. Plassering av grøfter og sluker kan ofte ha stor innvirkning på nedbørfeltets grenser. Forhold som kan påvirke arealets størrelse må vurderes, f.eks. tiltak for avskjæring av delarealer, fremtidig tilknytning av nye arealer m.m.

5.4.3 Avrenningskoeffisient

Avrenningskoeffisienten er avhengig av overflatens permeabilitet og beskaffenhet, fallforhold, nedbørsintensitet og nedbørsvarighet.

Avrenningskoeffisienter kan benyttes som angitt i tabell nedenfor, men må vurderes ut fra lokale forhold. Det må blant annet tas hensyn til deltakende tette flater, arealstørrelse, arealets fallforhold og grunnforhold. I tabellen er satt opp retningsgivende verdier for avrenningskoeffisient (C).

Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)	0,85 - 0,95
Bykjerne	0,70 - 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 - 0,80
Eneboligområder	0,50 - 0,70
Grusveier/-plasser	0,50 - 0,80
Industriområder	0,50 - 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 - 0,50
Fjellområde uten lyng og skog	0,50 - 0,80
Fjellområde med lyng og skog, steinet og sandholdig grunn	0,30 - 0,50

For flate og permeable overflater med stor avstand ned til grunnvannsnivå benyttes de laveste verdiene. For mer bratte og tette overflater eller der grunnvannsspeilet ofte går opp til overflaten benyttes de høyeste verdiene.

Det må også tas hensyn til at en ved vinterforhold kan ha frosset eller isdekket overflate som gir avrenning tilsvarende tette flater.

Dersom delfelt har ulik avrenningskoeffisient kan midlere avrenningskoeffisient beregnes etter formelsene:

$$C_{midl} = (C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n)$$

Valg av avrenningskoeffisient må ta høyde for en eventuell fremtidig endring i arealets overflatetype. En fremtidig utbygging kan medføre økt andel tette flater og dermed høyere avrenningskoeffisient.

5.4.4 Konsentrasjonstid

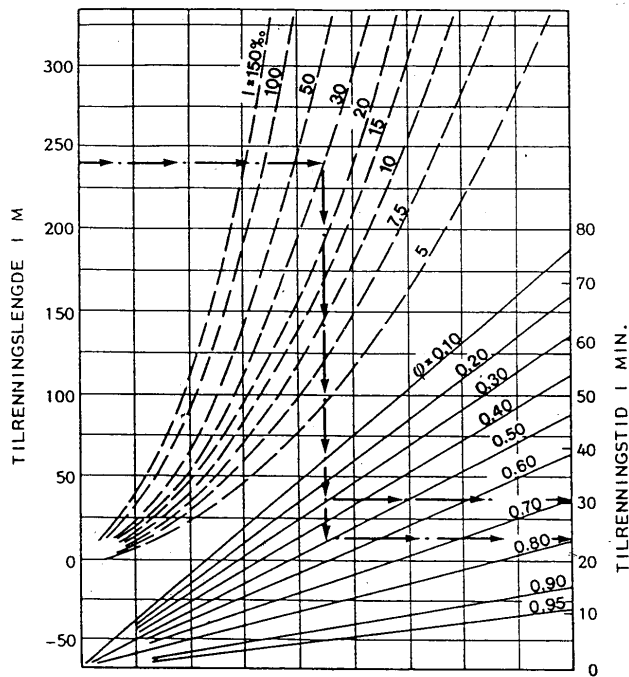
Varighet for regnskyll settes normalt lik konsentrasjonstid for nedbørfeltet:

”Den største vannføring oppstår normalt for det regnskyll som har varighet lik hele feltets konsentrasjonstid”

Konsentrasjonstid er den lengste tiden det tar for vann som faller på bakken i nedbørfeltets fjerneste punkt å nå fram til det punkt hvor vannmengde skal beregnes. Konsentrasjonstiden (t_k) består av avrenningstid på markoverflaten (t_s) og strømningsstid i ledninger, kanaler, grøfter o.l. ($t_l = l/v$)

Konsentrasjonstid (t_k) kan bestemmes med bruk av nomogrammer og/eller formler.

Nedenfor er vist diagram for beregning av tilrenningstid for avrenning på overflaten.



Gitt: Tilrenningslengde 240 m, fall $i = 30\%$, ϕ er 0.30 og 0.50.
 Tilrenningstiden blir hhv. 30 og 25 min

Figur 1.13 Nomogram for beregning av konsentrasjonstiden. (Etter "Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers". American Society of Civil Engineers (ASCE). Manual of Practice. No 37, 1970.)

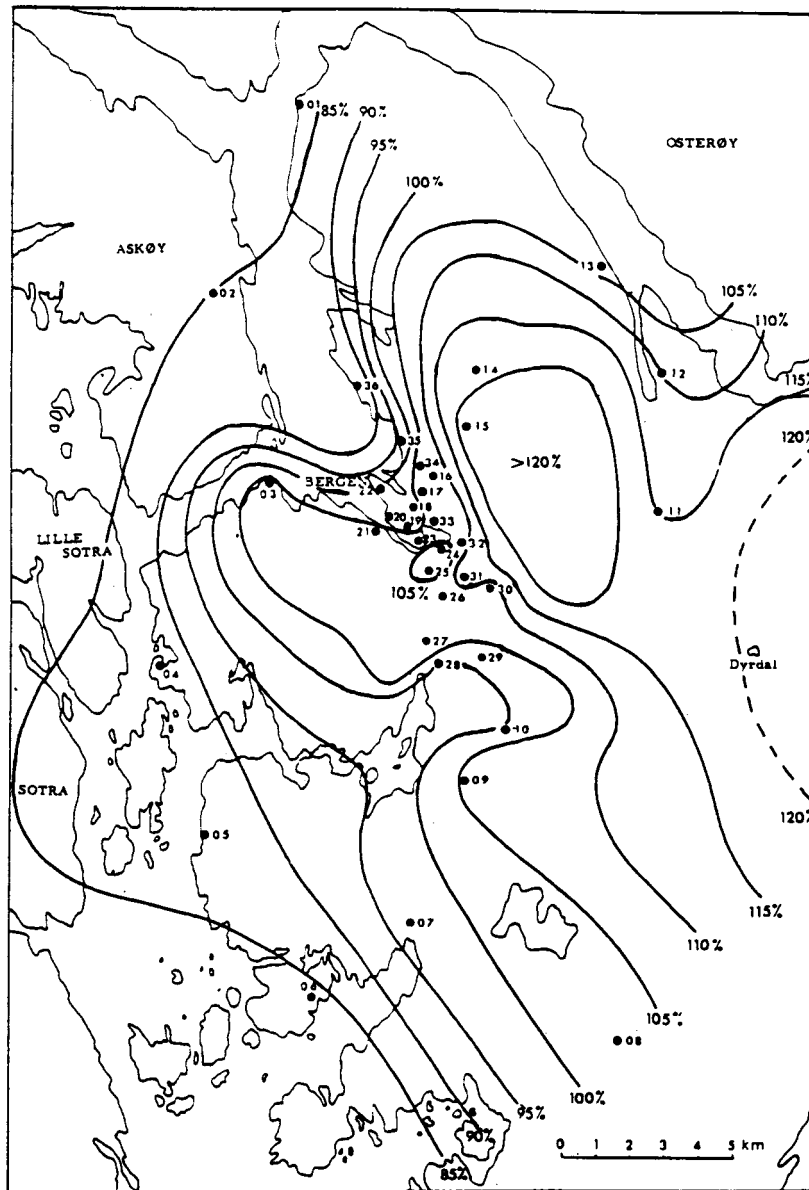
Tilrenningstid for et areal velges aldri mindre enn 3 minutter.

Ved vurdering og valg av konsentrasjonstid eller dimensjonerende regnskyllvarighet må også tas i betraktning feltets utforming og størrelse. For enkelte felt kan dimensjonerende regnvarighet være kortere enn konsentrasjonstiden.

5.4.5 Nedbør (IVF-kurve)

Det kan være store stedlige variasjoner i nedbørsmengde både over året og over korte tidsrom. Som et eksempel på årlige variasjoner er lagt ved tegning som viser nedbørsfordeling i Bergensområdet i 1947 (Færøyvik 1951).

