



## Erfaringer med lekkasjekontroll



# Norsk Vann Rapport

(Tidligere NORVAR-rapporter)

Det utgis 3 typer rapporter:

## Rapportserie A:

Dette er de opprinnelige hovedrapportene. Dette kan være:

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

Fortløpende nummer xx-årstall

## Rapportserie B:

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

Fortløpende nummer Bxx-årstall

## Rapportserie C:

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

Fortløpende nummer Cxx-årstall

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

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



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

*Forsidefoto: Flemming Larsen, Godt Vann Drammensregionen*

# Norsk Vann Rapport

## Norsk Vann BA

Adresse: Vangsvegen 143, 2317 Hamar  
Telefon: 62 55 30 30  
E-post: post@norsk vann.no  
Internettadresse: [norsk vann.no](http://norsk vann.no)

Rapportnummer: 171 - 2009
ISBN 978-82-414-0308-8 ISSN 1504-9884 (trykt utgave) ISSN 1890-8802 (elektronisk utg.)
Dato: 30. juni 2009
Antall sider: 43
Tilgjengelighet: Åpen: x Begrenset:

Rapportens tittel: Erfaringer med lekkasjekontroll	
Forfatter(e): Asle Flatin m.fl., Asplan Viak	
Ekstrakt: <p>Det er økt fokus på lekkasjekontroll og lekkasjesøking både av økonomiske og helsemessige grunner. Lavere lekkasjetap gir bl.a. reduserte kostnader for produksjon av vann og reduserte pumpekostnader. Helsemessig vil risiko for innsug av forurensninger minske ved færre lekkasjer og ved lekkasjer som oppdages tidligere.</p> <p>Det er også økt fokus på VA-sektoren fra myndighetene og fra politisk side. Bedre lekkasjekontroll og lavere lekkasjetap vil bidra til at vannverkseierne fremstår som en mer seriøs sektor.</p> <p>Hovedmålsettingen med denne rapporten er derfor å få en mer effektiv og bedre lekkasjekontroll for å redusere lekkasjetapet.</p> <p>I dette prosjektet har vi kartlagt status og erfaringer innen lekkasjesøking i Norge gjennom en spørreundersøkelse med 15 besvarelser. I tillegg til å systematisere og evaluere disse resultatene har vi innhentet øvrige faglige innspill.</p> <p>De viktigste resultatene i prosjektet er:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Soneinndeling av nettet</u>: Nesten alle overvåker vannforbruk med sonevannmålinger, og dette bestemmer prioriteringen for lekkasjesøking mellom sonene.</li><li>• <u>Organisering av praktiske arbeider</u>: Det er vanlig å dele inn i lekkasjelag med 1 eller 2 operatører som har en bil som er innredet med lekkasjesøkingsutstyr og PC med digitalt ledningskartverk.</li><li>• <u>Lekkasjenivå</u>: Vanntapet ved lekkasjer varierer fra 14–40% tap i forhold til total vannproduksjon.</li><li>• <u>Utstyr og metoder</u>: De mest brukte metodene er bruk av korrelator, lytting i kummer eller marklytting på bakken over ledningen.</li><li>• <u>Prosjektering</u>: Det er viktig å ta hensyn til lekkasjesøking i planleggingen.</li><li>• <u>Trykkreduksjon</u>: Er et godt tiltak for å redusere lekkasjetapet.</li></ul>	
Emneord, norske: Vannforsyning Lekkasjesøking, Lekkasjekontroll	Emneord, engelske: Water supply Water distribution system Leak detection

## Forord

Dette prosjektet "Erfaringer med lekkasjekontroll" har vært organisert under Norsk Vann og finansiert med midler fra Norsk Vann Prosjekt.

Rapporten er utarbeidet av Asplan Viak, og med en referansegruppe bestående av:

- Arnt Olav Holm, VIV – Vestfold interkommunale vannverk (representerer også Rørinspeksjon Norge, RIN)
- Sandra McCarley, Bergen kommune
- René Astad Dupont, Glitrevannverket
- Zlatko Cemalovic, Voss kommune
- Ann May Berg, Tromsø kommune

Fagutvalg ledningsnett i Norsk Vann har vært styringsgruppe for prosjektet.

Det har bl.a. vært avholdt 2 møter i referansegruppen samt et arbeidsmøte.

I tillegg har disse 15 virksomhetene som besvarte spørreundersøkelsen bidratt:

- Asker kommune
- Bærum kommune
- Gjøvik kommune
- Hamar kommune
- Kristiansand kommune
- Moss kommune
- Oslo kommune
- Porsgrunn kommune
- Stavanger kommune
- Trondheim kommune
- Voss kommune
- Godt Vann Drammensregionen, GVD
- Vestfold Interkommunale Vannverk, VIV
- Multiconsult AS, Trondheim
- Eide vassverk BA, Møre og Romsdal

Skien kommune har kommet med innspill i slutfasen av prosjektet.

Oppdragsleder hos Asplan Viak har vært Asle Flatin, med Asbjørn Unhjem og Kristin Jenssen Sola som prosjektmedarbeidere.

Norsk Vann takker alle bidragsytere til prosjektet for god innsats og mange gode faglige innspill!

Hamar 30. juni 2009

Trond Andersen  
Prosjektleder Norsk Vann

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>2</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>English summary</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>7</b>
1.1. Bakgrunn og målsetting .....	7
<b>2. Spørreundersøkelsen</b> .....	<b>9</b>
2.1. Om undersøkelsen .....	9
2.2. Generelle opplysninger .....	10
<b>3. Organisering – personell</b> .....	<b>11</b>
3.1. Bemanning .....	11
3.2. Egne ansatte og antall årsverk.....	11
3.3. Organisering i lekkasjelag .....	13
3.4. Biler med lekkasjesøkingsutstyr og PC-utstyr .....	13
3.5. Helårsarbeid.....	13
3.6. Dag- og nattarbeider .....	13
3.7. Kompetanse til operatørene.....	13
3.8. Andre arbeidsoppgaver på operatørnivå .....	13
3.9. Attraktivt arbeidsområde .....	13
3.10. Opplæring.....	14
3.11. Administrative arbeidsoppgaver .....	14
3.12. Historisk perspektiv – oppstart av lekkasjesøking .....	14
3.13. Organisering hos Trondheim kommune .....	14
3.14. Organisering hos VIV.....	15
<b>4. Nøkkeltall for vannlekkasjer</b> .....	<b>17</b>
4.1. Lekkasjenivå .....	17
4.2. Beregning av lekkasjenivå etter IWA.....	19
4.3. Antall lekkasjer.....	20
4.4. Vanligste brudd på ledninger .....	22
4.5. Krav til reparasjonstid .....	23
<b>5. Strategier, utstyr og metoder</b> .....	<b>24</b>
5.1. Strategi for lekkasjekontroll.....	24
5.2. Sonevanmålinger .....	24
5.3. Utstyr og metoder for lekkasjesøking .....	25
5.4. Nyttige praktiske tips ved utstyr og metoder.....	29
5.5. Kvalitetssikring av påvisning av lekkasjepunkt .....	31
5.6. Utstyr for trasépeiling .....	31
5.7. Utvikling innen utstyr og metoder .....	31
5.8. Private stikkledninger – om punktpåvisning utføres.....	31
5.9. Framtiden – hovedstrategi innen lekkasjekontroll .....	31
<b>6. Rapportering etter lekkasjesøking</b> .....	<b>33</b>
6.1. Ledningskartverk .....	33
6.2. Rapportering – offentlige lekkasjer .....	33
6.3. Lekkasjer på private stikkledninger.....	33

<b>7. Økonomi</b> .....	<b>34</b>
7.1. Årlig budsjett som benyttes til lekkasjesøking .....	34
7.2. Lekkasjesøking og økonomiske vurderinger .....	34
<b>8. Andre forhold</b> .....	<b>35</b>
8.1. Saneringsplan .....	35
8.2. Prosjektering .....	35
8.3. Positive effekter ved aktiv lekkasjekontroll.....	35
8.4. Trykkreduksjon.....	36
<b>9. Referanser</b> .....	<b>37</b>
<b>10. Vedlegg</b> .....	<b>37</b>
10.1. Spørreskjema.....	37

## Sammendrag

Det er økt fokus på lekkasjekontroll og lekkasjesøking både av økonomiske og helsemessige grunner. Lavere lekkasjetap gir reduserte kostnader for produksjon av vann, reduserte pumpekostnader, og reduserte mengder avløpsvann på grunn av innlekking av rent lekkasjevann. For kilde, overføringsledninger og ledningsnett/basseng kan tiltak som øker kapasiteten i pressområder gjøre at mer omfattende anleggstiltak utsettes og forskyves inn i framtiden. Helsemessig vil risiko for innsug av forurensninger minske ved færre lekkasjer og ved lekkasjer som oppdages tidligere. Det er også økt fokus på VA-sektoren fra myndighetene og fra politisk side. Bedre lekkasjekontroll og lavere lekkasjetap vil bidra til at bransjen framstår som en mer seriøs sektor. Hovedmålsettingen med denne rapporten er å få en mer effektiv og bedre lekkasjekontroll for å redusere lekkasjetapet.

I prosjektet har vi kartlagt status og erfaringer innen lekkasjesøking i Norge, og dette er utført ved hjelp av en spørreundersøkelse. Spørreskjemaet ble sendt via Norsk Vann til faggruppe ledningsnett og til RIN m.fl., og totalt er det mottatt 15 besvarelser. De som besvarte var 11 kommuner, 2 interkommunale selskap, 1 rådgivende ingeniørfirma og 1 privat vannverk. I tillegg til å systematisere og evaluere disse resultatene har vi innhentet øvrige faglige innspill. Vi har beskrevet hvordan arbeidene utføres i bl.a. Trondheim kommune og Vestfold Interkommunale vannverk (VIV), som begge jobber målrettet og har lang erfaring. Noen hovedpunkter:

- Soneinndeling av nettet for overvåking og prioritering. Nesten alle overvåker vannforbruk med sonevannmålere som er tilknyttet driftskontrollsystemet. Størrelsen på sonene varierer, men flere oppgir nå å sikte inn mot maksimalt 3000–6000 personer i bykommunene. Minimum nattforbruk måles og sammenlignes med beregnet legalt nattforbruk, og dette bestemmer prioriteringen for lekkasjesøking mellom sonene.
- Organisering og personell. Alle virksomhetene har egne ansatte, både administrativt og utførende på operatørnivå. For de praktiske arbeidene er det vanlig å dele inn i lekkasjelag med 1 eller 2 operatører som har bil som er innredet med lekkasjesøkingsutstyr og PC med digitalt ledningskartverk.
- Lekkasjenivå. På bakgrunn av oppgitt total vannproduksjon, lekkasjemengde, antall personer og lengde på ledningsnettet, er lekkasjenivået beregnet på 3 ulike måter:

% tap i forhold til vannproduksjonen	14% – 40%
l/s km offentlig ledning	0,08 – 0,40 l/s km off ledning
l/person døgn	100 – 223 l/p d

IWA (International Waterworks Association) har angitt 2 ulike internasjonale metoder for beregning av lekkasjemengde; en vannbalansemetode og en minimum-nattforbruk-metode. Trondheim kommune har prøvd ut dette.

- Utstyr og metoder. De vanligste metodene er bruk av korrelator (akustisk korrelasjon), lytteutstyr for lytting i kummer eller marklytting. Ventilstengninger, som også er mye brukt, gir en risiko for innsug av forurensninger ved trykløst nett, og metoden bør ikke benyttes. Øvrige brukte metoder er automatisk lytting med lydloggere og sporgass. Korrelerende loggere er nytt utstyr som kan beskrives som en mellomting mellom lydloggere og korrelator. På plastledninger benytter 85% korrelator med hydrofoner. Det er viktig å få en kontroll på et påvist lekkasjepunkt via minimum 2 forskjellige typer utstyr/metoder.
- Prosjektering. Det er viktig at det tas hensyn til lekkasjesøking ved prosjektering. Stikkord er ledningsmateriell, kumavstand, mellomringer/serviceventiler i kummer og nedre målegrense på vannmålere.
- Trykkreduksjon. Er et godt tiltak for å senke lekkasjetapet. Det er i praksis en tilnærmet lineær sammenheng mellom trykkreduksjon og reduksjon i lekkasjevolum. Eksempelvis gir 10% lavere trykk også 10% reduksjon i lekkasjevolum.

