Vannforsyningens ABC

Kapittel E – Vannforsyningsnett

E. VANNFORSYNINGSNETT 3

E.1 INNLEDNING 3
E.1.1 Referanser 5
E.2 LEDNINGSNETT 5
E.2.1 Systemutforming 6
E.2.1.1 Overføringsledninger 6
E.2.1.2 Fordelingsnett 6
E.2.2 Ledningsutførelse 7
E.2.2.1 Ledningsplassering og grøfter 8
E.2.2.2 Kummer 8
E.2.2.3 Armatur og tilkoplinger 10
E.2.3 Rørmaterialer 10
E.2.3.1 Metalliske rør 11
E.2.3.2 Sementbaserte rør 12
E.2.3.3 Plastrør 13
E.2.3.4 Lekkasjer 13
E.2.4 Referanse 15
E.3 BASSENGER 15
E.3.1 Hensikt med bassenger 15
E.3.2 Lokalisering 15
E.3.2.1 Gjennomstrømningsbasseng, ... 16
E.3.2.2 Motbasseng 16
E.3.2.3 Sidebasseng 17
E.3.3 Dimensjoneringsmessige forhold 18
E.3.3.1 Utjevning av variasjoner i vannforbruk 18
E.3.3.2 Sikkerhetsreserve 18
E.3.3.3 Brannreserve 18
E.3.4 Funksjonsmessige forhold 19
E.3.4.1 Vannkvalitetsmessige hensyn 19
E.3.4.2 Sikkerhetsmessige hensyn 20
E.3.5 Drift og vedlikehold 21
E.4 BELEGGDANNELSE OG KORROSJON 21
E.4.1 Beleggdannelse 22
E.4.1.1 Belegg som skyldes at vannet inneholder organisk stoff 22
E.4.1.2 Belegg som skyldes at vannet inneholder oppløst jern og/eller mangan 25
E.4.1.3 Belegg som skyldes at vannet inneholder oppløst kalk 27
E.4.2 Tiltak for å begrense problemer forårsaket av beleggdannelse 27
E.4.2.1 Overvåking av begroing i ledningsnettet 27
E.4.2.2 Praktiske råd 28
E.4.3 Korrosjon 30
E.4.3.1 Korrosjon på jern - dannelse av rustknoller 31
E.4.3.2 Korrosjon på kopper 32
E.4.3.3 Korrosjon på sementbaserte materialer 33
E.4.3.4 Andre materialer og korrosjonsprodukter 33
E.4.4 Tiltak for å begrense problemer forårsaket av korrosjon 33
E.4.4.1 Korrosjonskontroll 33
E.4.4.2 Praktiske råd 34
E.4.5 Referanse 35
E.5 BRUK AV MODELLER OG ANNET DATAVERKTØY 35

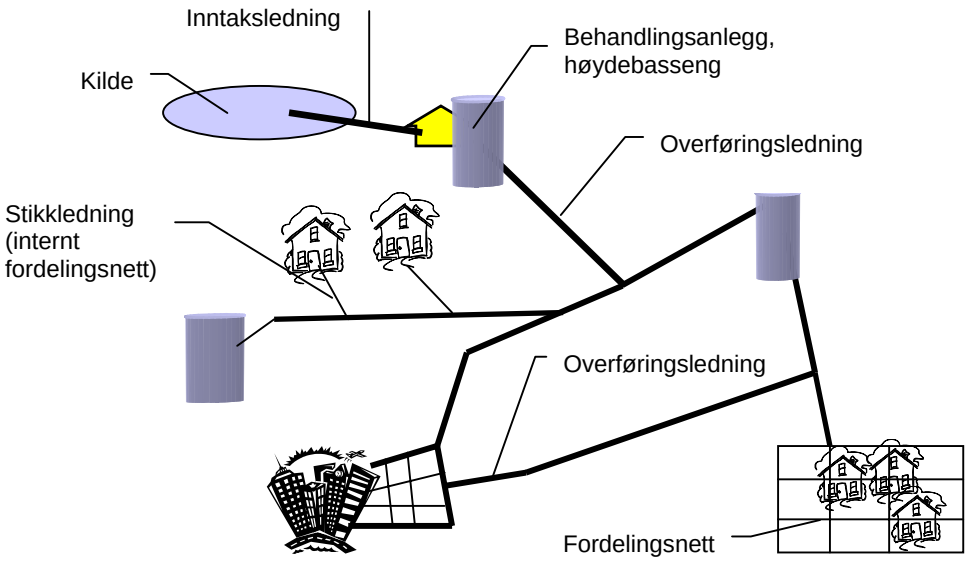
E.5.1 Innledning *35*
E.5.2 Eksempler på bruk av modeller *36*
E.5.2.1 Hovedplaner 36
E.5.2.2 Sikkerhet og pålitelighet 37
E.5.2.3 Beredskap 37
E.5.2.4 Prosjektering 38
E.5.2.5 Daglig drift 38
E.5.3 Bruk av dataregistre til planlegging, drift og vedlikehold *38*
E.5.4 Forutsetninger for å lykkes *39*
E.5.5 Referanser *40*
E.6 KONTROLL AV VANNKVALITET I VANNFORSYNINGSNETTET 40
E.6.1 Fremgangsmåte ved valg av prøvepunkter *41*
E.6.1.1 Innsamling av grunnlagsinformasjon 41
E.6.1.2 Evaluering av problemområder og sårbare abonnenter 42
E.6.1.3 Plassering av prøvepunkter 44
E.6.2 Prøveprogram *45*
E.6.2.1 Prøvetakingsfrekvens 45
E.6.2.2 Analyseprogram 46
E.6.2.3 Prøveprogram ved spesielle hendelser 47
E.6.3 Referanse *49*
E.7 DRIFT OG VEDLIKEHOLD 49
E.7.1 Innledning *49*
E.7.2 Planlegging *49*
E.7.3 Rengjøring av ledningsnett *52*
E.7.3.1 Spyling 52
E.7.3.2 Mekaniske renseinnretninger 53
E.7.4 Rengjøring av basseng *54*
E.7.5 Desinfeksjon av ledninger *54*
E.7.5.1 Desinfeksjonsmidler 54
E.7.5.2 Desinfeksjon av nye ledninger 55
E.7.5.3 Desinfeksjon av gamle ledninger 56
E.7.6 Desinfeksjon av basseng *57*
E.7.6.1 Svakklorering ved tilsetting av klor i bassenget 57
E.7.6.2 Svakklorering ved dosering av klor på innløpsledningen 58
E.7.6.3 Sterkklorering 58
E.7.7 Utspyling av klorholdig vann *58*
E.7.8 Bakteriologisk undersøkelse *59*
E.7.9 Rehabilitering *59*
E.7.10 Informasjon til abonnentene *60*

E. Vannforsyningsnett

E.1 Innledning

Vann transporteres fra kilden til forbrukeren gjennom et system som omfatter inntaksanordning i vannkilden, overføringsledninger/tunneler fra kilde via vannbehandlingsanlegg til fordelingsnett og stikkledninger i forbruksområdet. Pumpestasjoner, trykkreduksjonsinnretninger, høydebasseng, kummer og ventiler, er også sentrale komponenter i dette systemet.

Inntaksanordninger er ikke omtalt i dette hovedkapittelet, men i kapittel C3, Beskyttelse av vannkilder.



Figur E.1.1 Transportsystem

Transportsystemets funksjon er, til en hver tid, å frakte nok og kvalitetsmessig tilfredsstillende vann til forbrukerne. Utfordringene ligger i å utforme, drive og vedlikeholde transportsystemet slik at forsyningen opprettholdes, og at vannkvaliteten ikke forringes under transporten.

Viktige faktorer som vil ha innvirkning på vannkvaliteten i ledningsnettet er:

- Alder, materialtype og -kvalitet
- systemutforming (soner med lav vannhastighet, endeledninger etc.)
- anleggsutførelse
- drifts- og vedlikeholdsrutiner inkl. overvåking og rengjøring/spyling
- kjemisk og biologisk kvalitet på renvannet når det forlater vannbehandlingsanlegget

En viktig forutsetning for ikke å forringe vannkvaliteten i transportsystemet pga. innlekking av forurenset vann fra omgivelsene gjennom utettheter, er at det alltid er overtrykk i ledningene. Vann- og avløpsledningene ligger som regel i samme grøft, vi må derfor regne med at grøftene er forurenset av kloakk. Undersøkelser har også vist at trykkløse tilstander i ledningsnettet kan forårsake spredning av sykdom. Behovet for tilbakeslagsvern må vurderes brukt i industribedrifter og annen virksomhet der det er risiko for at prosessvann eller annen væske vil kunne bli sugd eller pumpet inn i vannledningen.

Riktig utforming av ledningsnett, materialvalg og riktig utførelse av anleggsarbeider er avgjørende for at tilfredsstillende forsyningssikkerhet og vannkvalitet skal kunne opprettholdes under hele ledningsnettets levetid, som kan være over 100 år. Selve utformingen av ledningsnettet har betydning både for forsyningssikkerheten og vannkvaliteten til forbruker. Forsyningssikkerheten kan bedres ved bygging av ringledninger, slik at et ledningsbrudd ikke behøver å være kritisk for forsyningen til et område.

Vannkvaliteten vil også bli påvirket av materialer som benyttes i ledninger, armaturer, beskyttende belegg, pakninger med mer. Folkehelseinstituttet gjør på forespørsel helsemessige vurderinger av materialer i kontakt med drikkevann.

Utilfredsstillende utførelse av ledningsarbeider kan påvirke vannkvaliteten både på sikt pga. utilsiktede brudd i ledninger og lignende, og akutt ved at forurenset vann trenger inn i ledningene under anleggsarbeidet.

Høydebassengenes funksjon i transportsystemet er flere. De viktigste er å sikre vannforsyningen ved stort vannforbruk, for eksempel ved brann eller dersom hovedkilden midlertidig faller ut, og å kunne bidra til å utjevne trykket på ledningsnettet og derved hindre undertrykk og innsug av forurenset vann.

En av de største utfordringene ved distribusjon av drikkevann, er å minimalisere dannelse av belegg og korrosjon. Potensialet for beleggdannelse og korrosjon er i stor grad knyttet til kvaliteten på vannet som tilføres ledningsnettet. Mekanismene kan ha innvirkning både på forsyningskapasiteten pga. gjentetting, og på vannkvaliteten. Den negative effekten av endret vannkvalitet kan være av bruksmessig karakter; uestetisk utseende på drikkevannet hos forbruker, misfarging av tøy etter vasking ol. Det er imidlertid også helsemessig risiko knyttet til at sykdomsfremkallende organismer kan utvikle seg i belegget som dannes.

Uansett om hensynet til ideel utforming og bygging av transportsystemet er ivaretatt, og om forutsetningene for beleggdannelse og korrosjon er minimalisert, vil driftsoppfølgingen være helt avgjørende for systemets funksjon. Gode kontrollrutiner, planer for forebyggende tiltak og rutiner for oppretting av uforutsette hendelser er derfor en viktig del av internkontrollen som skal være på plass ved alle vannverk.

Pga. at et transportsystem består av mange forskjellige komponenter som blir påvirket på mange forskjellige måter både fysisk og kjemisk, vil det ofte være komplisert å forutsi hvilke konsekvenser utforming, drift og endringer i eksisterende anlegg vil kunne få for forsyningssituasjonen. For å kunne ivareta nødvendige hensyn i både

planleggings-, anleggs- og driftsfasen, kreves gode planleggingsverktøy. Det finnes flere datamodeller på markedet til bruk for systemanalyser, til simulering av hendelser som kan oppstå ved planlagte inngrep, og til hjelp for å avdekke årsaker til feil.

Norske vannledninger lekker mye. I henhold til vannverkenes rapportering til Folkehelseinstituttets vannverksregister, var gjennomsnittlig lekkasje ved norske vannverk 34 % i 2001. Lekkasjetap på over 50 % av produsert vannmengde er imidlertid ikke uvanlig. Dette er mange ganger høyere enn i andre land det er naturlig å sammenligne med. En viktig årsak er at vi har mye gammelt ledningsnett med varierende standard. På grunn av at de fleste vannverk i Norge har god tilgang til råvann, vil lekkasjer som regel ikke være kritisk for forsyningssituasjonen. Lekkasjer vil for mange vannverk likevel ha stor økonomisk betydning pga. at vannbehandlingsanlegg og transportsystem må dimensjoneres for langt større vannmengder enn nødvendig. Det er ikke regnet på hva disse ekstra investeringene beløper seg til for hele Norge, men det dreier seg om milliardbeløp. En undersøkelse i Møre og Romsdal i 1986/87 (1) konkluderte med at tiltak for å redusere lekkasjer ville kunne redusere planlagt investeringsbehov i 14 kommuner fra ca. kr 290 mill. til ca. kr 190 mill., i tillegg til betydelige reduksjoner i driftskostnader. For hele landet er det anslått at de årlige kostnadene for produksjon av lekkasjevann vil kunne beløpe seg til ca. 500 millioner kroner (2).

Transportsystemet for drikkevann utgjør den aller største investeringen i drikkevannsanleggene. Totalt er gjenanskaffelsesverdien for transportsystemet beregnet til bortimot 200 milliarder kroner, mens vannbehandlingsanleggene har en gjenanskaffelsesverdi på under 10 milliarder kroner.

Norsk kommunalteknisk forening (NKF) og Norsk VA-verkforening (NORVAR) har dannet en stiftelse hvis eneste oppgave er å produsere og utgi VA/Miljø-blad, dvs. veiledende normer for tekniske løsninger og arbeidsoperasjoner innen vann og avløp. VA/Miljø-bladene skal vise hvilke krav og fremgangsmåter som bør legges til grunn for å løse konkrete arbeidsoppgaver innen vann- og avløpssektoren. Flere av VA/miljø-bladene omhandler ulike sider ved planlegging, teknisk utforming, drift og vedlikehold av transportsystemet for drikkevann.

E.1.1 Referanser

”Samarbeid om effektivisering av vannforsyningen i Møre og Romsdal”: Økonomisk betydning av Vannlekkasjer i Møre og Romsdal – Rapport fra fase II – 14 kommuner, Januar 1988, utarbeidet av VIAK v/K. Kalleberg.

Oddvar G. Lindholm og Carl Fredrik Nordheim, Lekkasjer fra norske og andre lands vannledningsnett, Vann nr. 3, 2002.

E.2 Ledningsnett

Riktig utforming av ledningsnettet, valg av rørmaterialer og anleggsutførelse er avgjørende for at tilfredsstillende forsyningssikkerhet og vannkvalitet skal kunne

opprettholdes i hele ledningsnettets levetid. Kapittelet beskriver faktorer som er viktige for disse hensyn.

E.2.1 Systemutforming

Riktig dimensjonering og utforming av ledningssystemet har betydning både for leveringssikkerhet og vannkvalitet.

E.2.1.1 Overføringsledninger

Overføringsledninger, se figur E.1.1 i kapittel E.1, transporterer vannet fra et område, som regel vannkilden, via behandlingsanlegg, til forsyningsområdet. Transportavstandene kan være flere mil. Brudd i slike ledninger kan få dramatiske konsekvenser for vannforsyningen i hele vannverkets forsyningsområde.

For vannverk med stor høydeforskjell mellom vannkilde og forsyningsområde, vil overføringsledningene kunne bli utsatt for store trykkforskjeller. Både faren for brudd pga. høyt trykk, og faren for innsug av forurenset vann pga. undertrykk forårsaket av høy vannhastighet, må spesielt vurderes. For å redusere trykket benyttes reduksjonsventiler eller reduksjonskammer.

På steder hvor sannsynlighet for og konsekvenser av brudd er høy, kan det være aktuelt å legge parallelle ledninger. Et typisk eksempel er kryssing av fjorder hvor sterke strømmer og/eller annen mekanisk påvirkning kan skade sjøledningen. Det samme gjelder ved kryssing av fjorder og innsjøer med is om vinteren, der ledningen er utilgjengelig flere måneder hvert år.

Ved transport av vann over store avstander, eller der de topografiske forhold og grunnforholdene er egnet, er det aktuelt å bygge overføringstunneler. Ved planlegging og bygging av disse, er det viktig å ta hensyn til faren for innlekking av forurenset vann. En viktig faktor er høyden på grunnvannstanden, og mulig variasjon av denne. På grunn av faren for innlekking i og utlekking fra fjelltunneler velger mange vannverk å legge rør i tunnelen.

E.2.1.2 Fordelingsnett

Mens overføringsledninger transporterer vann til forsyningsområdet, fordeler fordelingsnettet vannet innen forsyningsområdet, se figur E.1.1 i kapittel E.1. Trykket i fordelingsnettet er vanligvis mellom 20 og 80 meter vannsøyle. Det skilles mellom ringsystem og grensystem. Der de fleste punkter på nettet kan forsynes fra to kanter ved at ledningene knyttes sammen i sløyfer, kalles ringsystem. Et ledningsnett som stadig forgrener seg uten igjen å knytte seg tilbake til stammen, kalles et grensystem.

Ledningsnettet bør i størst mulig grad bygges som ringsystem. Sammenlignet med et grensystem, gir ringsystemet bedre forsyningssikkerhet. Ved ledningsbrudd kan vannforsyningen opprettholdes ved tilførsel fra motsatt kant. Ringsystemet gir også jevnere trykkforhold og bedre sirkulasjon av vannet i ledningsnettet.

Grensystemet er mer sårbart av flere grunner. Ved brudd vil vannforsyningen avskjæres til alle abonnenter som forsynes fra grenledningen. Faren for undertrykk og innsug av forurenset vann nedstrøms et brudd vil også være større i et grensystem. Ved lite forbruk vil vannhastigheten kunne bli meget lav, hvilket kan føre til sedimentering av slam og økt konsentrasjon av metaller i vannet. Stillestående vann eller lave vannhastigheter gjør at ledningene blir mer utsatt for frost. Dersom forurenset vann trenger inn i en ledning, vil denne transporteres ganske konsentrert, som en ”plugg”, i grensystemet. Den vil være vanskelig å oppdage ved analyse av vannprøve, og vil kunne gi konsentrert forurensning i tappepunktet, for eksempel i en husholdning. I ringsystemet vil en tilsvarende forurensning bli fortynnet etter hvert som vannet spres i ulike ledninger. Det kan imidlertid være vanskelig å vite hvilke ledninger som er infisert og når forurensningen er borte, i et ringsystem.

Ringsystemet vil normalt være dyrere å bygge enn grensystemet. Det vil derfor være et økonomisk spørsmål hvor omfattende ringsystemet er i et vannverk. Det vil alltid være endeledninger hvor vannet ikke sirkulerer. For å hindre sedimentering og dårlig vannkvalitet, må dette tas hensyn til i drift av ledningsnettet, for eksempel ved kontrollert tapping fra endeledningen.

Opprettholdelse av overtrykk i hele ledningsnettet under alle driftsforhold er en effektiv barriere mot inntrenging av forurensninger. Forsøk har vist at mikroorganismer som omgir en vannledning, ikke kan trenge inn i vannledningen gjennom en lekkasjeåpning når det ut av denne åpningen er en kraftig vannstrøm. Mikroorganismer kan imidlertid trenge inn i vannledningen gjennom utettheter når trykket faller bort, eller når det oppstår undertrykk slik at forurenset vann i omfyllingsmassene trenger inn i ledningen. Det er viktig at det ved dimensjonering av fordelingsnettet blir tatt hensyn til trykkforhold og de betydelige trykkvariasjoner som kan opptre ved forskjellig vannforbruk, spesielt fra store punktuttak, for eksempel fra brannventiler.

E.2.2 Ledningsutførelse

Det er en rekke faktorer som må vurderes for å unngå forurensning av drikkevannet:

ledningenes tetthet og trykkforhold

ledningenes innbyrdes plassering

omfyllingsmassene og grunnforhold utenfor grøfta

grøftevannets nivå og kvalitet

legge- og reparasjonsrutiner

kumløsninger og ventiltyper

faren for inntrenging av forurenset vann i vannledningen fra avløpsrenseanlegg, industribedrifter, landbruksvirksomhet og annet.

Dette kapittelet omhandler hygieniske hensyn knyttet til utforming av ledningene og kummene, samt hygieniske hensyn knyttet til armatur og tilkoplinger. Det private stikkledningsnettet blir ikke omtalt. Kapittelet omtaler prinsipper for utførelse. For detaljert beskrivelse av utførelser, henvises til NKF/NORVARs VA-/Miljøblad serie som utgis av Norsk rørsenter og norske standarder vedrørende drikkevannsledninger utgitt av Norsk byggstandardiseringsråd.