Dette må en ta hensyn til ved valg og bruk av nedbørsdata/IVF-kurver, hvor det må velges den kurve som er mest representativ for det området som skal beregnes. Det må også tas hensyn til nedbørens variasjon avhengig av høyde over havet, terrengform o.l.

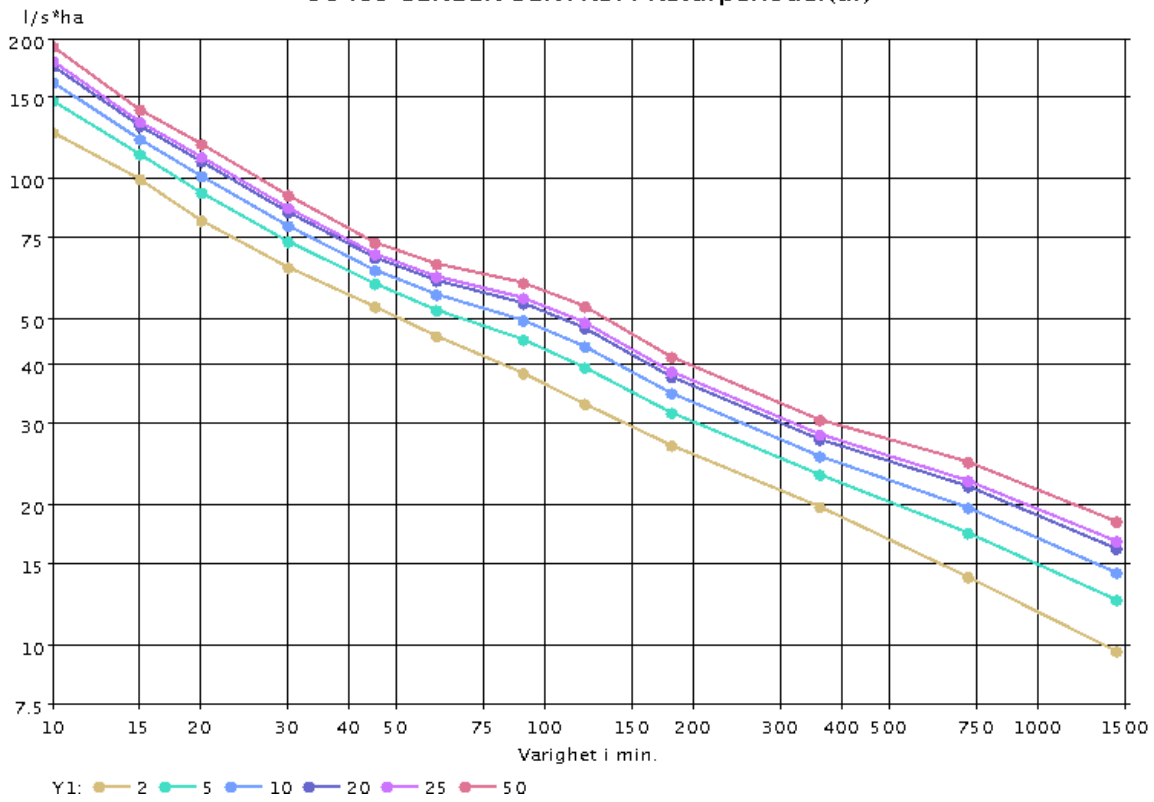


Nedbørsfordeling i Bergensområdet som % av nedbør målt ved Fredriksberg for året 1947 (Færøyvik, 1951)

Siste oppdaterte kurver for Bergen skal benyttes. Vedlagt er:

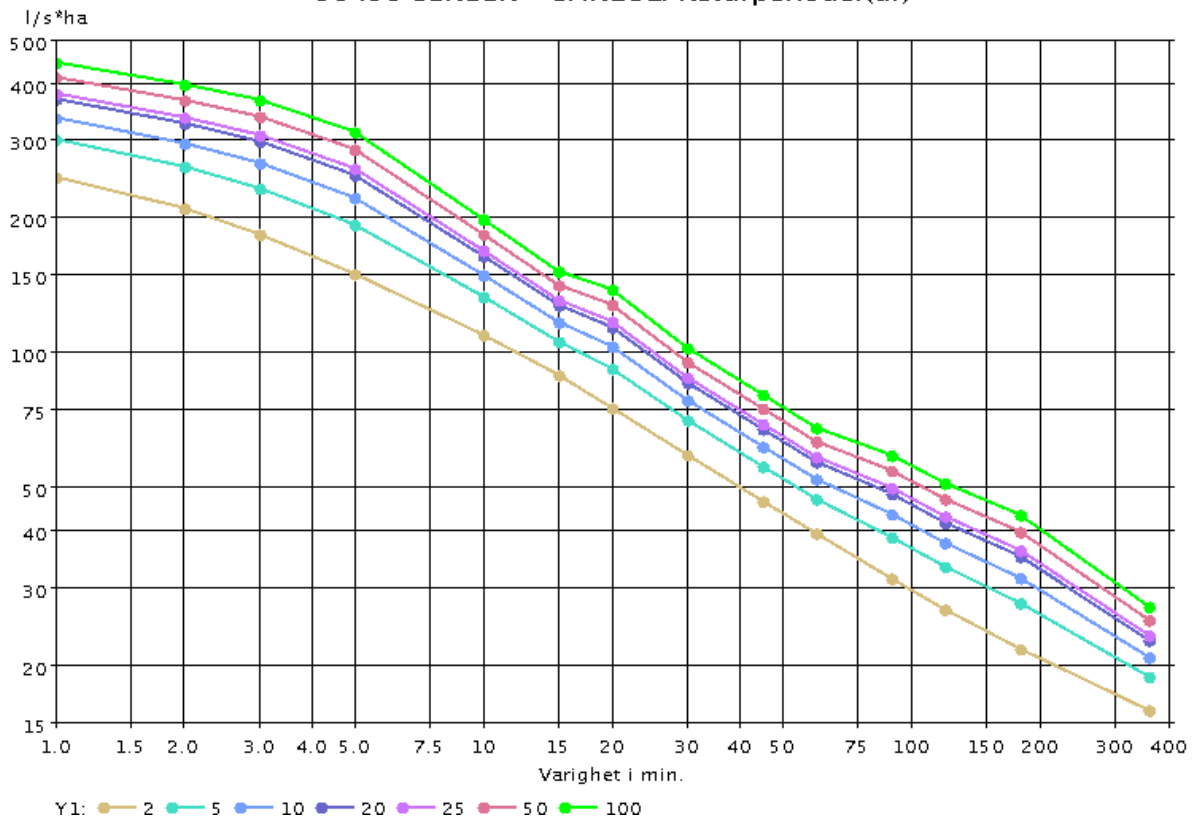
- kurve for Bergen sentrum 1982- 2002
- kurve for Sandsli 1982- 2002

50485 BERGEN SENTRUM Returperioder(år)



IVF-kurver for Bergen – Florida 1982-2002

50490 BERGEN - SANDSLI Returperioder(år)



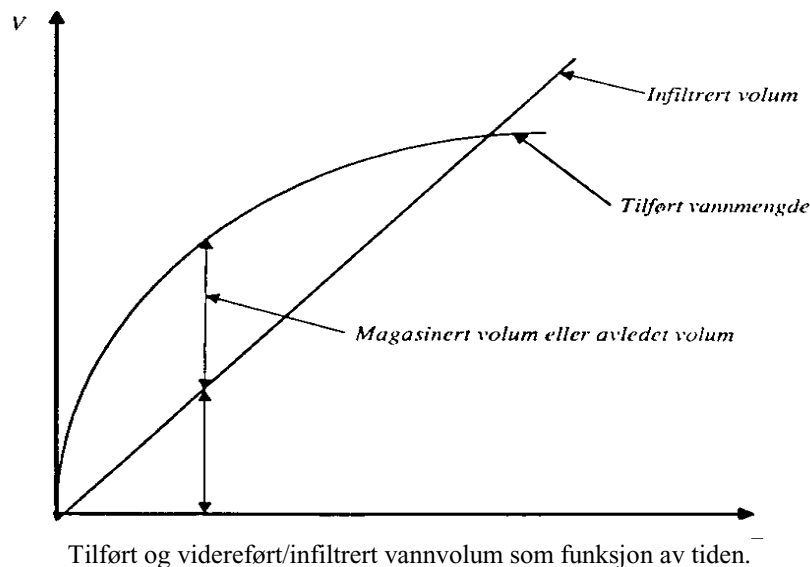
IVF-kurver for Bergen – Sandsli 1982 – 2003

5.5 Dimensjonering av magasinivolum (regnenvelopemetoden)

Et fordrøyningsbasseng skal midlertidig ta hånd om en del av vannvolumet fra et nedbørsfelt, enten hele eller deler av differansen mellom tilført volum og videreført volum.