## English summary

This report is published in Norwegian by Norwegian Water BA (Norsk Vann BA),  
www.norwegian-water.no / www.norskvann.no

Address: Vangsvegen 143, N-2317 Hamar, Norway  
Phone: + 47 62 55 30 30  
Fax: + 47 62 55 30 31  
E-mail: post@norskvann.no

Report no: 171 - 2009  
Report Title: Experiences with leak detection and control  
Date of issue: 30. June 2009  
Number of pages: 43

Keywords: Water supply, water distribution system, leak detection

Author: Asle Flatin  
Co-authors: Asbjørn Unhjem, Kristin Jenssen Sola

ISBN: 978-82-414-0308-8

### Summary:

There has been an increased focus on leak detection in the water distribution systems in Norway. From this project we have learned that the water loss from the municipal pipelines ranges from 14 % to 40 % of the total water supply production. The lost water results in a higher cost than necessary related to water production (treatment) and to distribution, including pumping of water. The high leakage rate also represents a hygienic challenge as situations without water pressure in the supply system can allow pollution to enter.

As a part of this project a questionnaire was distributed to Norwegian municipalities. 15 waterworks replied to the questionnaire and their reported experiences are a part of this report.

This report presents recommendations linked to:

- Zoning of the water distribution system  
In order to be able to monitor the minimum night flow the water distribution network is divided into metering zones. The flow of water through each zone is monitored by the use of flow transmitters.
- Organization of the operational works  
The leak detection activities are organized in teams of 1 or 2 operators. Each team operates a car equipped with leak detection equipment as well as a computer with digitized maps of the water distribution system.
- Methods of the IWA (International Waterworks Association).  
It is recommended to use the methods described by IWA to calculate the amount of water leakage: water balance and minimum night flow.
- Leak detection  
The most common methods in Norway for performing leak detection are:
  - Correlation: The sound of the leakage is recorded by two sensors attached to the pipeline. The sound is amplified and transmitted to the correlator. On plastic pipelines hydrophones are used.
  - Sounding: Use of direct sounding in manholes or in the terrain with a ground microphone.
- Water supply system design  
It is very important to prepare for leak detection already when designing the water supply system.
- Reduction of water pressure will lead to a reduction in water loss.



# 1. Innledning

## 1.1. Bakgrunn og målsetting

Stadig flere vannverk får økt fokus på lekkasjekontroll både av økonomiske og helsemessige grunner. Det er mange gode grunner til å jobbe aktivt på området: Reduserte kostnader for produksjon av vann, reduserte mengder avløpsvann grunnet innlekking av rent lekkasjevann, redusert risiko for innsug av forurenset væske ved undertrykk, redusert behov for oppdimensjonering av ledningsnett, vannkilden kan beholdes lengre i pressområder, økt reservekapasitet i høydebassenger, reduserte pumpekostnader mm.

Andre positive effekter er at ledningskartverket vil bli oppdatert, og driftspersonell vil få bedre kunnskaper om ledningsnett. Dette skaper økt motivasjon hos driftspersonell, og vannverket vil takle akutte brudd og andre uforutsette hendelser på en bedre måte. Man kan også si at vi av strategiske, politiske og moralske grunner bør redusere våre lekkasjer for å framstå som en mer seriøs sektor. Myndighetene har mer og mer fokusert på VA-sektoren og våre utfordringer. De måler oss på enkle parametere som bl.a. lekkasjetap.



Figur 1. Vannlekkasje Hårberg, Lier kommune (Foto: Rene Astad Dupont, GVD)

Målsettingen med prosjektet er å få økt fokus på lekkasjekontroll for å redusere lekkasjene både av samfunnsøkonomiske og strategisk/politiske grunner. Det er satt opp erfaringsammenstilling av de viktigste forholdene som skal til for å få en optimal bruk av ressurser i lekkasjereduksjonsarbeidet.

Det er mange årsaker til at vannlekkasjene er blitt så høye i Norge. Vi har hatt nok vann, vi har tidligere hatt lave kostnader til vannbehandling (minimumsbehandling med siling og klorering), mange vannverk har forsyning med gravitasjon dvs. lite pumping, og ledningsnett har vært rikelig dimensjonert for ordinær forsyning. I de siste 15 årene har vi imidlertid fått helt andre krav til vannkvalitet, og fokus på vannforsyningen er endret vesentlig. I dag har flere av de største byene bygget fullrenseanlegg på "vanlig"

norsk vann, kostnadene har økt vesentlig pr m<sup>3</sup> vann, og det er derfor enda viktigere nå enn tidligere at det totale vannforbruket reduseres mest mulig.

Vi vil også nevne noen andre årsaker til høyt lekkasjenivå i Norge:

- **Høyt vanntrykk**  
Dette har sin årsak i topografien, og "vanlig" trykksoneinndeling vil si vannforsyning mellom 3 og 8 bar i hver trykksone. Lekkasjemengdene ville blitt betraktelig redusert med trykkreduksjon. Dette er nærmere omtalt i kapittel 8.4.1.
- **Utfordrende og varierende grunnforhold + klima med frost/tining**  
Vi tenker bl.a. på vekslning mellom fjell og løsmasser, ikke bæredyktige masser og aggressive grunnforhold (utvendig korrosjon). Dette stiller store krav til kunnskap både hos byggherre, prosjekterende og utførende.
- **Feil utførelse**  
Den klassiske feilen er tidligere bruk av skolinger som råtner og gir setninger som igjen er årsak til tverrbrudd på ledninger av grått støpejern. Manglende bruk av omfyllingsmasser er en annen utførelsesfeil.
- **Rørmaterialer og rørdeler – manglende kunnskap**  
Tidligere hadde man ikke nok oppmerksomhet på rørmaterialer ved aggressive grunnforhold, og man la galvaniserte stikkledninger som har en altfor kort levetid. Dagens stikkledninger (ofte PE/Cu rør) har også sine utfordringer som valg av riktig skjøtemateriell, unngå monteringsfeil, og hensyn til PE rørens materialbevegelse (utvidelse/krymping etter temperaturen).
- **Høy alder på ledningsnett**  
Saneringstakten for å skifte ut gamle vannledninger er ikke i takt med behovet.

Prosjektet er gjennomført med følgende hoveddeler:

- Utvelgelse av utspøringsgruppe
- Utarbeidelse av spørreskjema
- Gjennomføring av spørreundersøkelse
- Systematisering og evaluering av resultatene
- Øvrig innhenting av faglige innspill
- Møter med arbeidsgruppen og erfaringsutveksling underveis i prosjektet
- Rapportering

## 2. Spørreundersøkelsen

### 2.1. Om undersøkelsen

Spørreskjemaet ble laget slik at det kunne besvares på ingeniørnivå, på operatørnivå eller av private firma. Skjemaet ble distribuert via Norsk Vann med e-post til kommuner og virksomheter. De som fikk skjemaet var følgende; medlemmer av Norsk Vanns faggruppe for ledningsnett, medlemmer av Rørinspeksjon Norge (RIN), fagtreffdeltakere i regi av lekkasjekontroll- og trasesøkegruppen (undergruppe av RIN), Voss kommune og Tinn kommune. I første runde ble kun 5 av henvendelsene besvart. I andre runde tok vi direkte kontakt via telefon og e-post, og endte opp med å få inn 10 besvarelser til. Totalt er det derfor mottatt 15 besvarelser på spørreskjemaet.

Skjemaet er delt inn i følgende hoveddeler:

1. Generelle opplysninger
2. Organisering - personell
3. Nøkkeltall for vannlekkasjer
4. Strategi, utstyr og metoder
5. Rapportering etter lekkasjesøking
6. Økonomi
7. Andre forhold

Ubesvart utgave av spørreskjemaet ligger i vedlegg. Totalt inneholder det i underkant av 50 spørsmål, og noen av spørsmålene hadde igjen underspørsmål. Ikke alle spørsmålene var like relevante for alle virksomhetene. Derfor er ikke alle deler av undersøkelsen besvart av alle. Dette vises som "hull" i noen diagram/tabeller.

Opplysningene i undersøkelsene er hentet fra 2006 – 2008.

Disposisjonen i denne rapporten er i stor grad bygd opp i samsvar med spørreskjemaet.

#### 2.1.1 Deltakere

11 kommuner, 2 interkommunale selskap, 1 rådgivende ingeniør og 1 privat vannverk svarte på undersøkelsen:

- Asker kommune
- Bærum kommune
- Gjøvik kommune
- Hamar kommune
- Kristiansand kommune
- Moss kommune
- Oslo kommune
- Porsgrunn kommune
- Stavanger kommune
- Trondheim kommune
- Voss kommune

- Godt Vann Drammensregionen, GVD
- Vestfold Interkommunale Vannverk, VIV
- Multiconsult AS, Trondheim
- Eide vassverk BA, Møre og Romsdal

Godt Vann Drammensregionen (GVD) har lekkasjesøking i disse kommunene: Drammen, Lier, Nedre Eiker, Røyken, Sande, Modum, Øvre Eiker, Hurum og Svelvik.

Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV) har lekkasjesøking i sine medlemskommuner: Sandefjord, Stokke, Tønsberg, Nøtterøy, Tjøme, Horten, Holmestrand, Re, Hof og Andebu.

Vi har delt virksomhetene inn i kategorier etter hvor mange innbyggere de forsyner:

Kategori 1:	0 – 10 000:	Voss kommune, 7 000 personer Eide Vassverk, 3 500 personer
Kategori 2:	10 001 – 50 000:	Gjøvik kommune, 21 000 Hamar kommune, 25 530 Moss kommune, 28 000 Porsgrunn kommune, 33 000
Kategori 3:	50 001 – 100 000:	Asker kommune, 51 700 Kristiansand kommune, 85 000
Kategori 4:	100 001 – 150 000:	Bærum kommune, 106 000 Stavanger kommune, 115 000
Kategori 5:	150 001 – 200 000:	Godt Vann Drammensregionen, 155 000 Vestfold Interkommunale Vannverk, 160 000 Trondheim kommune, 163 300
Kategori 6:	Over 200 000:	Oslo kommune, 540 000

## **2.2. Generelle opplysninger**

Det er 12 ledere på ingeniørnivå som har svart på undersøkelsen og 6-7 operatører/fagarbeidere. Det vil si at for flere er besvarelsen utført med samarbeide mellom ingeniør og operatør. Operatørene har vært med på disse besvarelsene: Asker kommune, Gjøvik kommune, Kristiansand kommune, Voss kommune og VIV.

Ingeniørene svarer i hovedsak at de er ansvarlige for planlegging og gjennomføring av lekkasjekontroll i virksomheten.

### 3. Organisering – personell

Organisatorisk ligger lekkasjekontroll i kommunal etat/avdeling eller kommunalt foretak hos alle kommunene som har svart. De to interkommunale selskapene har ansvar for lekkasjesøking i kommunene som er oppgitt i kapittel 2.1.1.

#### 3.1. Bemanning

Virksomhetene har bemannet lekkasjesøkingen ulikt. Men alle har egne ansatte som jobber med lekkasjesøking. I tabellen under er noen av opplysningene listet opp for hver virksomhet.

