

1 FORMÅL

Formålet med VA-Miljø-bladet er å gi en veiledning til kommuner og VA-konsulenter om problemer med fremmedvann til avløpsledninger, hvordan dette kan måles og analyseres og hvilke tiltak som kan gjennomføres.

2 BEGRENSNINGER

Avløpssituasjonen varierer svært mye fra felt til felt og er avhengig av en lang rekke spesielle og lokale forhold. I enkelte områder og kommuner kan ulempene ved fremmedvann være ganske små, men i de fleste tilfeller er ulempene store. Der det er mest følsomme resipienter er ulempene størst.

Arbeidet med å finne fremmedvannkilder og minke fremmedvannmengden er ikke en engangsjobb, men en kontinuerlig prosess som krever langtidsplanlegging og vedvarende innsats. Et rutinemessig drifts- og vedlikeholdsprogram med rør- og kuminspeksjoner, fjerning av inntrengende røtter og innlekkasjepunkter er viktige elementer.

3 FUNKSJONSKRAV

Fremmedvann bør ikke forårsake større problemer for funksjonen til avløpsrenseanlegg og bør heller ikke være årsak til betydelige forurensningsutslipp. Dersom kostnadene ved å fjerne fremmedvann er mindre enn de kostnader og ulemper som det forårsaker, bør tiltak settes inn.

4 LØSNINGER

4.1 GENERELL BESKRIVELSE AV PROBLEMSTILLINGEN

Oslos Vann- og avløpsetat definerer alt vann som ikke er spillvann fra husholdninger og næringsliv som fremmedvann (Aulie 2017). Dette gjelder både for separatsystemet og fellessystemet. Overvann er riktignok planlagte innslipp i fellessystemet, men er uønsket og bør fjernes med LOD-løsninger eller annen bortledning.

Hvilke kilder til fremmedvann har vi?

Kildene til fremmedvann kan f.eks. være:

- Drikkevannslekkasjer som renner inn i avløpsledningene.
- Grunnvannsinnsig til ledningene. Dette kalles infiltrasjon.

- Vann fra drensledninger under bygninger, fra konstruksjoner eller andre områder med drensledninger. Ved separatsystemer vil slikt innslipp til spillvannsledningen være en feilkobling. Dette skal kobles til overvannsledningen. Dersom det er fellessystemledning er det imidlertid planlagt slik.
- Feilkoblinger til spillvannsledningen i separatsystemet fra f.eks. vegsluk, takvann, gårdsplasser m.m.
- Felleskummer der det ikke er lokk på spillvannsledningen og overvannsledningen og overlekking kan skje.
- Regnvann og snøsmelting (i fellessystemet er dette planlagt, men om mulig bør dette reduseres ved LOD-tiltak og annen bortledning).
- Sjøvannsinnekkning (via regnvannsoverløp, tidevannsluker, kummer og avskjærende ledninger).
- Innekkning på avskjærende ledninger langs bekker og elver, av direkte vassdragsgenerert vann.
- Bekkelukninger som er tilkoblet avløpsnett.
- Punktvis innekkning fra krysning med bekkelukning.
- Lekkasje fra sanitære installasjoner.

4.2 HVILKE KONKRETE PROBLEMER KAN OPPSTÅ?

Et avløpsnett med store mengder fremmedvann medfører unødvendige store forurensningsutslipp og økte driftskostnader. Dette er miljøbelastninger og kostnader som løper kontinuerlig dag ut og dag inn.

Forurensningsutslippene øker bl.a. fordi:

- Fremmedvannet øker den hydrauliske belastningen på renseanleggene, noe som særlig betyr noe for effekten av sedimenteringsbaseringene i renseanleggene.
- Temperaturen i vannet senkes, noe som også senker renseeffekten.
- Det vil alltid være en restkonsentrasjon av forurensning i rensed avløpsvann. Den økte vannmengden fremmedvannet forårsaker øker gjennomstrømningen i renseanlegget. Dette tar med seg forurensninger ut gjennom avløpsrenseanlegget, og utslippet regnet i kg fosfor er normalt proporsjonalt med antall

m³ som passerer anlegget. Dersom man ble kvitt alt fremmedvannet ville utslippene fra avløpsrensaneanleggene, av f.eks. fosfor kunne gå ned meget betydelig i forhold til i dagens situasjon.

- Tilgjengelig kapasitet i transportsystemet minker slik at overløp og nødutløp trer oftere i kraft, og overløpsutslippene øker.
- I spillvannsledningen i separatsystemet er det ofte nødutløpsavlastninger. Disse kan tre i kraft under sterke regnskyll.
- Lekkasjene av avløpsvann ut av avløpsledningene øker via sprekker og dårlige rørskjøter fordi økt vannivå inne i avløpsrørene (pga. mer fremmedvann) øker utlekkasjene.

Kostnadene øker bl.a. fordi:

- Betydelig fremmedvannsmengder medfører at renseanlegg, ledninger og pumpestasjoner må dimensjoneres for en kapasitet langt over det som ellers ville vært nødvendig. Dette øker anleggskostnadene betydelig.
- Driftskostnadene blir høyere enn det ellers ville ha vært. Det er kostnader til pumping, kjemikalier på renseanleggene o.l.

Disse økte anleggskostnadene og driftskostnadene koster sannsynligvis Norge hundrevis av millioner kroner hvert år.

Før en kommune utarbeider avløpsplaner med f.eks. separering av fellesavløp, lokal håndtering av overvann (LOD), fjerning av bekkelukninger, rehabilitering av avløpsnett etc., er det meget nyttig å ha en oversikt over fremmedvannsmengdene i de ulike sonene i kommunen. Beregninger av fremmedvann vil kunne legge et grunnlag for prioritering av innsats i de ulike sonene i kommunen. Sett over noen år, vil også slike målinger gi informasjon om tiltak har gitt den nytte man forventet.