Ved grafisk opptegning av tilført og videreført vannmengde kan en for nedbør med valgt/dimensjonerende gjentakintervall finne nødvendig magasinivolum. Prinsippet kalles regnenvelopemetoden. Med utgangspunkt i IVF-kurver beregnes tilrenningsvolumer for ulike nedbørsvarigheter og gjentakintervall (tilrenningsenvelope). Avtappingsenvelopen bestemmes av utløpskapasitet og/eller infiltrasjonskapasitet for magasinet. Nødvendig magasinivolum bestemmes ut ifra den maksimale differansen mellom tilrenningsenvelopen og avtappingsenvelopen.

Slike beregninger kan også med fordel gjennomføres med EDB-modeller.



5.6 Dimensjonering av avskjærende ledningsanlegg/ overløp

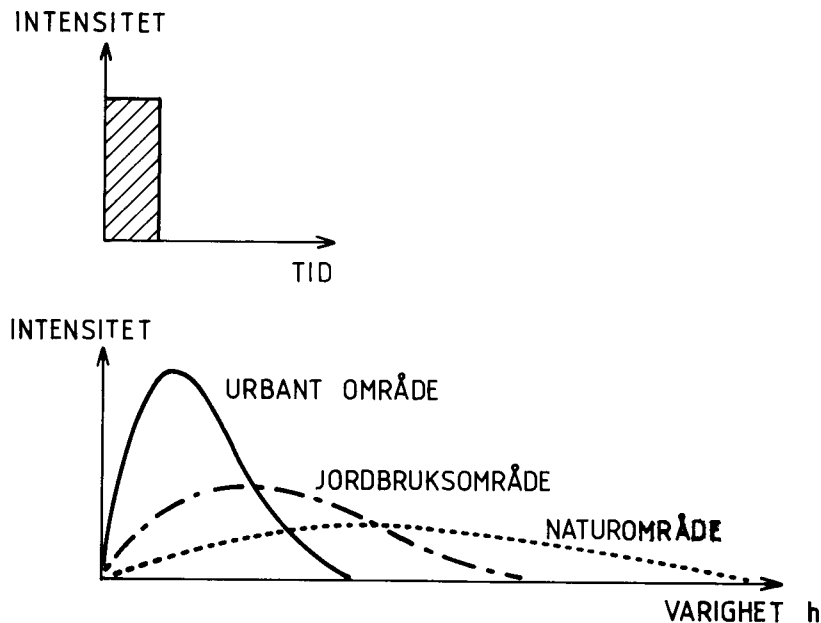
Ved planlegging av avskjærende ledningsanlegg vil disse normalt ikke dimensjoneres for en kapasitet tilsvarende nedbørsfeltets spissavrenning fra oppstrøms avløpsnett. Det forutsettes da at avlastet vannvolum (overløpsvolum) ikke medfører alvorlige konsekvenser nedstrøms overløpet. Overløpet må takle spissavrenning fra oppstrøms avløpsnett.

Slike anlegg skal dimensjoneres ut fra en forureningsbetraktning hvor utslippskonsesjoner og lokale miljømål for vannforekomster skal være bestemmende ved fastsetting av dimensjonerende vannmengder.

Hvor annet ikke er bestemt eller kreves skal anlegg dimensjoneres slik at overløpsdrift for et gjennomsnittså ikke overstiger 5% av totalt tilrenningsvolum. Dette kan benyttes ved overløp til gode sjøresipienter. Ved sårbare resipienter må det settes strengere krav til overløpsdrift. Tiltak for å redusere overløpsdrift ytterligere, f.eks. ved oppdimensjonering av ledning, skal gjennomføres dersom tilleggskostnadene knyttet til slikt tiltak er lave.

6 LOKAL OVERVANNSHÅNDTERING (LOH)

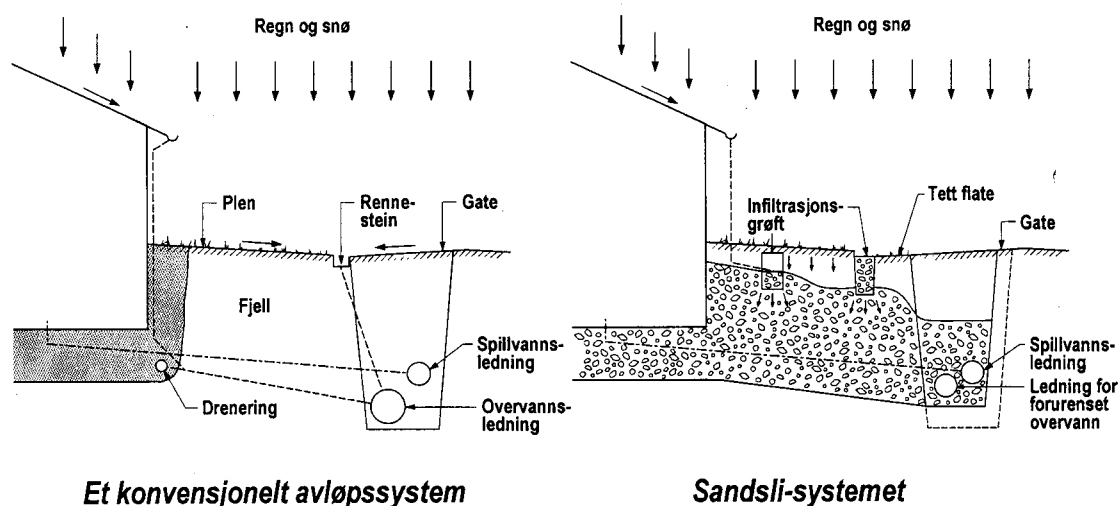
Ved urbanisering øker andelen tette flater på bekostning av naturlig permeabel grunn, vegetasjon og trær. Den naturlige infiltrasjon, fordrøyning, absorpsjon og fordampning av regnvann reduseres kraftig og medfører en betydelig økning av overflateavrenningen, både i volum og intensitet.



God overvannshåndtering i urbane strøk kan oppnås gjennom løsninger som i størst mulig grad opprettholder den naturlige vannbalanse i området (naturtilstanden). Slike løsninger kan betegnes "Lokal overvannshåndtering" (LOH). Gode helhetlige løsninger forutsetter også en hydrologisk orientert arealplanlegging.

Hovedelementene i lokal overvannshåndtering er infiltrasjon og fordrøyning. Ved **infiltrasjon** infiltreres vannet direkte til grunnen, enten via terrengoverflaten eller via ulike magasin/grøfter i grunnen. Ved **fordrøyning** ledes overvannet til et basseng hvor det fordrøyes før det tilføres grunnen, lokal resipient eller avløps-/overvannsledningsnett. Ofte må det benyttes kombinasjonsløsninger av infiltrasjon og fordrøyning i åpent/lukket basseng. Lokal overvannshåndtering medfører også ofte en betydelig **rensing** av overvannet, avhengig av hvilke løsninger som benyttes.

I Bergen kommune er det blant annet benyttet LOH-løsninger innenfor det såkalte Sandsli-feltet og i Lønningen Næringspark. Erfaringene fra disse anleggene er gode.



Et konvensjonelt avløpssystem

Sandsli-systemet

Beregninger og dimensjonering av infiltrasjons- og fordrøyningsløsninger skal utføres av personell med tilfredsstillende kompetanse innenfor fagfeltet.

Ved utforming av anlegg for lokal overvannshåndtering bør en søke å oppnå løsninger som styrker områdets visuelle karakter og som beriker nærmiljøet ved å synliggjøre vannet og utnytte dette som et arkitektonisk element. Rennende vann er livgivende og kan/bør utnyttes som et estetisk element i hager, parker, bomiljø o.l.