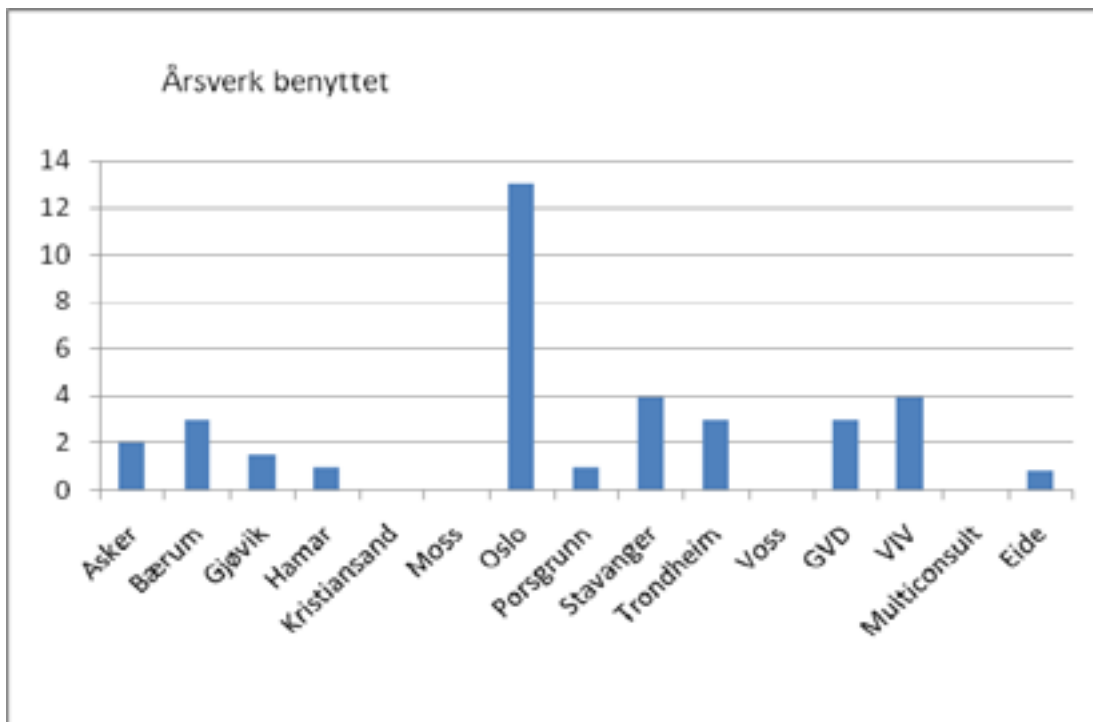
Tabell 1. Bemanning og praktiske arbeider

Virksomhet	Kontinuerlig?	Egne ansatte?	Organisering operatørnivå	Biler
Asker	Hele året	Ja, 2	Ett lag	Nei
Bærum	Hele året	Ja, 3	Ett lag	Ja, 2
Gjøvik	Hele året	Ja, 1 ++	1 person + sommervikar	Ja, 1
Hamar	1-2 mnd	Ja, + innleie	2 lag a 2 personer	Nei
Kristiansand		Ja		
Moss	Nei, ad hoc	Ja	Ikke systematisert	Nei
Oslo	Hele året	Ja, 13	3 nattskiftlag+2 dagskiftlag	Ja, 3
Porsgrunn		Ja		
Stavanger	Hele året	Ja, 4	2 lag a 2 personer	Ja, 2
Trondheim	Hele året	Ja, 2,5 + innleie	2 lag	Ja, 2
Voss	Fokus hele året	Ja	Utføres av vannverkets personell	Ja, felles
GVD, Godt Vann Drammen	Hele året	Ja, 3	2 lag a 1 person + noe bistand fra kommunen	Ja, 2
VIV, Vestfold Interkomm v.v.	Hele året	Ja, 4	3 lag a 1 person + noe bistand fra kommunen	Ja, 3
Multiconsult	Hele året	Ja, 3	Lag sammen med oppdragsgivers mannskaper	Ja
Eide vassverk	Fokus hele året	Ja	Utføres av vannverkets personell	Nei

#### 3.2. Egne ansatte og antall årsverk

Alle virksomhetene har egne ansatte som arbeider med lekkasjekontroll. Det gjelder både personell som utfører de administrative oppgavene, og personell som utfører den operative lekkasjesøkingen. I tillegg er det noe innleie av firma for bistand og økt kapasitet på de praktiske arbeidene.

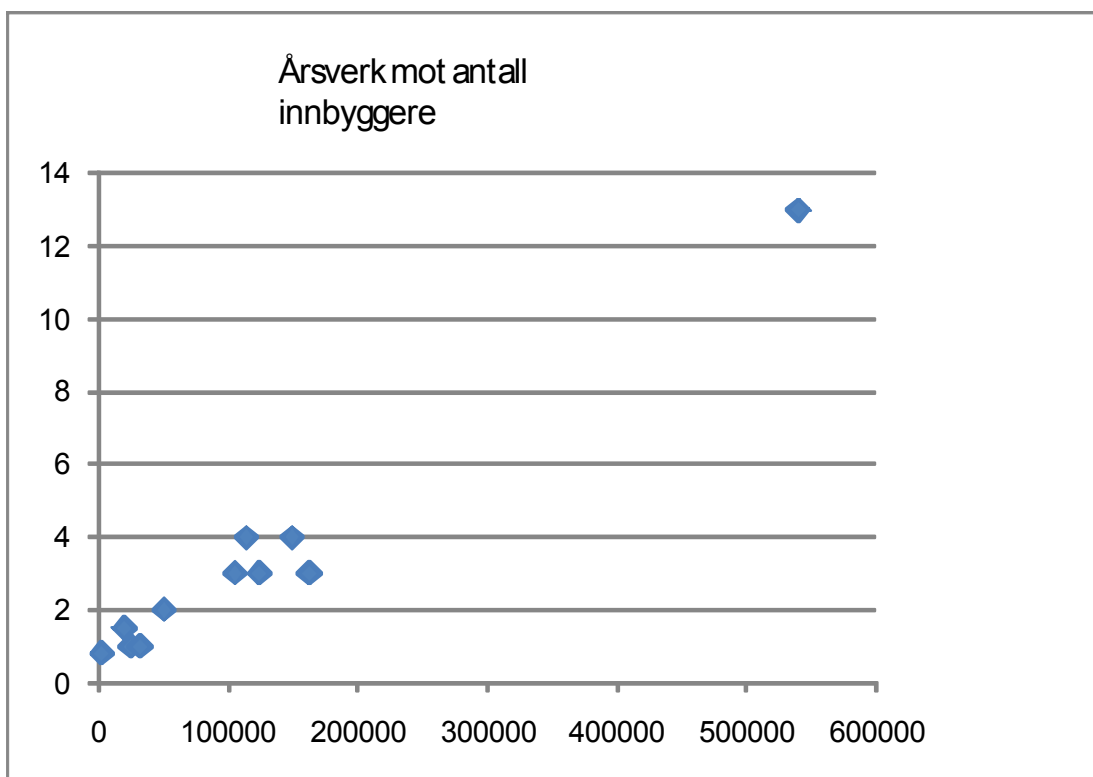
Stolpediagrammet på neste side viser hvor mange årsverk virksomhetene bruker på lekkasjesøking. Fire av virksomhetene har ikke oppgitt hvor mange årsverk de bruker. Innleid personell er ikke inkludert.



Figur 2. Antall årsverk i egen virksomhet som brukes på lekkasjesøking

Figur 2 viser at de største virksomhetene har mest ressurser tilgjengelig.

I diagrammet under er antall årsverk virksomhetene bruker på lekkasjesøking plottet mot antall innbyggere.



Figur 3. Årsverk mot antall innbyggere

Vi ser her at de som har flest antall innbyggere er de som bruker mest ressurser på lekkasjesøking. Det er også en relativt god sammenheng mellom antall årsverk og antall forsynte personer (man kan nesten trekke en skrålinje i diagrammet).

### **3.3. Organisering i lekkasjelag**

For de praktiske arbeidene er det vanlig å dele inn i lekkasjelag med for eksempel 2 operatører som har en bil som er innredet med lekkasjesøkingsutstyr og PC med digitalt ledningskartverk. De 2 interkommunale selskapene, GVD og VIV, har bare 1 operatør med bil og utstyr per lag, men det kan i tillegg være med en mann fra den kommunen som man da driver søking i.

### **3.4. Biler med lekkasjesøkingsutstyr og PC-utstyr**

Flertallet av virksomhetene har funnet det mest rasjonelt å kjøpe inn egne biler for lekkasjesøking. Dette er praktisk fordi man alltid har utstyret og ledningskartet med seg, og man er mobil. Når det for eksempel oppstår en akutt lekkasje mens et lag holder på med aktiv lekkasjekontroll, er det raskt å om dirigere mannskapene til det akutte tilfellet der de kan være operative med en gang.

### **3.5. Helårsarbeid**

Ca 75 % av virksomhetene arbeider med lekkasjesøking kontinuerlig hele året. Det er de mellomstore og mindre kommunene som ikke driver kontinuerlig hele året.

### **3.6. Dag- og nattarbeider**

I størrelsesorden 75 % av virksomhetene driver lekkasjesøking både på dagtid og nattetid. Flere av disse har kun nattarbeid i perioder eller i spesielle områder.

Oslo kommune har for eksempel tre to-mannslag på nattskift fire netter per uke hele året. De går hovedsakelig på rutinesøk på hovedledninger, eller tar oppdrag der hvor fremmedstøyen er for stor på dagtid. Oslo har også to lag på dagtid året rundt som gjør lekkasjesøking på bakgrunn av interne og eksterne meldinger om feil, eller indikasjoner om feil på privat og kommunalt ledningsnett.

VIV derimot driver kun lekkasjesøkingsarbeider på dagtid.

### **3.7. Kompetanse til operatørene**

På operatørnivå er det et stort flertall som er utdannet rørlegger. Alternativt har de fagbrev i annet fag. De er kurset og har fått opplæring og erfaring gjennom selve arbeidene. Det er et fellestrekk i kommunene at operatørene er stabile og har mange års erfaring med lekkasjesøking. Utstyret for lekkasjesøking er spesialisert, og utstyret krever jevnlig bruk for å beherske det tilfredsstillende. Eide vassverk har for eksempel så få lekkasjer at deres mann får for lite lyttetrening!

### **3.8. Andre arbeidsoppgaver på operatørnivå**

Fire av virksomhetene oppgir at operatørene kun arbeider med lekkasjesøking. Mens de øvrige også oppgir andre oppgaver. I hovedsak dreier dette seg om andre vanlige driftsoppgaver på VA-ledningsnettet, mens i mindre og mellomstore kommuner er operatørene også med på anlegg ved sanering eller nyanlegg.

### **3.9. Attraktivt arbeidsområde**

Lekkasjesøking oppleves som et attraktivt og meningsfylt arbeidsområde, og det er lite utskifting av personell. Lokal erfaring ansees som veldig viktig for å kunne gjøre en god jobb. Lokal erfaring vil fortsatt være en viktig del selv om man benytter oppdaterte ledningskart samt driftskontrollsystem med for eksempel verdier for legalt nattforbruk i hver sone.

Alle virksomhetene, bortsett fra en, oppgir at operatørene får tilbakemelding etter utførte reparasjoner. Det er viktig med tilbakemeldinger for at arbeidene skal oppleves som meningsfylt.

### 3.10. Opplæring

Samtlige av de spurte mener at det er behov for mer opplæring, og de fleste mener det er behov for kompetanseheving på alle nivåer i organisasjonen. Svarene for opplæringsområder/-tema er listet opp under med antall svar i parentes:

- *Operatøropplæring på nytt utstyr (9)*
- *Må drive kontinuerlig med lekkasjesøking for å ha utbytte av opplæring*
- *Lekkasjesøking på plastledninger (4)*
- *Automatisk lytting med lydloggere*
- *Erfaringsutveksling på alle nivå i organisasjonen*
- *Operatøropplæring innen bruk av overvåkningssystemet*
- *Etterlyser bedre kompetanse i prosjektering for å tilrettelegge for lekkasjesøking*
- *Nyansatte operatører må gis opplæring for å forstå kompleksiteten i nettet*
- *Trykksenkning om natten*
- *Vurdering av optimal størrelse på lekkasjesoner*
- *Bruke kunnskap fra IWA til å finne gode nøkkeltall*
- *Trasésøking*

### 3.11. Administrative arbeidsoppgaver

Disse svarene kom inn på spørsmål om hva som var de administrative oppgavene innen lekkasjesøking:

- *Tilrettelegge, planlegge og organisere de praktiske arbeider, både selve lekkasjesøkingen og reparasjonsarbeidene. Dette er også beskrevet som bruk av arbeidsordre, bestillinger, planlegge framdrift, ha møter, varsle vannavslag, kontrollere soneluser etc.*
- *Daglig overvåkning av vannmengder/sonemålere på driftskontrollsystem*
- *Føre B1-skjema/registrere påviste lekkasjer og utbedrede lekkasjer*
- *Føre inn data om utbedrede lekkasjer i GIS-system + ajourføring av ledningskart*
- *Holde seg faglig oppdatert i forhold til metoder, utstyr og ny teknologi*
- *Ha fokus på forbedringer som for eksempel endring av sonene (plassere flere vannmålere), systematisering og forbedret rapportering. Vurdere andre tiltak for å få ned vannforbruket som for eksempel justering av trykksoner eller trykksenkning.*
- *Gi tilbakemeldinger til operatørene, bl.a. etter utbedring av påviste lekkasjer*
- *Sende ut pålegg om utbedring av private lekkasjer inklusive oppfølging*

### 3.12. Historisk perspektiv – oppstart av lekkasjesøking

Halvparten av kommunene startet med lekkasjesøking på 1970-tallet, to av dem i siste del av 1960-tallet. På 1990-tallet ble det økt fokus på overvåking av lekkasjer og lekkasjesøking.