4.3 HVA ER SITUASJONEN I NORGE OG UTLANDET I DAG?

Det sentrale renseanlegget VEAS for Oslo, Bærum og Asker mottak i 2010 ca. 100 millioner m³ avløp, hvorav bare 33 mill. m³ var spillvann. Dvs. at 67 millioner m³ var fremmedvann, hvilket utgjør 67 % (Grundnes Berg 2012). Dette stemmer godt med enkle forfettingsberegninger (Lindholm & Bjerkholt 2011).

I Oslo by er gjennomsnittlig fremmedvannsmengde per km spillvannsførende avløpsledning 1,5 l/s. Gjennomsnittlig fremmedvannsmengde er 58 % av totalt årlig avløp til avløpsrensaneanleggene. Dette varierer mellom 16 og 86 % for ulike områder i byen. Fremmedvannmengden har vist seg å være høyere i områder med stor andel fellessystem og var i gjennomsnitt ca. 67 % der det bare var fellessystem og ca. 45 % der det bare var separatsystem. I Oslo er ca. 55 % av avløpsnettets fellesavløpssystem (Aulie, E. 2017).

Avløpsrensaneanlegget i Trondheim hadde et totalt utslipp av total fosfor (Tot-P) på 2,7 tonn per år. Av dette ble 2,0 tonn per år forårsaket av fremmedvann. Dermed ble 72 % av fosforutslippet

forårsaket av fremmedvann (Misund, A. K. 2012).

I City of Santa Rosa i USA fant man ved en "Inflow and infiltration study" at opptil 40 % av fremmedvannet kom fra private stikkledninger. Dette er funn mange andre byer i USA også har gjort (City of Santa Rosa. 2006).

Tabell 1 viser resultatene av en nordisk undersøkelse utført av Institutt for matematiske realfag og teknologi NMBU i samarbeid med NORSK VANN. Man ser at Norge er klart dårligst stilt mht. fremmedvann i avløpsledningene. Selv om Danmark har mye mer fellessystem enn de andre landene, og dermed fått medregnet mye overvannet inn i fremmedvannet, har Danmark mye mindre fremmedvann enn Norge.

Weiss og Brombach (2007) rapporterte at i gjennomsnitt for hele Tyskland er 35 % av årlig avløp til avløpsrensaneanleggene fremmedvann. Som man ser av tabell 1 hadde de største avløpsrensaneanleggene i år 2012 i Danmark 23 %, Finland 29 %, Sverige 58 % og Norge 67 % fremmedvann sett over et år.

Egentlig burde Norge være bedre stilt enn andre land, da Norge stort sett har overvannsledningen nederst i grøftene. I andre land er det normalt omvendt. Da må de koble dreinsvann til spillvannsledningen nederst, samt at grunnvannet lettere tar seg inn i den nederste ledningen.

Tabell 1. Undersøkelser av fremmedvann i de nordiske land med basisdata fra årene 2009 - 2011 (Lindholm, Bjerkholt og Lien 2012).

Land	Fremmedvannsmengde i % av totalt til avløpsrensaneanlegget	Omfang av fellesavløps-system i de ulike land
De 15 største avløpsanleggene i Norge (1,5 mill. pers.)	67	22 % av alle spillvannsførendele ledninger
De 15 største anleggene i Sverige (3,7 mill. pers.)	58	Anslår ca. 15 - 20 %
De 15 største anleggene i Danmark (2,54 mill. pers.)	23	Ca. 50 % av kloakkert areal i tettsteder
De 8 største anleggene i Finland (1,8 mill. pers.)	29	Anslår ca. 10 - 15 %

4.4 HVA ER FOR MYE FREMMEDVANN?

Gjennomsnittlig fremmedvannsmengde i Norge ligger antagelig på ca. 0,35 l/s km spillvannsførende ledning. Dette tilsvarer ca. 250 l/p-d fra ca. 4,4 mill. innbyggere som er knyttet til kommunalt avløpsnett som utgjør 37 400 km.

Oslo kommune VAV har som en grov pekepinn antydning at en vannføring om natten i en sone på mer enn 70 % av vannføringen om dagen, medfører at sonen blir valgt ut til videre undersøkelser (Aulie 2017).

Miljømyndighetene i USA (Environmental Protection Agency EPA) rapporterer at gjennomsnittlig avløpsmengde i USA er 454 l/p-d i avløpsledningene (120 gpcd) (EPA 1985). EPA støtter kommunenes avløpsprosjekter og med tiltak for å senke fremmedvannsdelen i avløpsledningene. Dersom total avløpsmengde i avløpsledningene i et tørrværsdøgn med høy grunnvannstand, ligger høyere enn 454 l/p-d er dette en avgjørende grense. Nå er det imidlertid slik at gjennomsnittlig vannforbruk i USA ligger på ca. 378 l/p-d (100 gpcd). Dette betyr at bare 76 l/p-d er nok til å bedømme infiltrasjonsvannmengden som å være for høy (excessive). Dette gjelder det man i USA kaller infiltrasjon og er fremmedvann fra grunnvannsinnsig.

Et annet begrep som EPA bruker er en grense for tilførsel av overvann til spillvannsledninger via feilkoblinger o.l. Her har EPA uttalt at under 1040 l/p-d (275 gpcd) i et døgn med betydelig nedbør (minst såpass regn at det dannes dammer og overvannsavrenning) ikke er for mye (excessive). Trekker man fra drikkevannsforsbruket på 378 l/p-d blir denne fremmedvannmengden 662 l/p-d. (EPA 1985).