E.2.2.1 Ledningsplassering og grøfter

Hvis vannledningene var 100 % tette, og forble det i hele brukstiden, ville det ikke være noen hygienisk risiko forbundet med ledningenes plassering i forhold til avløpsledninger. Ledningsanlegg bygges mest mulig tette, men erfaringsmessig vil de kunne få lekkasjer etter noen års driftstid, uten at disse nødvendigvis lokaliseres og utbedres. Ledningenes manglende tetthet er derfor viktig å ta i betraktning når mulighetene for forurensning av ledningsvannet skal vurderes.

Forurensning av ledningsgrøfter skyldes primært utlekking av spillvann (husholdningskloakk) og forurenset overvann. Når spillvanns- og overvannsledningene er omgitt av grøftevann, vil utlekking bare skje fra ledninger med overtrykk. Utlekket vann vil kunne dreneres ned i grunnen eller følge ledningsgrøften.

Det er kombinasjonen av forurenset grøftevann og faren for undertrykk i vannledningen som er avgjørende når muligheten for forurensning av drikkevannet skal vurderes. Hvorvidt slike hendelser vil inntreffe samtidig, er avhengig av den valgte tekniske løsning, anleggsutførelsen, samt drift og vedlikehold av ledningsanlegget. Den beste garanti mot forurensning av vannledninger er å velge tekniske løsninger som sammen med tilfredsstillende drift og vedlikehold sikrer et tilstrekkelig driftstrykk i vannledningsnettet og en grøftevannstand som ligger under vannledningen. Erfaringer har vist at faren for inntrenging av forurensninger er størst under ekstraordinære forhold, for eksempel ved flom og uvær.

Hvis vann- og spillvannsledningen ligger på samme nivå, er det viktig med størst mulig avstand mellom ledningene. Grøftemassene bør være så permeable at utlekket spillvann dreneres ned i grøftebunnen og ut i grunnen. Tilstopping av spillvannsledninger må søkes unngått. Varierende vannstand i grøftetverrsnittet er ugunstig, idet spillvann kan lekke ut ved lav vannstand og bli transportert opp i grøftetverrsnittet når vannstanden i grøften heves.

Er spillvanns- og overvannsledning plassert lavere enn vannledningen, vil det normalt være stor sannsynlighet for at grøftevannstanden ikke når opp til vannledningen.

Vann- og spillvannsledning i adskilte grøfter er i hygienisk henseende i en klasse for seg. Det forutsetter imidlertid at vannet i grøften hvor vannledningen ligger ikke er forurenset.

E.2.2.2 Kummer

Kummene plasseres som regel der hovedledninger møtes og ved endring av retning på ledningene. I kummene finnes forskjellige typer armatur/ventiler, til bruk for

avstengning av vann, brannventiler, spyling/rengjøring av vann- og avløpsledninger med mer. Man vil kunne finne de fleste kombinasjoner av vann og avløpsledninger.

Størrelsen på kummene varierer, fra store dimensjoner der man kan gå inn, til helt små kummer som er utformet slik at de skal kunne renskes, og ledningene spyles og undersøkes med rørinspeksjonskamera av mannskaper oppe på bakken. Stengeventiler kan også graves ned, og opereres ved hjelp av spindelforlengere fra en grunn kum.

Ideelt sett bør det bygges separate kummer for vann- og avløpsledningene. Vannkummer må alltid dreneres, om ikke annet for å føre bort kondensvann og innlekket vann fra kumlokk og lignende. Kummer kan dreneres til stedlige masser, for eksempel i grus som ligger høyere enn grunnvannstanden. Der hvor det er montert spyleventiler på vannledningen eller der hvor grunnvannstanden står høyere enn ledningene, bør kummene dreneres til et overvannssystem for å hindre oppstuving. Der dette ikke er mulig, for eksempel nær åpent vann, må man basere seg på å benytte lensepumper.

Spillvanns- og overvannsledninger i kummer der det er plassert vannledningsarmatur, innebærer en risiko for forurensning av drikkevannet, for eksempel ved reparasjoner på vannledningen (trykkløst nett), eller ved innsuging gjennom usikrede brannventiler.

Innstøping av spillvannsledning i bunnen av en vannkum bør normalt være hygienisk tilfredsstillende.

Hvis vannkummen er drenert til overvannssystemet, er det viktig at spillvann ved reparasjonsarbeider o.l. ikke dreneres eller pumpes til overvannsledningen.



Figur E.2.1 Godt drenert felleskum for spillvannledning og drikkevannledning påmontert brannventil, og vannfylt kum med stengbar brannventil (foto: Hans Hatmyr, Trondheim kommune)

Figur E.2.1 viser bilder av to kummer. Brannventilen i kummen til venstre er påmontert en hette for å hindre støv/partikler i å skape problemer for montering av brannslanger. Den sikrer ikke mot innsug ved undertrykk i ledningen. Spillvannsledningen har en åpen slisse til bruk ved rørinspeksjon. Ved gjentetting vil kloakk kunne komme ut i kummen. Kummen til høyre er for dårlig drenert slik at vannet står over vannledningen.

Her er det påmontert en stengbar brannventil for å redusere faren for innsug i ledningen ved undertrykk.

E.2.2.3 Armatur og tilkoplinger

På ledningsnettet vil det være en rekke installasjoner (armatur) av forskjellig art. I de fleste forgreningspunkter vil det være *avstengningsventiler*, på de fleste store høybrekk vil det være *lufteventiler*, og på de fleste lavbrekk vil det være *spyleventiler*. I kuperte forsyningsområder vil nettet være inndelt i flere *trykksoner* for å kunne holde riktig trykk til alle abonnentene. For å utjevne trykket i ledningsnettet der høydeforskjellen er stor, benyttes *reduksjonsventiler* eller *reduksjonskammer*. Det er *brannvannsuttak* for hver ca. 100 meter i tettbygd strøk. Brannvannsuttaket skjer enten via en brannhydrant som står oppe på bakken eller via en brannventil som er montert direkte på vannledningen nede i en kum, se figur E.2.1.

En rekke tungmetaller kan utløses fra armatur og røropplegg. Dette skyldes bl. a. vannets surhetsgrad og temperatur. Det er viktig at vannets pH ute på ledningsnettet er mest mulig optimal for å motvirke korrosjon, jfr. kapittel E 4, Belegg og korrosjon.

Ventiler som kan bli dykket i forurenset grøftevann, særlig brannventilene, representerer en fare for forurensning av drikkevannet. Brannventiler med flytende kuler eller fjærbelastet lukking har den svakheten at forurensninger kan bli sugd inn via ventilen ved undertrykk i ledningen. Det finnes stengbare brannventiler, og et viktig tiltak for å redusere faren for forurensning av drikkevannet, vil kunne være å skifte gamle ventiler med stengbar type.

Det er flere eksempler på at vannledninger er tilført forurensninger fra tilknyttede abonnenter. Hendelsene har vært knyttet til spesielle strømningsforhold som har medført at forurenset prosessvann har blitt sugd eller pumpet fra abonnentenes interne fordelingsnett og inn i vannverkenes ledninger. Behovet for tilbakeslagsvern må derfor alltid vurderes der det er tilkoplinger mellom drikkevannsledninger og ledningsnett som kan komme i kontakt med annen væske, for eksempel prosessvann eller kjemikalier. I enkelte tilfeller bør sikringen være mer omfattende enn bare en tilbakeslagsventil, fordi tilbakeslagsventiler har en tendens til ikke å virke etter en tids bruk.

Det må også tas hensyn til at det er mulig å rengjøre ledningsnettet ved at det legges til rette for tilkopling for spyling og kjøring av renseplugger.

E.2.3 Rørmaterialer

Det er tre hovedgrupper av rør som benyttes på vannverk.

Metalliske rør (støpejern med og uten innvendig sementmørtelforing, stål og kopper)

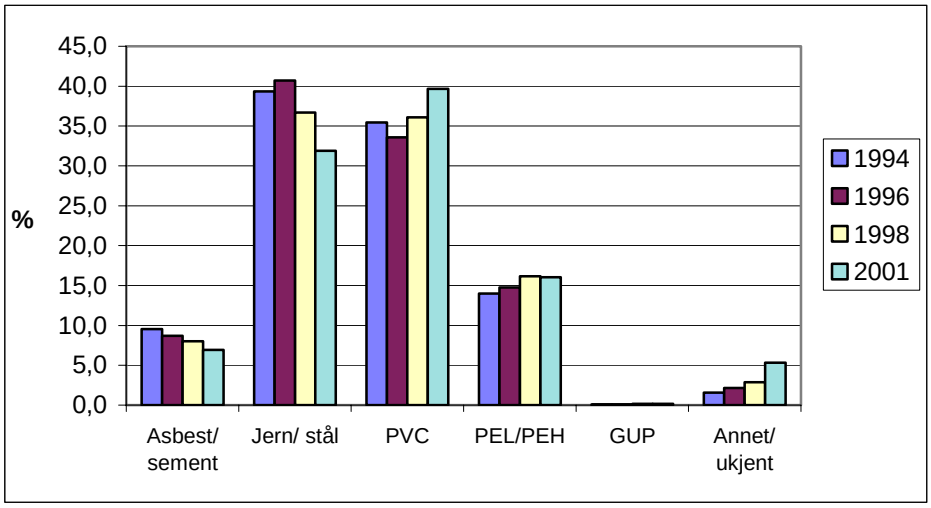
Sementbaserte rør (betong, asbestsement med eller uten innvendig asfaltbelegg)

Plastrør (f. eks. polyvinylklorid (PVC), polyetylen (PE) og glassfiberarmert umettet polyester (GUP))

Frem til midten av 1970-tallet var støpejernsrør mye brukt i nye anlegg. Etter denne tid, har plastrør (PVC og PE) blitt stadig mer vanlig, spesielt for mindre dimensjoner. Asbestsementledninger ble mye brukt på 1950 – 60 tallet. Materialet ble forbudt i vannledninger i 1976 av grunner som er relatert til arbeidsmiljøet ved håndtering av tørre rør. Stikkledninger er som regel av kopper eller PE. I gamle stikkledninger er galvanisert stål mye brukt.

Figur E.2.2 viser utviklingen i bruk av rørmateriale i norsk drikkevannsledningsnett (ikke stikkledninger) i perioden 1994-2001. Dataene er hentet fra Folkehelseinstituttets vannverksregister. I 2001 var PVC det mest anvendte materialet, og bruken av PE har også økt vesentlig. Jern/stål, som tidligere var det mest anvendte rørmaterialet, er nå det nest vanligste, og vil nok fortsatt holde denne plassen i mange år framover. Jern/stål foretrekkes ved store dimensjoner, mens plast foretrekkes ved små. At andelen med annet/ukjent rørmateriale har økt, skyldes i stor grad at data fra en rekke mindre vannverk er tatt med i registeret, og enkelte av disse mangler oversikt over rørmateriale.

I 2001 var total lengde av vannrør (eksklusive stikkledninger) i Norge ca. 48.000 km. Ca. 1/3 av norske drikkevannsledninger er lagt før 1971, og det er spesielt blant disse man finner en stor andel som nå bør rehabiliteres eller skiftes ut.



Figur E.2.2 Andel i prosent av ulike rørmaterialer brukt i norsk drikkevannsledningsnett i perioden 1994-2001

E.2.3.1 Metalliske rør

Rør av seigt støpejern og stål leveres i store dimensjoner, og kan leveres med relativt god innvendig korrosjonsbeskyttelse (innvendig sementmørtelforing). De er tunge og korroderer utvendig i aggressiv grunn dersom de ikke er utvendig korrosjonsbeskyttet. Oftest er de utvendig asfaltbelagte. Dette belegget gir primært beskyttelse under transport og lagring, men vil kunne gi tilfredsstillende beskyttelse når røret ligger i tørr grøft med god tilførsel av oksygen. I grøfter med varierende vannstand, leirgrøfter eller grøfter med blanding av sand og leire vil et tynt asfaltbelegg normalt ikke ha tilfredsstillende korrosjonshemmende effekt. Asfaltbelegget skades også ofte under transport og legging slik at det rene metallet blottlegges. I dag leveres standard støpejernsrør med sink og asfaltmaling som utvendig korrosjonsbeskyttelse. Andre

typer utvendig korrosjonsbeskyttelse er sink, plastbelegg, løse strømper av polyetylen, sementbelegg og katodisk beskyttelse. Stålrør uten utvendig beskyttelse har dårlige korrosjonsegenskaper i jord.

Grått støpejern har ikke blitt benyttet siden 1970. Ledninger av dette materialet er sprø, og lekkasjehull skapes som regel av en kombinasjon av korrosjon og sprekker i materialet som utvider seg (sprekkvekst).

Til sanitærinstallasjoner og stikkledninger benyttes ofte kopper, som har relativt god korrosjonsbestandighet og er lett å bearbeide. Vannkvaliteten og vannhastigheten er avgjørende for korrosjonsbestandigheten, spesielt kan nevnes vannets pH-verdi, se kapittel E.4.3 om korrosjon. I kopperrør med stor vannhastighet vil en kunne få alvorlig korrosjon selv om pH har riktig verdi. I nye kopperrør, og i rør hvor vann har stått stille over tid, vil kopperkonsentrasjonene i vannet kunne være betydelige. Det er de senere år blitt mer og mer vanlig å benytte plastmaterialet polyetylen i stikkledninger og sanitærinstallasjoner, se kapittel E.2.3.3.

E.2.3.2 Sementbaserte rør

Betongrør benyttes i ledninger av relativt store dimensjoner. På 1950-60 tallet, ble det lagt mer enn 6.000 km asbestsementrør (eternitt) fordi de var billige i innkjøp. Rørmaterialet korroderes kraftig av det kalkfattige vannet vi generelt har i Norge. Kalkbestanddeler i sement som løses ut, svekker rørmaterialets styrke og fremtvinger en utskiftning av rør lenge før det var forventet. Uforsiktig legging har ofte resultert i sprekker og brudd. Asbestsementrør med innvendig asfaltbelegg er langt mer bestandige enn asbestsementrør uten slikt belegg.

Asbestsementrør som ligger i våt grøft kan også bli utsatt for betydelig utvendige korrosjon. Røret svekkes derved mekanisk både fra innsiden og utsiden.

Det har siden 1976 ikke vært tillatt å installere ubeskyttede asbestsementrør ved nye vannverk eller ved reparasjoner. Forbudet skyldtes først og fremst arbeidsmiljøfaktorer. Asbestsementrørene gir også problemer ved at asbestfibre som frigjøres ved innvendig korrosjon, gir turbid vann og kan medføre gjentetting av sanitærutstyr. Kalken som utløses, resulterer i en pH-økning som kan medføre økt utløsning av helseskadelige tungmetaller fra armatur. Det er målt pH-verdier opp mot 11 i vann som er transportert gjennom asbestsementrør. Utløsningene synes ikke å avta med tiden.

På grunnlag av nasjonal og internasjonal kunnskap er det ikke grunn til å frykte at asbest utløst fra drikkevannsledninger skal medføre helsefare. En viktig årsak til dette, er at den dominerende andel av de utløste fibrene er meget korte, under 2 mikrometer. De kan dermed håndteres av kroppens makrofager (”renovasjonsceller”) uten å gjøre skade. Vurderingene omfatter både inntak av asbestfibre via drikke, via støv fra klær som er vasket og tørket, samt inntak av fibre som overføres til luft via luftfuktere. Man må imidlertid ta spesielle forholdsregler ved reparasjon av denne type rør av hensyn til helsefaren for arbeiderne. Det må også tas spesielle hensyn ved deponering av kasserte rør.

E.2.3.3 Plastrør

Plastrørene er lette og har god motstand mot innvendig og utvendig korrosjon. I motsetning til rør av støpejern, betong, og lignende er plastrørene fleksible, noe som stiller strenge krav til fundamentering av og omfylling rundt rørene. De mest brukte plastmaterialene i vannledninger er:

Polyvinyl klorid uten mykner (U-PVC)

Polyetylen (PEH/PE50/PE80 og PE100)

Glassfiberarmert umettet polyester (GUP)

Plastrør tåler mindre trykkstøt enn rør av stål eller seigt støpejern. I et vannledningsnett er trykkstøt vanligvis så små at denne forskjellen som regel ikke har noen praktisk betydning.

Olje- og bensinprodukter diffunderer gjennom polyetylen. Dette kan gi smak på vannet i ledningen. Skal PE-ledninger brukes i oljeforurenset grunn, må de ha særskilt belegg som hindrer at oljeprodukter kommer i kontakt med polyetylenet.

Bruk av kryssbundet polyetylen (PEX) i innendørs røropplegg er utstrakt. Kopperrør, som tidligere var det dominerende materialet i drikkevannsledninger i husinstallasjoner, vil i stadig økende grad bli erstattet med ”rør-i-rør” systemer basert på PEX materiale i innerrør (drikkevannsledningen). Det er krav til at alle nye skjulte drikkevannsledninger i bygninger skal legges som ”rør-i-rør”. Hensikten er at eventuelt lekkasjevann skal ledes, via det ytre varerøret, ut av konstruksjonen og frem til egnet avløp. ”Rør-i-rør” muliggjør også utskifting av vannledningen uten å måtte rive bygningsdeler.

Utlekking av flyktige organiske forbindelser (VOC) selv i meget lave konsentrasjoner, vil kunne sette smak på vannet. PVC, som også benyttes mye i husinstallasjoner, og PEX er mest utsatt. Lukt og smak utgjør vanligvis et tidsbegrenset problem. Det finnes for øvrig lite publisert litteratur som beskriver utlekking av fremmedstoffer fra PEX-rør.

Kvaliteten på plastrør er vesentlig forbedret de siste 30 årene. For nye plastrør regnes det nå med at levetiden vil være minst 100 år. Eldre plastrør kan ha vesentlig kortere levetid, og følgende bruddårsaker er ikke uvanlige:

PVC: Sprøbrudd pga. mangelfull sammensmeltning av PVC-kornene under ekstrudering av rørene.

PE : ”Kjemisk brudd” på grunn av at rørmaterialets innhold av antioksidanter er brukt opp

GUP: Delaminering eller fiberbrudd der rørveggen har fått stor tøyning

E.2.3.4 Lekkasjer

I vannverkenes egen rapportering til Vannverksregisteret i 2001, oppgis det at lekkasjer utgjør gjennomsnittlig 34 % av det totale vannforbruket. Andre erfaringer tilsier at dette

tallet sannsynligvis er lavt. Det er ikke uvanlig at lekkasjer utgjør over 50 % av vannforbruket. Dette er langt høyere enn i andre land som det er naturlig å sammenligne med. Tilsvarende lekkasjerate er for eksempel i Danmark oppgitt til 6 %, i Sverige 14 % og i Finland og England 16 %.

De fleste vannverk i Norge har nok råvann. Lekkasjer vil derfor som regel ikke være kritisk for vannforsyningen. Mange vannverk, kanskje spesielt i kystområdene, har imidlertid begrenset kildekapasitet. For disse vannverkene vil tiltak for å begrense lekkasjene kunne være avgjørende for vannforsyningen.

Det er også andre hensyn som tilsier at det kan være viktig å redusere lekkasjene. Unødig store lekkasjevannmengder medfører:

- uøkonomiske løsninger ved at pumper og vannbehandlingsanlegg må dimensjoneres for langt større vannmengder enn nødvendig, og at kostnadene til drift av pumper og lignende blir unødig høye.
- at kapasiteten i ledningsnettet ikke blir utnyttet optimalt
- at det er vanskelig å beregne strømnings- og trykkforhold pga. at lekkasjepunktene ofte er ukjente
- økt forurensningsutslipp fordi lekkasjevannet vil bidra til økt utvasking fra ledningsgrøftene som ofte er forurenset av avløpsvann

Det er en positiv side ved lekkasjer; det gir mindre problemer med stillestående vann i ledningsnettet.

Det er mao. flere grunner til at lekkasjeproblemet må tas alvorlig. Det er viktig at lekkasjehensynet vektlegges på flere områder:

- i anleggsfasen, ved forskriftsmessig utforming av grøft, legging av rør, frostsikring, etterfylling og komprimering
- ved å unngå å legge sjøledninger på steder spesielt utsatt for sterk strøm og bølgeslag
- ved planmessig vedlikehold og rehabilitering
- ved planmessig lekkasjesøking og drift, bl.a. systematisk rengjøring og desinfeksjon av ledningsnettet for å redusere begroing og tilslamming som kan gi grobunn for korrosjon under avleiringene.
- ved å redusere gjennomsnittstrykket på ledningsnettet

Det vil aldri være mulig å redusere lekkasjene helt. Det må derfor gjøres avveininger mellom flere forhold for å fastsette hvor langt man bør gå i lekkasjetetting på det enkelte sted.