### 3.13. Organisering hos Trondheim kommune

Vi har beskrevet 2 eksempler på organisering nærmere; hos Trondheim kommune i dette punktet og hos Vestfold Interkommunale Vannverk i punkt 3.14.

Da Trondheim kommune startet lekkasjekontrollen i 1991 ble det kjøpt inn to spesialinnredede biler med nødvendig lytteutstyr for lytting i kummer og på markoverflate. Det ble også investert i en korrelator for detaljpåvisning. Kommunen skjermet fire personer fra andre oppgaver, slik at disse i en periode bare kunne drive lekkasjesøking.



Antallet ble i ca 2003 redusert til 3 personer; 1 lekkasjeleder og 2 lekkasjesøkere, videre redusert i 2005 til 2 personer. I dag benyttes dessuten i tillegg innleid firma (rammeavtale) for å drive supplerende lekkasjesøking i sommerhalvåret (grovsøk). Da gjennomgås nettet systematisk med ventillytting. Deretter gjennomføres detaljlokalisering med korrelator på strekninger hvor en har mistanke om lekkasje (utføres på høst og vinter når det ikke er snø). Lekkasjesøkingen utføres både på dagtid og om natten.

Lekkasjegruppen bruker Gemini VA på bærbare pc. Når lekkasje er funnet meldes den til arbeidsleder vannett som følger opp med reparasjon og datarapportering til Gemini VA.

Lekkasjegruppen arbeider i dag kun med skjulte lekkasjer.

Fra 01.01.09 er det vedtatt nye målsettinger for tap av vann. Lekkasjegruppen utvides gradvis og ny teknologi og metodikk tas i bruk. Det vises til Prosjektrapport Fase 1 som er tilgjengelig på <http://www.trondheim.kommune.no/content.ap?thisId=1117640339> .

### **3.14. Organisering hos VIV**

Lekkasjeeheten i VIV består av 4 personer:

- Lekkasjeleder
- 3 stk lekkasjesøkere

Lekkasjelederen har ansvar for organisering av driften, utstyr, planlegging av det systematiske søket i de ulike kommunene (årsplaner), overvåking av vannforbruk mv. Lekkasjelederen er også kontaktpersonen mot kommunene. Lekkasjelederen rapporterer til vannverkssjefen.

Lekkasjelederen har i VIV også arbeidet noe med profilering av VIV, informasjonsarbeid mot skoler, tannhelsetjenesten, utdeling av vannflasker mv.

De tre lekkasjesøkerne arbeider normalt selvstendig med lekkasjesøking i de ulike kommuner. Ved behov samarbeider de om enkeltoppdrag.

I tillegg til selve lekkasjesøkingen har de enkelte lekkasjesøkerne "egne oppgaver/ansvarsområder". Disse ansvarsområdene er:

- Kontroll på vannforbruk i sonene til de forskjellige medlemskommunene som er utgangspunkt for en aktiv lekkasjekontroll
- Ansvar for ajourføring av grunnlagskart, GAB og ledningskart fra de ulike kommuner. Disse data skal videre legges inn i lekkasjesøkernes PCer. Kartene innhentes fra Tønsberg kommune som har ansvar for dette i 9K samarbeidet (ni kommuners samarbeidet).
- Ansvar for deltakelse i organisasjonsarbeid (RINs lekkasjegruppe). Dette innebærer faglig arbeid, kursvirksomhet, kontakt mot Norsk Vann mv.
- Ansvar for utstyr/gass-søking

At lekkasjesøkerne har egne ansvarsområder som beskrevet over framheves av VIV som meget positivt mht. til trivsel i jobben, faglig utvikling/kompetanseheving, stabilitet i arbeidsstokken og ansvarsfølelse.

Lekkasjelederen har kontor ved VIVs anlegg på Seierstad i Larvik. Lekkasjegruppen har imidlertid også en base på Kjelle i Tønsberg. Her har de møterom og lager mv.

Hver mandag har lekkasjegruppen møter på Kjelle for å koordinere og planlegge ukens arbeid. Gruppen har imidlertid daglig kontakt med hverandre på mobil i forbindelse med arbeidet.

### **Arbeidsfordeling mellom kommuner og VIV**

VIV utfører kun rent lekkasjesøkingsarbeid. Som følge av at VIV har arbeidet i mange år, er de godt kjent i de ulike kommuner og søkesoner osv. er etablert. Det er derfor normalt ikke behov for å ha bistand fra kjentmann eller behov for ventilmanøvrering mv.

Hvis det likevel er behov for å fysisk stenge ventiler osv. tilkalles personell fra kommunen. VIV gjør ingen fysiske tiltak i nettet. I dag har VIVs personale bistand fra kjentmann/hjelpemann fra kommunen i 5-10 % av tiden.

I de første årene som VIV arbeidet med lekkasjesøkingen var bistand fra kommune/kjentmann mye større, og i størrelsesorden 50-100 % av tiden.

Når det gjelder all oppfølging av kommunale og private lekkasjer (etter at VIV har påvist og rapportert disse) så er dette kommunenes ansvar.

### **Møter og rapportering av lekkasjearbeider**

VIV har årlig et felles møte med alle kommunene vedrørende lekkasjearbeidet.

I dette møtet blir planer for arbeidene og temaer av felles interesse tatt opp.

VIV stiller da med alle sine lekkasjemedarbeidere, og kommunen med de respektive kontaktpersoner for lekkasjearbeid.

Ved oppstart av lekkasjearbeider i en kommune holdes et oppstartsmøte mellom VIV og kommunen. Fra VIV stiller lekkasjeleder og den lekkasjesøker som skal arbeide i kommunen. I dette møtet avtales alle forhold rundt arbeidet som skal påbegynnes (områder, bistand fra kommunen, bruk av driftskontroll, utsetting av loggere osv).

Under hele arbeidsperioden vil lekkasjesøkeren ha jevnlig kontakt med kommunen. I etterkant av arbeidene rapporterer VIV de utførte arbeidene i et skriftlig notat. Dette kommer i tillegg til den løpende rapporteringen av lekkasjer som oppdages i arbeidet.

## 4. Nøkkeltall for vannlekkasjer

Data for antall personer, lengde på ledningsnettet, total vannforsyningsmengde og lekkasjemengde er vist i etterfølgende tabell. Det må påpekes at det er sterkt varierende grad av nøyaktighet på oppgitt lekkasjemengde, og dette må man ha med seg også i tolkningen av resultatene. Det er stor forskjell mellom å gå detaljert til verks ved å måle nattforbruk og trekke fra legalt forbruk, til kun å anslå prosentandel lekkasjer.

Tabell 2. Antall personer, lengde ledningsnett, total vannforsyningsmengde og lekkasjemengde

	Antall personer	Lengde ledn nett km	Total vann-forsyning mill m3/år	Lekkasje-mengde m3/år
Asker	51 700	325	11 400 000	3 556 448
Bærum	106 000	507	17 000 000	5 950 000
Gjøvik	21 000	240	3 000 000	1 200 000
Hamar	25 530	227	3 061 000	1 136 000
Kristiansand	85 000	600		
Moss	28 000	153	3 226 781	1 187 000
Oslo	540 000	1 560	97 400 000	19 800 000
Porsgrunn	33 000	310	6 600 000	2 640 000
Stavanger	115 000	626	20 300 000	7 500 000
Trondheim	163 300	766	20 701 000	6 300 000
Voss	7 000	124	1 189 200	297 000
GVD	155 000	1 500	25 000 000	10 000 000
VIV	160 000		22 200 000	6 700 000
Eide vassverk	3 500	110	1 969 664	285 000

### 4.1. Lekkasjenivå

I Tabell 3 på neste side har vi angitt lekkasjenivå på tre ulike måter; i liter/person i døgnet, i % og i liter pr person pr km ledning. Tabellen og etterfølgende grafer viser at ingen av de 3 måtene gir et godt bilde på å sammenligne resultatene fra kommune til kommune.

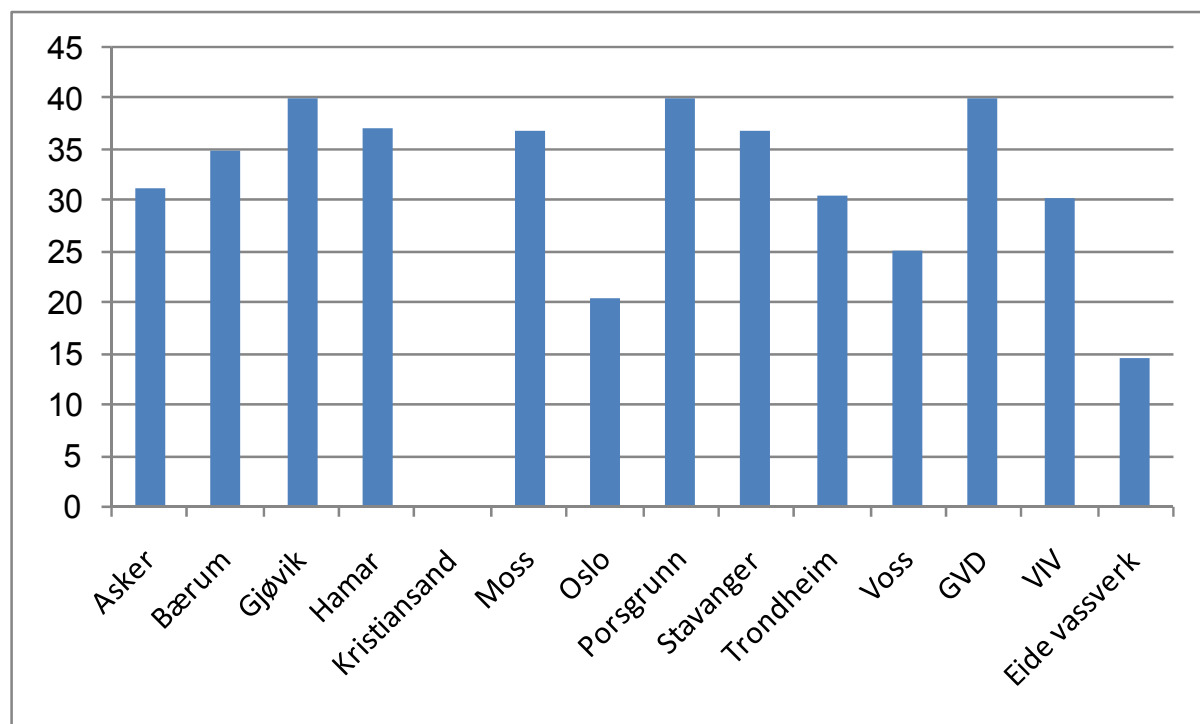
Oslo har for eksempel lavt lekkasjenivå når vi ser på l/p d og %, men høyest når vi ser på l/s km ledning. Dette er fordi de har færrest antall meter ledning per person. Men da har de samtidig flest påkoblinger i forhold til lengde på ledningsnettet. Dette viser at det er behov for bedre metoder for å sammenligne resultater. Det er kommet internasjonale standarder på dette som er omtalt i kapittel 4.2.

For kommuner som driver aktiv lekkasjekontroll har lekkasjemengden gått betydelig ned. Gjøvik kommune hadde et lekkasjenivå på 418 l/p d i 1999 (54%), mens dette er redusert til 157 l/p d i 2006. Trondheim kommune hadde ca 50% før de startet opp med lekkasjekontroll i 1991.

Tabell 3. Lekkasje nivå angitt på ulike måter

	Lekkasje- nivå l/pd	Lekkasje- nivå %	Lekkasje- nivå l/s km ledning	Ant m ledning pr person
Asker	188	31	0,35	6,29
Bærum	154	35	0,37	4,78
Gjøvik	157	40	0,16	11,43
Hamar	122	37	0,16	8,88
Kristiansand				7,06
Moss	116	37	0,25	5,46
Oslo	100	20	0,40	2,89
Porsgrunn	219	40	0,27	9,39
Stavanger	179	37	0,38	5,44
Trondheim	106	30	0,26	4,69
Voss	116	25	0,08	17,69
GVD	177	40	0,21	9,68
VIV	115	30		
Eide vassverk	223	14	0,08	31,43

Lekkasje nivået varierer mellom 14 og 40 %:



Figur 4. Lekkasje i % av total vannforsyning pr år

## 4.2. Beregning av lekkasjenivå etter IWA

IWA (International Waterworks Association) har angitt 2 ulike internasjonale metoder for beregning av lekkasjenivå. Dette er:

- **Topp-ned vannbalanse metode**  
For beregning av lekkasjenivå.
- **Bunn-opp minimum nattforbruk metode**  
Beregningsmetode for prioritering av lekkasjekontroll innsats mellom målesoner.