Den amerikanske delstaten Massachusetts Department of Environmental Protection (2017) angir bl.a. følgende forhold som avgjørende mht. når tiltak bør settes inn mot fremmedvann:

- Når overløp/nødutløp i spillvannsledninger i separatsystemet trer i kraft som følge av infiltrasjon eller feilkoblinger. Det skal ikke forekomme slike overløp i spillvannsledninger for regn med lavere gjentaksintervall enn 5 år, eller for et 25 års regn for følsomme resipienter som drikkevann, badeplasser, etc.
- Infiltrasjon som det er lønnsomt å fjerne skal fjernes.
- Feilkoblinger hvor overvann kommer inn i spillvannsledninger, enten det er private eller offentlige kilder skal fjernes.

Fylkesmannen i Oslo og Akershus (2012), har satt et mål for kommunene og sier:

«Et mål for fremmedvannandel er at den ikke overstiger 30 % av totalt tilført renseanlegget. En fremmedvannandel over dette tilsier tiltak. Samtlige renseanlegg i Oslo og Akershus har en fremmedvannandel som er langt høyere enn 30 %».

En økonomisk analyse kan gi en god pekepinn om hvilke fremmedvannsmengder man bør sette inn tiltak mot, og i hvilket omfang. Avgjørende er det også hvis uakseptable forurensingsutslipp, pga. fremmedvann, ledes til følsomme resipienter.

4.5 HVORDAN UTFØRE ET MÅLE- OG ANALYSEPROGRAM FOR FREMMEDVANN I AVLØPSNETTET?

Eksisterende driftsdata kan brukes til å øke kunnskapen om fremmedvann. F.eks. kan følgende data gi informasjon:

- Målinger ved renseanlegg, som både gir totalmengder (m³) over tid og øyeblikksmålingene i l/s.
- Konsentrasjonen (fortynning) av f.eks. total fosfor som gjennomsnitt sett over et gitt tidsrom som f.eks. ett år.
- Tidligere utførte TV/Video-inspeksjoner.
- Vannforbruk i større eller mindre områder.
- Gangtiden på avløpspumper som dermed kan gi pumpet avløpsmengde, og om mulig bør dette sammenlignes med målt vannforbruk.
- Andre avløpsmengdemålinger, som f.eks. utført for å kalibrere avløpsmodeller.
- Data fra målinger på overløpsdrift (mengde og driftstid).
- Målinger på grunnvannsnivåer nær problemområder.
- Tidevannsdata i områder med mye innlekking i sjønære områder.

Basert på slike eksisterende data kan man sette opp en rapport med en foreløpig analyse av situasjonen.

Opstartsmåliger

Dersom de foreløpige vurderingene tilsier det, bør man starte opp en innledende måleperiode. De vannføringsmålerne som settes opp her, bør til sammen fange opp minst 70 % av avløpet som når avløpsrenseanlegget. Hensikten med dette er å gi informasjon til hvordan det endelige og mer varige måle- og undersøkelsesprogrammet skal utformes.

Systematisk inspeksjon av kummer

I områder der man antar at det er betydelige mengder fremmedvann bør man inspisere et representativt antall kummer for å identifisere problemer. Dette må være såpass mange at man er sikker på at man har en god oversikt over tilstanden i alle deler av området. Det må føres en god logg på den materialtekniske tilstanden og tegn på fremmedvannsproblemer i hver enkelt kum. Inspeksjonen bør skje når grunnvannstanden er relativt høy. F.eks. i perioden sent på våren eller sent på høsten. Inspeksjon bør skje i de samme kummene på både tørrværsdager og regnværsdager og sammenlignes. Når man undersøker de delområder som har mest fremmedvann, bør man inspisere alle kummene i disse delområdene. Som et supplement til inspeksjon kan man benytte nivåmålere inne i kummer. Disse kan sende signal når vannstanden overstiger et angitt nivå. Eller man kan bruke en lang målestokk og måle manuelt ved nedbørtillfeller.

Måling av vannføring

Vannføringsmålingene er basis for å kunne avgjøre behovet for tiltak og lokaliseringen av problemstedene. Målingene bør foregå over hele årssyklusen for å se virkningene av varierende grunnvannsstand, snøsmelting og nedbør. Man kan imidlertid få noe informasjon ved kontinuerlige målinger over f.eks. 10 uker i perioden april – juni. Det er svært viktig å måle nedbør med nøyaktige målere i selve feltet samtidig med vann-

føringsmålingene. Grunnvannstanden bør også måles. Målerne bør installeres slik at man kan skille mellom ulike hovedkilder for fremmedvannet, som drikkevannsløkkasjer, grunnvannsinnekkning, feilkoblinger hvor overvann kommer inn etc. Amerikanske retningslinjer antyder at antall meter spillvannsførende ledning oppstrøms en enkelt vannmåler ikke bør overstige ca. 6 km. Man bør derfor sørge for å ha et tilstrekkelig antall målere.