E.2.4 Referanse

G. Mosevoll, Chr. Ræstad. Hygieniske problemstillinger ved bygging, drift og vedlikehold av vannledningsnett. Norsk veterinærtidskrift nr 10/98.

E.3 Bassenger

Bassenger er en viktig og nødvendig del av vannforsyningssystemet. Bassengene kan ha flere funksjoner, både hva angår drift, sikkerhet og vannkvalitet. Bassengene kan ha flere navn; høydebasseng, fordrøyningsbasseng, utjevningsbasseng, renvannsbasseng, drikkevannsbasseng m.fl. Ofte benyttes betegnelsen magasin i stedet for basseng. Ett basseng kan ivareta flere funksjoner, og navnet gjenspeiler ofte hovedintensjonen med bassenget. Avhengig av plasseringen i transportsystemet benyttes benevnelser som gjennomstrømningsbasseng, sidebasseng og motbasseng. I dette kapittelet benytter vi betegnelsen høydebasseng på alle typer bassenger/magasiner, hvis ikke annet er særskilt nevnt.

E.3.1 Hensikt med bassenger

Høydebasseng kan:

tjene til å utjevne topper i vannforbruket slik at man ikke behøver å dimensjonere vannbehandlingen og overføringsledningene for maksimale belastninger

sikre ekstra volum beregnet til brannslukking

bidra til å opprettholde vannleveranse ved utfall av hovedkilde eller behandlingsanlegg

utjevne trykket på ledningsnettet, bla. hindre undertrykk og dermed fare for innsug av forurenset vann, dempe eventuelle trykkstøt og hindre at disse forplanter seg til fordelingsnettet

fungere som kontaktbasseng ved klorering

E.3.2 Lokalisering

Ved lokalisering av høydebasseng og plassering i distribusjonssystemet, bør det foruten estetiske og anleggstekniske hensyn, legges vekt på:

avstanden til forsyningsområdet

betydningen for trykket i forsyningsnettet

utskiftingshastigheten av vannet i bassenget

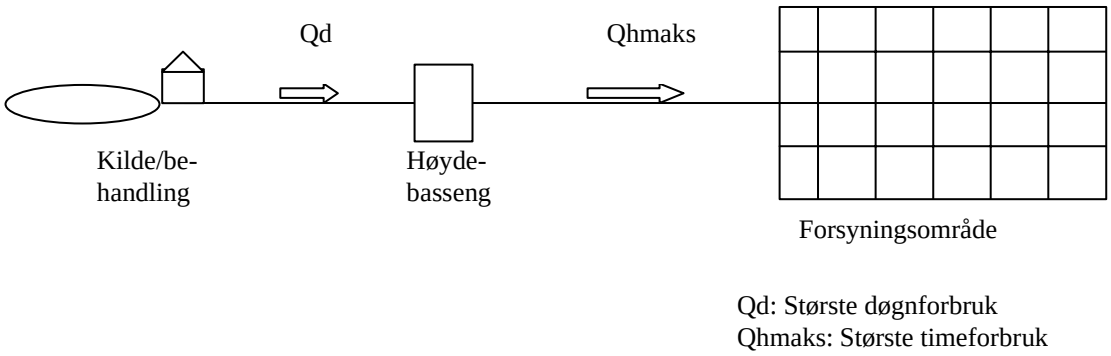
Bassengene bør generelt plasseres nærmest mulig forsyningsområdet. Sentral lokalisering vil normalt være økonomisk gunstig fordi det kan benyttes mindre

dimensjoner på ledningsnettet, jfr. figur E.3.1, E.3.2 og E.3.3 som viser dimensjonerende vannmengder ved ulike bassengplasseringer.

Avhengig av hvordan bassenget er tilknyttet ledningsnettet, skilles mellom gjennomstrømningsbasseng, motbasseng (endebasseng) og sidebasseng.

E.3.2.1 Gjennomstrømningsbasseng,

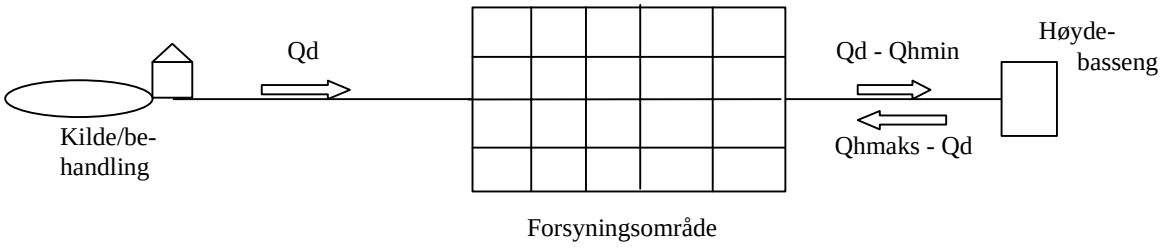
Et gjennomstrømningsbasseng, se figur E.3.1, ligger mellom vannkilden og forsyningsområdet slik at alt vann går via bassenget. Man oppnår derved god utskifting av vannet. Eventuelle trykkstøt fra pumpeanlegg vil også dempes ved denne løsningen. Trykkforholdene i distribusjonsnettet vil avhenge av tappeintensiteten i forsyningsområdet og vil ikke overstige det statiske trykket som det frie vannspeilet i bassenget representerer.



Figur E.3.1 Gjennomstrømningsbasseng - dimensjonerende vannmengder

E.3.2.2 Motbasseng

Ved bruk av motbasseng (endebasseng), se figur E.3.2, ligger forsyningsområdet mellom vannkilden og bassenget. Forsyningsområdet får vann direkte fra kilden, og vann fra bassenget vil være et supplement. Tapping fra bassenget vil dermed variere avhengig av forbruket. I perioder med lavt forbruk, vil man risikere at vannet blir stående lenge i bassenget. Et motbasseng plassert inne i et stort forsyningsområde blir ofte kalt tyngdepunktbasseng. Slike basseng benyttes gjerne til å utjevne topper i forbruket over et døgn.

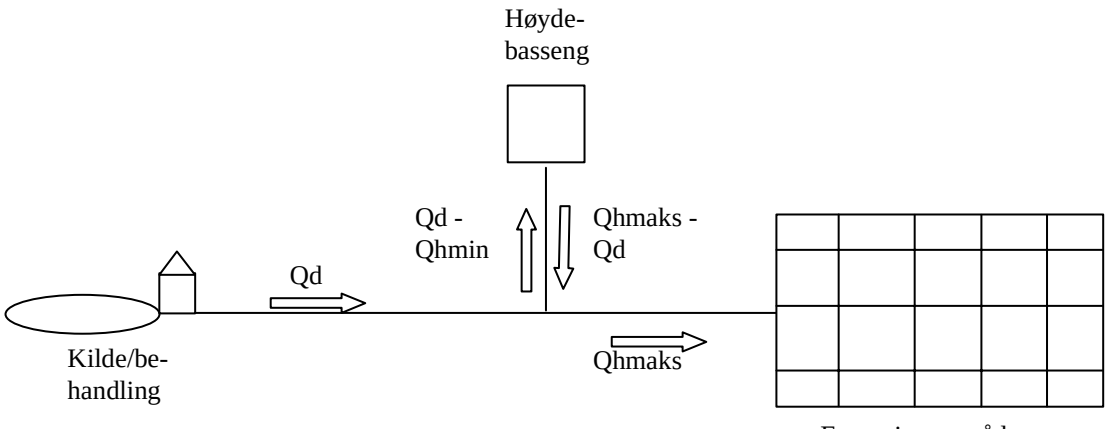


Qd: Største døgnforbruk
Qhmaks: Største timeforbruk
Qhmin: Minste timeforbruk

Figur E.3.2 Motbasseng - dimensjonerende vannmengder

E.3.2.3 Sidebasseng

Et sidebasseng, se figur E.3.3, ligger mellom kilden og forsyningsområdet, og er tilknyttet overføringsledningen via en enkelt ledning som benyttes både til fylling og tapping av bassenget. Som for motbasseng, vil tapping fra bassenget variere med forbruket, og oppholdstiden i bassenget kan bli lang. Mange har valgt å gjøre sidebasseng om til gjennomstrømningsbasseng ved å legge en ekstra ledning mellom bassenget og overføringsledningen. Av beredskapshensyn bør ledningen fra bassenget dimensjoneres slik at området kan forsynes fra bassenget alene.



Qd: Største døgnforbruk
Qhmaks: Største timeforbruk
Qhmin: Minste timeforbruk

Figur E.3.3 Sidebasseng – dimensjonerende vannmengder

E.3.3 Dimensjoneringsmessige forhold

Dimensjoneringsgrunnlaget for et basseng vil avhenge av hvilke funksjoner det skal ivareta. Normalt vil et basseng bli dimensjonert slik at det rommer vann til utjevning av variasjoner i vannforbruket, reservevolum i tilfelle utfall av kilde eller behandlingsanlegg (sikkerhetsreserve) og til brannreserve.

E.3.3.1 Utjevning av variasjoner i vannforbruk

Nødvendig utjevningsvolum bestemmes som regel av det maksimale døgnforbruket og variasjonen av tappingen over døgnet. Ved døgnutjevning vil bassengene normalt tappes om dagen og fylles om natten når forbruket er lite. For å kunne beregne nødvendig utjevningsvolum bør man ha data om vannforbruket over døgnet. Ved overslagsberegninger kan man sette utjevningsvolumet lik 20-35 % av maksimalt døgnforbruk.

Det finnes også basseng som er dimensjonert for å utjevne vannforbruket over en uke. Dette kan i spesielle situasjoner være økonomisk fordelaktig, spesielt i store anlegg med lange pumpeledninger og omfattende vannbehandling.

E.3.3.2 Sikkerhetsreserve

En meget vesentlig funksjon ved høydebassengene er at de kan opprettholde vannleveransene ved utfall av hovedkilde/behandlingsanlegg og ved ledningsbrudd. Ved mindre vannverk kan leveringssikkerhet over et døgn eller to opprettholdes ved hjelp av høydebassenger. For mange vannverk, spesielt små vannverk som ikke har ressurser til å etablere forsyning fra mer enn én hovedkilde, kan dette utgjøre en akseptabel måte å sikre vannleveransen på i en begrenset periode.

Nødvendig sikkerhetsreserve må vurderes ut fra sannsynligheten for at uhell kan oppstå, og hvilke konsekvenser dette kan medføre. Momenter som må tas i betraktning er eventuelle sårbare abonnenter, muligheten for annen vannforsyning og hvor raskt det forventes at en skade kan bli reparert. Nødvendig sikkerhetsreserve må ses i sammenheng med den totale beredskapen for vannverket.

E.3.3.3 Brannreserve

Det er en god regel å dimensjonere bassengene med et ekstra volum beregnet til brannvannreserve. Dette sikrer at det er nok tilgjengelig vann til brannslokking, og reduserer faren for undertrykk på fordelingsnettet. Undertrykk på nettet kan i sin tur føre til innsug av forurenset grøftevann i drikkevannsledningen. Dette er en fryktet situasjon som kan medføre smittespredning til store deler av et forsyningsområde. Et høydebasseng som er riktig plassert, dimensjonert og drevet, vil altså kunne redusere risikoen for innsug.

Nødvendig brannreserve bør vurderes i samarbeid med brannvesenet, se forskrift om brannforebyggende tiltak. Brannvannsbehovet for det enkelte forsyningsområde må ses i sammenheng med vannverkets drifts- og beredskapssituasjon. Behovet vil bl.a. avhenge av forsyningsområdets størrelse og karakter (tettbebyggelse,

bygningsmaterialer med mer), ledningsnettets kapasitet og mulig tilgang til vann fra andre kilder. Man må ta i betraktning sannsynligheten for at behovet for uttak av brannvann vil opptre samtidig med at sikkerhetsreserven er nedtappet. Som en indikasjon kan det antydes en nødvendig brannreserve på 200-400 kubikkmeter for forsyningsområder med størrelse 1000-5000 personer. Det er da ikke tatt hensyn til eventuelt behov for vann til sprinkleranlegg. For mindre forsyningsområder med liten brannspredningsfare kan reserven settes lavere, men ikke under 50 kubikkmeter.

E.3.4 Funksjonsmessige forhold

Avhengig av størrelse og stedegne forhold, kan bassenger være plassert i fjell, plass-støpt eller prefabrikkert. Bassenger bygges ofte av betong, men også av glassfiberarmert polyester og rustfritt stål.

Vannet i bassengene utgjør en stor drikkevannsressurs. Normalt vil vannet ikke gjennomgå noen hygienisering mellom bassengene og abonnentene. Mulighetene for forurensning av vannet i bassengene vil derved utgjøre en risiko. Ved utforming av høydebasseng er det derfor en del funksjonelle hensyn som må ivaretas.

E.3.4.1 Vannkvalitetsmessige hensyn

For å forhindre at vannkvaliteten forringes i bassenget er det flere hensyn som må vurderes:

Oppholdstiden for vannet i bassenget bør begrenses slik at man unngår ”gammelt vann”. Både lokalisering i transportsystemet og dimensjonering har betydning for oppholdstiden.

Lagringen bør ikke medføre vesentlig temperaturøkning i vannet, både av hensyn til faren for forringet kvalitet pga. økt biologisk vekst og av bruksmessige hensyn.

Det bør tilstrebes god sirkulasjon slik at alt vann i bassenget fornyes regelmessig. Innløpsrøret til bassenget bør derfor utformes slik at innløpsstrålen gir god omrøring i vannet.

Ved behov for lufting av vannet kan bassenget bygges som en renne med mange V-overløp slik at det innkommende vannet plasker ned i bassenget.

Man må unngå at fremmedvann kan bli tilført bassenget. Ved bygging og bruk av bassenger i fjell må man være bevisst faren for innlekking av fremmedvann som kan være forurenset. Innlekking vil nesten alltid skje når grunnvannstanden utenfor bassenget er høyere enn vannstanden inne i bassenget.

Det må ikke benyttes overflatematerialer som kan forringe vannkvaliteten. For å redusere korrosjon påføres bassengene ofte innvendig beskyttelse (overflatebehandling). De midlene som brukes til overflatebehandling, for eksempel epoxyprodukter, må ikke avgi stoffer som representerer helserisiko eller som setter smak på vannet. Betongbasseng som lagrer kalkaggressivt vann, må overflatebehandles.

Bassenget må konstrueres slik at forurenset luft, støv, insekter, fugler og andre dyr ikke kan komme inn gjennom åpninger.

Vannet bør være minst mulig påvirket av lys fra vinduer eller andre permanente åpninger.

Ved bruk som klorkontaktbasseng må utformingen være slik at kontakttiden for klor er tilstrekkelig lang før vannet går ut på nettet, og at det er mulig å måle restklorkonsentrasjonen.

Både av sikkerhets- og vannkvalitetsmessige hensyn skal basseng være overbygd.

Noen eksempler som er observert ved eksisterende basseng, og som representerer fare for forringelse av vannkvaliteten:

Funn av døde fugler og mus i lukkede høydebasseng viser at dyr kan finne vei inn i bassengene, og hvis dyrene er smittebærende kan det føre til sykdomsspredning hos abonnentene. Det er dokumentert at åpne bassenger som har blitt invadert av fugl, har spredd sykdom til befolkningen. Per 1. januar 2003 var det fortsatt 85 vannverk med åpne bassenger, og disse vannverkene forsynte 74.000 personer. Problemet er størst i områder med små tettsteder og spredt bebyggelse.

Overvannsrør fra sluk i bassengtaket har vært tilkoplet overløpsrør som er blitt ledet igjennom bassenget. Blir det lekkasjer i dette røret, lekker vannet fra taket direkte ned i drikkevannet. Utette luker har ført til at regn og smeltevann renner inn.

I enkelte tilfeller er det benyttet transparente nedstigningsluker som slipper inn lys, hvilket har medført algevekst ("grønske") i bassenget.

Sluk som leder ut fra bassengets bunn har manglet gitter. Dette vil kunne resultere i at steiner og betongbiter kan spyles ut i forbindelse med rengjøring av bassenget, og tette bassengets utløp.

E.3.4.2 Sikkerhetsmessige hensyn

Det må legges vekt på å hindre uvedkommende adgang til bassenget, det være seg forsøk på sabotasje, hærverk eller andre ulovlige aktiviteter. Tiltak kan være inngjerding, låste dører/porter, alarm, kameraovervåking og hyppige inspeksjoner.

Det er viktig å sjekke at bassengtaket ikke er tilgjengelig for uvedkommende, at luker er låst og at lufterør/ventiler beskyttes med gitter eller har en utforming som hindrer at fremmedlegemer og dyr kan komme inn i bassenget.

Bruk av feil materialer, slik som galvanisert stål og uegnede aluminiumslegeringer, i innvendig utrustning kan utgjøre et stort faremoment ved at stiger og trappesystemer for nedstigning i bassenget kan være sterkt korrodert. Dette kan innebære en meget stor sikkerhetsrisiko for personell som skal anvende disse. Stiger og lignende må derfor utformes av rustfritt stål eller aluminiumslegeringer med dokumentert evne til å stå neddykket i ferskvann.

Av hensyn til at reparasjoner, rengjøring og annet vedlikehold skal kunne utføres uten avbrudd i forsyningen, bør basseng ha to kammer.

E.3.5 Drift og vedlikehold

Bassengenes viktige rolle som lagringsplass for rent drikkevann, gjør at vannverkene må vie dem tilstrekkelig oppmerksomhet i drifts- og vedlikeholdsplanene.

Vannverkene har i mange tilfeller dårlig oversikt over tilstanden ved sine høydebassenger. Opplysninger fra inspeksjon og rengjøring av 50 bassenger utført av et privat spesialfirma over en 3-års periode rundt år 2000, gir følgende informasjon om situasjonen:

Felles for alle bassengene som er rengjort, er at det ble funnet flere centimeter tykke lag av sedimentert materiale på bunnen og på alle horisontale flater. I tillegg til det sedimenterte materialet, som hovedsakelig er korrosjonsprodukter, partikler og organiske stoffer i vannet, er det funnet en rekke gjenstander som ikke har noe i et renvannsbasseng å gjøre, for eksempel døde dyr, bygningsrester og avfall av ymse slag. Man kan undre seg over hvordan effektene har havnet i bassengene, og hvorvidt det skyldes uhell eller forsett. Vi kjenner imidlertid ikke til episoder hvor det er dokumentert at slike gjenstander har medført vannkvalitetsendringer eller sykdomsspredning.

Drifts- og vedlikeholdsrutiner for høydebasseng må bla. omfatte:

Regelmessige inspeksjoner. Egen plan for hvert basseng som angir frekvens og med sjekklister for hva som skal kontrolleres ved den enkelte inspeksjon

Plan for forebyggende vedlikehold og fortløpende utbedring av registrerte feil.

Plan for rengjøring (fjerning av belegg og flyteslam) basert på erfaringer med hvor fort tilslamming skjer.

E.4 Beleggdannelse og korrosjon

Når vann strømmer i ledninger, kan vannkvaliteten og vannføringen bli forandret på grunn av prosesser som skjer i ledningen. Vannkvaliteten og ledningsmaterialets egnethet til å motstå påvirkning av den aktuelle vannkvaliteten, er avgjørende for hva som vil skje under vannets opphold i ledningen. De største problemene er forårsaket av beleggdannelse og korrosjon. Eksempler på problemer er vannkvalitetsendringer forårsaket av høye konsentrasjoner av mikroorganismer som har vokst i ledningene, og vannkvalitetsendringer som skyldes organiske og uorganiske komponenter som avgis fra belegg eller rørmaterialer. Vann som kommer i kontakt med metalliske materialer i vannledninger og sanitærutstyr, vil kunne få forhøyede konsentrasjoner av de aktuelle metallene. Belegg og partikler vil på den ene side kunne binde smittestoffer til seg og dermed fjerne dem fra vannet. På den annen side vil dette vanskeliggjøre fjerning av smittestoffer som er kommet inn i ledningen ved at de ”skjermes” mot utspyling og klorering.

Prosesser som skjer i ledningsnettet kan medføre at husholdningsabonnenter får vann i springen som er uegnet til å drikke, eller som ikke egner seg til dusjing og bading. Videre kan de oppleve ulemper i form av misfarging av klær ved vask med mer. Industriabonnenter, spesielt papirindustri og næringsmiddelindustri, kan bli utsatt for forringet produktkvalitet og/eller driftsproblemer på grunn av gjentetting av dyser og lignende. Vannverket vil kunne oppleve driftsproblemer, for eksempel ved at ledningsmaterialet blir skadet, eller at kapasiteten på ledningsnettet blir redusert.