6.1 Infiltrasjon

I bebygde områder er tilgangen på infiltrasjonsarealer begrenset. I tillegg til å utnytte vegetasjonsområder/gressdekte flater for infiltrasjon, bør en også vurdere om det kan benyttes mer eller mindre permeable dekketyper (se liste nedenfor) på tradisjonelle "tette" flater som parkeringsareal og gangveier.

Der det velges tette flater (asfalt- og betongdekker o.l.) må avrenning fra disse søkes ledet til nærmeste infiltrasjonsflate/-magasin. Ved tilførsel til infiltrasjonsflater som vegetasjonsflater, gressplener o.l. må overvannet spres utover slik at en oppnår en diffus fordeling til infiltrasjonsflaten. Punkttilførsel gir dårligere fordeling og infiltrasjon, og kan medføre erosjon på arealet.

Infiltrasjonsdekker kan grovt deles inn i følgende kategorier:

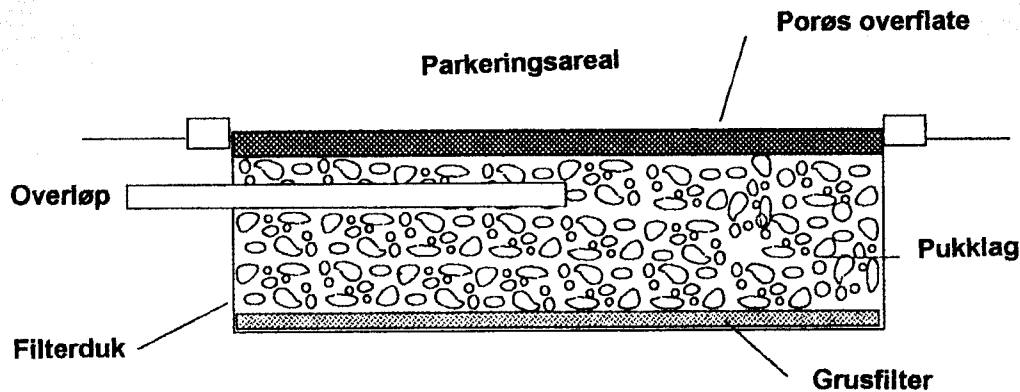
- Vegetasjonsflater (terrengflater, gress, myrområder, våtmarksområder,)
- Dekker av finpukk/grus og gress (evt. med "armering")
- Kombinasjon gress og belegningsstein
- Permeabel asfalt
- Brosteinsdekker
- Betongsteinsdekker (m/grusfylte mellomrom)

Erfaringer viser at komprimerte grusdekker nærmest kan regnes som tette dekker. Det er derfor viktig å benytte masser som opprettholder en viss porøsitet og permeabilitet.

Ved etablering av permeable dekker må det ivaretas at underliggende grunn har tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet. Det kan være aktuelt med masseutskiftning for å forbedre grunnens infiltrasjonskapasitet.

Infiltrasjonkapasitet påvirkes av vegetasjon, jordart, struktur, helningsforhold m.m. og kan variere betydelig innenfor et mindre område. For vurdering av et områdes infiltrasjonsevne og for dimensjonering av infiltrasjonsanlegg må det gjennomføres nødvendige undersøkelser. Dette vil som regel kreve kjennskap til fagfeltene hydrologi og hydrogeologi. For enkle, små felt kan det benyttes forenklete metoder. For større og kompliserte områder, eller i områder hvor eksisterende vannveier/ledningsnett er overbelastet eller er nær overbelastet, må grundigere vurderinger og undersøkelser gjennomføres.

I anleggs-/byggefase må eksisterende infiltrasjonsflater beskyttes mot anleggsaktivitet. Unødvendig trafikk på og komprimering av infiltrasjonsflater må unngås.



6.2 Fordrøyning

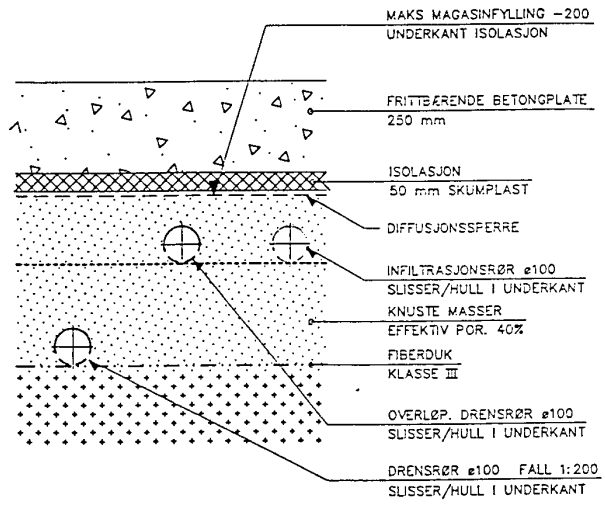
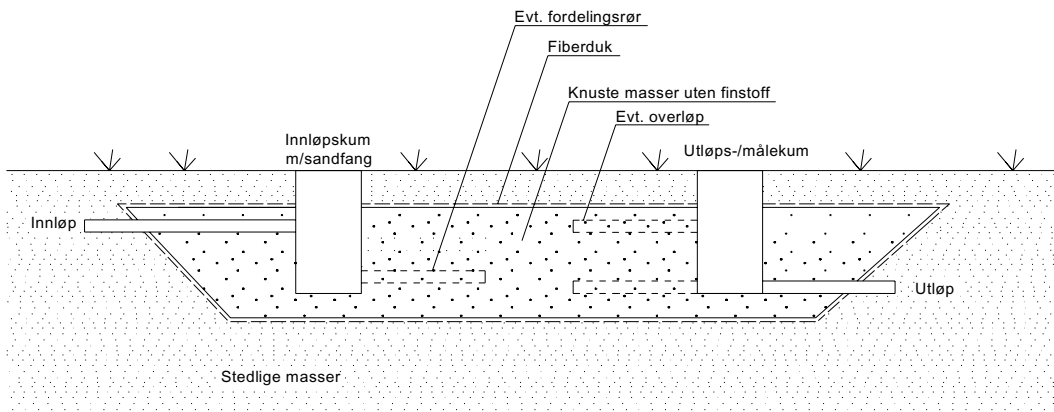
Dersom et område ikke har tilstrekkelig kapasitet til å infiltrere alt overvann må det vurderes løsninger for å fordrøye avrenningen, dvs. "mellomlagre" vannet. Fordrøyning benyttes også for å utjevne avrenningen fra et område og dermed hindre flomtopper. Til fordrøyning kan benyttes naturlige fordrøyningsbasseng i området og/eller det må etableres kunstige basseng/magasin. Det er to hovedtyper fordrøyningsbasseng:

- Åpne bassenger som f.eks. naturlige søkk i terrenget, grøfter m/terskler, dammer, myr/våtmarksområde og ulike typer kunstige bassenger.
- Lukkede basseng (steinfyllinger, ledningsgrøfter, prefabrikkerte nedgravde konstruksjoner, betongmagasin, biofiltere o.l.)

Ved bruk av steinfyllinger kan en oppnå en porøsitet, dvs. effektivt vannvolum, på ca. 30%. Prefabrikkerte elementer har en porøsitet på ca. 95%.

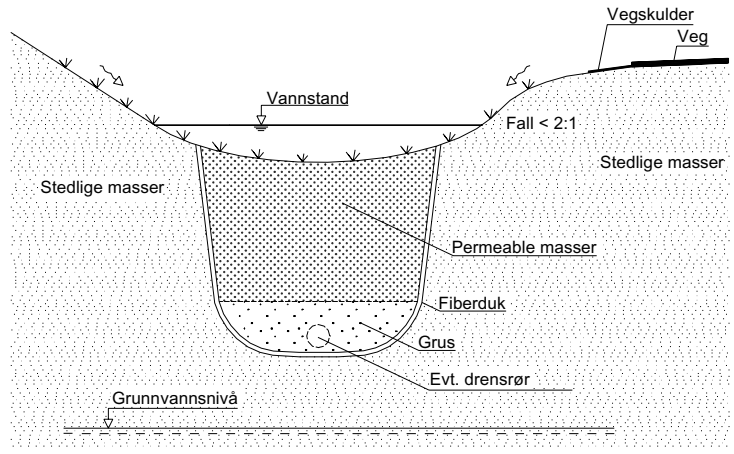
Nødvendig fordrøyningsvolum bestemmes av største differanse mellom tilført vannmengde og avtappet vannmengde og/eller infiltrert vannmengde for området. Regnvelopemetoden eller tilsvarende benyttes til å beregne fordrøyningsvolum.