Hovedhensikten er å få felles beregningsmetoder slik at en kan få sammenlignbare tall for vannlekkasjer.

### 4.2.1. Topp-ned vannbalanse metode

Metoden deler vannmengden levert til forsyningssystemet i to hoveddeler; fakturerbare og ufakturerbare vannmengder. *Tabell 4* viser de ulike delene i vannbalansen.

*Tabell 4. Vannbalanse IWA etter topp-ned metoden*

Total vannmengde (mengde vann målt ut fra vannbe- handlingsanlegg)	Legalt forbruk	Legalt forbruk, fakturert	Fakturert, målt forbruk	Fakturert vannmengde	
			Fakturert, ikke målt forbruk		
	Vanntap	Legalt forbruk, ikke fakturert	Legalt forbruk, ikke fakturert	Ikke fakturert, målt forbruk,	Ikke fakturert vannmengde
				Ikke fakturert, Ikke målt forbruk	
		Tilsynelatende tap	Tilsynelatende tap	Illegalt forbruk	
				Vannmålerfeil	
		Virkelig tap (lekkasje)	Virkelig tap (lekkasje)	Lekkasje / overløp bassenger	
				Lekkasje offentlige ledninger	
Lekkasje private ledninger					

Vannbalanse skal alltid beregnes etter volum, for eksempel i m<sup>3</sup>/år. De fleste norske kommuner fakturerer etter stipulert forbruk. For at vannbalansen skal kunne sammenlignes mellom kommunene, bør alle bruke samme verdi for forbruk pr innbygger eller kunde. Det er store rom for usikkerhet i vannbalanse dersom kommunene bruker forskjellig antagelse med beregning av ikke fakturert, legalt forbruk (brannslukking, nettspyling, offentlig forbruk) og tilsynelatende tap (ikke godkjent bruk av hydranter til spyling av plasser, ikke målt næringsforbruk, unøyaktige private vannmengdemålere etc). Kommunene må bli enige om hvordan disse mengdene skal beregnes dersom lekkasjemengde skal sammenlignes.

#### 4.2.2. Bunn-opp minimum nattforbruk metode

Følgende likning viser IWA metoden for beregning av lekkasjenivå etter minimum nattforbruk:

$$\text{Lekkasjemengde (l/time)} = (\text{målt nattforbruk} - (\text{dråpetap} + \text{boligforbruk} + \text{næringsforbruk})) * \text{time til dag trykkfaktor}$$

Målt nattforbruk (l/time):	Målt vannmengde for store måleområder (minimum natt-time)
Dråpetap (l/time):	$((\text{Antall påkoblinger} * 0,8) + (\text{km offentlige ledninger} * 18) + (\text{km private ledninger} * 25)) * \text{trykk (mVs)} / 24 \text{ timer}$
Boligforbruk (l/time):	Antall bosatte * nattforbruk (ca 0,6 l pr bosatte/time)
Næringsforbruk (l/time):	Beregnet fra målte data fra store bedrifter med nattaktivitet + spesifikt forbruk fra mindre bedrifter
Time til dag trykkfaktor (mVs):	Forhold mellom gjennomsnittstrykk over 24 timer og trykk ved minimum natt-time

For å kunne sammenligne mellom forskjellige kommuner eller vannverk, skal lekkasjemengde angis som liter per time per påkobling. Bruk av trykkfaktor er nødvendig for å kunne sammenligne mellom vannforsyningsområder med forskjellige trykk på nettet.

Parameterne som brukes i IWA-metoden er ikke spesielt tilpasset norske forhold. Formelen er for eksempel ikke entydig til hvilke påkoblinger som skal inkluderes. Et annet problem kan være varierende trykk innad i samme trykksone.

#### 4.2.3. Bruk av IWA-metodene i Norge

Trondheim kommune gjennomfører for tiden et lekkasjeprosjekt med en gjennomgang av system, vanntap og optimalt lekkasjenivå. Prosjektrapport for fase 1 er datert 23.02.09 og omfatter bla metode og beregning av lekkasjetap etter IWA.

### 4.3. Antall lekkasjer

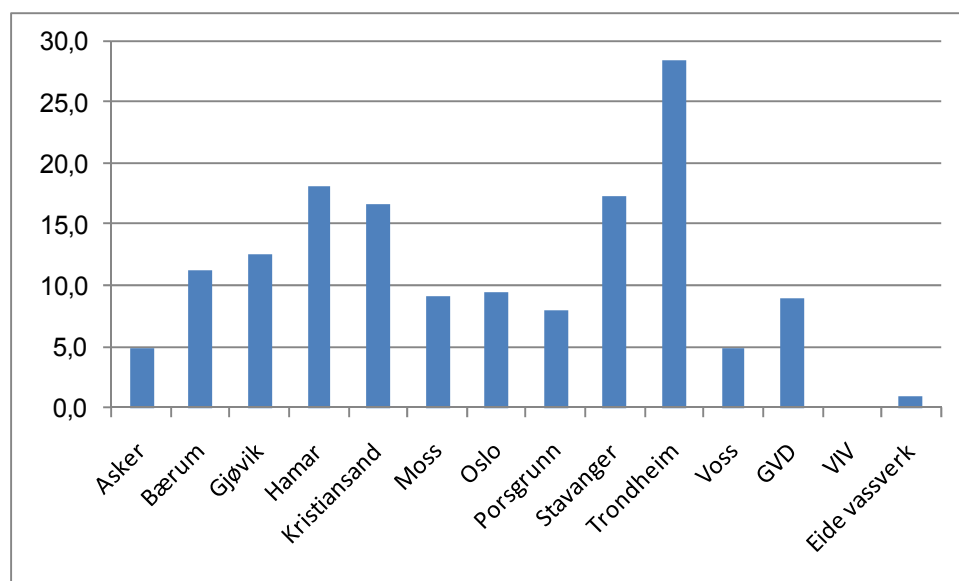
Generelt har kommunene best kontroll på antall lekkasjer på eget (offentlig) nett. Brudd/lekkasjer på private stikkledninger registreres ofte delvis, eller registreres ikke. For private stikkledninger oppdages og utbedres også lekkasjer uten at kommunen er involvert. Antall lekkasjer som er oppgitt i tabellen under på privat nett, inneholder derfor betydelige usikkerheter. Det normale er nok at det er betydelig høyere antall stikkledningslekkasjer enn antall lekkasjer på offentlig nett.

Tabell 5 på neste side viser at det er store variasjoner i antall lekkasjer mellom kommunene.

Tabell 5. Antall vannlekkasjer pr år

	Ant lekkasjer offentlige ledn pr år	Ant lekkasjer Private ledn pr år	Off.nett: Antall lekkasjer per 100 km ledning
Asker	16	?	4,9
Bærum	57	60	11,2
Gjøvik	30	100	12,5
Hamar	41	14	18,1
Kristiansand	100	30	16,7
Moss	14	30	9,2
Oslo	148	584	9,5
Porsgrunn	25	?	8,1
Stavanger	108	?	17,3
Trondheim	217	140	28,3
Voss	6	5	4,8
GVD	135	106	9,0
VIV	118	123	
Eide vassverk	1	7	0,9

Det er også store forskjeller mellom kommunen hvis vi ser på antall lekkasjer pr 100 km ledningsnett (alt på offentlig nett), se *Figur 5*. Vi kan for eksempel se på Oslo og Trondheim, som er to store kommuner som begge har et lavt lekkasjenivå. Oslo har 9,5 lekkasjer pr 100 km ledning, mens Trondheim har 28,3. Dette viser at det er langt flere lekkasjer i Trondheim, og at hver lekkasje er mindre på offentlig nett i Trondheim enn i Oslo.



Figur 5. Antall lekkasjer pr 100 km ledningsnett, alt på offentlig nett

Alle ligger over 5 lekkasjer pr 100 km ledning, bortsett fra Eide vassverk, som *Figur 5* viser.

#### 4.4. Vanligste brudd på ledninger

Kommunene har meldt inn dette som de mest typiske lekkasjepunktene på vannledningene:

- **Grått støpejern, tverrbrudd**  
Skyldes i stor grad gammel leggemetode med skolinger som råtner eller andre setninger pga manglende omfyllingsmasse eller trafikklast. Ca 80% oppgir at dette er det vanligste bruddet! Gjelder offentlige ledninger.
- **Duktilt støpejern, utvendig korrosjon**  
Gamle duktile ledninger (ca 1965–75) har ikke utvendig korrosjonsbeskyttelse og tæres opp utvendig ved aggressive grunnforhold. Gjelder offentlige ledninger.
- **Galvaniserte ledninger, korrosjon**  
Gjelder både offentlige og private ledninger
- **Asbest sementledninger**  
"Eksploderer" når rørtykkelsen er kritisk redusert.
- **PVC-rør**  
Langsgående sprekk
- **Stikkledninger**  
Messingdeler på kobber- og PE-ledninger



Figur 6. Rusthull, vannrør Porsgrunn kommune (Foto: Arve Hansen)

Et sprøtt brudd er ofte svært stort og er typisk for rør av grått støpejern og PVC. Dette er de lekkasjene som er lettest å oppdage og finne, siden de medfører relativt store lekkasjevannmengder (store konsekvenser).

Korrosjonshull gir liten lekkasjemengde og er typisk for rør av stål og duktilt støpejern. Dette er lekkasjer som det er mer tidkrevende å finne.



Eksempler på rørtyper som kan være for dårlige i forhold til en forventet levetid på minst 100 år er:

- Rør av asbestsement (dårligste type) fra ca 1950 – 1975.
- Rør av seigt støpejern med dårlig korrosjonsbeskyttelse fra ca 1965 – 1985.
- Rør av PVC fra ca 1965 – 1980.
- Rør av PE fra ca 1969 – 1975.

#### **4.5. Krav til reparasjonstid**

På spørsmål om hvilke krav som stilles til reparasjonstid fikk vi følgende svar i tilfeldig rekkefølge:

- *Omgående på offentlig nett. 14 dager dersom små lekkasjer*
- *Omgående på offentlig nett. Dårlig oppfølging på private*
- *Ingen til kommunale. 6 uker til private*
- *Omgående på offentlig nett. Private 1-2 mnd*
- *6 timer*
- *Første arbeidsdag på offentlig nett. Private innen 3 uker*
- *Omgående på offentlig nett. Private innen 6 uker*
- *8 timer*
- *Ingen skal være uten vann i mer enn 4 timer*
- *Ingen på offentlig nett. Private 3 uker*
- *Større lekkasjer umiddelbart. Private innen 14 dager*
- *Omgående på offentlig nett. Private innen 3 uker*
- *Vanligst 3 uker for både kommunale og private ledninger*
- *Varies*
- *10 timer på offentlig nett. Private 1 mnd*

Svarene varierer mye, men de fleste har krav til reparasjonstid både på kommunale og private ledninger.

## 5. Strategier, utstyr og metoder

### 5.1. Strategi for lekkasjekontroll

Vi har brukt disse definisjonene:

- **Aktiv lekkasjekontroll**  
Systematisk og planlagt lekkasjeovervåking og lekkasjesøking. Personell er øremerket, og lekkasjer som ikke er synlige på overflaten letes opp og repareres umiddelbart.
- **Passiv lekkasjekontroll**  
Lekkasjesøking utføres kun etter meldinger som kommer inn, eller når det inntreffer akutte brudd og lekkasjen kommer opp til overflaten.

Ca 70 % av kommunene oppgir selv at de driver aktiv lekkasjekontroll, mens de øvrige har passiv lekkasjekontroll. Blant de som driver aktiv lekkasjekontroll er det bare 3 som har besvart hva fordelingen er mellom aktive arbeider og akutte tilfeller. Fordelingen er ca 80% på aktive arbeider og ca 20% på akutte tilfeller.

### 5.2. Sonevanmålinger

Alle overvåker vannforbruk med sonevanmålinger bortsett fra Oslo. Oslo har imidlertid dette som et framtidig satsningsområde. Sonevanmålere er tilknyttet driftskontrollsystemet, det vil si at de overvåkes kontinuerlig.