E.4.1 Beleggdannelse

Beleggdannelse skyldes som regel vannets innhold av organisk stoff. Vannets innhold av oppløste jern- og/eller manganforbindelser kan imidlertid også føre til begroingsbelegg og flyteslam. Disse årsakene til begroing kan opptre samtidig dersom betingelsene for det er tilstede. Avsetning av kalk (kalsiumkarbonat) i vannledninger medfører ofte problemer i områder av verden der vannet er spesielt kalkrikt. I et internasjonal perspektiv er nesten alt drikkevann i Norge lite kalkholdig. Kalkavsetning i vannledninger er derfor ikke registrert som et nasjonalt problem. Men også i Norge kan abonnenter ha problemer med kalkutfelling fra moderat kalkrikt vann i husinstallasjoner og annet utstyr der vannet varmes opp.

I dette kapittelet, er de nedenfor nevnte årsakene nærmere omtalt.

Belegg som skyldes at vannet inneholder organisk stoff

Belegg og flyteslam som skyldes at vannet inneholder oppløst jern og/eller mangan.

Belegg som skyldes at vannet inneholder oppløst kalk

E.4.1.1 Belegg som skyldes at vannet inneholder organisk stoff

Beleggdannelse som er forårsaket av vannets innhold av organisk stoff, skyldes ofte en kombinasjon av avleiring av humusstoffer, bakterievekst (biofilmdannelse), og vekst av andre organismer.

De forskjellige prosessene er for enkelthets skyld omtalt separat. Disse er:

Belegg som skyldes avleiring av humusstoffer

Belegg som skyldes vannets innhold av oppløst og lett nedbrytbart organisk stoff

Belegg som næringskilde for større mikroorganismer

Belegg som skyldes vannets innhold av partikulært organisk stoff

Prosessene er omtalt mer utførlig i kapittel B.2.5 Oppløst organisk stoff – Vann med innhold av slam og smådyr, og kapittel B.2.6 Partikulært organisk stoff – Blokkering av ledninger.

Belegg som skyldes avleiring av humusstoffer

Humusstoffer er bare delvis oppløst i vann og har evnen til å feste seg på flater som står i kontakt med vann, enten vannet strømmer eller ikke. Humusstoffer kan danne et tett og godt fastsittende belegg i vannledninger, og andre partikler i vannet vil bli fanget opp i belegget. Nydannet belegg vil normalt ikke gi noen økning av kimtallet i vannet, men etter hvert etablerer det seg bakterier, sopp og andre høyere mikroorganismer som ernærer seg av det dannede belegget. Da kan det bli en økning av kimtall i vannet, slik at beleggdannelsen kan oppdages, se omtale av kimtall under kapittel E.4.2.1, Overvåking av begroing i ledningsnettet.

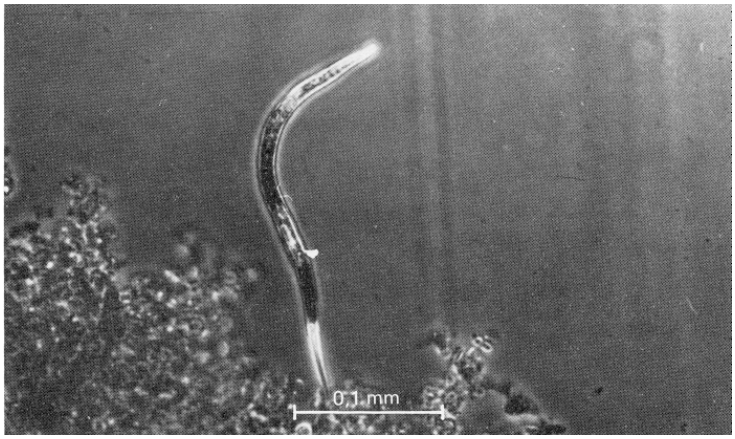
Humusbelegg under nedbrytning kan løsne slik at både brunt belegg og mikroorganismer føres med vannet til abonnentene. Løsnet belegg kan gi samme problemer som beskrevet i etterfølgende punkt, Belegg som skyldes vannets innhold av oppløst og lett nedbrytbart organisk stoff

Belegg som skyldes vannets innhold av oppløst og lett nedbrytbart organisk stoff

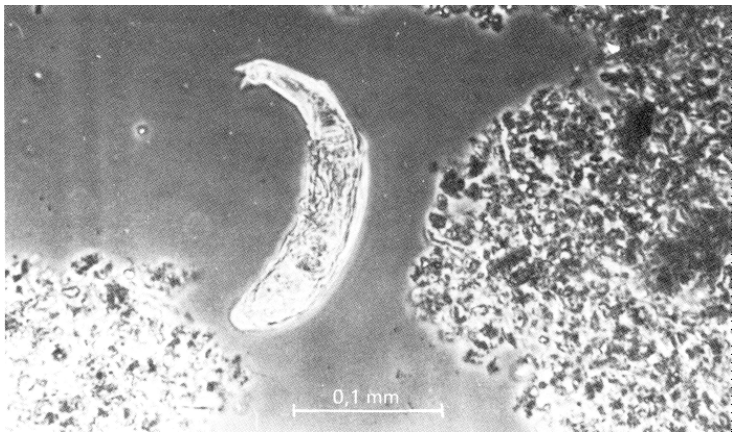
Organisk stoff som er lett nedbrytbart for bakterier, betegnes assimilerbart organisk stoff (AOS) eller biologisk nedbrytbart organisk materiale (BOM). Forskjellige bakterier kan ha forskjellige krav til nivå av AOS for at de skal kunne komme til utvikling. Bakterier som har evnen til å vokse fastsittende på flater i kontakt med strømmende vann, har de laveste krav til innhold av AOS. Grunnen er at bakteriene over tid vil kunne få tilført store mengder AOS selv om konsentrasjonen i vannet er lav. Belegget, også kalt biofilmen, kan ha en lys farge, men kan bli brunsvart etter hvert på grunn av jern og mangan, se kapittel E.4.1.2, Belegg som skyldes at vannet inneholder oppløst jern og/eller mangan.

Belegg som næringskilde for større mikroorganismer

Belegget som er forårsaket av de to forannevnte prosessene, er et ypperlig næringsstoff for større mikroorganismer og smådyr, som protozoer, nematoder, børstemarker, hjuldyr, bjørnedyr, små krepsdyr og gråsugger. Fjærmygglarver og fåbørstemarker, er mat for igler. Innsjøsneglen *Limnaea pereger* er funnet i norske ledninger. Disse dyrene utgjør ikke noen helserisiko for mennesker. Belegg under nedbrytning kan imidlertid gi opphav til vond lukt og smak på vannet. Ved forandringer i vannstrømmen kan belegg og smådyr bli ført med vannet til konsumentene. Nematode og hjuldyr fra ledningsbelegg er vist i figur E.4.1 og figur E.4.2.



Figur E.4.1 Nematode i ledningsslam



Figur E.4.2 Hjuldyr i ledningsslam

Foruten at belegget og mikroorganismer kan føres frem til abonnentene, kan det samle seg i stillestående partier av ledningsnettet, for eksempel i endeledninger, og gi opphav til groptæring, se kapittel E.4.3, Korrosjon. Det kan også medføre vond lukt og smak når belegget nedbrytes av andre mikroorganismer, som sopp og actinomyceter. Bakterier løsner lett fra overflaten av belegget, og noen av disse kan fremkomme i de kimtallsanalysene som benyttes i vanlig kontroll av drikkevann, slik at beleggdannelsen kan oppdages før større løsrivning finner sted, se kapittel E.4.2.1, Overvåking av begroing i ledningsnettet. Vann med høyt innhold av slike bakterier**,** for eksempel fluorescerende pseudomonader, kan føre til problemer for næringsmiddelindustrien.

Fluorescerende pseudomonader er heterotrofe bakterier som kan vokse i allerede dannet belegg, eller i vannet i ledningsnettet. Disse er spesielt uønsket i vann som benyttes av næringsmiddelindustri. Slike bakterier er i stand til å vokse ved lav temperatur og kan ødelegge matvarer i kjøleskap. Også melk kan få forringet kvalitet dersom vann med høyt innhold av *Fluorescerende pseudomonader* benyttes til vasking av utstyr som brukes ved melking, eller ved transport av melken fra gård til meieri.

Bakterier som under visse betingelser kan frembringe sykdom hos mennesker, kan også komme til utvikling i biofilmer i vannledninger, spesielt hvis temperaturen i vannet kommer opp mot eller over 10 ^{o}C. Dette kan skje i store bygningskomplekser med langt

ledningsnett. Eksempler på bakterier som kan komme til utvikling er Aeromonas, Klebsiella og enkelte mykobakterier. Smittestoffer som kan overføres via vann, er omtalt i kapittel 4.

Belegg som skyldes vannets innhold av partikulært organisk stoff

Hvis man finner mosdyr, ferskvannssvamp og muslinger i et distribusjonssystem for drikkevann, betyr det at vannet inneholder partikulært organisk stoff. Slike dyr finner man derfor i råvannsledninger, eller i distribusjonsnett for vann som ikke gjennomgår noen form for behandling. Vanninntaket ligger da sannsynligvis i et sjikt av en innsjø der partikulært organisk stoff ansamles, eller vannkilden kan være en elv. Slike dyr finner ikke egnede livsvilkår hvis de organiske partiklene fjernes fra vannet. Dyrene utgjør ikke noen helserisiko for mennesker, men kan føre til estetisk utilfredsstillende vannkvalitet og til problemer med trykktap i inntaksledning og distribusjonsnett. Konsumentene kan registrere tilstedeværelse av mosdyr og svamp ved at dyrenes overvintringsstadier løsner og kommer ut i vannet. De kan se ut som eggene i fiskerogn og er brune eller gulfarget, men er svært små.

E.4.1.2 Belegg som skyldes at vannet inneholder oppløst jern og/eller mangan

Jern og mangan finnes i fjellgrunn, jord og innsjøsedimenter. Når organisk stoff brytes ned der det er mangel på molekylært oksygen, dannes det toverdige ioner av jern og mangan som er lett løselige i vann. Dette kan skje i grunnvann, og i innsjøer der bunnvannet sjelden blir skiftet ut med friskt vann (under sprangsjiktet i stagnasjonsperiodene sommer og vinter). I grunnvann kan enten jern eller mangan foreligge i dominerende mengde, i innsjøer er det vanlig at den oksygenfrie sonen inneholder både jern og mangan.

I det følgende omtales:

Belegg og flyteslam dominert av jernoksider

Belegg dominert av manganoksider (brunstein)

Mørk brunt belegg med høyt innhold av jern- og manganoksider

Prosessene er omtalt mer utførlig i kapittel B.2.7 Oppløst jern og mangan – Vond smak, brunfarget slam og belegg.

Belegg og flyteslam dominert av jernoksider

Når vann med lavt oksygeninnhold og med innhold av toverdig jern kommer i kontakt med oksygen fra luften, vil jernet bli oksidert. Hvis vannet har pH i området 6-7 eller høyere, skjer oksidasjonen raskt ad kjemisk vei, og utfelte jernoksider gjør vannet uklart og rustbrunt. Ved UV-desinfeksjon av slikt vann vil det raskt dannes et brunt belegg på UV-rørene, slik at disse må renses hyppig ved syrevasking.

I surt, næringsfattig vann med innhold av toverdig jern har to typer ”jernbakterier" funnet sin nisje. I strømmende vann kommer *Gallionella ferruginea* til utvikling, og i

stillestående vann bakterien *Leptothrix ochracea. Gallionella ferruginea* danner brunt slam på ledningsveggene, mens *Leptothrix ochracea* vil danne flyteslam. En indikasjon på at slammet er mikrobielt dannet, er at det har løs konsistens, og at det holder seg lenge i suspensjon i en slamholdig vannprøve.

Hvis mikroskopering av slammet viser brune tråder av *Gallionella ferruginea* eller *Leptothrix ochracea* indikerer dette at slammet er dannet på grunn av vannets innhold av toverdig jern.

Belegg dominert av manganoksider (brunstein)

I grunnvannsbrønner med mye mangan kan det dannes et nesten svart belegg i rørene. Det er vanskelig å avgjøre om slikt belegg er dannet ad kjemisk eller bakteriologisk vei. Kjemisk oksidasjon av toverdig mangan skjer først ved pH-verdier på 8,0-8,5, men bakterier kan utføre oksidasjonen også i surt vann. Det fireverdige manganoksidet, brunstein, katalyserer oksidasjonen av toverdig mangan i nærvær av oksygen. Selv om mikroorganismer kanskje var aktive i oksidasjonen da det første belegget ble dannet, kan den brunsteinkatalyserte oksidasjonen ha tatt over beleggdannelsen senere. Slikt belegg sitter godt festet til rørveggen og rives sjelden løs. Belegget kan føre til at friksjonen mellom vann og rørvegg øker slik at vannføringen gjennom røret avtar. Jern- og manganoksiderende bakterier lar seg ikke påvise ved kimtallsanalyse, men de kan identifiseres ved mikroskopering.

Et slikt manganbelegg kan også dannes i nye sementbaserte installasjoner, fordi overflaten da er basisk. Belegget blir startet ved kjemisk oksidasjon ved sementoverflaten, og utfelling av brunstein skjer siden ad katalytisk vei og beskytter sementen mot videre korrosjon dersom vannet er aggressivt. Tilsetning av små mengder toverdig mangan til vannet er blitt benyttet som korrosjonshindrende behandling av sementbaserte ledninger.

Mørk brunt belegg med høyt innhold av jern- og manganoksider

Slikt belegg dannes i nærvær av toverdige jern- og manganforbindelser når vannet inneholder lett nedbrytbart (assimilerbart) organisk stoff, AOS. Kun små mengder AOS er nødvendig for at de spesielle "jern- og manganbakteriene" skal komme til utvikling. Selv vann som har konsentrasjoner under drikkevannsforskriftens grenseverdi for totalt organisk karbon (TOC) eller kjemisk oksygenforbruk (COD-Mn), kan gi opphav til vekst av slike bakterier hvis jern og mangan er tilstede. Dette er jern og manganbakterier av slekten *Leptothrix*, som i mikroskop ser ut som mørke brune tråder. Drikkevannsforskriftens grenseverdier for jern og mangan er satt på grunnlag av erfaring med fra hvilket konsentrasjonsnivå slik begroing oppstår. Mikrobiologisk betinget manganutfelling kan imidlertid skape problemer, for eksempel ved gjentetting av dyser, også ved mangankonsentrasjoner godt under disse grenseverdiene. Det kan også nevnes at ozonering av humusstoffer fører til dannelse av lavmolekylære organiske forbindelser, som gjør at en nettdannende, jern- og manganoksiderende bakterie i slekten *Hyphomicrobium* kan finne en nisje for vekst.

E.4.1.3 Belegg som skyldes at vannet inneholder oppløst kalk

Norsk drikkevann inneholder svært sjelden så høye konsentrasjoner av oppløst kalk at det medfører problemer i distribusjonsnettet. Kalkutfelling i vannledninger kan gi god korrosjonsbeskyttelse for sementbaserte materialer og metaller, men kan også føre til innsnevring av rørdiameteren og redusere rørets hydrauliske kapasitet. Vann fra grunnvannsbrønner, spesielt fra brønner i fjell, kan medføre kalkutfelling i installasjoner der vannet varmes opp. Ved en gitt kalkkonsentrasjon vil mengden som felles ut, øke med stigende temperatur. Faren for beleggdannelse er derfor spesielt stor på varmeelementer. Dette kan føre til overoppheting som ødelegger elementene.

E.4.2 Tiltak for å begrense problemer forårsaket av beleggdannelse

E.4.2.1 Overvåking av begroing i ledningsnettet

Belegg under nedbrytning vil inneholde mange bakterier som vokser raskt på næringsrike vekstmedier som benyttes i vanlig kimtallsanalyse for drikkevann. Derfor kan gammelt belegg på ledningsveggene og slamansamlinger i distribusjonsnettet påvises med slik kimtallsanalyse.

Påvises mange flere enn 100 kim/ml i *vannet i ledningsnettet* ved vanlig 3-døgns kimtallsanalyse ved 22 ^{o}C, tyder dette på slamansamlinger eller gammelt begroingsbelegg i nettet. Distribusjonsnettet, inkludert bassenger, bør da spyles/rengjøres. Påvises det samtidig koliforme bakterier, tyder det på innsug av forurenset vann. Dette er sammenfattet i tabell E.4.1.

Tabell E.4.1 Overvåking av distribusjonsnettet ved kimtallsanalyse

Kimtall per ml 22 ^{o}C – 3 døgn	Koliforme bakterier	Kommentarer
0-10	Nei	Normalt for grunnvann og klorert overflatevann med målbar klorrest
0-100	Nei	Normalt for overflatevann
>100	Nei	Tyder på begroing, eller slamansamling under nedbryting
>500	Ja/nei	Kan tyde på innsug av forurenset vann/slam
Kimtall og koliforme bakterier på samme nivå som råvannet tyder på ineffektiv desinfisering		

Ved lang transporttid før prøven blir analysert, vil vannbakteriene rekke å formere seg mens vannet er i prøveflasken. Bakteriene vokser saktere hvis prøvene holdes nedkjølt enn hvis vannet når opp i 20 ^{o}C, men de formerer seg i alle fall de første dagene etter at prøven er tatt. Det har derfor ingen hensikt å utføre kimtallsanalyser på prøver som ikke har vært behandlet forskriftsmessig under transport og eventuell lagring.

Belegg på rørveggen blir dannet av bakterier som er spesialisert til å ta til seg næring fra meget lave konsentrasjoner av egnede nærings- og energigivende stoffer. Bakterier av denne type vokser som oftest ikke raskt på næringsrike vekstmedier og vokser derfor ikke under betingelser som er gitt i den vanlige kimtallsanalysen. Bakterier som løsrives fra det opprinnelige belegget (biofilmen) på ledningsveggen og kommer ut i vannet, vil derfor i liten grad bli medbestemt i den vanlige kimtallsanalysen for drikkevann. Det reelle bakterieantallet vil være vesentlig høyere enn det analysen viser. For antallsbestemmelse av slike bakterier anbefales et næringfattig medium og opp til 3 ukers inkubasjonstid ved 15-20 ^{o}C. Selv med næringsfattig medium blir ikke alle slike bakterier medbestemt, fordi de kan ha helt spesielle næringskrav. *Hyphomicrobium* er et eksempel på bakterie med helt spesielle næringskrav.

Mosdyr og svamper etablerer seg på flater i kontakt med strømmende vann som inneholder partikulært organisk stoff. Partikulært stoff vil kunne måles som turbiditet. Da turbiditet kan forårsakes av både uorganiske og organiske partikler, kan en ut fra turbiditetsmålinger ikke fastslå om muligheten for etablering av mosdyr og svamper er tilstede. Sammensetningen av partikler i turbid vann kan undersøkes ved å filtrere så mye vann som mulig gjennom et glassfiberfilter, og så utføre analyser for tørrstoff og glødetest på filteret. Differansen mellom tørrstoff og gløderest vil hovedsakelig utgjøres av organisk stoff, som er mat for disse dyrene.

Hvis vannet tilfredsstiller drikkevannsforskriftens krav til turbiditet ut fra behandlingsanlegget, vil det være lite sannsynlig at mosdyr, svamper og muslinger vil kunne etablere seg i distribusjonsnettet. I råvannsledninger med overflatevann som vannkilde vil de imidlertid kunne etableres. Tilstedeværelse av mosdyr og svamper kan lett påvises sent på høsten eller om vinteren ved å la vannet passere gjennom et passende planktonnett, silduk eller et ikke for tett bomullsstoff. Hvis dyrene er tilstede i ledningsnettet, kan en vente å finne overvintringsstadier av disse i det materialet som samles opp i nettet (se kapittel E.4.1.1).

Assimilerbart organisk stoff (AOS) kan måles som assimilerbart organisk karbon (AOC) eller biologisk nedbrytbart oppløst organisk karbon (BDOC). Det er også mulig å måle potensialet for dannelse av biofilm (BFP) direkte ved å måle mengde biofilm på dertil egnede glasskuponger.

E.4.2.2 Praktiske råd

Vannets farge gir en god indikasjon på innholdet av *humusstoffer*. Behovet for å fjerne humus, kan vurderes på grunnlag av grenseverdien for farge og grenseverdien for totalt organisk karbon (TOC) i drikkevannsforskriften. Et behandlingsanlegg for fjerning av humusstoffer vil som regel løse problemet med avleiring av disse.