Nedenfor er vist mulige utforminger av steinmagasin og (byggnings-)fundamentmagasin.



6.3 Renner, kanaler, diker og bekker

For å lede avrenningen til lokalt eller sentralt infiltrasjonsområde, fordrøyningsmagasin eller resipient skal vurderes løsninger som bidrar til infiltrasjon, fordrøyning og rensing av overvannet. F.eks. ved bruk av grøfter, renner, kanaler, diker og/eller bekker som utformes slik at de kan fordrøye og infiltrere vann. God infiltrasjon og/eller fordrøyning kan blant annet oppnås ved bruk av gress-/vegetasjonsdekte grøfter med lite fall. Kunstige vannveier bør etableres slik av vannets tilrenningstid ikke reduseres.



6.4 Vegetasjon o.l.

Ofte ligger overvannsproblematikken i at vegetasjonen fjernes. Vegetasjon bidrar til redusert avrenning og til rensing av overflatevann. Bevaring av vegetasjonen og/eller reetablering av vegetasjon er derfor en viktig del av overvannshåndteringen.

Naturlig landskap (jordgrunn, vegetasjon) skal bevares eller reetableres i størst mulig grad. Det skal avsettes tilstrekkelig store og egnede arealer for dette formål. Dette er nødvendig for å ivareta krav til vanninfiltrasjon, erosjonssikring av vannveier, fordrøyningsmagasin m.m.

Ved reetablering av vegetasjon må benyttes planter som er spesielt egnet for formålet. Dette kan være spesielt salttolerante planter, planter som tåler frost, tørke, langvarig oversvømmelse o.l.

6.5 Løsninger i bysentrum

Overvannsavrenning i by kan normalt karakteriseres som avrenning med rask respons, stor spissavrenning og stort volum. Dette skyldes at bykjernen har en stor andel tette flater i form av tak, vegger og plasser som gir en rask og kraftig avrenning. Svært liten del av vannet fordrøyes eller infiltreres på sin vei mot sluker og ledningsnett. I tillegg har overvannet et varierende innhold av forurensninger avhengig av arealbruk.

Ved valg av løsninger for håndtering av overvann i bysentrum skal det om mulig benyttes løsninger som reduserer og fordrøyer avrenningen, og som reduserer forurensningsinnhold i overvann. Dette kan blant annet oppnås gjennom større utnyttelse av permeable og delvis permeable flater, bruk av delvis permeable dekker på gater, plasser o.l., adskille rent/forurenset overvann, mer bruk av fordrøyningsmagasin der det ligger til rette for det, mer bruk av åpne renneløsninger i bymiljøet, lede taknedløp o.l. til gate/terreng og ikke direkte til ledningsnett. Vegskillere, alléer og andre grøntarealer og infiltrasjonsflater langs vegger og plasser kan tilrettelegges for infiltrasjon av overvann.

Ovennevnte løsninger skal vurderes for alle tiltak innenfor bybebyggelse, det være seg oppføring av enkeltbygg, revitalisering av kvartaler/områder, gatearbeider, opprusting av byrom m.m.

Overvann skal normalt ikke føres til avløpsledning. Dispensasjon fra dette kan gis dersom annen løsning ikke er mulig eller medfører urimelig høye kostnader. Sterkt forurenset overvann kan vurderes ført til avløpsledning.

Alle tiltak som medfører endrede avrenningsforhold skal dokumentere slike endringer. Tiltak skal ikke forverre forhold vedrørende overvannshåndtering. Flomveier skal ivaretas.

6.6 Aktuelle tiltak for Lokal Håndtering av Overvann (LOH)

En fremtidsrettet og bærekraftig overvannshåndtering baseres på å fordrøye og infiltrere overvannet ved lokal håndtering av overvannet. Som utgangspunkt ved utbygging av nye områder/anlegg og ved tiltak innenfor eksisterende områder/anlegg skal LOH tilstrebes. Avvik fra dette skal begrunnes av utbygger/tiltakshaver og må godkjennes av kommunen. I etterfølgende underkapitler er listet opp en rekke muligheter vedrørende lokal overvannshåndtering.

6.6.1 Generelle prinsipper

- Overvann skal prinsipielt holdes adskilt fra annet avløpsvann. Forurenset overvann adskilt fra ikke-forurenset overvann (f.eks. takvann adskilt fra trafikkforurenset vann)
- Forurenset overvann bør samles og ledes til utslippspunkt hvor miljøskade ikke oppstår, evt. renses før utslipp.
- Ikke-forurenset overvann skal om mulig håndteres nær kilden ved bruk av lokale overvannsanlegg eller ved feltkontroll i området.
- Økning i overvannsavrenning fra området ved utbygging er i utgangspunktet ikke tillatt. Kommunen kan sette krav til maksimalt påslipp til offentlig ledning.
- Overvannet bør håndteres innenfor det området det produseres. Spesiell tillatelse kreves for å lede overvannet ut av det naturlige nedbørsfeltet ved bruk av kunstige tiltak (ledninger, tunneller, kanaler,).
- Overvannet skal ikke skade grunnvannet (kvalitet/kvantitet) eller forårsake andre uønskede effekter i grunnen.
- Bekkelukkinger tillates ikke. Gjenåpning av tidligere bekkelukkinger skal vurderes.
- Bekkeskråninger/vannveier må sikres mot erosjon og utglidning
- Potensialet for overvannshåndtering på grøntområder bør undersøkes. Naturlig vegetasjon beholdes/erstattes. Vegetasjonsarealer, marksone, oppsprukket berggrunn m.m. utnyttes til infiltrasjon. Valg av jordtype og tilsåing bør utføres ut fra infiltrasjonshensyn.
- Unødig komprimering av naturlig grunn må unngås. Anleggskjøring o.l. må ikke tillates på infiltrasjonsflater.
- Biologiske/økologiske hensyn må ivaretas (f.eks. opprettholde/forbedre fiskens gyte- og vandringsmuligheter).
- Nødfloamveg skal alltid planlegges/etableres. Bruk av trafikkarealer, plasser, parker o.l. kan vurderes som flomareal.
- Avrenningskoeffisient bør om mulig reduseres. Kan blant annet oppnås ved å tilrettelegge for god infiltrasjon, tilknytning av permeable flater og bortkobling av tette flater.
- Tilrenningstid bør om mulig økes. Kan blant annet oppnås ved anlegging av grov overflatestruktur på terreng/grøfter, liten terrenghelling, bruk av dammer/terskler, forlenging av tilrenningsvei, tilknytning av permeable flater og bortkobling av tette flater.

6.6.2 Utbyggingsområder, veganlegg o.l.

- Hydrologisk orientert arealplanlegging og landskapsutforming. Utnytt naturgitte muligheter til infiltrasjon, fordrøyning og rensing av overvann. Muligheter avhenger blant annet av grunnens permabilitet, grunnvannsstand og terrenghelling.
- Etabler buffere mellom tette flater/urbanisert område og vassdrag (filterstriper, vegetasjonsområder)
- Bruk av vegetasjonskledte grøfter langs vegflater (infiltrasjon, rensing, fordrøyning). Ikke slippe avrenning fra veger direkte til ømfindtlig vassdrag.
- Etabler minst mulig andel tette flater.
- Ledde avrenning fra tette flater til terreng, infiltrasjonsflater eller fordrøyningsmagasin
- Legg til rette for diffus avrenning til infiltrasjonsflater. Punkttilførsler bør unngås.
- Bruk av ”ikke-tette” overflatedekker i stedet for tett asfalt på gang-, sykkel-, parkerings- og kjørearealer (porøs asfalt, brostein, betongkassetter, grusdekke etc.)
- Kantstein langs kjørearealer, parkeringsarealer, plasser unngås om mulig. Eksisterende kantstein fjernes der det ikke er behov for slik. Grøfter kan erstatte rennestein. Ved bruk av kantstein bør disse ha åpninger slik at vann kan slippe ut på permeable flater. Unngå punktutslipp til infiltrasjonsflater.
- Tette flater skilles med permeable rabatter og bør i størst mulig grad være omsluttet av permeable flater. Slike permeable flater/rabatter utformes som konkave flater slik at vann fra tette flater renner ned i disse, og vil kunne ha god rense-/infiltrasjons-/fordrøyningseffekt.
- Sluk kobles helst ikke direkte til ledningsnett. Eksisterende sluk frakobles dersom lokal løsning kan benyttes.
- Egne fordrøynings- eller infiltrasjonsanlegg kan etableres for området. Sprengsteinsfyllinger/-grøfter i veger og plasser kan benyttes til infiltrasjon og fordrøyningsmagasin.
- Sand-/steinfang på alle innløp til lednings-/fordrøyningssystemet (hindre tiltetting).