Nedbørmålinger

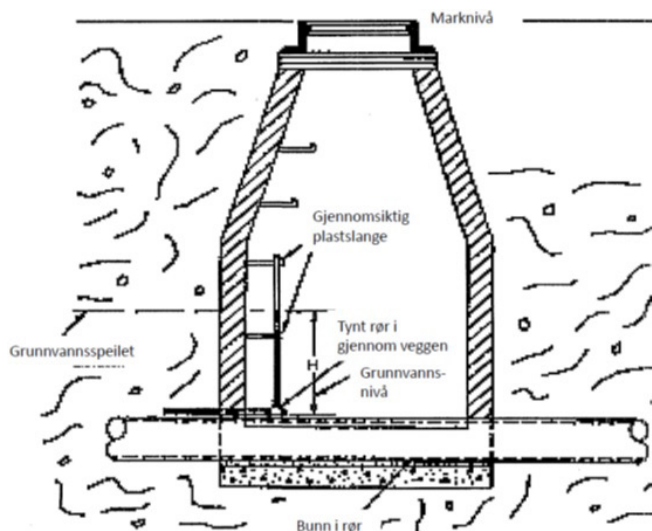
Hensikten med nedbørmålinger er å kunne sammenligne avløpsvannføringene med nedbørmålingene, og dermed kunne skille mellom grunnvannsinnekkning (infiltrasjon) og feilkoblinger og direkte innløp av overvann.

Korttidsnedbør varierer mye over selv små arealer. Det bør derfor være et krav at minst en nedbørmåler må befinne seg i det området man måler fremmedvann i. Amerikanske retningslinjer anbefaler at minst en nedbørmåler installeres for hver 5 km² av det aktuelle området. Nedbørmålerne kan være faste eller provisorisk satt opp og de må ha høy måleoppløsning tidsmessig og volummessig.

Grunnvannsnivå

Infiltrasjonen vil variere med grunnvannstanden i området. Grunnvannstanden er derfor av interesse å få oversikt over. Hvis grunnvannet står opp på utsiden av en kumvegg vil dette kunne indikeres ved fuktige kumringer eller kondensasjonsdråper opptil grunnvannsnivået. Dette nivået bør i så fall noteres. Grunnvannstanden kan måles i observasjonsrør (Kfr. Geoteknisk/geologisk litteratur). Hvis det tas manuelle målinger bør nivået måles minst en gang per uke. Amerikanske retningslinjer sier at minst to observasjonsrør bør settes ned per område som er av viktighet. (Basert på maksimum 6 km spillvannsførende avløpsrør per område).

I figur 1 er det vist en skisse hvor man har boret et lite hull nederst på kumveggen. Et tynt rør er stukket gjennom veggen inn i området hvor grunnvann kan forkomme. Ved å ha et gjennom-siktig vertikalt rør, kan man enkelt lese av grunnvannstanden.



Figur 1. Skisse for en mulighet til å måle grunnvannstand utenfor en kum (USEPA 2017).

Hvis kummen er drenert utvendig vil man ikke få et riktig bilde av grunnvannstanden.

TV/Video-inspeksjoner

Dette er kanskje den mest presise måten å dokumentere et avløpsnetts tilstand. Inspeksjonene er kostbare, men kan gi verdifull informasjon om påkoblinger, større innekkasjer etc. Inspeksjonene bør skje ved høy grunnvannstand, slik at innekkasjer via skjøter etc. kan fastslås.

TV-inspeksjonene vil vise hvor lekkasjepunktene er og omfanget av disse.

Temperaturmålinger i avløpsvannet

Vanligvis er innekkende fremmedvann kaldere enn spillvannet. Et punktinnslipp av fremmedvann vil da kunne avsløres ved å måle temperatur oppstrøm og nedstrøms. Områder med mye diffus innekkning vil også ha lavere temperatur enn der det er mindre fremmedvann.

Forsøk har vært gjort med bruk av fiberoptiske kabler utlagt i ledningene. De kan måle temperaturen kontinuerlig som et temperaturprofil langs kabelen med en nøyaktighet på under en grad celsius og angi hvor på kabelen temperaturregistreringene er med en nøyaktighet på 1 meter. Dette kan bli et nyttig verktøy når det blir videre utprøvd. Imidlertid er metoden både kostbar og ressurskrevende og gir heller ingen svar alene, men bør brukes i etterkant av de tradisjonelle metodene (hvis disse ikke fører fram). Når den fiberoptiske kabelen indikerer hvor det kommer inn fremmedvann så benyttes ofte sporstoff og/eller røyktesting for å finne den konkrete kilden.

Sporstoffmålinger

Sporstoff brukes til å finne bl.a. feilkoblinger. Her kan det brukes fargestoff som tilsettes avløpet.

Man ser om fargen kommer steder den ikke skal være. Undersøkelsen kan kombineres med bruk av TV-kamera for å kunne se viktige steder. Flere spesialfirmaer tilbyr tjenester med sporstofftesting med farge.

Også fosfor fra spillvannet kan utnyttes som sporstoff ved at man tar stikkprøver av avløpsvannet om dagen ulike steder i ledningsnett og måler konsentrasjonen av Tot-P. Man kan så sammenligne denne konsentrasjonen med hva den burde vært hvis det bare var spillvann uten fremmedvann.

Røyktesting

Røyktesting bør foregå ved så lav grunnvannstand at dette står under røret. Ellers vil røykvegene kunne blokkeres. Også denne undersøkelsen kan noen ganger være kombinert med TV-undersøkelser. Flere spesialfirmaer tilbyr tjenester med røyktesting. Alle naboer og berørte i området må bli varslet i god tid før røyktestingene.

4.6 TOLKING AV RESULTATENE FRA MÅLEPROGRAMMET

De ulike vannføringskomponentene må anslås på basis av målingene.

Innlekking av sjøvann

Infiltrasjon kan noen ganger være generert av tidevann. Økningen i infiltrasjonen kan skyldes de sykliske temporære hevinger av tidevannsnivået. Enkelte ganger er det vanskelig å skille mellom tidevannpåvirket infiltrasjon og direkte innløp av sjøvann via regnvannsoverløp, tidevannsluker etc. Da kan man vurdere å slå disse bidragene sammen. For å få et inntrykk av omfanget av innlekkingen av sjøvann, kan man også måle saltkonsentrasjonen i avløpet ved høyvann og lavvann på utsatte steder.