Alle bortsett fra 2 kommuner har permanent avgrensede soner. Når sonene er permanent avgrenset, må det være tilstrekkelig kapasitet i nettet også i brannsituasjoner eller for eksempel i hagevanningssituasjoner. På den andre siden må ikke oppholdstiden bli for lang i normalsituasjonen. Et annet problem er at det oppstår endeledninger med utspylingsbehov eller fare for frost.

Størrelse på sonene varierer, og ofte er det trykksonene som er utgangspunktet for soneinndelingen. Flere bykommuner oppgir å sikte inn mot størrelse på maksimalt 3 000–6 000 personer pr sone. På "landet" er det mye mindre soner regnet i antall personer, men ofte langt ledningsnett pr sone. Også mindre bykommuner ønsker ofte mindre soner for lettere og raskere å finne fram til lekkasjer, men dette vil avhenge av hvordan nettet ser ut, inkludert trykksoner. Som eksempel er Skien kommune, med innbyggertall ca. 50.000, i ferd med å øke antall soner fra 25 til nærmere 40.

Vi har valgt å gjengi svaret fra Trondheim kommune:

*"Størrelse på soner er et vanskelig tema. IWA/internasjonalt er 6 000 personer et tall som brukes mye. Vi har fra 500 til 20 000 personer. Geografi bestemmer delvis dette. Pågående prosjekt skal se på størrelse og trykk i soner. Vi bør ikke være over 6 000 personer i en sone."*

Odd Atle Tveit beskriver Trondheim kommune sin soneinndeling og overvåking slik: *"Ledningsnettet er delt inn i ca 30 lekkasjesoner. Minimum 2 ledninger forsyner hver sone med vann. Det er vannmålere på alle ledninger som fører vann inn eller ut av ulike soner. Trondheim kommune har knyttet vannmålerne opp mot driftskontrollanlegget som beregner vannforbruket i hver sone (summasjon vann inn minus vann ut av sonen). I dag inngår ca 90 målepunkter i opplegget for lekkasjekontroll. Trondheim kommune beregner teoretisk legalt nattforbruk i hver sone ut fra kjennskap til folketall, industri og annen aktivitet i sonen. Hvert døgn presenteres en tabell som viser målt nattforbruk i sonen sammenlignet med teoretisk legalt forbruk (terskelverdi). Det går klart fram av tabellen dersom terskelverdier overskrides. Det gir grunnlag for å bestemme om en skal gå inn i en sone og lete etter lekkasjer.*

*Til å begynne med bygget vi store målekummer med omløp. Først installerte vi Woltmannmålere. Etter hvert gikk vi over til elektromagnetiske målere som krevde mindre vedlikehold. Vi begynte også å grave ned målere uten kum. Dette har hittil fungert bra. Vi har som regel etablert et kontrollmålepunkt for bruk av en innstikkmåler (Quadrina propellmåler) i nærheten av hver vannmåler for å kunne kontrollere målerne.*

Inndeling i lekkasjesoner førte til stengning av mange ventiler, og det ble dannet mange nye endeledninger. Dette krever mer spyling av nettet, og man må være spesielt oppmerksom på behov for utspyling, dersom det av driftsmessige årsaker må åpnes ledninger som normalt er stengt mellom to soner. Dette er således en mer komplisert oppbygging av forsyningssystemet, som stiller større krav til kartverk og til at fagarbeidere setter seg inn i hvordan systemet virker. Men det har gått bra.

Pågående lekkasje-prosjekt vil medføre ca 10 nye lekkasjesoner og 10-15 endrede trykksoner. Det skal etableres undersoner med vannmålere som isoleres når hovedsonen har for stort nattforbruk.”

### 5.3. Utstyr og metoder for lekkasjesøking

Tabellen under gir oversikt over hvilke metoder virksomhetene benytter:

Tabell 6. Oversikt over benyttede lekkasjesøkingemetoder

Kommune	Automatisk lytting med lydlogger	Lytting i kummer	Ventilstenging /-struping	Marklytting	Korrelator	Sporgass	Annet
Asker	x	x	x	x	x	nei	Rålyd med geofon
Bærum	x	x	noe	x	x	nei	
Gjøvik	x	x	x	x	x	x	
Hamar	nei	x	nei	nei	x	x	
Kristiansand	x	x	x	x	x	nei	
Moss	nei	nei	x	x	x	nei	
Oslo	nei	x	nei	x	x	nei	
Porsgrunn	nei	x	x	x	x	nei	
Stavanger	x	x	x	x	x	nei	
Trondheim	x	x	x	x	x	x	
Voss	nei	x	x	x	x	x	
GVD	x	x	(x)	x	x	nei	
VIV	x	x	x	x	x	x	
Multiconsult	x	x	x	x	x	x	
Eide	nei	x	x	x	nei	nei	

I Tabell 6 framkommer at de 2 vanligste metodene for finsøking er bruk av korrelator (akustisk korrelasjon) og marklyttingsutstyr. Mens de 2 vanligste metodene for grovsøking er lytting i kummer og ventilstengninger.

#### Korrelerende loggere

Etter at spørreskjemaet ble sendt ut, har flere aktører (blant annet GVD og VIV) tatt i bruk korrelerende loggere. Korrelerende loggere kan beskrives som en mellomting mellom tradisjonelle lydlogger og korrelator. Et sett korrelerende loggere består av en koffert med et antall (for eksempel 8 stk) lydlogger og tilhørende analyse-software.

Loggerne vil typisk bli satt ut i kummer den ene dagen og samlet inn den etterfølgende dagen. I løpet av natten vil mikrofonene være aktive på forut programmerte tidspunkter. Etter innsamling kan den medfølgende programvare foreta krysskorrelering mellom alle mikrofonene. Fordelen med dette verktøyet er at man kan dekke et større område med korreleringer, og korrelering foretas om natten mens det er stille uten bruk av personell.

Erfaringene er så langt gode.



Figur 7. Korrelerende loggere (Foto: Rene Astad Dupont, GVD)

### 5.3.1. Metoder på plastledninger

På plastledninger bruker 85 % korrelator med hydrofoner, og flere oppgir at de benytter marklytting for kontroll. Gass benyttes også på plastledninger, for eksempel på små stikkledninger med små lekkasjer.

40 % oppgir at de ser et potensial i utvikling av utstyr for søking på plastledninger.

### 5.3.2. Lekkasjesøking på renoverte ledninger

Det ble utført kontrollerte forsøk med lekkasjesøking på tetttilsluttet rør - Compact Pipe og PE-innføring i Bærum kommune i februar 2004. Konklusjonene etter forsøkene sier:

- Lytting på renoverte anlegg stiller strengere krav til operatøren enn ved konvensjonell lytting.
- Kompetansen til å lytte på denne typen ledninger er foreløpig mangelfull hos kommuner og private lekkasjelyttingsfirma. Lekkasjelytterne trenger mer trening i lytting på denne typen anlegg.

- På Compact Pipe lot lekkasjen seg ikke lokalisere, verken ved korrelering eller marklytting.
- Lokalisering av lekkasje på PE-innførte ledninger er gjennomførbart, men krever mer ressurser og høyere kompetanse enn ved søk på tradisjonelle ledningsanlegg. Lekkasje lot seg lokalisere med tilfredsstillende nøyaktighet ved korrelering. Hydrofoner gir et bedre resultat enn mikrofoner. Marklytting gir også en sikker lokalisering, men det forutsetter at det ikke er snø, at det er gode værforhold og at det ikke er andre støykilder i området som kan virke forstyrrende. Marklytting på denne typen anlegg krever erfaring.

### 5.3.3. Metoder med gode erfaringer

På spørsmål om hvilke metoder virksomhetene har gode erfaringer med, er det som forventet godt samsvar med utstyret som er mest brukt. Korrelator, marklytting og lytting i kummer er alle nevnt av flertallet av virksomhetene.



Figur 8. Lekkasjeutstyr fra GVD (tidligere Glitrevannverket) (Foto: Rene Astad Dupont)

### 5.3.4. Metoder med dårlige erfaringer

#### Ventilstengninger

Når det gjelder ventilstengninger må det gjøres spesielt oppmerksom på at man må unngå trykkløst nett fordi dette gir en risiko for undertrykk og for innsug av forurensninger. En tidligere vanlig metode var måling av forbruk i undersoner der deler av sonen ble avstengt/trykkløs. En annen bruksmessig ulempe med ventilstengning er brunt vann til abonnentene fordi vannstrømmer blir stoppet og/eller snudd. Og så er det alle de stengeventilene som ikke tetter helt.

I stedet for avstengning kan stengeventil strupes for å avdekke forbruk i en sone. Man kan da unngå trykkløst nett.

### Lydloggere

Ca 50 % oppgir at de har dårlige erfaringer med lydloggere på grunn av følsomhet fra annen støy som fra trafikk, stor tapping, regnvær/overvann, bekker, reduksjonsventiler etc. Lydloggere er derfor en type utstyr som man enten er fornøyd med, eller misfornøyd med. De som er fornøyd tar hensyn til begrensningene som finnes i form av følsomhet fra annen støy.

### Korrelator på plastledninger

To kommuner oppgir at det er vanskelig å treffe lekkasjepunktet på plastledninger.

### Lytting i kummer med plastrør

En kommune oppgir at de har dårlig erfaring med nattlytting i kummer med plastrør.

### Gass på områder med tette flater

En av virksomhetene har dårlige erfaringer med bruk av gass på områder med tette flater.

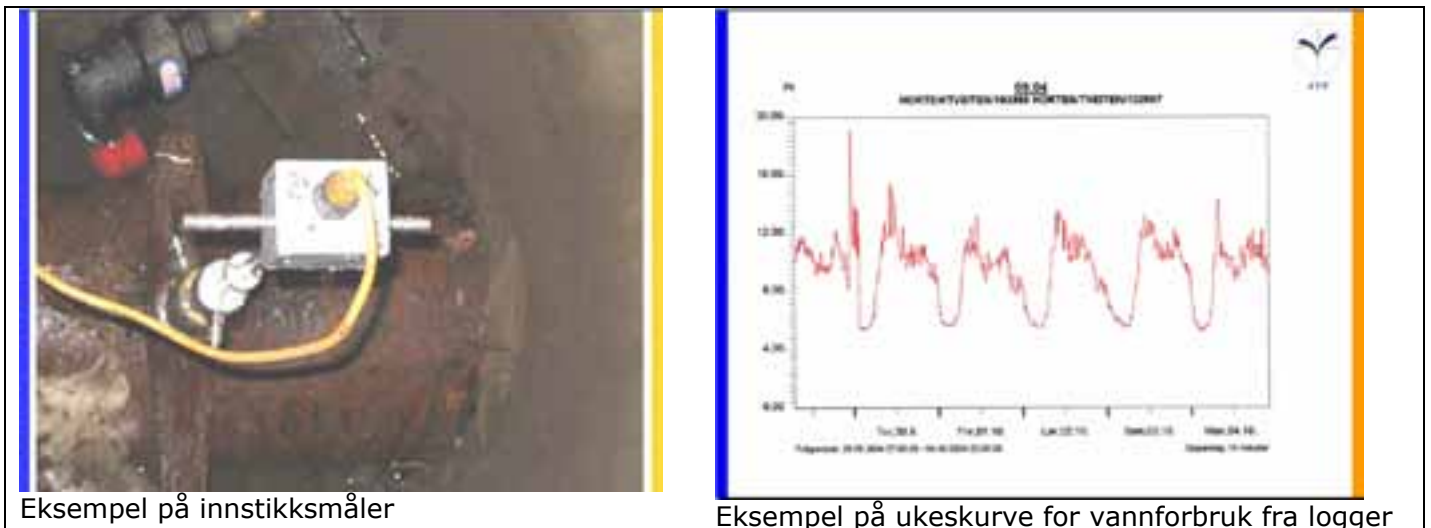
## 5.3.5. VIV – logging av vannføring og trykk

VIV bruker i stor grad logging av vannføring på vannmålere i de ulike kommuner i forbindelse med aktiv lekkasjesøking. Fram til i dag har det vært en god del vannmålere i kommunene som ikke har vært tilknyttet driftskontroll. I disse sonene plasserer da VIV ut loggere for å overvåke dag- og nattforbruk i en periode for å kartlegge status. VIV knytter seg enkelt til vannmålerens utsignal med loggerne.

I de tilfeller hvor det ikke finnes permanente vannmålere har VIV etablert en rekke punkter hvor de kan montere innstikksmålere som også knyttes til loggeren.

Data fra loggerne lastes inn i de bærbare PCene og kan presenteres på kurver mv. Dette er et meget nyttig verktøy for den enkelte lekkasjesøker.