6.6.3 Tomt

- Takvann/drensvann skal normalt ikke tilkoples ledningsnett. I eksisterende områder bør om mulig takvann/drensvann frakobles fellessystemet og ledes til grunnen eller til infiltrasjonsflater. Fall fra bygning mot terreng.
- Bruk av ”ikke-tette” overflater i stedet for tett asfalt på biloppstillingsplasser/oppkjørsler skal vurderes.
- Bevar mest mulig av opprinnelig infiltrasjonsgrunn og vegetasjon på tomten
- Bruk av grønne tak. Som alternativ til tunge, tradisjonelle torvtak kan lettere vegetasjonstak benyttes (total tykkelse 8-10cm)
- Miljøvennlige materialvalg (bygningmaterialer o.l.)

6.7 Drift og vedlikehold av LOH-anlegg

Anlegg må utformes slik at det ikke oppstår driftsproblem også under vinterforhold. Dette kan oppnås ved å etablere nødoverløp/drensledning i magasiner/grøfter.

På alle tilførsler til magasiner, infiltrasjonsflater m.m. må det etableres sandfang eller tilsvarende for å redusere eller hindre tilførsel av sand, søppel o.l. Det må være enkel tilkomst til slike punkter for inspeksjon og slamtømming. Rutiner for inspeksjon og vedlikehold må etableres.

7 KRAV TIL MAKSIMAL PÅSLIPPSMENGDE

Der hvor eksisterende ledningsnett eller resipient er overbelastet eller har lav reservekapasitet, kan det være aktuelt å stille krav til utbygger om maksimal påslippsmengde til ledningsnett/resipient. Dette vil være områdeavhengig og må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Utbygger/tiltakshaver må bekoste nødvendige tiltak for å holde seg innenfor de gitte krav.

8 TRADISJONELLE OVERVANNSLØSNINGER

Der hvor det bygges tradisjonelle løsninger for bortledning av overvann skal disse tilfredsstillende krav i VA-norm og andre relevante forskrifter/standarder med hensyn på dimensjonering, tekniske løsninger, materialvalg m.m.

Ved dimensjonering og utforming av ledningsanlegg skal en ta hensyn til eventuell fremtidig tilknytning av nedbørsfelt oppstrøms anlegget, og fortrinnsvis dimensjonere anlegget for en slik tilknytning.

Inntak og utløp fra ledningsanlegg, kulverter, stikkrenner o.l. skal utformes slik at tiltetting, uønsket vannhastighet, erosjon og sedimentering unngås.

Taknedløp og utspylere skal fortrinnsvis ledes til gate/terreng og ikke direkte til ledningsnett. Gatesluker skal planlegges slik at de i antall, utforming og plassering oppnår ønsket funksjon.

9 FLOMVEGER

Overvannshåndteringen må vurderes med hensyn på både normal nedbørssituasjon og flom. Dersom ledningssystemet blir overbelastet, tiltettet eller ødelagt, skal det finnes et avrenningssystem på overflaten som overvannet kan renne bort på uten å gjøre skade.

Flomveger skal planlegges både på overordnet plannivå og detaljert plannivå. Flomveier må vises på aktuelle planer (f.eks. reguleringsplaner og bebyggelsesplaner).

Flomveger skal dimensjoneres for å kunne ta unna all avrenning fra hele nedbørsfeltet, og bør minst ha kapasitet lik 100-års flom. Kapasitet til flomveg skal angis. Det må kontrolleres at nedenforliggende områder kan håndtere tilførte vannmengder fra flomveger.

Veg-/gateoverflate, parkområder o.l. kan eventuelt inngå som en del av flomvegen. Dette forutsetter særskilt begrunnelse, samt godkjenning av rette myndighet.

Flomveg over private eiendommer/tomter bør unngås.

10 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 dersom tiltaket medfører økt avrenning til disse anleggene. For stikkrenner og kulverter må utforming ved innløp og utløp vurderes spesielt.

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

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.

11 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 sluker/innløp, issørpe som hindrer vannets vei
- Isdannelse på dammer (redusert rense- og fordrøyningseffekt)
- Redusert oksygenivå i isdekkede dammer
- Lav biologisk aktivitet
- Redusert sedimenteringshastighet
- Telehiv
- Redusert grunninfiltrasjon
- Kort vekstsesong for vegetasjon
- Diverse negative effekter av vegsalting
- Høye avrenningskoeffisienter ved frost/isdekket mark
- Stor avrenning ved samtidig regn/snøsmelting
- Høy forurensningsbelastning ved snøsmelting
- Snødeponi

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.

12 RESIPIENTKLASSIFISERING

Der overvannet føres til vannforekomst skal dennes mottakskapasitet vurderes, både med hensyn på vannmengde og forurensning. Resipientens kapasitet til å omsette forurensning uten at forurensningen akkumuleres avhenger bl.a. av resipientvolum, morfologi og utskiftningshyppighet.

I hovedsak deles resipientene inn i følsomme og mindre følsomme områder. Til følsomme områder regnes alle ferskvannsføremøster. I tillegg klassifiseres sjøområder med dårlig vannutskifting som følsomme områder.

Ved overvannsutslipp til følsomme områder skal innhold av forurensning vurderes med tanke på rensing. Aktuelle rensertiltak er listet opp i kapittel 12.2. Ved utslipp til mindre følsomme områder vil det som regel ikke være behov for rensertiltak. Ved spesielt høy trafikkbelastning eller dersom andre forhold tilsier det må imidlertid rensing vurderes også her.

13 OVERVANNSKVALITET

13.1 Forurensninger i overvann

Overvann inneholder varierende konsentrasjoner av suspendert stoff, organisk materiale, næringssalter, tungmetaller, PAH, og olje/bensinprodukter. Forurensningsnivå varierer betydelig avhengig av arealbruk, trafikkmengder, atmosfærisk forurensning, snøsmelting, nedbørmengder m.m. En vesentlig del av forurensningsstoffene er knyttet til finpartikler som forekommer i suspensjon (svever i vannfasen).

Forurenset overvann påvirker miljø og muligheten til et rikt friluftsliv på mange måter. I tillegg til en direkte påvirkning ved utslippet skjer også en akkumulering av forurensninger i bunnsedimenter. Slik forurensning kan være giftig for plante- og dyreliv, medføre eutrofiering av vassdrag og innsjøer, redusere badevannskvaliteten, osv.

Den største forurensningskilden for overvann i byområder er trafikk, dvs. avrenning fra veger, gater, plasser, fortau, terminalområder o.l. I tillegg bidrar også ulike typer industriarealer og bygninger til en ikke ubetydelig forurensning av overvann.

Diffus avrenning fra ulike flater og erosjon fra grøfter, vassdrag, jordbruksmark, anleggsområder o.l. kan også bidra i stor grad til forurensning av overvann (partikulært stoff, suspendert stoff og næringsstoffer). Avrenning fra tunnelvask, fasadevask, ledningsspyling o.l. må også vurderes spesielt med hensyn på overvannskvalitet.

I første fase av en nedbørshendelse får vi den såkalte "first flush"-effekten, som medfører at forurensninger som har samlet seg opp siden foregående regnvær følger med i den første overflateavrenningen. Dersom der er lenge siden forrige regnskyll vil avrenningen ved en slik "first-flush" kunne inneholde store mengder forurensninger.