Tidevannssyklusene har maksimale verdier hver 12. time. Ved å sammenligne tidevannssyklusene med vannføringene vil man kunne anslå betydningen av inntrengning på grunn av tidevannspåvirkningen.

Spillvann

Spillvannet varierer regelmessig over døgnet uavhengig av nedbør og klimaforhold. Dette kan måles med avløpsmengdemålere etter en tørrværsperiode på minst 3 – 7 dager. Den konstante infiltrasjonen må trekkes fra, hvilket lettere kan gjøres ved å se på målingene også om natten. Spillvannet kan også bestemmes hvis man har vannforbruksmålere til samme område. Man bør da helst måle vannforbruket når man ikke har utendørs forbruk av vann til vanning etc.

Infiltrasjon

Infiltrasjon er vann som via grunnvannet kommer inn i sprekker i rør, dårlige rørskjøter, påkoblingspunkter, lekkasjer i kummer, m.m. Påfyllingen av grunnvannsspeilet skjer via drikkevannslekkasjer, snøsmelting og nedbør. Mengden infiltrasjon avhenger av nivået på grunnvannsspeilet som varierer over året. Dette er høyest om våren og lavere på sensommeren og vinteren.

I kystnære områder kan mengden også påvirkes av tidevannet. Interessante verdier for infiltrasjonen kan være følgende parametere:

Maksimal infiltrasjonsmengde: Gjennomsnittet av infiltrasjoner over noen dager med høy grunnvannstand. Måles ved høyt grunnvann om våren. Det må være minst tre dager med tørrvær etter et regn. I avløpsmengden som måles trekkes spillvannsandelen bort.

Minimum infiltrasjonsmengde: Gjennomsnittet av infiltrasjonen over noen dager med lav grunnvannstand. Det må være minst tre dager med tørrvær etter et regn. I avløpsmengden som måles trekkes spillvannsandelen bort.

Årlig gjennomsnittlig infiltrasjonsmengde: Gjennomsnitt bestemt over et helt kalenderår.

4.6.1 NEDBØRBETINGEDE DIREKTE INNLØP

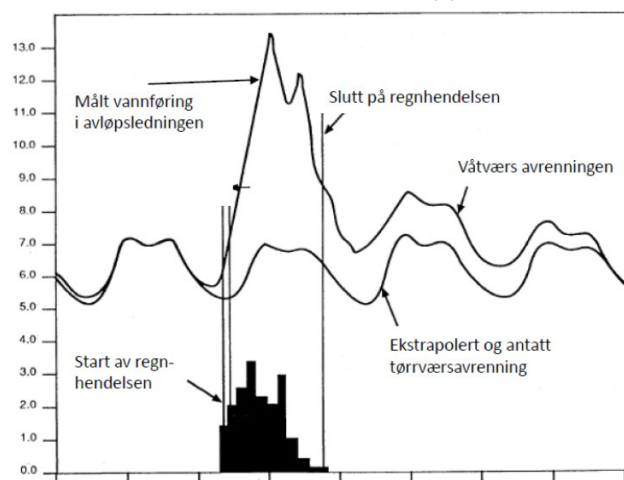
Overvann i spillvannsledninger via feilkoblinger kan komme fra mange steder som f.eks. dreneringspumper, taknedløp, drensledninger fra hus og fundamenter, områdedrenering, spetthull i kumlukk, avløp fra sandfang, andre feilkoblinger hvor overvann tilføres. Disse tilførslene er ikke avhengig av grunnvannsnivået og i tørrvær vil

disse bidragene være null.

Direkte nedbørbetingede innløp: Dette er innløp som starter raskt etter regnets start og slutter raskt etter regnet slutter. Dette kan være f.eks. feilkoblinger av overvann inn på spillvannsledningen, overvann via kumlukk etc.

Forsinket nedbørbetinget innløp: Dette er innløp som er generert av indirekte forbindelser. Vannet kommer etter en betydelig forsinkelse, og er vanskelig å skille fra nedbørdrevet infiltrasjon. Det siste er forårsaket av en rask tilføring av nedbør til grunnvannet slik at grunnvannet raskt hever seg og dermed øker infiltrasjonen etter starten av nedbøren.

Områder med separate spillvannsledninger som har for mye nedbørbetingede tilførsler bør undersøkes nærmere med røyktesting og/eller sporstofanalyser. Dette vil avsløre feilkoblinger og andre uønskede direkte overvannsinntak.



Figur 2. Eksempel på målinger av nedbørbetingede innlekkasjer og infiltrasjon. Vannføring som funksjon av tiden (Massachusetts 2017).

Figur 2 viser at vannføringen går direkte opp straks regnet starter. Dette er feilkoblinger. Man ser også at infiltrasjonen er betydelig forhøyet minst et døgn etter regnet sluttet. Dette kan skyldes forsinket drenering og økt infiltrasjon som følge av forhøyet grunnvannstand.

4.7 BESKRIVELSE AV OVERSLAGSMESSIGE BEREGNINGER AV FREMMEDVANNSMENGDER VED HJELP AV FORTYNNINGSMETODEN (BRUK AV FOSFOR SOM INDIKATORPARAMETER)

Konsentrasjonen av Tot-P i innløpet kan brukes som en indikator på avløpsrensaneanleggets totale mengde fremmedvann. Beregningene kan f.eks. bygge på en antakelse om at hver personenheter i gjennomsnitt over året produserer 1,6 g Tot-P per døgn og 140 liter avløpsvann per døgn. Et avløpsvann uten fremmedvann vil med disse antakelsene ha en fosforkonsentrasjon på 11,4 mg per liter.