Belegg som skyldes vannets innhold av *lett nedbrytbart organisk stoff* hindres best ved å rense vannet for innhold av AOS. Av drikkevannsforskriftens analyseparametre kan kjemisk oksygenforbruk (COD-Mn) i noen grad representere vannets innhold av AOS i overflatevann. Grenseverdi for kjemisk oksygenforbruk er satt ut fra erfaring med fra hvilket nivå man må forvente begynnende begroing. Ved konsentrasjoner av COD-Mn, i området 2 – 5 mg O/l, kan oppståtte problemer reduseres hvis det er mulig å holde en rest av fritt klor i vannet, slik at biofilmdannelsen går langsommere, kombinert med

hyppig rengjøring av ledningsnettet. Kloreringen vil imidlertid ikke fjerne biofilm som allerede er dannet.

Ved periodevis og svak beleggdannelse som skyldes *jern- og manganbakterier*, kan problemet forsøkes redusert ved å holde en høy nok klorrest i vannet, slik at bakteriene ikke kommer til utvikling som belegg på rørene. Kjemisk utfelling av oksider vil fremdeles finne sted, og vann med innhold av partikulært og oppløst jern og/eller mangan kan likevel komme frem til abonnentene slik at problemene oppstår hos dem. Mange vil også reagere på klorlukt og -smak. Det beste er enten å fjerne problemstoffene i et behandlingsanlegg, bytte vannkilde, eller eventuelt heve et dypvannsinntak til en sone uten oksygensvikt.

Ulike vannbehandlingsmetoder vil påvirke vannets innhold av AOS på forskjellig måte. Oksidasjon og desinfeksjon med ozon vil øke AOS, mens både direktefiltrering, adsorpsjon på aktivt kull, humusfjerning med ionebytting og biofiltre er renseprosesser som reduserer AOS. Membranfiltrering for humusfjerning fjerner i mindre grad AOS, mens UV-bestråling ikke endrer AOS.

Valg av rørmateriale kan først og fremst påvirke biofilmdannelsen i husinstallasjoner, der en har lange oppholdstider og romtemperatur. Kopper er giftig for mikroorganismer, og kan derfor redusere biofilmdannelsen. Ulike plastmaterialer, organiske belegg og smøremidler kan lekke AOS ut i vannet, spesielt når rørene er nye, og dermed øke biofilmdannelsen. Noen av de stoffene som lekker ut, kan også påvirke vannets lukt og smak.

Begroing som skyldes vannets innhold av *partikulært organisk stoff*, kan forhindres ved at vanninntaket flyttes til et nivå i vannkilden med lavt partikkelinnhold. Alternativt må vannet behandles slik at partiklene fjernes.

Nematoder er meget resistente overfor klor og andre desinfeksjonsmidler, og det er derfor vanskelig å fjerne dem fra ledningsnettet. Større utvikling av nematoder forhindres best ved å sørge for at de ikke har noe å leve av i ledningsnettet; det vil si at beleggdannelse og sedimentering av partikulært materiale forhindres. Disse to effekter oppnås ved hyppig spyling og desinfeksjon, eller ved å rense vannet for organisk stoff.

Børstemarker fjernes effektivt ved god spyling, men for å forhindre ytterligere infisering ved eksemplarer som ikke blir spylt ut, anvendes gjerne klorering med høye klordoser i en periode etter spylingen.

Gråsugger holder seg sterkt festet til rørvegger og til bunn og vegger i basseng. Derfor lar de seg ikke fjerne ved spyling. I England ble desinfeksjon med pyrethrin kort tid før spyling ble igangsatt, funnet å være en effektiv metode (1). Pyrethrinen paralyserer gråsuggene slik at de slipper taket i rørveggen. De kan ikke svømme, og er de først kommet ut i de frie vannmassene kan de fjernes ved spyling. Skrubbing med plastplugger vil imidlertid gi mer effektiv fjerning. Mange av de andre krepsdyra dør ved lengre tids opphold i vann tilsatt pyrethrin. I England blir april regnet som beste periode for behandling av ledningsnettet med pyrethrin. På grunn av individenes livssyklus, vil behandlingen medføre at befruktede hunndyr blir fjernet fra ledningsnettet slik at neste generasjon ikke får etablere seg. Hanndyrene dør etter

parringen, og vil uansett gi grumset vann på denne tiden. Effektiv utspyling av endeledninger er vanskelig, og dette gjelder også behandlingen med pyrethrin. Bare noen få desimeter ubehandlet ledning kan føre til at dyrene derfra infiserer ledningsnettet på nytt. Pyrethrin er et naturprodukt som det kan være vanskelig å få tak i. Et tilsvarende syntetisk produkt, permethrin er brukt. Verdens helseorganisasjon har angitt en veiledende maksimalverdi på 20 mikrogram per liter av dette stoffet i drikkevann. Bruk av pyrethrin eller permethrin må godkjennes.

Tilstedeværelse av igler tyder på rikelig forekomst av dyr i ledningsnettet, og at nettet er overmodent for rengjøring. Iglene kan fjernes fra ledningene ved skumplastskrubbing og spyling, og i spesielt vanskelige tilfeller også ved bruk av høye klorkonsentrasjoner.

Snegler lar seg vanskelig fjerne ved spyling, og de kan blokkere ledninger, vannmålere og liknende. Skumplastskrubbing vil fjerne de fleste.

Muslingskall må fjernes ved skraping, og ny infisering med frittsvømmende larver kan avverges ved klorering.

Beleggdannelse som skyldes utfelling av kalk, kan forhindres ved at oppløst kalk fjernes fra vannet ved ionebytting. Vannet ledes gjennom en ionebytterkolonne der kalsium byttes ut med natrium. Ionebytteren regenereres med jevne mellomrom med en oppløsning av koksalt. Ionebytteren kan monteres slik at den tar hånd om hele vannforsyningen til en bolig, men det er også vanlig at utstyr som varmer opp vann (vaske- og oppvaskmaskiner mm), blir levert med separate ionebyttere. Det kan også installeres anoder av aluminium eller sink som avgir metallioner til vannet. Disse danner krystallisasjonskjerner slik at utfelt kalk ikke fester seg til overflater, men holder seg suspendert i vannet. Varmtvannsberedere lages i flere utgaver, hvorav noen er spesielt beregnet for hardt vann. Her stikker ikke varmeelementet inn i selve beholderen, men er montert i en omgivende beholder som varmes opp og avgir varme til innerbeholderen.

E.4.3 Korrosjon

Norsk råvann er ofte aggressivt overfor metaller. Korrosjonen skyldes et komplekst forhold mellom pH-verdi, oksygeninnhold, karbondioksidinnhold, alkalitet, hardhet, og temperatur. Høyt innhold av ioner som klorid og sulfat vil også kunne øke korrosjonen. Vann fra kystområdene er påvirket av havvann og inneholder mer klorid og sulfat enn innlandsvann.

I oksygenrikt vann øker vannets aggressivitet med synkende pH-verdi, og for mange metaller også med avtakende alkalitet. Også andre parametre er av betydning for forskjellige metaller, men de nevnte er de viktigste for ledninger av jern, og de er også viktige for kopper og messinginstallasjoner.

Temaet er også omtalt under kapittel B.2.2, Korrosivt vann.

E.4.3.1 Korrosjon på jern - dannelse av rustknoller

Jern og stål brukes mye i hovedvannledninger og i forgreninger av disse fram til abonnentene. Når vannet er korrosivt, vil disse rørene kunne gi jernkonsentrasjoner i drikkevannet, i form av suspendert jernhydroksid, på flere milligram per liter som lett løsrives og fører til rustfarget vann.

Groptæring (engelsk: "pitting") startes ved at det dannes flekkvis belegg på metalloverflaten. Belegget kan dannes ved at for eksempel humusstoffer fra vannet fester seg til overflaten, ved at forskjellige mikroorganismer fester seg og danner et begroingsbelegg, eller ved at løsrevet belegg sedimenterer i ledninger med liten gjennomstrømning. Der overflaten ikke er dekket av belegg, står metallet i kontakt med vann med et visst oksygeninnhold. Under belegget vil oksygeninnholdet være lavere på grunn av mikroorganismers oksygenforbruk. Forskjellen i oksygenkonsentrasjon fører til en elektrisk potensialforskjell mellom vann og vegg. Det dannes en galvanisk strøm som fører elektroner fra områder med belegg til områder uten belegg, og fra områdene med belegg frigjøres metall til vannet i form av ioner. Dette fører til at det under belegget dannes en grop der metallet er løst ut.

Vekst av voluminøse rustknoller virker sterkt begrensende på ledningenes kapasitet. Forhøyede konsentrasjoner av jernoksider i drikkevannet har ingen påvist helseskadelig effekt, men det kan gi betydelige estetiske ulemper og gjøre vannet lite egnet til konsum og ubrukelig til f.eks. klesvask.

I drikkevannsledninger er vannbakterien *Gallionella ferruginea* en av årsakene til rustknolldannelse. Den har evnen til å feste seg på flater og vokse til en koloni som forsterker en galvanisk strøm. Bakteriene oksiderer det utløste toverdige jernet til treverdige jernoksider som felles ut i bakteriekolonien. Til slutt stivner jernoksidene til en rustknoll, slik at bakteriene ikke lenger står i direkte kontakt med vannet. Dermed slutter de å vokse fordi de ikke får nok oksygen. Inneholder vannet sulfat, kan sulfatreduserende bakterier under rustknollen ta over korrosjonen ved å benytte oksygenet i sulfat, og det utløste jernet danner svart jernsulfid med svovelionet fra sulfat. Slik kan groptæringen (korrosjonen) fortsette. Rustknollen er innhul og kan brekke i stykker ved større forandringer i vannets strømningshastighet og -retning. Vannet vil da inneholde rustpartikler av større eller mindre størrelse.

Første tegn på rustknollkorrosjon er redusert vannføring i rørene eller periodisk innhold av rustpartikler i vannet. Lekkasje på grunn av gjennomtærede rør kommer først senere. Redusert vannføring er vanligst i stikkledningene som fører vann fra det kommunale ledningsnettet til abonnentene. Er problemet rustpartikler i vannet, kan denne formen for korrosjon skilles fra andre årsaker til rustfarget vann ved mikroskopering av belegget. Kommer partiklene fra rustknoller, vil slammet foruten større rustpartikler også inneholde korte, oppbrukne tråder av Gallionella, se figur E.4.3. Korte fragmenter av slike er typisk for slam som stammer fra rustknoller.



Figur E.4.3 Den lyse tvunne tråden er bakterien Gallionella ferruginea dekket av utfelt jernoksid, fotografert under mikroskop. Korte fragmenter av slike tråder i rustslam tyder på rustknollkorrosjon.

E.4.3.2 Korrosjon på kopper

Kopperrør brukes til stikkledninger og fordeling av vann inne i bygninger. Når vannet brukes jevnlig, er kopperkonsentrasjonene i vannet lave (mindre enn 0,1 mg/l). Dersom drikkevannet har stått noen tid i ledningene, vil det som regel ha betydelig høyere konsentrasjoner. Det er ikke uvanlig at vann som har stått i ledningene over natten, inneholder 2 til 3 mg/l kopper. Enda høyere konsentrasjoner forekommer hvis vannet er spesielt korrosivt for kopper. I nybygg tar det en tid før rørene får et innvendig belegg som beskytter mot videre korrosjon. I nye store boligkomplekser, hvor det kan være lange strekk med kopperrør, kan konsentrasjonen i kranvann være over1 mg/l til enhver tid.

Høye kopperkonsentrasjoner gir vannet en bitter smak. Det antas at langvarig diaré hos barn i en del tilfeller kan skyldes høye konsentrasjoner av kopper i drikkevannet. Kjeler av aluminium som regelmessig brukes til oppvarming av vann, vil med tiden få et sort innvendig belegg av utfelt kopper. Det er registrert flere forgiftningstilfeller med kraftige brekninger i forbindelse med at slike kjeler leilighetsvis er brukt til oppvarming av sure drikker som løser opp kopperet, for eksempel ved juletider med tilberedning av gløgg.

Kopper i vannet fører lett til grønn misfarging i sanitærinstallasjoner. Dette skyldes at det dannes koppersåpe med såperester. Ved spesielt høye konsentrasjoner kan personer med lyst hår få et grønnskjær i dette ved hårvask.

Groptæring som beskrevet for jern, kan også skje i kopperledninger. Groptæringen oppdages normalt først når lekkasjene er et faktum. Omfattende groptæring er påvist i surt vann med relativt mye karbondioksid.

Mikrobiell groptæring i kopperledninger er rapportert fra Skottland og Tyskland, i forbindelse med varmtvannsforsyningen i store bygninger. Undersøkelser av problemet stadfestet at groptæring fant sted i systemer der varmtvannet i perioder, f.eks. om natten, hadde temperatur mellom 10 og 50 ^{o}C. Vanlige vannbakterier etablerte seg som flekkvis

belegg i periodene med temperatur under ca 50 ^{o}C, og de utviklet evne til ikke å bli inaktivert ved temperaturer mellom 50 og 60 ^{o}C. Groptæringen skjedde i ledninger som førte bløtt vann med lav bufferkapasitet, og med et litt for høyt innhold av lett nedbrytbart organisk stoff (AOS) som næringskilde for bakteriene. Dette er en vannkvalitet som er typisk for mange norske drikkevannskilder.

E.4.3.3 Korrosjon på sementbaserte materialer

Kalsiumoksid vil bli utløst fra sementbaserte materialer (asbestsement, mørtelforede rør, sementkummer, høydebasseng og lignende) hvis vannet er surt eller inneholder lite karbonat. I mørtelforede støpejernsrør, der mørtelen er påført for å hindre korrosjon av metallet, registreres det ofte betydelig pH-stigning. Hvis vannet ikke blir skiftet ut tilstrekkelig ofte, hvilket bl.a. kan skje i endeledninger med få abonnenter, kan pH-verdien stige til pH 11-12. Slikt vann kan være øyeirriterende. Det kan også være korrosivt overfor andre materialer som aluminium. Aluminiumioner vil også utløses fra aluminiumsilikater i sementen. Ved tilførsel av CO_2 eller karbonat kan kalken felles ut og gjøre at vannet blir turbid (melkeaktig). Utlekkingen fra sementbaserte materialer er størst når rør og kummer er nye, og reduseres betydelig over tid.

E.4.3.4 Andre materialer og korrosjonsprodukter

Sink: Galvaniserte stålrør er belagt med sink for å hindre rustangrep. Det er ikke lenger vanlig å bruke denne type rør til drikkevann. Messing som brukes til tappearmatur, avgir sink til vannet. Konsentrasjonen kan bli flere milligram per liter dersom kranene ikke har vært benyttet på en stund. Det vil imidlertid bare være det aller første vannet som tappes etter henstand som inneholder høye konsentrasjoner. Henstandsvannet utgjør et lite volum, og eksponeringen antas derfor å være liten. Det er ikke kjent at sink i drikkevann har hatt negative helseeffekter på mennesker her i landet.

Bly: Bly brukes i loddemetaller til skjøter i rør innomhus. Også messingkraner inneholder en liten andel bly. Henstandsvann inneholder derfor forhøyede konsentrasjoner, men sjelden over 10 µg/l. Blykonsentrasjonen i vann som tappes til forbruk, er svært sjelden over 1 µg/l.

Kadmium: Kadmium kan tilføres fra drikkevannsinstallasjoner hvis det brukes kadmiumholdige materialer, men slik bruk av kadmium har lenge vært forbudt i Norge. Målte kadmiumkonsentrasjoner i norsk drikkevann er lave og overskrider svært sjelden 2 µg/l i henstandsvann.

E.4.4 Tiltak for å begrense problemer forårsaket av korrosjon

E.4.4.1 Korrosjonskontroll

For å minimalisere innvendig korrosjon i drikkevannsledninger, er det viktig å ha kontroll med vannets pH samt innhold av kalsium og karbonat. Norsk vann er fra naturens side surt og kalkfattig, og derved korrosivt mot de fleste materialer som brukes ved distribusjon av drikkevann. De fleste vannverk har derfor behov for å behandle vannet for å oppnå en kjemisk kvalitet som gir mindre korrosjon. Ved tilsetning av

alkaliseringsmidler er det helt nødvendig at pH, kalsium og karbonat sees i sammenheng ut fra hvilken kjemisk virkning de har. Se kapittel D5, Korrosjonskontroll, vedrørende tilsetning av alkaliseringsmidler for korrosjonskontroll.

pH er en nøkkelparameter ved at den påvirker kjemiske likevekter av betydning for korrosjon og dannelse av korrosjonsbeskyttende belegg. Mange metaller, blant annet kopper, og sement tæres minst når pH ligger opp mot 9,5. For disse materialene er pH-verdier lavere enn pH 8,0 sammen med høy alkalitet spesielt ugunstig, da det fører til at vannet har høy konsentrasjon av fri "aggresiv" CO_2, som hindrer karbonatfelling og øker løseligheten av ulike metallioner.

Jern og stål danner viktige unntak fra dette forholdet. Erfaring tyder på at dannelse av korrosjonsprodukter av jern avhenger av vannets bufferevne mot pH-endringer, og denne bufferevnen utgjøres av forholdet mellom bikarbonat og fri CO_2. En høy konsentrasjon av CO_2 kan være gunstig. Korrosjon på jern og stål kan reduseres dersom vannkvaliteten bidrar til at det dannes et korrosjonsbeskyttende belegg av for eksempel jernkarbonat og/eller kalsiumkarbonat.

Vann med følgende vannkvalitet vil sjelden gi vannkvalitetsproblemer på grunn av jernkorrosjon:

Ph:	ca. 8
Kalsium:	ca. 20 mg/l
Alkalitet:	ca. 1,0 mmol/l
Silikat:	5-15 mg SiO_2/l
Strømningshastighet:	over 0,2 m/s

I praksis kan det være vanskelig å produsere en vannkvalitet som er optimal med hensyn til kontakt både med jern og kopper. For å redusere kopperkorrosjonen bør pH ligge høyere enn pH 8,0, men dette kan gi økt jernkorrosjon. Hvis pH senkes for å redusere jernkorrosjonen, vil kopperkorrosjonen øke.

Aluminium benyttes trolig lite i metallform i drikkevannsinstallasjoner, men aluminiumioner utløses fra aluminiumsilikater i sement. Vannløseligheten av aluminium øker både med økende og synkende pH fra ca. pH 6,5. Konsentrasjonen av aluminium vil ofte overskride drikkevannsforskriftens grenseverdi i vann fra sementforede støpejernsrør med lang oppholdstid. Aluminatsement bør av denne grunn ikke benyttes i materialer som står i kontakt med drikkevann.

Drikkevannsforskriften gir grenseverdier for metaller som kan opptre i forhøyede doser på grunn av korrosjon og som kan være helsemessig betenkelige.

E.4.4.2 Praktiske råd

Den enkelte abonnent bør alltid tappe ut vann som har stått lenge i rørene før det benyttes til drikke og matlaging. Dermed kan man unngå å få i seg tungmetaller som

skyldes korrosjon i husinterne drikkevannsledninger og armaturer. Dette bør alltid gjøres uansett hvilke korrosjonsforebyggende tiltak vannverkene gjennomfører.

Rehabilitering av korroderte støpejernsledninger er vanskelig. Før slike rør skrapes innvendig, bør det være etablert en vannbehandling for korrosjonskontroll. Hvis vannet er like aggressivt etter innvendig skraping av ledningene, vil resultatet bli et kraftig rustfarget vann ut av springen i lang tid. Når rustknoller fjernes slik at jernoverflaten blir blottlagt enkelte steder, mens rester av knoller fremdeles dekker andre deler av flaten, vil det dannes en galvanisk strøm som forsterker korrosjonen. Rust som dannes og løsner fra blottlagte flater, vil kunne sedimentere i ledningsstrekk med lav vannhastighet og starte galvanisk korrosjon der. Det samme vil skje ved sedimentering av begroingsbelegg. Kunstig lekkasje (styrt tapping) kan være en løsning for å motvirke slik korrosjon. Også for mørtelforede ledninger hvor vannet har høy pH-verdi, kan det å etablere en kunstig lekkasje avhjelpe problemet. Alternativt kan det lages en forbindelse tilbake til hovedledningen, slik at vannet får større utskiftningshastighet.

Tilsetting av natriumsilikat (vannglass) til vannet kan redusere effekten av jern i vannet. Vannglass kan også fjerne rust i rørene. Vannglass kan bidra til at jern ikke feller ut som rust, men forblir oppløst og usynlig for abonnenten. Jerninnholdet vil imidlertid fremdeles påvises ved vannanalyser.

Vannbehandlingsmetoder som benyttes for å redusere problemene med korrosjon, er omtalt i kapittel D.5, Korrosjonskontroll

E.4.5 Referanse

Oleszkiewicz et al. Experience in controlling *Asellus aquaticus* in water distribution systems. Water Science and Technology: Water supply Vol 1 No2 pp 217-223.