Ved snøsmelting vil man også kunne få sterkt forurenset overflateavrenning ved frigjøring av oppsamlede forurensninger i snøen (partikler, tungmetaller, næringsstoffer, vegsalt, olje, PAH, PCB). Smeltevann fra snø kan inneholde betydelig større forurensningsmengder enn regnvann fordi oppsamling av forurensninger i snøen skjer over en lang periode. Dette må tas hensyn til ved planlegging av deponi/dumpeplass for forurenset snø.

"Overvannskvalitet" må inngå i planleggingen av tiltak. Sterkt trafikkerte områder bør få en egen overvannsplan, hvor vannmengder og antatt forurensningsnivå dokumenteres og behov for rensing vurderes.

Størstedelen av årlig avrenning forårsakes av nedbørshendelser med relativ lav intensitet. Rensertiltak trenger derfor nødvendigvis ikke å dimensjoneres for de største nedbørshendelsene. Dimensjoneringsgrunnlag må vurderes ut fra de krav resipienten setter og

nedbørs-/avrenningsfordelingen over året. En kurve som viser årlig avrenningsfordeling for området vil således være nyttig ved fastlegging av dimensjonerende avrenning.

Der ikke mer lokalt tilpassede data eller mer presise data foreligger kan konsentrasjonene angitt i etterfølgende tabell benyttes for overslagsberegninger (*forslag til sjablon-konsentrasjoner (µg/l) for overvann fra tette flater. O. Lindholm, Vann nr.4 2003*).

Områdetype	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	PAH	BaP	PCB
Sentrumsområder	0,5	5	30	0,1	10	20	140	0,6	0,1	0,01
Villaområder	0,15	4	10	0,05	6	4	30	0,2	0,1	0,01
Rekkehusområder	0,20	5	15	0,05	7	5	40	0,25	0,1	0,01
Blokkområder	0,25	6	20	0,05	9	7	45	0,6	0,1	0,01
Næringsområder	0,5	5	30	0,1	10	20	140	0,6	0,1	0,01
Veger 5000 ÅDT	0,25	3	30	0,1	4	10	60	0,3	0,1	0,01
Veger 30000 ÅDT	0,5	5	60	0,1	10	20	140	1,5	0,1	0,01
SFT's tilst.kl. V (meget sterkt forurenset) for ferskvann (97:04)	> 0,4	> 50	> 6	> 0,02	> 10	> 5	> 100			

Som en ser ligger forurensningsinnholdet i overvannsavrenning fra tette flater i mange tilfeller innenfor tilstandsklasse V, dvs. meget sterkt forurenset vann.

Sjablonverdier for næringsalter (fosfor, nitrogen) og suspendert stoff er ikke vist i tabellen, men også for disse parametrene vil en normalt ligge innenfor tiltaksklasse V. Spesielt vil innhold av suspendert stoff langt kunne overskride grenseverdi for tiltaksklasse V (> 10 mgSS/l).

I tabell nedenfor er ulike områdetyper inndelt i tre hovedkategorier med hensyn til forventet forurensningsinnhold i overvann (*Stockholm VAV, 2002*). Inndelingen kan benyttes som en generell område-klassifisering for forurensningsnivå i overvann, og kan sammen med tabell i kap. 12.2 benyttes for innledende vurdering av om overvannet bør renses eller ikke.

Småhusområde Lokalgater med ÅDT < 8.000 Parker, naturmark	Lavt forurensningsinnhold
Ytre byområde (tettere boligområde) Veger med ÅDT 8.000-15.000	Lavt til middels forurensningsinnhold
Bykjerne (bo-/arbeidsområde)	Middels forurensningsinnhold
Store parkerings- og terminalområder Veger med ÅDT 15.000 - 30.000	Middels til høyt forurensningsinnhold
Trafikkområder med ÅDT > 30.000	Høyt forurensningsinnhold

13.2 Behov for rensing

Behov for rensing av overvann må vurderes på grunnlag av resipienttilstand og overvannskvalitet. For allerede utbygde områder og anlegg kan det settes krav til rensing dersom målinger viser høyt forurensningsinnhold i overvann fra området, eller dersom området benyttes til formål som medfører høy risiko for forurensning. Ved planlegging av nye utbyggingsområder/tiltak må behov for rensing av overvann vurderes basert på forurensningspotensialet og resipientforhold.

Krav til rensing av overvann eller behov for vurdering av rensing kan sammenstilles i følgende matrise (*Stockholm VAV, 2002*):

	Resipient				
	Mark		Vassdrag/sjø		
Forurensningsinnhold	Infiltrasjonsgrunn	Grunn ikke egnet for infiltrasjon	Svært ømfindtlig	Ømfindtlig	Mindre ømfindtlig
Lavt	Infiltrasjon og fordrøyning	Bortledning til vannveier eller ledningsnett	Ikke rensing	Ikke rensing	Ikke rensing
Middels	Infiltrasjon og fordrøyning	Bortledning til vannveier eller ledningsnett	Rensing vurderes (evt. bortledning til avløpsnett/ annen resipient)	Rensing vurderes (evt. bortledning til avløpsnett/ annen resipient)	Ikke rensing
Høyt	Rensing før infiltrasjon (evt. bortledning til avløpsnett/ annen resipient)	Bortledning til ledningsnett. Rensing	Rensing	Rensing	Rensing vurderes

13.3 Aktuelle rensetiltak

I kapittel 6, Lokal overvannshåndtering, er skissert en rekke løsninger som vil medvirke til et renere overvann. Fornuftig arealplanlegging og kildefokus hvor en prøver å hindre/ redusere forurensningen der den oppstår er utgangspunktet. God arealplanlegging vil i stor grad kunne redusere urbaniseringens negative effekt på de hydrologiske forhold. Dette krever at en rekke løsninger for håndtering av overvann integreres i areal- og byggeplanene, deriblant løsninger som medfører rensing av overvannet. Behov for ytterligere rensetiltak vil da ofte kunne unngås.

Forurensende arealbruk må plasseres slik at avrenning direkte til vassdrag ikke kan forekomme. Spesielle rense- eller sikkerhetstiltak for risikofylt arealbruk må vurderes (oppsamlingsbasseng for spill/lekkasjer, oljeavskillere o.l.). Direkte drenering av overflatevann fra tette flater ved bensinstasjoner o.l. til OV-ledninger, vassdrag eller terreng må ikke forekomme.

De fleste forurensningskomponentene i overvann er partikulært bundet, slik at behandlingsanlegg som fjerner partikler også vil fjerne det aller meste av forurensingene, bortsett fra fosfor og nitrogen.

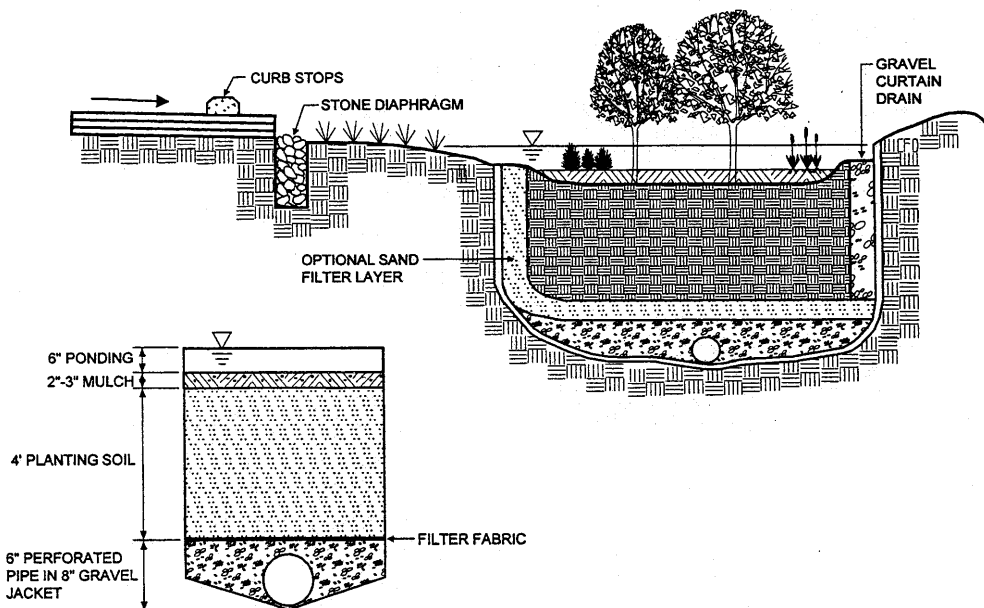
Nedenfor er listet opp eksempler på rens tiltak som kan være aktuelle ved rensing av ”normalt” forurenset overvann. De fleste av disse er også nevnt i kapittel om lokal overvannshåndtering og inngår som oftest integrert i generelle løsninger for overvannshåndtering.