Fosforet i avløpsvannet antas å ha sitt opphav fra husholdningene, næringsliv og annen virksomhet.

Det skiller ikke mellom anlegg som er betjent av fellesavløpssystem, kontra separatavløpssystem. Mange renseanlegg betjener en blanding av begge disse systemene. Det er naturlig å anta at mange av de anleggene som har høyest fremmedvannandel har fellesavløpssystem.

Andelen fremmedvann (FV %) for hvert enkelt avløpsanlegg kan beregnes på følgende måte: (Lindholm og Bjerkholt 2011).

$$FV = \left(1 - \frac{Q_{ap} c_i}{P_{pd}}\right) \times 100 \quad \text{hvor:}$$

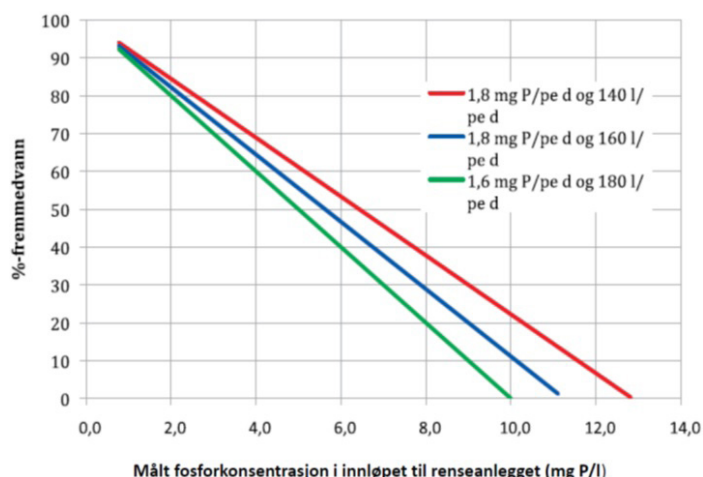
FV = fremmedvann i avløpsanlegget [%]

P_{pd} = produsert mg fosfor (Tot-P) per personenheter og døgn [mg/pe døgn]

c_i = konsentrasjonen av Tot-P i innløpet renseanlegg [mg/l]

Q_{ap} = mengde "legalt" avløpsvann per person og døgn [l/pe døgn]

Figur 3 er et diagram som er basert på den viste fortynningsformelen. Det er vist sammenhenger mellom % fremmedvannsmengde og målt fosforkonsentrasjon over en gitt periode i et punkt i avløpssystemet. Tre alternativer for spesifikk fosforproduksjon og spesifikk avløpsmengde per person er vist.



Figur 3. Beregnet fremmedvannmengde for ulike Tot-P konsentrasjoner i innløpet til renseanlegg (Lindholm og Bjerkholt 2011).

4.8 HVILKE TILTAK KAN SETTES INN FOR Å MINKE FREMMEDVANNET?

Når måleprogrammet er fullført setter man opp en prioriteringsliste over de feltene hvor problemene er størst og man lager en tiltaksplan basert på hvor lønnsomme tiltakene vil bli.

Listen nedenfor gir eksempler på tiltak som kan senke fremmedvannsmengdene:

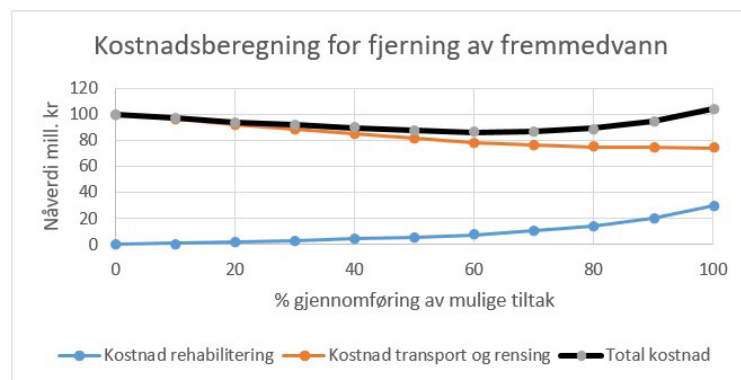
- Fjerne feilkoblinger med overvannstilførsel til spillvannsledningene.
- Fjerne feilkoblede drensledninger.
- Fjerne bekkelukkinger inn på fellessystemet.
- Separere fellessystem.

- Tette lekkasjer via skjøter, påkoblingspunkter og sprekker på avløpsledninger (fornyelse/rehabilitering av ledninger).
- Rehabiliterer kummer med lekkasjer.
- Tette lekkasjer på vannledningsnettet (halvparten lekker ofte inn til avløpsledninger).
- Sanere/rehabiliterer/separere stikkledninger.
- Sette fokus på lekkasjer fra sanitærinstallasjoner.
- Implementere åpen og lokal overvannshåndtering.
- Drenering for å senke grunnvannsspeilet. Virkemidlene kan være å lage en avskjærende drenering. Dette kan være en grøft med drensledning i bunnen og som fylles med grovt materiale eller man kan lage drenering i ledningsgrøften. Man kan også vurdere å senke grunnvannsspeilet i et helt område, men vurdere om setningskader på bygninger kan oppstå.

Optimalt valg av tiltak

En kost-nytte analyse bør utføres for å bestemme om tiltak skal settes inn og i hvilket omfang.