E.5 Bruk av modeller og annet dataverktøy

E.5.1 Innledning

Et vannledningsnett skal være bygd og drevet slik at:

- Det til enhver tid kan tas ut nok vann med riktig trykk i alle tappepunkter
- Vannkvaliteten i vannforsyningsnettet opprettholdes ved å:
    - hindre innsug av forurensninger ved at det til enhver tid er overtrykk i ledningene
    - minimalisere omfanget av begroing, korrosjon og stillestående vann
- Lekkasjer og rørbrudd minimaliseres

Det er flere faktorer som kan medvirke til at de nevnte målsettingene kan være vanskelige å ivareta over tid. Vannforbruket kan endres og store tappepunkter, for eksempel visse typer prosessindustri og brannvannsuttak, vil endre trykkforholdene.

Utvidelser av forsyningsområdet og/eller samkjøring med andre vannkilder/ forsyningsnett vil også endre strømnings- og trykkforhold, og det kan påvirke begroing og korrosjon.

Å sikre at vannledningsnettet ivaretar sin funksjon mht. å levere nok vann med tilfredsstillende kvalitet til enhver tid, krever at man kan forutsi konsekvenser av endringer som oppstår pga. planmessige tiltak og uforutsette hendelser i vannforsyningssystemet. Bruk av modeller gir muligheter til å beregne konsekvenser av komplekse årsakssammenhenger. En modell vil derfor kunne være et nyttig verktøy for beslutninger om tiltak.

I Norge bruker nesten alle kommunene det samme systemet for registrering av data for vann- og avløpsnett (GEMINI VA). Dette gjør utveksling av nøkkeltall fra samme dataplattform mulig.

E.5.2 Eksempler på bruk av modeller

E.5.2.1 Hovedplaner

Hovedplan for vannforsyning legger grunnlaget for fremtidig utbygging av vannforsyningen i en kommune. Det er politikerne, eventuelt i samarbeid med styrene i private vannverk, som bestemmer hvilken hovedstruktur vannforsyningen skal ha. De må ta stilling til hvilket utbyggingsalternativ som skal velges for å tilfredsstille målene om å levere nok vann av tilfredsstillende kvalitet uten avbrudd i leveransen, og til akseptabel kostnad.

Spesielt viktig er det å ta stilling til valg av vannkilder. Valget vil for eksempel kunne stå mellom en innsjø med god vannkvalitet, men som pga. stor avstand til forsyningsområdet vil medføre høye overføringskostnader, eller en nærliggende vannkilde som pga. usikker eller dårlig vannkvalitet, vil kreve omfattende vannbehandling. Å kombinere flere vannkilder er også i mange tilfeller aktuelt.

Ulike alternativer kan være kompliserte å sammenlikne fordi de påvirker en rekke forhold, for eksempel:

- Investeringer, drifts- og vedlikeholdskostnader
- Trykkforholdene i forsyningsområdet, og dermed behov for installasjoner på ledningsnettet i form av pumpestasjoner og reduksjonsventiler
- Antall høydebasseng og lokalisering av disse
- Vannets oppholdstid i ledningsnettet og dermed påvirkning av vannkvalitet
- Konsekvenser for forsyningssikkerheten ved ledningsbrudd

Ved modellberegning vil man kunne synliggjøre konsekvensene av alternative løsninger på en effektiv og oversiktlig måte.

E.5.2.2 Sikkerhet og pålitelighet

Norsk vannledningsnett har varierende alder og standard, og det lekker mye. Lekkasjer kan indikere en mulig svekkelse av leveringssikkerheten og fare for forurensning av drikkevannet. Dette avhenger av en rekke forhold, som ledningenes tilstand, ledningsnettets oppbygging, vanntrykket i ledningene med mer. Rehabilitering er ressurskrevende, og det er derfor viktig å kunne prioritere slik at de riktige ledningene/områdene blir rehabilitert til rett tid.

Det finnes forskjellige EDB-baserte metoder for analyse av sårbarheten i et vannforsyningsnett. Integrerte hydrauliske modeller og pålitelighetsmodeller kan brukes til å estimere sannsynligheten for feil. Ulike metoder for analyse av ledningsnettet er nevnt i det følgende (1). Slike analyser kan brukes som grunnlag for planlegging av rehabiliterings- og saneringsoppgaver:

Feilstatistikk: Ved å sammenholde statistikk over feil på ledningsnettet med data om materialer, anleggsår, omfyllingmaterialer, lokalisering av feil med mer, kan sannsynligheten for at feil vil oppstå estimeres for enkeltledninger eller forsyningsområder. Forventet feilrate kan brukes som en indikator på behovet for fornyelse av ledningsnettet.

Generelt langsiktig fornyelsesbehov: Det finns modeller som ved å kombinere data fra ledningsregistre, data om ledningsfornyelse og generell kunnskap om nedbryting av ledningsnettet, kan estimere langtids fornyelsesbehov for et ledningsnett totalt sett.

Pålitelighetsanalyse: I en pålitelighetsanalyse tar man hensyn til konsekvensene av svikt i vannforsyningen. I en slik analyse kombineres sannsynligheten for at noe svikter (forventet feilhyppighet), hydrauliske konsekvenser av svikt, konsekvenser for abonnentene og tiden det tar å utbedre forholdene. Slike analyser vil kunne synliggjøre hvilke ledninger som er mest kritiske mht. leveringssikkerhet.

Med finansiering fra EUs femte rammeprogram (1998-2002) er det utviklet et EDB-basert system for forvaltning av ledningsnett for drikkevann, kalt CARE-W (Computer-Aided REhabilitation of Water networks), et beslutningsverktøy for effektivt vedlikehold av vannledningsnett. Forskningsprosjektet har hatt deltagere fra 7 land i Europa, og SINTEF har vært norsk samarbeidspartner (2).

E.5.2.3 Beredskap

Drikkevannsforskriften krever at vannverkseier har utarbeidet beredskapsplaner for levering av tilstrekkelige mengder drikkevann under kriser og katastrofer i fredstid, og ved krig. Vannverket må også ha en beredskap som ivaretar uforutsette hendelser som har konsekvenser for vannverket under vanlige driftsforhold.

Ved bruk av modeller kan man for eksempel:

- Simulere hydrauliske konsekvenser av en rekke hendelser som kan tenkes å inntreffe. Dette vil gi grunnlag for tiltak som kan redusere sannsynligheten for at uforutsette hendelser skal oppstå

- Vurdere brannvannskapasitet: Lage kart som viser kapasitet, synliggjøre områder med dårlig brannvannsdekning og hvilke ledninger i nettet som er de viktigste, samt gi grunnlag for tiltak og utbedre flaskehalser

- Simulere hvordan (hvor og hvorfor) en forurensning sprer seg i nettet etter en uønsket hendelse (ulykke i et høydebasseng eller i vannbehandlingsanlegget, terroranslag etc.)

- Lage konkrete aksjonsplaner for en rekke ulike scenarier slik at beredskapsledere vet nøyaktig hva som skal gjøres ved de ulike hendelsene for å minimalisere skade

E.5.2.4 Prosjektering

Databaserte hydrauliske modeller benyttes utstrakt i prosjektering, for eksempel til kapasitetsvurderinger, beregning av dimensjoner på ledninger, pumpekapasiteter, dimensjonering av høydebasseng med mer. Ved systemanalyser kan man vurdere utformingen av ledningsnettet mht. leveringssikkerhet og vannets oppholdstid.

E.5.2.5 Daglig drift

En hydraulisk modell vil også kunne være et nyttig verktøy i daglig drift. Modellen gir muligheter til å forstå hvordan vannet strømmer i ledningsnettet, og er et godt redskap for å tolke observasjoner.

Automatisk varsling om lavt trykk og lekkasjer gir mulighet for rask reaksjon slik at innsug av forurensninger i ledningsnettet og øvrige konsekvenser kan minimaliseres. Dette forutsetter hydrauliske modeller som beregner i ”sann tid”, dvs. på basis av automatisk registrering av trykk og vannføring i ledningsnettet.

En viktig nytte er å kunne forutse effekten av ulike driftstiltak på nettet på en oversiktlig måte. Eksempler på dette er:

- Konsekvenser av at sluser og ventiler stenges eller åpnes

- Konsekvenser av store vannføringsendringer, for eksempel uttak av vann til brannslukking eller spyling

E.5.3 Bruk av dataregistre til planlegging, drift og vedlikehold

Flere kommuner ser nytte av å lagre informasjon om planer, drift og vedlikehold elektronisk slik at de kan ses i sammenheng (2).

Eksempler på nytte:

- Å ha alle overordnede planer og andre oversikter lett tilgjengelig vil effektivisere ledelsens arbeid

- Å ha oversikt over utførte arbeider med tilhørende kostnader på utstyr, oversikt over reservedeler med mer, vil strukturere og effektivisere vedlikeholdet for teknisk sektor

- Systematisering av klager fra publikum og opplysninger om feil på ledningsnett gir grunnlag for analyser av rehabiliteringsbehov, utarbeidelse av spyleplaner og øvrig vedlikehold

- Ved å registrere vannkvalitetsdata og stedfeste alle prøvepunkter på ledningskart, vil man kunne sette sammen historiske vannkvalitetsdata, bla. som grunnlag for rapporter. Man vil også kunne se vannkvalitetsdata i sammenheng med driftshendelser, oppholdstid i ledningsnettet, ledningsmateriale etc.

- Det finnes systemer der arbeidsordre, for eksempel på vedlikehold av pumper, kan genereres automatisk fra driftskontrollsystemet, og hvor driftsfolk kan melde inn ønsker om tiltak med mer uten at det ”forsvinner”.

E.5.4 Forutsetninger for å lykkes

Det er omfattende informasjon som inngår som datagrunnlag i modeller, for eksempel:

- Ledningsgeometri og dimensjoner

- Installasjoner (pumper, basseng)

- Ventiler (reduksjons-, tilbakeslags-, avstengingsventiler med mer)

- Vannuttak (størrelse på enkeltuttak og variasjon i vannføring)

- Ledningsnettets innvendige beskaffenhet (ruhet)

- Driftskontrolldata

Det er en forutsetning at modeller bygger på et etterrettelig grunnlag. Uten god dokumentasjon vil det kunne skapes tvil om beregningsresultatenes anvendelighet. Feil grunnlagsdata vil kunne medføre at beslutninger blir fattet på feil grunnlag. Det er en fare ved kompliserte modellberegninger at man mister oversikt over hva som er grunnlaget for resultatene. Det er derfor viktig at det gjøres et grundig forarbeid med registrering og kvalitetssikring av alle grunnlagsdata, og at analysen blir utført av personell med kompetanse til å vurdere beregningsresultatenes anvendelighet i ulike sammenhenger.

For å få full nytte av EDB-baserte datasystemer må det bli et verktøy som brukes i det daglige av både planleggere og driftsfolk. Her nevnes noen forutsetninger for å lykkes med dette:

- Både driftspersonell og planleggere må bruke systemer som er integrert i hverandre

- Det må sørges for tilstrekkelig opplæring og oppfølging

- Det må være godt samarbeid mellom driftsfolk og ingeniører
- Data må være lett tilgjengelig for aktuelle brukere
- Man må være bevisst på hvilke data som er viktige
- Man må sørge for at verktøyet blir brukt i daglig arbeid

E.5.5 Referanser

1. NIF/NTNU, NIFs kursdager: Vannforsyning og drikkevannskvalitet, 9.-10 januar 2002, Sægrov S. König A. Røstum J. Sikkerhet og sårbarhet for vannledningsnett, side 233-246

2. Tekna/NTNU, Kursdagene ved NTNU 2005, Drikkevannsforskningn 2000 – 2005, Sægrov, S. Sikkerhet og pålitelighet av vannforsyningssystemer, side 69-76

3. Oslo kommune og NORVAR BA: Nettverkstreff om modellering, Oslo 21. – 22. oktober 2004. Dokumenter fra foredrag lagt ut på www.norvar.no

E.6 Kontroll av vannkvalitet i vannforsyningsnettet

Drikkevannsforskriften stiller krav til at det skal tas regelmessige analyser av drikkevannet. Hovedmålet er å gi et representativt bilde av vannkvaliteten levert til forbruker gjennom året. Kontroll av drikkevannet etter at det har forlatt behandlingsanlegget, såkalt nettkontroll, er en del av vannverkets *kvalitetssikring* av at drikkevannet har forskriftsmessig kvalitet.

De viktigste tiltakene for å sikre at kravet til vannkvalitet ivaretas, er knyttet til *kvalitetsstyringen* av vannverket, dvs. de planmessige investerings-, drifts- og vedlikeholdsaktivitetene som vannverket utfører. Kvalitetssikringen skal være med å skaffe tiltro til at kvalitetsstyringen fungerer som forutsatt. I tillegg til analyser av vann i ledningsnettet, er overvåking og kontroll av vannbehandlingen, og kontroll av at det ikke foregår ureglementert virksomhet i nedbørfelt eller langs ledningsnettet som kan medføre forurensning av råvann og renvann eksempler på kvalitetssikring i vannverket.

Uttatte vannprøver fra ledningsnettet vil utgjøre et meget lite volum sammenlignet med de totale vannmengdene som passerer. Analyser av vannet har derfor klare begrensninger når det gjelder å fange opp eventuell sporadisk forekommende utilfredsstillende vannkvalitet. For å gi en best mulig representativitet, er det derfor viktig at valg av prøvepunkter og prøvefrekvens er basert på en risikovurdering, hvor kartlegging av kritiske faktorer som kan få innflytelse på vannkvaliteten er et viktig element.

Kontrollen av vannkvalitet på ledningsnettet må inngå i rutinene for egenkontroll i vannverkets internkontroll. Det blir da viktig å skille mellom de rapporteringspliktige, faste rutinekontrollene, og de eventuelle oppfølgende prøvene ved konstaterte avvik for å finne årsak og se på virkning av tiltak.

I dette kapittelet gis en oversikt over hvordan man kan gå frem for å skaffe grunnlag for utarbeidelse av et prøvetakingsprogram for ledningsnettet. Beskrivelsen bygger på en rapport som Aquateam har utarbeidet på oppdrag fra Norges forskningsråd under programmet ”Drikkevannsforskning mot år 2000” (1).

E.6.1 Fremgangsmåte ved valg av prøvepunkter

For best mulig å ivareta hensikten med å analysere vann i ledningsnettet, trenger man både:

faste prøvepunkter som er plassert slik at de gir uttrykk for den generelle vannkvaliteten i ledningsnettet, og

prøvepunkter som er plassert slik at de vil kunne fange opp uforutsette vannkvalitetsendringer

Fordi det er store individuelle forskjeller i vannforsyningsnettets utforming og i de forskjellige forsyningsområder, vil en ”standard utforming” av prøvepunkter ikke være hensiktsmessig. Utarbeidelse av et prøvetakingsprogram må baseres på en særskilt vurdering av vannforsyningsnettet og de abonnenter som forsynes. Fremgangsmåten kan deles i følgende fire trinn:

Innsamling av grunnlagsinformasjon

Kartlegging av problemområder og sårbare abonnenter

Evaluering av problemområder og sårbare abonnenter

Utarbeidelse av prøvetakingsprogram

E.6.1.1 Innsamling av grunnlagsinformasjon

Som grunnlag for å kunne kartlegge problemområdene, er det behov for en systematisk oversikt over vannforsyningsnettet.

Eksempler på sentrale opplysninger er:

oversikt over beliggenhet av hovedvannledninger og fordelingsnett, inkludert knutepukter, høydebasseng, trykkøkningsstasjoner og strømningsretninger

ledningsmateriale, innvendig/utvendig overflatebehandling samt alder på ledninger

nærhet til avløpsledninger

lokalisering av problemområder og sårbare abonnenter

Problemområder er kritiske punkter eller soner der det er risiko for at det kan forekomme, eller at det er indikasjoner på at det har forekommet negativ påvirkning av vannkvaliteten. Eksempler på problemområder er:

Områder hvor det har vært registrert eller har vært mistanke om vannbårne epidemier.

Områder med dårlig ledningsnett, eller med ustabile grunnforhold (store lekkasjer, store ledningsreparasjoner, problemer med tilfrosne ledninger etc.).

Områder hvor det tidligere har vært registrert eller hvor det har vært mistanke om innsug av vann.

Områder hvor abonnentene klager på dårlig vannkvalitet (for eksempel brunt vann, lukt/smak), etc.

Områder der tidligere prøvetaking har avdekket bakterievekst i ledningsnettet (høyt kimtall)

Ledningsnett der man ut fra tidligere driftserfaringer vet at det akkumuleres slam eller at det opptrer korrosjonsproblemer.

Endeledninger hvor man har mistanke om dårlig vannkvalitet (høy pH, dårlig lukt og smak).

Høydebasseng eller utjevningsbassenger der det foreligger mulighet for inntrenging av forurenset vann. (for eksempel bassenger som er sprengt ut i fjell)

Sårbare abonnenter er abonnenter som er spesielt avhengig av forskriftsmessig vannkvalitet. Eksempel på slike er:

sykehus, sykehjem, eldresentra

barnehager, skoler

næringsmiddelbedrifter eller andre virksomheter som er avhengig av en viss vannkvalitet

E.6.1.2 Evaluering av problemområder og sårbare abonnenter

Etter at kartleggingen beskrevet i kapittel E.6.1.1 er utført, vil man normalt ha en liste over en rekke problemområder av forskjellig type. Likeledes vil man ha registrert diverse abonnenter som er sårbare for variasjon i vannkvaliteten. Utfordringen blir da å rangere risiko ved avvik fra forskriftsmessig vannkvalitet i de forskjellige forsyningsområdene.

En hensiktsmessig måte å gjøre dette på, er å foreta en forenklet risikoanalyse. Å fastsette risiko innebærer å vurdere sannsynligheten for at en uønsket hendelse skal forekomme, og konsekvensen av en slik hendelse. En måte å rangere risiko på, er å tallfeste denne på grunnlag av en skjønnsmessig tallfesting av sannsynlighet og konsekvens.

De forskjellige hendelsene kan systematiseres i et kritikalitetsskjema. Tabellene E.6.1 og E.6.2 viser eksempel på slike skjema. I tabell E.6.1 tas det utgangspunkt i geografisk

avgrensede problemområder/-lokaliteter som er identifisert. For hvert av disse områdene gjøres det en vurdering av hvor sannsynlig det er at uønskede hendelser skal opptre, og hvilke konsekvenser slike hendelser kan ha for vannkvaliteten/forsyningssikkerheten og dermed for abonnentene i området. I tabell E.6.2 tas det utgangspunkt i sårbare abonnenter Tilsvarende vurderes her sannsynligheten for at uønskede hendelser kan berøre de sårbare abonnentene, og hvilke konsekvenser dette kan få. Hensikten med å systematisere sannsynlighet og konsekvens både ut fra geografisk område og sårbare abonnenter, er å synliggjøre de viktigste problemområdene, og hvilke punkter innen disse områdene som spesielt bør følges opp.

Både sannsynlighet og konsekvens er inndelt i tre klasser, henholdsvis liten, middels og stor. Etter en gjennomgang av mulige problemområder og hendelser, sitter man igjen med en liste som kan rangeres i 6 risikoklasser (risikofaktor 1,2,3,4,6,9) fra ubetydelig risiko (risikofaktor 1) til meget stor risiko (risikofaktor 9). Lista vil danne grunnlag for valg av prøvepunkter for overvåking av kritiske punkter.

For å kunne rangere sannsynlighet og konsekvens, bør det på forhånd settes opp kriterier for gradering i henholdsvis liten, middels og stor.