Figur 9 viser innstikksmåler samt kurve ut fra loggedata.



Figur 9. Måling og logging av vannforbruk (Foto: Arnt Olav Holm, VIV)

VIV bruker bare digitale kart. Kartdata og VA-data overføres fra hver enkelt kommune til bærbare PCer to ganger i året. VIV har utarbeidet en databaseløsning for digital registrering av brudd, lekkasjer og opplegg for rapportering til kommunene. Etter at VIV har påvist og rapportert lekkasjer, er den videre oppfølgingen et kommunalt ansvar.

### 5.3.6. VIV - Arbeidsmetoder

Lekkasjesøkerne i VIV arbeider normalt på vanlig dagtid, og de arbeider med de samme oppgavene også om vinteren.

Når de skal søke etter lekkasjer i en ny sone brukes en kombinasjon av ulike metoder. Bruk av ventillytting for grovsøking av lekkasjer er klart mest i bruk. VIV har utstyr der de kan lytte på ventiler fra bakkenivå og dermed ikke trenger å gå ned i kummer. Ved finsøk av lekkasjer er korrelator mest brukt. Ellers brukes permaloggere, marklytting osv. avhengig av sted og fysiske forhold.

I områder med plast bruker VIV nå hydrogengass i enkelttilfeller.

Lekkasjesøkerne bruker ca 80 % av tiden sin på aktivt søk og 20 % av tiden på akutte oppgaver. Dette er lekkasjer som kommunene enten finner selv eller de oppdages av publikum. Slike oppgaver prioriteres selvsagt.

Ut over den vanlige lekkasjesøkingen bistår VIV kommuner ved ulike måleoppdrag mv. (for eksempel måling av kapasitet i brannvannskummer el.). I noen tilfeller bistår også VIV entreprenører for lekkasjesøking hvis de er "anvist" fra kommunen.

### 5.3.7. Voss kommune - mellomringer og mobil/bypass vannmåler

Slik som VIV bruker innstikksmålere, bruker Voss kommune flyttbar Woltmann vannmåler DN50/WPD.

Da kommunen startet i 1997/98, var det ikke så mange punkter/kummer på ledningsnettets som var egnet for bypass-måling. Siden da har kommunen innført som standard at alle nye vannkummer/punkter innenfor en lekkasjesone skal være tilrettelagt for omløpsmåling ved å ha/bruke mellomringer.

Bypassvannmåler knyttes til en datalogger; man kan bruke datalogger for direkte avlesing på stedet (on-line funksjon), eller man kan komme tilbake senere og ta med loggeren på kontoret og laste ned/analysere data der (ingen nattarbeider kreves).

Kommunen har valgt Woltmann vannmåler som omløpsmåler på bakgrunn av disse punktene:

- Tar lite plass (rett lengde foran = 3 x DN), krever ikke strømforsyning
- Vanntett, meget driftssikker, brukervennlig for drift
- Trolig rimeligere enn elektromagnetisk for DN=<150.
- I tilfelle nedsetting av ny omløpskum får man på kjøpet også et bra servicepunkt.
- Tilrettelagt for datalogging/fjernovervåking.
- Friksjonstap gjennom DN 50/65 vannmåler under normale driftsforhold er ganske beskjeden, nedre målegrense er ca 0,1 l/s.
- Hindrer ikke brannuttak = lite nattarbeid (trykktap ca 0,5 bar ved 20 l/s).
- Plassering: mellom to serviceventiler, brannventiler, mellomringer, an boring

Bildet i *Figur 10* på neste side illustrerer bruk av mellomringer som tilrettelegging for bypassmåling, samt tilknytning av stikkledninger i kum. Voss kommune har innført tilknytning av stikkledninger i kum som standard i sin VA-norm. Bakgrunnen for dette var at de konstaterte at lekkasjer på private ledninger utgjorde mesteparten - mer enn 75 %, av lokaliserte og reparerte lekkasjer.

## 5.4. Nyttige praktiske tips ved utstyr og metoder

- **Funksjonskontroll av utstyr**  
Lytte- og lekkasjesøkingsutstyret må kontrolleres jevnlig.



Figur 10. Vannkum fra Voss kommune med bruk av mellomringer og tilknytning av stikkledninger i kum med fordeler. (Foto: Jakob Håheim, Voss kommune)

- **Tett kumarmatur**  
Kumarmatur som brannventiler og stengeventiler må være helt tette slik at de ikke lager støy som ødelegger for lekkasjesøkingen. Pakkbokser må trimmes/dras til eller skiftes.
- **Vannmengde på avløpsnett**  
Stor vannmengde på avløpsnett spesielt ved tørrværsavrenning, kan indikere vannlekkasje. Dette kan avdekkes ved å løfte av avløpskumlokk og/eller registrere økt tilrenning til avløpspumpestasjon.
- **Sonevannmålere – jevning kalibrering og kontroll**  
Det er ønskelig at elektromagnetiske målere kalibreres med jevne mellomrom. Ellers kan det etableres et kontrollpunkt nær sonevannmålere hvor innstikkmåler eller omløpsmåler monteres for kontroll av sonemåler.
- **Soneinndeling – minst to ledninger inn i en sone**  
Det gir økt fleksibilitet ved at minimum to ledninger på ulike steder forsyner hver sone. For eksempel hvis sonen forsyntes med reduksjonsventil skaper denne støy som ødelegger lekkasjesøkingen. Med to ledninger inn kan den ene avstenges ved lekkasjesøking.  
To ledninger vil også gi økt kapasitet / jevnere trykk i sonen ved for eksempel brann eller hagevanning, og det er lettere at sonen kan stå permanent avgrenset.
- **Samme rørmateriale ved reparasjon**  
Hvis det er behov for utskiftning av en ledningsbit etter brudd, er det viktig at det skjøtes inn ledning av samme rørmateriale.



## 5.5. Kvalitetssikring av påvisning av lekkasjepunkt

Det er viktig å få bekreftelse på et lekkasjepunkt via flere metoder, og flertallet oppgir at det skal minimum benyttes to forskjellige typer utstyr/metoder. Vanligvis vil dette si korrelator og deretter marklytting. I tillegg må det gjøres 2–3 uavhengige målinger ved bruk av korrelator for blant annet å fjerne eventuell tapping.

## 5.6. Utstyr for trasépeiling

De fleste oppgir at trasépeiling og lengdemåling er nøyaktig nok som grunnlag for lekkasjesøkingen. Også her er det imidlertid utfordringer spesielt på plastledninger. To vannverk legger metallbånd i grøft for alle vannledninger.

## 5.7. Utvikling innen utstyr og metoder

Mange av virksomhetene etterlyser bedre utstyr for lekkasjesøking på plastledninger, mens noen påpeker at det er viktig med utvikling innen alle metodene.

Andre svar var:

- Trasesøk for plastledninger (2)
- Lekkasjesøking på renoverte ledninger
- Loggere med signal direkteoverført til driftssentral
- Forbruksstyrte reduksjonsventiler
- Generelt senkning av trykk
- Tilrettelegge kummer og ledninger for at det kan drives lekkasjesøking

Relativt nytt utstyr er:

- **Korrelerende loggere**, se kapittel 5.3.
- **Forbruksstyrt reduksjonsventil**  
Ved lavt vannforbruk gir en slik ventil mye trykkreduksjon, mens ved høyt vannforbruk gir ventilen mindre trykkreduksjon. Ventilen styrer seg selv ved at pilotsystemet vet åpningen på ventilen. Liten ventilåpning vil si lavt forbruk, og gradvis større ventilåpning vil også si gradvis høyere forbruk. Trykket ut fra ventilen vil da være lavt om natten og høyere på dagtid. Eksempel på en slik selvoperert trykkreduksjonsventil er 98-01 fra CLA-VAL. Maksimal trykkdifferanse for denne ventilen er 3 bar.
- **Tidsstyrt reduksjonsventil**  
Et annet eksempel er trykkreduksjonsventil med en tidsstyring, slik at trykket senkes for eksempel mellom kl 23 og 06 (dobbel pilot og magnetventil som bestemmer hvilken pilot som benyttes).

## 5.8. Private stikkledninger – om punktpåvisning utføres

Gjøvik, Porsgrunn og Eide vassverk utfører punktpåvisning av lekkasjen på stikkledning, mens de øvrige kun fastslår at det er lekkasje på stikkledningen og sender pålegg om utbedring til huseier.

## 5.9. Framtiden – hovedstrategi innen lekkasjekontroll

Flertallet oppgir at de vil fortsette innsatsen som før og redusere lekkasjenivået ytterligere. I tillegg vil fire av kommunene utvide antall sonevannmålere, det vil si økt bruk av fjernkontroll. To kommuner påpeker sammenhengen med saneringsplan slik at man etter hvert får skiftet ut ledningsnett som er "dårlig" med hensyn på lekkasjer.

### 5.9.1. Framtidig strategi hos Trondheim kommune

Trondheim kommune har startet opp med et større lekkasjeprosjekt i 2007/2008 med gjennomgang av system, vanntap og optimalt lekkasjenivå.

Fase 1 er ferdigrapportert og inneholder:

- Metode og beregning av lekkasjetap etter IWA
- Metode og beregning av optimalt lekkasjenivå
- Nye mål og indikatorer for vanntap

Trondheim har bestemt seg for disse indikatorene som er tilpasset IWA:

- % tap i forhold til vannproduksjonen (var også indikator tidligere)
- l/s km kommunal ledning endres til også å omfatte private fellesledninger
- Ny indikator ILI (infrastructure leakage index) som er forhold mellom reelt lekkasjetap og uunngåelig lekkasjetap. Uunngåelig tap beregnes ut fra gitte faktorer for ledning og stikkledning.
- Midlere trykk for hele ledningsnett.

Tabell 7. Trondheim kommune - målsetting for vanntap

Indikator	Mål 2013	Verdi 2007
% tap i forhold til vannproduksjonen	12%	30%
l/s km kommunal ledning inkl priv. fellesledn.	0,06 l/s km ledn	0,19 l/s km ledn
ILI (infrastructure leakage index)	2,2	6,8
Midlere trykk	61,5 mVS	66,5 mVS

Trondheim kommune har gjennomført en kost-/nyttevurdering som gir størst gevinst ved lekkasjetap på ca 15%.

For å nå målene vil også selve lekkasjesøkingen bli betydelig trappet opp.

I fase 2 vil Trondheim kommune revurdere størrelsene på lekkasjesonene (dele opp i mindre soner) og gå inn med trykkreduserende tiltak for å oppnå lekkasjereduksjon.

## **6. Rapportering etter lekkasjesøking**

### **6.1. Ledningskartverk**

Det er et fellestrekk at alle benytter digitalt ledningskartverk aktivt. 13 benytter Gemini-VA, en bruker Geonis-VA og en bruker Gisline. De fleste (ca 70 %) har det digitale ledningskartverket tilgjengelig direkte ute i lekkasjesøkingstilene.

### **6.2. Rapportering – offentlige lekkasjer**

#### **6.2.1. Lekkasjer**

B1-skjema + kartutsnitt er vanlig rapportering av påviste lekkasjer, før utførte reparasjoner legges inn i ledningskartverket. Alle har sine standardrutiner.

#### **6.2.2. Feil på ledningskartverket**

Også her har alle sine standardrutiner. Kartutsnittet går direkte til eller ender hos ansvarlig for det digitale ledningskartverket, som retter opp digitalt.

#### **6.2.3. Feil med kummer og armatur**

Med dette menes defekte ventiler, gjenfylte kummer, dårlig forankring etc. De fleste har sine standard rutiner også her, men svarene bærer preg av at rapporteringen ikke er så god på dette punktet som for rapportering av lekkasjer og feil på ledningskartverket.

### **6.3. Lekkasjer på private stikkledninger**

#### **6.3.1. Varsling av ledningseier**

Når det oppdages lekkasjer på private stikkledninger, varsler kommunen ledningseier om at stikkledning må utbedres. Samtlige kommuner sender dette varselet om utbedring skriftlig i form av brev/ skjemavarsel/ varsel om pålegg/ pålegg.

#### **6.3.2. Tidsfrist for utbedring**

Tidsfristene som blir gitt for utbedring varierer fra 2 uker til 6 uker, med et gjennomsnitt på 4 uker. De fleste aksepterer at det innen tidsfristen blir gitt tilbakemelding om hvilken rørlegger som skal utføre arbeidene.

#### **6.3.3. Oppfølging og purring**

Alle kommunene følger opp og purrer ledningseier til lekkasjen er utbedret.