Figur 4 viser en prinsippsskisse fra en tenkt kostnadsanalyse for fjerning av fremmedvann. Her er nåverdien av innsparingene som følge av fremmedvannfjerning beregnet, samt kostnader ved gjennomføring av tiltak mot fremmedvann. Den horisontale aksene viser graden av gjennomføring av mulige tiltak. Besparingene kan være reduksjon av energibruk, kjemikaliebruk og annet drift og vedlikehold. Verdien av reduserte utslipp fra renseanlegg og fra overløp bør også anslås og gis en kroneverdi. Fordi hver m³ vann som passerer avløpsrenseanlegget inneholder en restmengde av forurensninger, blir utslippet omtrent proporsjonalt med antall m³ som passerer renseanlegget. Bell (2010) rapporterte at tiltak i avløpsnettet i Oppegård for å fjerne utslipp av fosfor kostet 36 920 kr per kilo biotilgjengelig fosfor. Der hvor fosfor skal fjernes fra en vannforekomst bør derfor verdien av å redusere eksisterende utslipp verdsettes.



Figur 4. Prinsippsskisse for kostnadsanalyse av nytten ved fjerning av fremmedvann.

Dette beregnes som årlige kostnader over f.eks. 40 år. Man må da velge en realrente over de kommende 40 år, f.eks. 4 %. Nåverdifaktoren blir da 19,79 som man multipliserer årsbesparelsen med. Den totale kostnaden blir summen av de to nederste kurvene og viser hva som er en optimal

gjennomføring økonomisk sett. Dette prinsipp-eksempelet viser at det er økonomisk optimalt å gjennomføre 60 % av de mulige tiltakene.

4.9 SJEKK AV MULIGE SELVRENSNINGSPROBLEMER SOM FØLGE AV REDUSERTE FREMMEDVANNSMENGDER

Hvis man klarer å fjerne betydelige mengder fremmedvann på strekninger med dårlig fall på rørene, bør man sjekke om selvrensingen fortsatt er god nok. Skjærspenningen bør være minst 2 N/m² for spillvannsledninger og 3 – 4 N/m² for fellessystemledninger. Dette må kunne oppnås minst en gang per døgn i alle døgn i året (Lindholm 2007). Alternativt kan man sjekke om vannhastigheten overstiger 0,7 m/s minst en gang hvert døgn i alle døgn i året.

4.10 SIMULERING AV FREMMEDVANN I AVLØPSNETTET MED DATAMODELLER

Simulering av fremmedvann i avløpsmodeller kalles ofte RDII-analyser (Rain Derived Inflow and Infiltration). Inflow står for direkte tilførsel av overvann fra enten feilkoblinger eller planlagt overvannstilførsel. Infiltration er vann som i hovedsak kommer fra grunnvannet. (Drikkevannslekkasjene kan delvis komme via grunnvannet eller mer direkte). DHIs RDII-modell er en hydrologisk karmodell (DHI 2017). Noen parametere i modellen må kalibreres. Da er det mulig å lage vannføringskurver og vannføringsvolumer for andre felter enn de kalibrerte og for andre tidsperioder. RDII-modellen skiller mellom delområdenes ulike bidrag til avløpsvannet som:

- Spillvann.
- Nedbørbetingede avløp som varer i en bestemt tidsperiode etter regnets start. Dette er:
 - Overvann fra tette flater (impervious flow).
 - Overvann fra permeable overflater (overland flow).
 - Nedbørbetinget vann fra dreneledninger og drenerte områder (interflow).
 - Grunnvann som følge av forhøyet grunnvannstand etter regnhendelsen (groundflow).
- Konstant innlekking uavhengig av en bestemt nedbørhendelse (additional flow).

Dette er både drikkevannslekkasjer og vann fra det mer stabile grunnvannsmagasinet.

Det er vanskelig å skille mellom de ulike vannstrømmene, som f.eks. groundflow og additional flow, da de glir over i hverandre (VAV 2013).

SWMM-modellen kan også simulere RDII på en forenklet måte, med bruk av enhetshydrogrammer (US EPA 2017).

Fordelene ved å få bruke en RDII-modell er at man kan gjøre analyser for andre og lengre perioder enn de som er målt, som f.eks. å kjøre tidsserieberegninger for ett helt år. Videre kan man se virkninger av å endre på avløpssystemet eller endringer av andre forhold og tiltak og se utslagene i vannføringene og i av avrent volum. For å kunne gjøre en slik kalibrering må man bl.a. måle vannføringer, nedbør, temperatur og skaffe feltinformasjon, befolkningsdata og data fra andre avløpsproduserende aktiviteter. Kalibreringen skjer ved å sammenligne simuleringsdata fra modellen med de virkelige målingene og justere parametere til man får en akseptabel overensstemmelse mellom disse.

Ved kapasitetsberegninger for maksimale vannføringer og i områder med lite tette flater, vil en RDII-modell være nødvendig. Hvis man ønsker å beregne avlastede volumer i et regnvanns-overløp eller beregne nødvendige volumer for fordrøyningsbasseng, vil det også være meget viktig å bruke en modell som har en RDII-modul.

4.11 BEREGNINGSEKSEMPLER

4.11.1 BEREGNINGSEKSEMPEL FOR % FREMMEDVANNSMENGDE BASERT PÅ FORTYNNINGSMETODEN MED BRUK AV FOSFORKONSENTRASJONEN

Gjennomsnittlig konsentrasjon av total fosfor (Tot-P) over ett år ved innløpet til et avløpsrenseanlegg var 4,5 mg/l. Antatt spillvannsavløp per personenheter er 140 l/p-d og antatt fosforproduksjon per personenheter er 1,6 g/p-d. Hvor stor fremmedvannmengde over året indikerer dette?