- Infiltrasjonsanlegg (infiltrasjonsflater/-magasin/-dammer/-grøfter) hvor overvann infiltreres i/til grunnen enten direkte fra overflaten eller via magasin/grøfter.
- Naturlige eller kunstige våtmarker
- Dammer
- Gress-/vegetasjonsdekkede grøfter
- Biofilter (kombinert biologisk filter og ”fysisk” filter)
- Sedimenteringsbasseng/slamavskiller
- Sandfilter
- Ulike typer siler eller filteranlegg
- Oljeavskiller
- Virvelavskiller/hydrosyklon
- Skjerm-/flytebassenger

Ved behov for rensing må nærmere vurdering av aktuelle rens metoder og forbehandling foretas. Det må legges vekt på å oppnå løsninger som er driftssikre og stabile mhp. rensing og kapasitet. Overvann med mye partikulært/sedimenterbart materiale setter spesielle krav til forbehandling, da partikulært materiale kan medføre rask tiltetting av ulike typer filter- og infiltrasjonsanlegg.

Tegningen nedenfor er hentet fra USA og viser utforming av et såkalt ”Bioretention”-anlegg med blant annet følgende funksjoner:

- Rensing i både biofilter og fysisk filtrering
- Fordrøyning
- Infiltrasjon



(MDE 2000)

14 ORDFORKLARINGER

Avløpsvann	Felles betegnelse for spillvann fra husholdninger, industri o.l.. Omfatter også overvann som tilføres avløpsledningene
Avrenningsfaktor	Forholdet mellom avrenningen fra et område og nedbøren over samme området.
Fellessystem	Avløpssystem hvor spillvann og overvann ledes bort i felles ledning.
”First flush”	Det overvann som avrenner i første del av en nedbørshendelse. Har ofte stort forurensningsinnhold.
Flom	Unormalt høy avrenning som kan skyldes ekstrem nedbør, tette, ledningssystemer e.l.
Flomveg	Lavpunkt/-strekninger i terreng eller bebygde områder hvor vannet kan avledes ved flom
Fordrøyning	Tilført vann holdes tilbake/mellomlagres i magasin e.l. ved stor avrenning, for å redusere avrenningstoppene til nedenforliggende ledning, vassdrag, område.
Fremmedvann	Infiltrasjons- og innlekkingsvann som tilføres ledningsnett gjennom utette skjøter, kummer o.l.
Gjentaksintervall	Forventet returperiode for en bestemt nedbørshendelse, dvs. for nedbør med en bestemt intensitet og varighet. Eks.: nedbør med 1-års gjentaksintervall forekommer i snitt 1 gang pr. år
Infiltrasjon	Vann trenger ned til underliggende grunn. Jo mer permeabel markoverflaten er og jo mer porøs grunnen er, jo større er infiltrasjonskapasiteten for arealet.
Konsentrasjonstid	Den tid en vannpartikkel bruker fra fjerneste punkt i nedbørsfeltet til et bestemt punkt i ledningsnett. Konsentrasjonstiden er lik summen av tilrenningstid og strømningstid i ledning.
LOH/LOD	Lokal overvannshåndtering/Lokal overvannsdiskontering
LID	Low Impact Development, dvs. skånsom utbygging med bruk av løsninger som ikke eller i liten grad påvirker det naturlige overvanns-/ grunnvannssystem
Miljøgifter	Tungmetaller, PAH, PCB, dioksiner m.m.
Nedbørsfelt	Et avgrenset område hvorfra all nedbør renner ned til et bestemt punkt nederst i feltet. Også ofte kalt nedslagsfelt.
Overløp/overløpsdrift	Ved overbelastning av avløpsledningsnett avlastes avløpsvann til resipienter
Oversvømmelsesfrekvens/-hyppighet	Hyppighet for oversvømmelse/overbelastning i ledningssystemer eller andre vannveier. For ledningsanlegg oppstår oversvømmelse når vannstand stiger til terrengoverflate eller når tilbakestuving i kjellere e.l. oppstår.
Overvann	Overflateavrennende regnvann, spylevann, smeltevann.
PAH	Polyaromatiske Hydrokarboner. Noen av disse er giftige, arvestoffskadelige og kreftfremkallende.
PCB	Polyklorerte bifenyler. En gruppe syntetiske klorforbindelser som er giftige, tungt nedbrytbare og bioakkumulerende.
Resipient	Sjø, vassdrag eller annen mottaker av overvann eller avløpsvann
Separatsystem	Avløpssystem med separate ledninger for hhv. spillvann og evt. overvann.

Spillvann	Forurenset avløpsvann fra bebyggelse og industri.
Suspendert stoff (SS)	Små partikler av organisk og uorganisk materiale som svever i vannet.
Tilrenningstid	Den tid det tar for nedbør å renne fra det fjerneste punkt i et nedbørsfelt og frem til avløps-/overvannsledning
Tungmetaller	Metaller som kan ha betydelig negative innvirkning på miljø- og helse (bl.a.: kadmium, krom, kvikksølv, bly, sink, kobber, nikkel)

15 REFERANSER/LITTERATUR

- Byggforsk (1989): Drenering. Lokal overvannshåndtering. Byggforskserien. Byggdetaljer A514,114.
- Byggforsk prosjektrapport 208-1996. Lokal håndtering av overvann i byer og tettsteder. Terje Nordeide, 1996.
- Caraco D. and Claytor R. (1997). Stormwater BMP Design Supplement for Cold Climates.
- Direktoratet for Naturforvaltning. DN Håndbok 22-2002. Slipp fisken fram !
- Førland E. (1980). Nedbørforholdene i Bergensområdet
- Hydra-rapport nr. T03, Lokal og total overvannsdisponering. Svein Endresen, 1998.
- Lindholm G. (2003): Personlige meddelelser
- Lindholm O. (2003): Forurensninger i urbant overvann. Vann nr. 4, 2003.
- Low Impact Development Design Strategies - An Integrated Design Approach (June 1999). Prince George's County, Maryland. Dep. of Environmental Resources.
- Mays L. W. (2001). Stormwater Collection Systems Design Handbook. McGraw-Hill.
- NBI (1989). Lett kommunalteknikk. Håndbok nr. 35.
- NIVA-rapport LNR4652-2003: Revurdering av beregningskriterier for avløpssystemer, flom i kommunale avløpssystem.
- Norsk Standard NS-EN 752. 1997. Utvendige stikklednings- og hovedledningssystemer.
- NVE-publikasjon nr. 10 1997: "Anvendt urbanhydrologi"
- Pegg I (2003): LID-konseptet og dets anvendelse kaldt klima.
- SFT (1978). TA 531 "Retningslinjer for håndtering av overvann".
- SFT (1979). TA 550 "Veiledning ved dimensjonering av avløpsledninger".
- SFT (1982). TA 568 "Veiledning ved infiltrasjon av overvann – metoder og tekniske løsninger".
- SFT (1995). TA-1249. Kommunale avløpsanlegg. Overvannsutslipp.
- Sintef/NHL-rapport STF 60 A92191 (Kulverter)
- Statens vegvesen (1998): Rensing av overvann fra veg. – Aktuelle løsninger. Rapport MISA 98/07.
- Stockholm Stad/Stockholm Vatten AB: Diverse rapporter om overvann/resipienter/forurensning.
- Thorolfsson S. T. (1994): VA-systemer – Avløpsanlegg.
- Thorolfsson S. T. (2001): Overvannsteknologi.
- Thorolfsson S. T. (2003): Personlige meddelelser
- TØI: Miljøhåndboken (2000)
- Urban Drainage and Flood Control District. Denver Colorado (1999/2002): Urban Storm Drainage, Criteria Manual, Vol. 3.
- US EPA, Low Impact Development Center (2000). Low Impact Development (LID) - A literature review.
- Vegdirektoratet, Håndbok 018