Tabell E.6.1 Eksempel på utfylling av kritikalitetsskjema for rangering av problemområder i forhold til endring av vannkvalitet

Geografisk område/ lokalitet	**Mulig problem/ hendelse**	**Sann-synlighet**	**Konsekvens for endring av vannkvalitet**			**Risiko-faktor**	**Kommentar**
			Liten (1)	**Middels (2)**	**Stor (3)**		
Ledning under Glomma	Innsug av bakteriol. og kjemisk forurenset vann	**Liten (1)**			X	3	Standard på ledninger/elvekryssing tilsier at brudd er lite sannsynlig Liten/middels risiko
		Middels (2)					
		Stor (3)					
Område ved tidsstyrt spyleventil	Brunt og grumset vann	**Liten (1)**				6	Stor sannsynlighet for påvirkning av vannkvaliteten, men faren for sykdom som følge av endringen er liten. Stor risiko
		Middels (2)					
		Stor (3)		X			

Tabell E.6.2 Eksempel på utfylling av kritikalitetsskjema for rangering av områder hvor det er tilknyttet sårbare abonnenter

Geografisk område/ lokalitet	**Mulig problem/ hendelse**	**Sann-synlighet**	**Konsekvens for skade på sårbare abonnenter**			**Risiko-faktor**	**Kommentar**
			Liten (1)	**Middels (2)**	**Stor (3)**		
Sykehus nn.	Helsefare	**Liten (1)**			X	3	Ligger utenfor geografisk problem-område. Dekkes av prøvepunkt nr. x. Liten/middels risiko
		Middels (2)					
		Stor (3)					
Skole Kurland	Helsefare	**Liten (1)**				4	Ligger innenfor problemområde y. Dekkes av prøvepunkt nr. z. Middels risiko
		Middels (2)		X			
		Stor (3)					

E.6.1.3 Plassering av prøvepunkter

Prøvepunktene skal plasseres ut fra de to hensynene:

Karakterisering av generell vannkvalitet

Overvåking av kritiske punkter

Karakterisering av generell vannkvalitet

Ved plassering av prøvepunktene lokaliseres først punktene som skal gi et uttrykk for den generelle vannkvaliteten. Hovedkriteriet for fastsettelse av disse punktene er at de skal være representative for flest mulig abonnenter, det vil si at de bør lokaliseres i områder med de største vannuttakene. Prøvepunktene bør samordnes med eventuell annen overvåkning av ledningsnettet som for eksempel kontinuerlig trykkovervåking eller kontinuerlig overvåking av ledningsevne, pH og turbiditet.

Lokaliseringen av prøvepunktene kan gjøres med utgangspunkt i simuleringer ved bruk av hydrauliske modeller. I de hydrauliske modellene er ledningsnettet beskrevet ved knutepunkter, ledninger, kilder, pumper, ventiler og bassenger.

De hydrauliske modellene vil da, svært forenklet, kunne beregne:

–vannføring, hastighet, strømningsretning og trykktap i ledningene

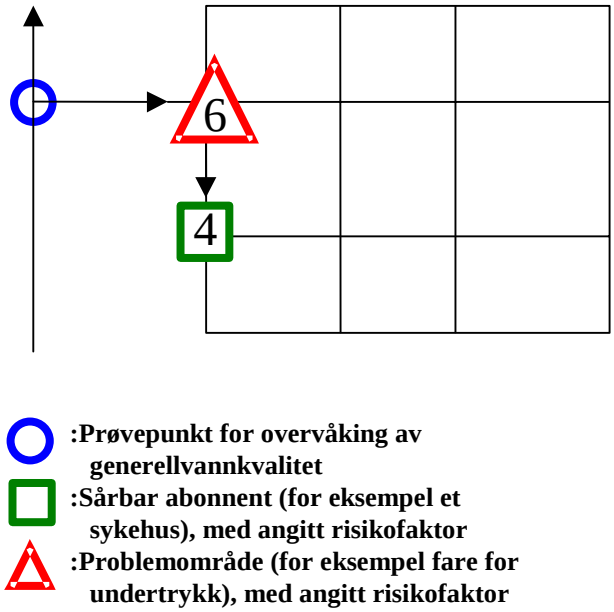
–trykk i knutepunkter

–vannivå i bassenger

Det er også viktig å legge vekt på at prøvetakingspunktene er lett tilgjengelige. De valgte prøvepunktene legges inn på et kartgrunnlag enten manuelt eller digitalt.

Overvåking av kritiske punkter

For å plassere prøvepunkter for overvåking av kritiske punkter/soner, er det hensiktsmessig å angi de beregnede risikofaktorene på kartgrunnlaget, for eksempel ved bruk av ulike symboler for hhv. sårbare abonnenter og problemområder. Dette er skjematisk vist i figur E.6.1.



Figur E.6.1 Eksempel på markering av prøvepunkt, sårbare abonnenter og problemområder på ledningskart

Figuren viser at en sårbar abonnent er lokalisert i et problemområde med en forholdsvis stor risiko for utilfredsstillende vannkvalitet. Dette er et potensielt område for lokalisering av et prøvepunkt. I tillegg er et prøvepunkt for generell vannkvalitet markert.

Etter at også øvrige problempunkter er markert, må det på grunnlag av de beregnede risikofaktorene foretas en prioritering slik at sårbare abonnenter i problemområder blir best mulig dekket.

Generelle anvisninger for hvor mange prøvepunkter som skal benyttes er vanskelig å gi. Det er imidlertid viktig at det foretas en separat vurdering for hvert enkelt punkt.

E.6.2 Prøveprogram

E.6.2.1 Prøvetakingsfrekvens

Drikkevannsforskriften angir en minste årlig prøvetakingsfrekvens fra prøvepunkter for overvåking av representativ vannkvalitet som leveres forbruker. Minstefrekvensen

avhenger av hvor mange personer som forsynes (vannleveranse). Det er resultatene fra disse prøvene som skal rapporteres i de årlige rapportene.

Behovet for hyppigere prøvetaking enn angitt i forskriften må vurderes på grunnlag av omfang av problemområder og problemenes karakter. Det er naturlig at det tas hyppigere prøver fra punkter i områder med høy risikofaktor. Erfaringer etter en tids prøvetaking vil danne grunnlag for å vurdere endringer. Dersom vannkvaliteten fra samme prøvepunkt varierer, vil det være aktuelt å øke frekvensen. Hvis vannkvaliteten fra samme punkt er stabil, mens variasjonene mellom prøvepunkter er stor, er det aktuelt å utvide antall prøvepunkter, eller bytte ut prøvepunkter.

Prøvene må være jevnt fordelt over året for at de skal kunne gi et representativt bilde av vannkvaliteten.

E.6.2.2 Analyseprogram

Drikkevannsforskriften angir hvilke parametere som skal analyseres ved rutinemessig kontroll av vann i ledningsnettet. De angitte parameterne skal reflektere vannkvalitetsendringer som kan forekomme i ledningsnettet, og som er viktigst med hensyn til vannets helsemessige og bruksmessige kvalitet.

Supplerende analyser utover drikkevannsforskriftens minstekrav, må vurderes særskilt ved det enkelte vannverk.

For å fastslå graden av kvalitetsendring i ledningsnettet, bør det tas prøve av rent vann ut fra behandlingsanlegget hver gang det tas prøver fra nettet.

Kapittel B om vannkvalitet beskriver ulike parametere som er relevant for norsk drikkevann. I kapittel E. 4 om beleggdannelse og korrosjon gis blant annet informasjon om hvordan man kan overvåke disse effektene i ledningsnettet. Her nevnes noen viktige momenter ved fastsettelse av ledningsnettsanalyser:

Ledningsevne er en god parameter for å teste om det har skjedd innsug av forurenset vann på nettet. Alternativt kan det benyttes kontinuerlig trykkovervåking i utsatte soner. Kimtallsanalyser bør også tas ved mistanke om innsug.

Vannverk som har alkalisering og karbonatisering som korrosjonsbehandling, bør i tillegg til pH måle total alkalitet og kalsium.

Økt farge og turbiditet kan indikere korrosjon i ledningsnettet. Ved lange strekninger med jernledninger bør man analysere innholdet av jern i vannet.

Der råvannet inneholder jern og/eller mangan i slike konsentrasjoner at bruksmessige problemer kan oppstå, bør disse stoffene analyseres i råvann og nettprøver.

E.6.2.3 Prøveprogram ved spesielle hendelser

Kontrollen som hittil er beskrevet, er den rutinemessige overvåkingen av vannkvaliteten på ledningsnettet. I tillegg vil det være behov for kontroll i forbindelse med hendelser som krever særskilt oppfølging. Eksempler på dette er klager på vannkvaliteten, mistanke om at vannet kan være bakteriologisk forurenset på grunn av ekstraordinære forhold som ledningsbrudd, store vannuttak til brannslukking med mer.

I slike tilfelle må det etableres egne, tidsavgrensede prøveprogram som skal bidra til å klargjøre problemomfang, årsaker og behov for tiltak. Resultat av analyser fra disse undersøkelsene må ikke inngå som en del de rutinemessige analysene til myndighetene, fordi dette ville gitt et feil bilde av vannkvaliteten over året.

Rutiner for gjennomføring av slike prøveprogram må inngå i vannverkets internkontroll.

I tabell 6.3 er det gitt en oversikt over prøveprogrammer ved noen vanlig forekommende problemer på ledningsnettet.

Tabell E.6.3 Oversikt over prøveprogrammer ved noen vanlige problemer på vannforsyningsnettet

Problem	**Prøveprogram**
Ledningsbrudd, store lekkasjer, ustabile grunnforhold, tilfrosne ledninger, store ledningsreparasjoner	Bakteriologiske prøver og fysisk/kjemiske prøver (TOC, turbiditet, pH) tas like etter at hendelsen har skjedd, oppstrøms og nedstrøms. Effekten av rengjøring og desinfeksjon av ledningsområdet, sjekkes ved tilsvarende analyser inntil kvaliteten er tilfredsstillende.
Områder hvor det tidligere har vært registrert eller har vært mistanke om innsug av vann utenfra	Bakteriologiske prøver og fysisk/kjemiske prøver (TOC, turbiditet, pH, lukt/smak) oppstrøms og nedstrøms samtidig med generelt prøveprogram.
Område hvor det klages på dårlig vannkvalitet, lukt/smak, grumset vann eller hvor man har registrert høyt bakterietall, slamproblemer eller korrosjonsproblemer	Bakteriologiske prøver og fysisk/kjemiske prøver (TOC, turbiditet, pH, lukt/smak) oppstrøms og nedstrøms like etter klage er mottatt. Spesielle parametere for begroingspotensial (AOC/BDOC) og korrosjon (alkalitet, Ca, Fe, Cu) vurderes
Endeledninger hvor man har mistanke om dårlig vannkvalitet (høy pH, dårlig lukt og smak)	Bakteriologiske prøver og fysisk/kjemiske prøver (TOC, turbiditet, pH, lukt/smak) tas hos abonnent i enden av ledningen, samtidig med generelt prøveprogram.
Mistanke om forurensning fra høydebasseng til ledningsnettet	Bakteriologiske prøver tas etter tilknytningspunkt til ledningsnettet, samtidig med generelt prøveprogram inntil verifikasjon eller avkreftelse.
Område hvor det har vært registrert eller har vært mistanke om vannbårne epidemier	Bakteriologiske prøver tas så snart som mulig (hurtigmetoder) i, før og etter problemområde. Epidemiologiske vurderinger gjøres av lokale helsemyndigheter. NB! Raske tiltak uavhengig av resultat fra vannprøver (varsling, kokepåbud, sterkklorering, ledningsnettiltak)
Tilknytningspunkt for spesielt sårbare bedrifter/institusjoner som sykehus, skoler, eldresentra, barnehager og bedrifter som er totalt avhengig av en viss vannkvalitet	Bakteriologiske prøver og fysisk/kjemiske prøver (TOC, turbiditet, pH, lukt/smak) tas på bedriften/institusjonen samtidig med generelt prøveprogram.

E.6.3 Referanse

1. Ragnar Storhaug og Mona Weideborg, 1999, ”System for valg av prøvepunkter på drikkevannsanlegg og ledningsnett”. Aquateam, rapport nr 99-030

E.7 Drift og vedlikehold

E.7.1 Innledning

For å ivareta drikkevannsforskriftens krav om hygienisk sikring av vannforsyningssystemet, har både myndigheter og vannverkseiere tradisjonelt fokusert på nødvendigheten av å beskytte vannkilde, og å bruke riktig vannbehandling. Man har vært langt mindre opptatt av hva som kreves for å oppnå tilfredsstillende hygienisk sikring av transportsystemet.

Det har vært hevdet at restklor vil uskadeliggjøre mikrobiologisk forurensning av vannet i ledningsnettet, og som sådan gi en hygienisk sikring. Undersøkelser har imidlertid vist at klorkonsentrasjoner som er vesentlig høyere enn det som er vanlig å benytte i Norge, ikke gir noen garanti for at selv meget små mengder mikrobiologisk forurensning blir uskadeliggjort. Heller ikke kloraminer er egnet til å ta hånd om forurensning av vannet i ledningsnettet.

Den hygieniske sikkerheten må derfor bygges inn i distribusjonssystemet på annet vis. Det er da snakk om en rekke tiltak, både av teknisk og driftsmessig art. Et av de viktigste er å sørge for overtrykk i ledningene. Dette vil sikre at forurenset vann ikke trenger inn i utettheter. Videre vil tiltak for å hindre begroing og korrosjon, samt gode rutiner i forbindelse med reparasjoner og nyanlegg, være av stor betydning.

Er ledningsnettet bygget som grensystem (”gaffelform”), vil et ledningsbrudd føre til at ledningen utenfor bruddet vanligvis mister overtrykket. Er nettet bygd opp i sløyfer (ringsystem), er det stor sannsynlighet for at overtrykket beholdes selv om det oppstår korrosjonshull og mindre brudd. I mange tilfeller vil kravet om stabil drift av trykkreduksjonsventiler og behovet for kontinuerlig måling av vannføringen føre til at deler av nettet bare forsynes gjennom en ledning. Slike tilførselsledninger må derfor ha særlig høy kvalitet.

I de etterfølgende kapitler har vi omtalt en del sentrale hensyn vedrørende rengjøring og desinfeksjon av ledninger og høydebasseng, samt litt om rehabiliteringsmetoder.

E.7.2 Planlegging

Ved planlegging av nye ledninger må det legges til rette for rengjøring, det må blant annet være mulig å bruke renseplugger. Det må finnes nok spyleventiler med tilstrekkelig dimensjon, og spylevannet må kunne dreneres eller pumpes vekk, se figur E.7.1.

Det er også viktig at ledningsnettet utstyres med avstengningsventiler slik at det er mulig å avgrense mest mulig de deler av ledningsnettet som blir trykkløse i forbindelse med reparasjoner.



Figur E.7.1 Spylevannet må kunne fjernes

Rutinemessig rengjøring må planlegges ut fra detaljert kjennskap til ledningsnettet. Undersøkelse med rørinspeksjonskamera kan være nyttig for å finne brudd, forskyvninger og avleiringer. Figur E.7.2 viser bilder av slike kamera.

Deler av transportsystemet som har liten vanngjennomstrømning, er særlig utsatt for kvalitetsendringer på grunn av begroing og korrosjon. Eksempler er høydebassenger og endeledninger. Disse bør rengjøres regelmessig. Dette gjelder spesielt i områder der brukerne klager på dårlig lukt og smak, grums eller farge i vannet, og der kontroller avdekker utilfredsstillende bakteriologiske forhold (høye kimtall og/eller koliforme bakterier).



Figur E.7.2 Eksempler på rørinspeksjonskameraer. Fargekamera med traktor (venstre) og svart/hvitt kamera

Nylagte og reparerte vannledninger kan være forurenset av kloakk, overvann, grus med videre. Faren for forurensning er stor fordi ledningsnettet blir trykkløst under denne type arbeid. Det må derfor tas særlige hensyn. Lengden på ledningsstrekket som er trykkløst, bør begrenses mest mulig. Den åpne enden av røret bør alltid tettes med plugg, tett deksel eller tilsvarende ved avbrudd i arbeidet (lunsjpause, endt arbeidsdag med mer). Lensepumpe må benyttes dersom det står vann i ledningsgrøften. Alle rør bør kontrolleres nøye før de legges, slik at de er frie for smuss innvendig. Alle nylagte eller reparerte ledninger må rengjøres før de tas i bruk. Husk på eventuelle endestusser som det er vanskelig å spyle. Rengjøringen bør inkludere utspyling, desinfeksjon og om nødvendig utspyling av desinfeksjonsmiddelet. Ved legging av nye ledninger bør krav om slik behandling fremgå av kontrakten eller den tekniske beskrivelsen for arbeidet. Bildet i figur E.7.3 viser ett eksempel på under hvilke omstendigheter reparasjonsarbeider vil foregå. Arbeideren benytter engangskjeledress, hvilket bidrar til å fokusere på at hygieniske forhold tas på alvor når det arbeides med drikkevannsledninger.



Figur E.7.3 Reparasjon av drikkevannsledning (foto: Hans Hatmyr, Trondheim kommune)

Etter nybygging eller reparasjon av høydebasseng, kan det ligge igjen sand, jord eller rester av byggematerialer, herunder kjemiske hjelpestoffer, som kan innebære helserisiko eller gi bruksmessige ulemper for abonnentene. Nye og reparerte basseng må derfor rengjøres og desinfiseres før de tas i bruk.

Spyling av ledningsnett kan med fordel utføres om natten fordi vanntrykket da er høyest og spylingen gir minst ulemper for abonnentene. Mange vannverk har imidlertid gode erfaringer med spyling på dagtid. Abonnentene bør varsles på forhånd (se kapittel 7.10).

Det skal benyttes vann av drikkevannskvalitet til rengjøringen. Dersom utslipp av kloroppløsning for desinfeksjon av ledninger og basseng kan tenkes å skade miljøet i resipienten, skal uttalelse fra forurensningsmyndighetene innhentes (se kapittel 7.7).

Det finnes flere standarder som tar for seg tema omkring drift og vedlikehold av ledningsnett, bla. om trykkprøving, og dokumentasjon av sluttkontroll.

E.7.3 Rengjøring av ledningsnett

E.7.3.1 Spyling

Vanlig spyling

Konvensjonell spyling fjerner i hovedsak bare løst slam. Metoden egner seg dårlig for rørdimensjoner over 150 millimeter. I nett med god kapasitet og god mulighet for utledning av spylevann, vil spyling med vann alene også kunne fjerne løst slam i ledninger med diameter 200-250 millimeter.

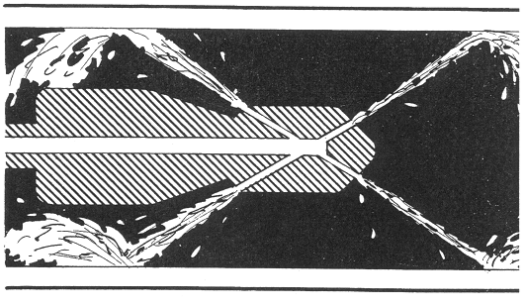
Resultatet blir bedre jo større hastighet man kan spyle med. Minimumshastigheten bør være 1 meter per sekund. Spylingen bør vedvare til vannet er rent.

Spylingen skjer gjennom brannventiler eller egne utspylingsventiler. Det er viktig at vannføringen ikke blir så stor at det blir undertrykk på vannledningsnettet. Utspylingsventiler med stor diameter og enkelte typer brannventiler har stor kapasitet, og faren for undertrykk kan derfor være betydelig. I slike tilfeller bør trykket ved utspylingspunktet måles under spylingen, og vannføringen styres slik at trykket ikke blir for lavt.

Effekten av konvensjonell spyling kan forbedres vesentlig ved å tilføre luft under spylingen, såkalt luftproppspyling. Metoden krever et vesentlig lavere vannforbruk enn konvensjonell spyling. Metoden egner seg for diameter opp til 200 millimeter. I områder med store høydeforskjeller er luftproppspyling uegnet.

Høytrykksspyling

Høytrykksspyling foregår ved at en vannslange med munnstykke føres gjennom vannledningen. Det kreves spesielle atkomståpninger. Munnstykket er tilkoplet trykkforsterker og slipper ut vann med meget høyt trykk. På munnstykket kan det være flere dyser, i hovedsak rettet bakover. Reaksjonskraften gjør at munnstykke og slange trekkes inn i røret. Effekten av spylingen er i høy grad avhengig av riktig vinkel og riktig vannmengde. Røret må være drenert før spylingen starter. Generelt løses slam best ved høyt trykk uten for store vannmengder. For å få slammet ut av rørledningen trengs rikelig med vann. God etterspyling er derfor nødvendig. Figur E.7.4 viser prinsippet for en spyledyse.



Figur E.7.4 Skisse av spyledyse

Høytrykksspyling kan være nyttig for å løsne slam og rustknoller i ledninger med små og midlere dimensjoner. Dersom det ikke er nødvendig av driftsmessige årsaker, vil det sjelden være gunstig å fjerne rustknoller fullstendig fordi dette medfører stor risiko for at vannet blir rødfarget av rust i lang tid etter fjerningen (ledningen ”blør”) fordi man får nye rustangrep på de blottlagte jernflatene.

Korrosjonen kan øke etter høytrykksspyling der gammelt innvendig belegg skades. Behovet for å påføre nytt innvendig korrosjonsbeskyttende belegg bør derfor vurderes.

Da høytrykksutstyr også brukes ved spyling av avløpsledninger, må det påses at utstyret er skikkelig rengjort og desinfisert før bruk i drikkevannsledninger.