Vi bruker formelen:

$$FV = \left(1 - \frac{140 \times 4,5}{1600}\right) \times 100$$

Svaret blir ca. 60,6 % fremmedvann.

4.11.2 BEREGNINGSEKSEMPEL MED KOST-NYTTE AV TILTAK

Et avløpsområde har 10 000 personenheter (PE). Det er målt i gjennomsnitt 400 liter avløp per døgn og PE over året. Spillvannsavløpet uten fremmedvann er anslått til 150 l/ PE-d. Det er 5 meter spillvannsledning per person i feltet. Det er anslått at halvparten av fremmedvannet kan fjernes dersom 10 % av ledningene rehabiliteres til en kostnad på 4000 kr/m. Marginalkostnadene for fremmedvannet anslås til å være 70 øre per m³ som dekker energi og kjemikalikostnader. I tillegg antas det at man sparer 5000 kr per kilo fosfor som fjernes, i form av renskostnader i nye rensiltak som ellers ville blitt nødvendig. Eksisterende avløpsrenseanlegg har en utløpskonsentrasjon på 0,3 mg total P/l i effluenten. Den økonomiske analysen gjøres over en periode på 50 år med en realrente på 4 %.

Hva blir nytte/kostnad for dette prosjektet?

Beregning

Dersom vi antar at alt avløp utenom spillvannsavløp er fremmedvann, blir fremmedvannsbidraget 250 l/p-d i gjennomsnitt over året. Halvparten av dette kan fjernes ved tiltak, som blir:
 $(250 \cdot 0,5 \cdot 10\,000 \cdot 365) / 1000$
 $= 456\,250 \text{ m}^3 \text{ per år.}$

Marginal kostnad for dette er:
 $456\,250 \cdot 0,7 = 319\,375 \text{ kr/år}$

Antall kg fosfor som kan spares i utslippet per år blir : $(0,3 \cdot 456\,250 \cdot 1000) / (1000 \cdot 1000)$
 $= \text{ca. } 136,875 \text{ kg Tot-P/år.}$

Dette tilsvarer i innsparte utgifter på rensetiltak på: $136,875 \cdot 5000 = \text{ca. } 684\,375 \text{ kr/år}$

Summen av de to delsummene på innsparinger blir da: $319\,375 + 684\,375 = 1\,003\,750$

Nåverdifaktoren for 4 % rente og 50 års analyseperiode er 21,48.

Nåverdien av innsparte utgifter i 50 kommende år er da: $1\,003\,750 \cdot 21,48 = 21\,560\,550 \text{ kr}$

Kostnadene ved å rehabilitere 10 % av spillvannsnettet er: $10\,000 \cdot 5 \cdot 0,1 \cdot 4000 = 20\,000\,000 \text{ kr.}$

Kostnadene ved tiltaket er lavere enn innsparingene. Med forutsetningene i dette eksempelet er det dermed lønnsomt å gjennomføre tiltakene for å redusere mengden fremmedvann.

Henvisninger:		Utarbeidet:	november 2017	Oddvar Lindholm
/1/	Aulie, E. 2017. «Fremmedvann i Oslo. Erfaringer og strategier» Foredrag Oslo Vann- og avløpsverk. VAV.	Revidert:		
/2/	Bell, S. 2010. «Vannområde Bunnefjorden med Årungen- og Gjersjøvassdraget. Forvaltningsplaner og tiltaksanalyse. Erfaringer fra vannområde PURA. Implementering av avløpstiltak i Oppegård kommune». Foredrag 10. mars 2010.	/10/	Lindholm, O., Bjerkholt, J. og Lien, O. 2012. «Fremmedvann i nordiske avløpsledningsnett». VANN nr. 1, 2012.	
		/11/	Massachusetts Department of Environmental Protection. 2017. "Guideline for Performing Infiltration/Inflow Analyses and Sewer System Evaluation Surveys."	
/3/	City of Santa Rosa. 2006. "Inflow and infiltration study".	/12/	Misund, A-K. 2012. «Hvordan bruke driftsdata for å skaffe info om innlekking og forurensningstap?» Fagtreff Norsk Vann 9. februar 2012.	
/4/	DHI. 2017. "RDII Reference Manual".	/13/	Nilssen, O. 2012. «Forurensningstap og fremmedvannsinnelekking på avløpsnettet i Trondheim». Fagtreff Norsk Vann 9. februar 2012.	
/5/	Fylkesmannen i Oslo og Akershus. 2012. «Fremmedvann i kommunale avløpssystemer» Brev av 11.04.2012 til kommunene.	/14/	United States EPA. 1985. "Infiltration/Inflow." Ecology Publication No. 97-03.	
/6/	Grundnes Berg, K. 2012. "Fremmedvann – konsekvenser for renseanlegget." Fagtreff i Norsk Vann 9. februar 2012.	/15/	United States EPA. 2017. https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm .	
/7/	Gustafsson, L-G., Hernebring, C., Hammarlund, H. 1999. "Continuous Modelling of Inflow/Infiltration in Sewers with MouseNAM." DHI Software Conference 1999.	/16/	VAV. 2013. «Hovedplan avløp og vannmiljø 2013 – 2030 Delrapport 7 – Fremmedvann»	
/8/	Lindholm, O. 2007. «VA-Miljøblad nr. 79».	/17/	Weiss, G. og Brombach, H. 2007. "Today's practice in stormwater management in Germany – Statistics." NOVAT-ECH 2007.	
/9/	Lindholm, O. og Bjerkholt, J. 2011. «Store fremmedvannmengder i norske avløpsrenseanlegg». VANN nr. 1, 2011.			