E.7.3.2 Mekaniske renseinnretninger

Det finnes forskjellige renseinnretninger for vannledningsnett. Eksempler er diverse skraper og renseplugger som enten trekkes gjennom ledningene med wire, eller drives av vanntrykket. Ved vurdering av hvilke renseinnretninger som skal benyttes, bør man ta hensyn til ledningsnettets tilstand. De forskjellige firma i bransjen vil gi nøyere opplysning om utstyret som de benytter.

Renseplugger

Renseplugger benyttes for de fleste ledningsdimensjoner. De lages ofte av polyuretanskum som kan ha forskjellig hardhet. De er fleksible slik at de kan passere mindre innstikk eller innsnevringer i røret. Pluggene er best egnet til å fjerne løstsittende slam. I hovedsak benyttes myke renseplugger for å unngå fare for rustfarget vann fra ”blødende ledninger”.

Det finnes også plugger med stålbørster lagt rundt omkretsen. Denne typen fjerner også i noen grad fastsittende belegg og rustknoller. Stålbørster må brukes med stor varsomhet på støpejernsledninger da de vil kunne gi problemer med ”blødende ledninger” i flere år. Stålbørster bør derfor i all hovedsak bare benyttes i forbindelse med rehabilitering (ledningen får nytt innvendig belegg).

Skraping

Skraping gjennomføres med mekanisk verktøy for å fjerne fastsittende slam og gammelt belegg.

Ved skraping kan korrosjonsbeskyttende belegg skades. Skraping av støpejernsledninger vil kunne gi problemer med rødt vann (rustvann) flere år etter skrapingen. Metoden må derfor bare brukes før rehabilitering av ledningene. Det er også fare for at materiale presses inn i stikkledninger og tetter disse. Etter skraping, må derfor stikkledningene spyles.

Rengjøringsmetoder som man må regne med fører til blottlegging av jernflater, bør bare benyttes etter at vannkvaliteten er justert ved vannbehandling for å hindre blødning.

E.7.4 Rengjøring av basseng

I høydebasseng som er i bruk, kan organisk og uorganisk materiale i vannet sedimentere til bassengbunnen og gi grunnlag for oppvekst av mikroorganismer med påfølgende lukt- og smaksproblemer. Som for ledningsnett, vil bassengene også være utsatt for korrosjon.

Det foreligger ingen systematisk oversikt over hvordan vannverkene praktiserer renholdsrutiner og annet vedlikehold av disse viktige installasjonene på transportsystemet. Det er imidlertid et inntrykk at vannverkene er blitt mer bevisst viktigheten av et regelmessig tilsyn.

Tradisjonell rengjøring foregår ved at bassenget tømmes og spyles. Det må tas hensyn til mulige praktiske problemer. Vi må anta at rengjøring av høydebassenger i mange tilfeller vil medføre et uakseptabelt avbrudd i vannleveransene dersom dette ikke kan kompenseres ved endret manøvrering eller påkopling fra alternativ kilde eller høydebasseng. For å sikre god driftssikkerhet under rengjøring, bør det vurderes å gi nye basseng to atskilte kammer.

Belegget av løst slam som dannes på bunnen av høydebasseng, kan også fjernes ved slamsuging som utføres av spesialtrente dykkere. Slamsuging kan utføres mens høydebassenget er i drift.

I visse tilfeller kan det være behov for å bruke vaske-/spyleapparater med særlig høyt trykk for å fjerne fastsittende slam.

E.7.5 Desinfeksjon av ledninger

Som nevnt innledningsvis, vil desinfeksjon være et viktig tiltak i en rekke situasjoner for å sikre seg mot potensielt helsefarlig vann. For å oppnå en tilfredsstillende effekt av desinfeksjonen er forutgående spyling avgjørende.

E.7.5.1 Desinfeksjonsmidler

De mest vanlig benyttede desinfeksjonsmidler er kalsiumhypokloritt og natriumhypokloritt. Praktiske og sikkerhetsmessige forhold vanskeliggjør bruken av mobile klorgassanlegg.

Natriumhypokloritt (NaOCl) leveres i væskeform, og er derfor lettvint å bruke. Ulempen med natriumhypokloritt er at den har begrenset holdbarhet, fordi klorinnholdet

avtar over tid. Natriumhypokloritt bør oppbevares mørkt og ikke lenger enn 3 måneder etter produksjonsdato. Nylaget er vanligvis konsentrasjonen av klor slik at styrken tilsvarer 150-160 gram klorgass per liter, men den kalles 15 % løsning. Natriumhypokloritt er en sterkt alkalisk løsning (pH 10-11), og må derfor ikke blandes med syre. Den er ellers lite farlig, bortsett fra at sterk lut er etsende. Les derfor databladet nøye og bruk ansiktsbeskyttelse, gummiforkle, gummihansker og eventuelt annet verneutstyr som kommer frem av databladet. Husk øyeskylleflaske.

Kalsiumhypokloritt foreligger i pulver eller tablettform, vanligvis med et tilgjengelig klorinnhold på 65 - 70 vektprosent. Kalsiumhypokloritt har god lagringsbestandighet. Ved oppløsning i vann dannes en uløst rest av kalsiumhydroksid og kalsiumkarbonat. Oppløsningen bør derfor få stå noen timer før bruk, slik at det faste stoffet synker til bunns i oppløsningskaret. Med hensyn til personlig beskyttelse, bør man følge samme sikkerhetshensyn som beskrevet under natriumhypokloritt.

E.7.5.2 Desinfeksjon av nye ledninger

En ny vannledning skal trykkprøves, spyles og desinfiseres før den tas i bruk.

En av hovedhensiktene med trykkprøvingen er å kontrollere at forankringene i kummene er sterke nok. Trykkprøving utføres på avstengt ledningsstrekning ved hjelp av en stempelpumpe. Svikter forankringen er det derfor ingen fare for personskade.

For at desinfeksjonen skal bli effektiv, må ledningen først spyles med plugg og vann. Hele ledningsstrekningen bør deretter fylles med vann som inneholder minimum 10 milligram klor per liter, og som får stå i 24 timer.

Dersom det er lagt ny ledning fra vannbehandlingsanlegget, kan klortilsetningen normalt skje fra behandlingsanleggets kloreringsanlegg. Hvis ikke, kreves eget utstyr for tilkopling til ledningsnettet, og for dosering.

Nødvendig mengde klorforbindelse som skal til for å oppnå en konsentrasjon på 10 milligram klor per liter (0,01 kg per kubikkmeter), beregnes slik:

Regn ut volumet av ledningen som skal desinfiseres

Beregn nødvendig mengde rent klor (kg) = Volum ledning (m^3) x 0,01 (kg/ m^3)

Beregn nødvendig mengde klorforbindelse:

15 % natriumhypokloritt (handelsvare) (kg) = Mengde rent klor /0,15

eller

65 % kalsiumhypokloritt (kg) = Mengde rent klor /0,65

Sammenhengen mellom ønsket klorkonsentrasjon i ledningen, Kons.$Cl_{2ledning}$ (mg/l), konsentrasjon i klorløsningen, Kons. $Cl_{2løsning}$ (g/l), klordoseringspumpens kapasitet $Q_{klorpumpe}$ (l/time) og vannføring i ledningen $Q_{ledning}$ (m^3/time), beregnes etter følgende formel.

$Q_{ledning}$ x Kons.$Cl_{2ledning}$ = $Q_{klorpumpe}$ x Kons. $Cl_{2løsning}$

Her er et beregningseksempel ved bruk av natriumhypokloritt, som kan doseres direkte fra emballasjen i 15 % konsentrasjon: Om doseringspumpens kapasitet er 10 liter per time, blir største vannføring som kan gå i vannledningen 150 m^3 per time dersom klorkonsentrasjonen skal holdes på minst 10 milligram per liter.

Kalsiumhypokloritt bør ikke løses i større konsentrasjon enn 150 gram per liter vann. Dette gir en ca. 10 % løsning. Oppløsningen bør skje ved omrøring i ca. 15 minutter. Kalsiumhypokloritt inneholder ca. 10 % uløselig kalk. Det uløste materialet bør bunnfelles før doseringen starter.

Konsentrasjonen av klor bør kontrolleres noen hundre meter fra doseringspunktet, og etterjusteres om nødvendig for å holde konsentrasjonen høyere enn 10 milligram klor per liter. Når klor kan påvises (luktes) ved enden av ledningen, stenges den av i 24 timer.

Utspyling av kloroppløsningen er omtalt i kapittel E.7.7. Når kloroppløsningen er spylt ut, må ledningen forbli fylt med vann, slik at det er overtrykk.

E.7.5.3 Desinfeksjon av gamle ledninger

Behov for desinfeksjon av gamle ledninger kan oppstå som følge av inntrenging av forurenset materiale på grunn av rørbrudd, reparasjoner, ved tilknytning av nyanlegg med mer.

Når det ikke er trykk i rørledningen, slik situasjonen er ved utskiftning/reparasjon av rør, kan forurensninger trenge inn i rørledningen. Spesielt der kloakk- og vannledninger ligger i samme grøft, øker risikoen for mikrobiologisk forurensning. Skulle uhellet være ute, må desinfeksjonen gjennomføres raskt, og det er liten tid til planlegging. Det er derfor viktig å ha innarbeidet rutinene.

Etter et rørbrudd og før nytt rør kobles inn, bør det legges tabletter eller granulat av kalsiumhypokloritt inn i røret. Mengden i gram bør være tilsvarende rørets diameter i millimeter, det vil si i et 100 millimeters rør legges 100 gram kalsiumhypokloritt, i et 600 millimeters rør legges 600 gram kalsiumhypokloritt.

Såfremt det er mulig, bør røret fylles i motsatt retning av normal strømningsretning. Når røret er fylt, åpnes en spyleventil så mye at klorvannet transporteres langsomt gjennom røret i vanlig strømningsretning. Til sist spyles med maksimal vannhastighet til alt klor er spylt ut og vannet er klart. Dersom røret ikke kan fylles i motsatt retning av det normale, må vanntilførselen skje meget langsomt. La vannet renne langsomt i ca. 15 minutter etter at røret er fylt slik at den tilførte klormengden få virke før røret spyles.

Ved reparasjoner nær vannbehandlingsanlegget, kan det være formålstjenlig å øke klordoseringen i anlegget før arbeidet starter. En konsentrasjon på 0,5 - 1,0 milligram fritt klor per liter vil øke den hygieniske sikkerheten dersom desinfeksjon direkte på nettet er vanskelig å gjennomføre.

E.7.6 Desinfeksjon av basseng

Nødvendig klorkonsentrasjon må vurderes på grunnlag av hvor tilgriset bassenget er, hva slags fremmedstoffer som har forurenset bassenget, og sist, men ikke minst, etter hvor effektiv forutgående rengjøring har vært. Dersom bassengoverflaten er porøs og ruglete, vil dette vanskeliggjøre rengjøringen, hvilket kan tilsi at det er behov for sterkere klorering. Lengre virketid med lav klorkonsentrasjon kan i noen grad være et alternativ til sterkklorering. Ved svakklorering kan vannet sendes direkte til forbruker. Et kloroverskudd på 1,0 mg fritt klor per liter etter oppfylling av bassenget, vil i de aller fleste tilfeller være tilstrekkelig. Med en slik klorkonsentrasjon, kan vannet leveres på forbrukernettet såfremt vannet for øvrig er bruksmessig tilfredsstillende. I veilederen til drikkevannsforskriften er det angitt at maksimal dosering til drikkevann ikke bør overskride 5 milligram klor per liter.

Ved svakklorering kan klor tilsettes på følgende alternative måter:

Hele den beregnede klormengde tilsettes i bassenget når oppfyllingen starter.

Klor tilføres på innløpsledningen under hele eventuelt deler av oppfyllingsperioden.

E.7.6.1 Svakklorering ved tilsetting av klor i bassenget

Her tilsettes alt klor i bassenget på en gang, slik at fortynningen skjer etter hvert som bassenget fylles. For å beregne nødvendig klormengde, må man kjenne bassengets volum og klorkonsentrasjonen man ønsker i fullt basseng.

I det etterfølgende er gitt et eksempel for desinfeksjon av et basseng med volum 1000 m^3, og hvor man ønsker en klorrest på 1,0 milligram fritt klor per liter etter oppfylling.

I tillegg til den ønskede klorrest, må det tas hensyn til at vannet også forbruker klor. Vannets klorforbruk avhenger av vannkvaliteten, spesielt innhold av organisk materiale.

Hvis vi regner at vannets klorforbruk er 0,5 milligram per liter, vil nødvendig klorkonsentrasjon være 1,5 milligram per liter, eller 1,5 gram per m^3. I et 1000 m^3 basseng må det altså tilsettes 1,5 kilo klor.

Ved bruk av 65 % kalsiumhypokloritt, vil nødvendig mengde være 1,5/0,65 = 2,3 kg. Brukes 15 % natriumhypokloritt, vil nødvendig mengde være 1,5/0,15 = 10 kg (10 liter).

Dersom man velger å bruke kalsiumhypokloritt, må pulveret røres ut i ca. 30 liter vann. Umiddelbart etter at oppfyllingen av bassenget er startet, helles løsningen av kalsiumhypokloritt, eller natriumhypokloritt, i bassenget i nærheten av innløpet.

Oppfyllingen av bassenget skal skje langsomt, over ca 10 timer. I den innledende fase får man en sterkt desinfiserende løsning som dekker bunnen og de nedre deler hvor behovet for desinfeksjon antas å være størst.

En svakhet ved denne metoden er at klorkonsentrasjonen kan variere i bassenget. Det vil være vanskeligere å benytte denne metoden hvis bassenget er to eller flerdelt. I slike tilfelle bør man dosere klorløsningen på innløpsledningen.

E.7.6.2 Svakklorering ved dosering av klor på innløpsledningen

Dersom man ønsker å sikre at klor blir jevnt fordelt i vannmassene, kan klorløsningen doseres proporsjonalt med vannmengden, direkte på innløpsrøret til bassenget, evt. ved innløpsrørets åpning i bassenget. Dette kan være nødvendig hvis bassenget er delt i flere seksjoner. Beregningen av klordosen blir som omtalt under pkt. 7.6.1, dvs. at klordosen bør være 1,5 milligram klor per liter. Dersom vanntilførselen er 100 m^3 per time, må det doseres 230 gram 65 % kalsiumhypokloritt eller 1 liter 15 % natriumhypokloritt per time.

E.7.6.3 Sterkklorering

Dersom det er nødvendig å gjennomføre en kraftigere klorering, kan de nevnte metoder for svakklorering benyttes, men med økte kjemikaliemengder. Ved klordoser over ca. 5 milligram per liter, bør den klorholdige væsken spyles ut før vannet nyttes i husholdningen.

Ved sterkklorering er det ikke nødvendig å ta hensyn til vannets klorbehov. En tidobling av de i kapittel 7.6.1 beregnede kjemikaliemengder, vil gi en konsentrasjon i vannet på tilnærmet 15 milligram klor per liter. Utspyling av klorholdig vann er omtalt i kapittel 7.7.

E.7.7 Utspyling av klorholdig vann

Før store mengder klorholdig vann fra ledningsnett eller basseng tømmes, må det vurderes om utslippet kan ha negative effekter. Eksempler på negative effekter er skade på dyre- eller plantelivet ved direkte utslipp i resipient, eller driftsforstyrrelser ved tilførsel til avløpsrenseanlegg. Dersom det er fare for slike effekter, skal forurensningsmyndighetene forespørres.

Eventuelle skadelige effekter av klor kan elimineres ved å avklorere vannet. Avklorering kan gjennomføres ved å tilsette *natriumsulfitt, natriumhydrogensulfitt* eller *natriumthiosulfat*. Det er viktig å kunne styre doseringen slik at konsentrasjonen i vannet blir riktig. Fordi effektiv innblanding av avkloreringsmiddel i vannmassene er viktig, vil avklorering ved dosering direkte i bassenget være vanskelig.

Nødvendig konsentrasjon avkloreringsmiddel i vannet beregnes på grunnlag av konsentrasjonen av fritt klor, på følgende måte.

Natriumsulfitt, Na_2SO_3 (g/m^3) = mg fritt klor/l x 1,7

Natriumhydrogensulfitt, Na_2HSO_3 (g/m^3) = mg fritt klor/l x 1,4

Natriumthiosulfat, $Na_2S_2O_3$ (g/m^3) = mg fritt klor/l x 1,4

Etter gjennomført desinfeksjon av ledninger skal det klorholdige vannet spyles ut mens man opprettholder trykk på ledningen. En trykkløs ledning kan infiseres på nytt ved at forurenset vann trenger inn gjennom utettheter.

E.7.8 Bakteriologisk undersøkelse

Etter spyling og desinfisering av ledninger, bør det tas prøve for bakteriologisk analyse. Av praktiske hensyn vil det ofte ikke la seg gjøre å vente med å ta ledningen i bruk til resultatet foreligger. Dersom resultatet ikke er tilfredsstillende, må drikkevannsmyndigheten kontaktes umiddelbart. Det må tas nye prøver og årsaken til eventuelle avvik må søkes klarlagt.

Det bør også foretas bakteriologiske undersøkelser etter desinfeksjon av basseng, men ikke før etter noen dagers bruk, når all klor er borte. Dersom vannet ikke har tilfredsstillende mikrobiologisk kvalitet, må samme tiltak som nevnt foran gjennomføres. For å avklare årsakssammenheng, bør det også tas prøve fra tilførselsledningen til bassenget.

Dersom drikkevannsmyndigheten finner det påkrevd, må ny spyling og desinfeksjon av ledning eller basseng gjennomføres.

E.7.9 Rehabilitering

Rehabilitering av vannledninger utføres for å gi ledningene ny korrosjonsbeskyttelse, tette vannlekkasjer, forsterke eller fornye svake rør, og unngå forringelse av vannkvaliteten i ledningsnettet. Det finnes flere metoder hvorav de mest brukte er nevnt i det følgende.

Tilsvarende som for nye vannledninger, skal også rehabiliterte ledninger spyles, trykkprøves og desinfiseres før de tas i bruk.

Sementmørtel

Sementmørtel pumpes til en maskin med roterende hode. Maskinen trekkes gjennom ledningen som skal rehabiliteres, mens mørtelen slynges mot rørveggen med meget høy hastighet. For å oppnå god herding av mørtelen, bør ledningen stå fylt med vann i 1-2 uker før den tas i bruk. Da utforingen vil bevirke en kraftig pH-økning pga. kalkutløsning, bør vannledningen gjennomspyles til pH er nede i 8,5. Metoden kan brukes til sementbaserte rør og rør av støpejern og stål.

Plastrør

Plastrørene som benyttes er i hovedsak av polyetylen (PE50/80 eller PE100). Det nye røret trekkes eller skyves inn i den eksisterende ledningen. Forutgående rengjøring er ofte nødvendig for å oppnå tilstrekkelig tverrsnitt.

Rehabilitering med plastrør kan gjøre at den nye ledningen får mindre kapasitet pga. mindre dimensjon.

Epoxy

Epoxyen som består av epoxy-harpiks og herder, blandes på stedet. Den sprøytes eller sentrifugeres på rørveggen med en maskin som trekkes gjennom røret. Denne metoden krever godt rengjorte rørvegger for å få god heft. Dersom blandingsforholdet mellom epoxyharpiks og herder ikke er riktig, vil den ureagerte delen av harpiks eller herder gi grunnlag for bakterievekst når vannet settes på. I slike tilfeller kan en oppleve høyt kimtall i flere uker etter at ledningen er satt i drift.

Metoden er velegnet til metalliske rør, men det er viktig å få et jevnt, godt dekkende og tykt nok belegg. Metoden er ikke egnet for rørdimensjoner over 300 millimeter på grunn av faren for at belegget kan løsne fra rørveggen.

Epoxystrømpe

Dette er en plaststrømpe laget av terylenfiber, karbonfiber og lignende, og en film av PVC. Strømpen påføres epoxy kort tid før leggingen starter. Strømpen vrenges inn i ledningen slik at epoxymassen kommer nærmest rørveggen. Ledningen herdes med varmt vann natten over, deretter spyles ledningen med kaldt vann før den tas i bruk.

E.7.10 Informasjon til abonnentene

Vannverket har plikt til å informere brukerne om forhold som kan ha betydning for vannets kvalitet eller leveranse. Det er viktig å være oppmerksom på følgende:

Rengjøring av ledninger og bassenger kan gi ulemper for brukerne med grumset og farget vann, og eventuelle korte avbrudd i vannforsyningen.

Stikkledninger kan tettes.

Desinfeksjon kan gi sterk klorsmak på vannet.