#### **6.3.4. Tilbakemelding om utført reparasjon**

Hos 10 av kommunene er det utførende rørlegger som har ansvaret for å melde tilbake til kommunen at lekkasjen er utbedret. Mens 4 kommuner/virksomheter oppgir at det er ledningseier som har ansvaret for å melde tilbake.

#### **6.3.5. Hvis lekkasjen ikke blir utbedret**

Her er det forskjellige svar:

- Vanngebyr blir doblet (2)
- Straffegebyr
- Kommunen reparerer for ledningseiers regning (3)
- Pålegg om tvangsmidler
- Trussel om å stenge vanntilførsel (3)

#### **6.3.6. Arkivering av utført reparasjon på privat stikkledning?**

Det er kun Gjøvik kommune som oppgir at utførte reparasjoner på private stikkledninger legges inn i ledningskartverket (Gemini-VA hos Gjøvik). Ellers er arkivering i eiendomsarkivet, saksarkiv, rør-/ stikkledningsarkiv, elektronisk i rørleggerarkiv eller i FDV-system.

## 7. Økonomi

### 7.1. Årlig budsjett som benyttes til lekkasjesøking

Kommunene har oppgitt hvor store ressurser (budsjettall) som benyttes årlig til lekkasjesøking. Dette framkommer i tredje kolonne "Lekkasjekostnader totalt" i *Tabell 8*. På bakgrunn av dette har vi beregnet lekkasjekostnader pr m<sup>3</sup> produsert vann, lekkasjekostnader pr km ledning og lekkasjekostnader pr offentlige lekkasje. Disse tallene framkommer også i *Tabell 8*. Vi gjør oppmerksom på at disse tallene ikke må tolkes for langt siden det er usikkerhet i hvor komplette kostnadstall som er oppgitt/ hva som er tatt med i oppgitt kostnad (noen kan også ha tatt med reparasjonskostnader). Beregningene gir også store utslag for små kommuner/vannverk som Voss kommune og Eide vassverk.

Vi har sett på de 5 virksomhetene i kategori 4 og 5 i henhold til punkt 2.1.1 (Bærum, Stavanger, GVD, VIV og Trondheim). For disse gjelder:

- Lekkasjekostnader pr m<sup>3</sup> produsert vann ligger mellom kr 0,09 – 0,12
- Lekkasjekostnader pr km ledning ligger mellom kr 1 800 – 3 994
- Lekkasjekostnader pr offentlige lekkasje ligger mellom kr 10 138 – 26 316

*Tabell 8. Økonomidata lekkasjesøking*

	Antall personer	Lengde ledn nett km	Lekkasje kostnader totalt, kr	Lekkasje kostn per m3 prod vann	Lekkasje kostn per km ledning	Lekkasje kostn per off lekkasje
Asker	51 700	325	1 000 000	0,09	3 077	62 500
Bærum	106 000	507	1 500 000	0,09	2 959	26 316
Gjøvik	21 000	240	750 000	0,25	3 125	25 000
Hamar	25 530	227	570 000	0,19	2 514	13 902
Kristiansand	85 000	600			-	-
Moss	28 000	153	300 000	0,09	1 961	21 429
Oslo	540 000	1 560	8 000 000	0,08	5 128	54 054
Porsgrunn	33 000	310	400 000	0,06	1 290	16 000
Stavanger	115 000	626	2 500 000	0,12	3 994	23 148
Trondheim	163 300	766	2 200 000	0,11	2 874	10 138
Voss	7 000	124	500 000	0,42	4 039	83 333
GVD	155 000	1 500	2 700 000	0,11	1 800	20 000
VIV	160 000		2 765 000	0,12		23 432
Eide vassverk	3 500	110	150 000	0,08	1 364	150 000

### 7.2. Lekkasjesøking og økonomiske vurderinger

På spørsmål om man vurderer om det er lønnsomt å reparere lekkasjer svarer ca 70 % at de gjør en slik vurdering. Se også punkt 8.3 i denne rapporten.

## 8. Andre forhold

### 8.1. Saneringsplan

Vi spurte om resultatene fra innrapportering av utførte reparasjoner brukes som grunnlag i saneringsplanleggingen for utskiftning/fornyelse av vannledningsnettet. Samtlige har svart ja på dette, selv om to oppgir at resultatene bare brukes i en viss grad.

### 8.2. Prosjektering

Disse svarene ble oppgitt på spørsmål om hvordan det tas hensyn til lekkasjesøking ved prosjektering.

- Valg av rørmateriale
- Avstand mellom vannkummer
- Serviceventiler i kummer
- Mellomringer i kummer (for bruk av innstikkvannmåler og Woltmann bypass-måler)
- Bruk av plastrør er ikke løst eller vurdert nok i forhold til lekkasjesøking
- Alle tilknytninger ved nyanlegg og rehabilitering blir lagt til kummer

De fleste svarte "valg av rørmateriale, utstyr/tilgjengelighet i kummer og avstand mellom kummer." Kun 2 svarte at det ikke blir tatt hensyn til lekkasjesøking ved prosjektering. Mens 2 påpeker at det delvis tas hensyn, men at det kan bli bedre.

Nedenfor har vi gjort noen ytterligere presiseringer når det gjelder prosjektering.

- **Rørmateriale**  
For å begrense mengden utstrømmende vann fra ledningsbrudd kan man bevisst velge rørmaterialer som ikke gir sprø brudd. For rør med stor diameter og/eller særlig høyt vanntrykk betyr dette å velge rør av seigt støpejern eller stål. Andre rørmaterialer kan også brukes, forutsatt et omhyggelig anleggsarbeid. Valg av rørmateriale spiller ikke så stor rolle for rør med liten og middels stor diameter og vanlig vanntrykk.  
Det er imidlertid viktig å tilrettelegge for lekkasjesøking til det rørmateriale som velges.
- **Sonevannmålere – nedre målegrense**  
Alle vannmålere har en begrensning i måleområdet, og for lekkasjekontroll er det viktig å være oppmerksom på nedre målegrense. Ved planlegging av ny sonevannmåler er det derfor viktig å vurdere nedre målegrense, dvs. velge riktig målerdimensjon og type elektronikkhet.  
Det kan også benyttes kombinasjonsvannmålere.
- **Mellomringer i kummer**  
Vannkummer med mellomringer er en god løsning ved plastledninger fordi det tilrettelegger for bruk av korrelator med hydrofoner. Serviceventiler har for små gjenger i tillegg til at vannkontakten for hydrofon kommer for høyt over (langt unna) hovedledningen.
- **Ledningsmaterialer i grøft må føres helt inn i kummer**  
Overgang mellom ulike ledningsmaterialer utenfor kum vil ødelegge for lekkasjesøking.

### 8.3. Positive effekter ved aktiv lekkasjekontroll

Nedenfor har vi listet opp positive momenter ved å drive en aktiv lekkasjesøking. Noen av disse momentene ble besvart i spørreundersøkelsen under spørsmål 6.3 om hvilke økonomiske forhold som er styrende for lekkasjestrategi/-søking.

- *Kapasitet på kilde/reservekilde*  
Kapasitetsøkende tiltak kan forskyves inn i framtiden. Ved å bruke lavere spesifikke forbrukstall i dimensjoneringen, kan nye anleggsdeler som må bygges reduseres i størrelse.
- *Kapasitet på overføringsledning*  
Kapasitetsøkende tiltak kan forskyves inn i framtiden
- *Kapasitet/trykkforhold på nett*  
Bedre trykkforhold i nettet under forbrukstopper og frigjøring av kapasitet. "Ledig reservekapasitet" kan benyttes til bedrifter som ønsker mer vann eller ved nyetableringer.
- *Produksjonskostnader vannbehandling*  
Lavere kjemikaliekostnader og energikostnader gir mer miljøvennlig vannforsyning
- *Pumpekostnader/energiforbruk: Lavere energikostnader*
- *Vannkvalitet – forurensningsfare ved innsug*  
Risiko for forurensning vil minske med færre og mindre lekkasjer som også vil oppdages tidligere.
- *Forsyningssikkerhet*  
Lavere vannforbruk vil gi lenger vannforsyning fra bassenger ved avbrudd i forsyningen
- *Holdning til forbruk*  
Kommunen må gå foran med et godt eksempel!
- *Færre driftsforstyrrelser for abonnentene*  
Fordi lekkasjene blir oppdaget tidligere og mer kontrollert
- *Redusert infiltrasjon av avløpsvann*  
Avløpsnett med pumpestasjoner og renseanlegg vil bli mindre belastet med lekkasjevann som infiltrerer inn
- *Økt motivasjon hos driftspersonell*  
Lekkasjekontroll gir økt kunnskap om vannverket og økt motivasjon hos driftspersonell
- *Bedre ledningskartverk og bedre kunnskap om nettet*  
Lekkasjesøkingsarbeidene medfører en stadig oppdatering av ledningskartverket, og driftspersonell blir mye bedre kjent med nettet.

## 8.4. Trykkreduksjon

Et annet tiltak for å redusere lekkasjemengden er å senke vanntrykket på nettet. Høyt trykk fører til:

- Brudd/lekkasjer oppstår hyppigere
- Lekkasjehull vokser hurtigere
- Lekkasjer i skjøter med gummipakningen øker
- Lekkasjevolumet blir større fordi vannføringen gjennom en åpning er avhengig av trykket

### 8.4.1. Trykkets betydning for lekkasjevolumet

Vannføringen (Q) gjennom en åpning (A) er avhengig av trykket (P):

$$Q = K \times A \times \sqrt{2 \times 9,81 \times P}$$

Som en tommelfingerregel kan en si at en trykkreduksjon på x % gir en tilsvarende prosentreduksjon av lekkasjevolumet. For eksempel hvis trykket reduseres fra 8 til 7 bar, dvs 12,5%, så vil reduksjon i lekkasjemengde også være ca 12,5%.

Trykkreduksjon er vanligvis det mest økonomiske strakstiltaket man kan iverksette for å redusere lekkasjetapene. Før justering av trykksoner bør imidlertid nettanalyser utføres for å teste at abonnentene får tilstrekkelig trykk.

## 9. Referanser

- VA Miljø blad nr 20/2008 Lekkasjesøking. Grovlokalisering.
- VA Miljø blad nr 21/2008 Lekkasjesøking. Finlokalisering.
- Lekkasjeprojekt 2007, Prosjektrapport fase 1. Trondheim bydrift, Vann og avløp. En gjennomgang av system, vanntap og optimalt lekkasjenivå. Sist endret 23.02.09.
- Innlegg av Gunnar Mosevoll på anleggsdagene 2008: Er gamle vannledninger nødvendigvis en risikofaktor?
- TILDE – Tools for integrated leak detection – EU prosjektet for optimalisering av lekkasjekontroll. Innlegg av Sandra McCarley på vannforsyningskonferansen i 2005.
- Losses in Water Distribution Networks (2003). Malcolm Forley and Stuart Trow, IWA publishing. ISBN: 1 900222 11 6
- Vannlekkasjesøking, bakgrunn og metoder. Sven Arvo Valdor. Utgiver: NKI Forlaget, Postboks 113, 1351 Rud. Sats og montasje: As Frysja Fotosetteri. ISBN 82-5621960-2.
- Lekkasjesøking på plast-trykkør. Sven Arvo Valdor.
- Lekkasjesøking på vannledninger renovert med plastrør. Sluttrapport fra forsøksprosjekt. Bærum kommune, Oslo kommune, DnP og Oppegård kommune. Ligger på hjemmesiden til Bærum kommune under Vann og avløp og prosjekter.
- Lekkasjebegrensning og trykkjustering på vannettet. Inndeling i målesoner og plassering av vannmålere. Ø. Spjøtvold og S.A.Valdor. Østlandskonsult as, oppdrag nr 498.035 Trondheim 1990.
- NTNf 29/85 Overvåking og kontroll av lekkasjetap i vannledningsnett. J. Jacobsen og G, Mosevoll. Program for VAR-teknikk. Trondheim 1985.
- Møre og Romsdal. Økonomisk betydning av vannlekkasjer. Rapport fase II – 19 kommuner K. Kalleberg og E. Bergsli. Viak as, Møre og Romsdal 1989.
- Leverandørers opplæringskompendium – Funderud, Eskeland og Seba Nor.

## 10. Vedlegg

### 10.1. Spørreskjema

På de etterfølgende sider er spørreskjemaet som ble benyttet gjengitt. Se også omtalen i kapittel 2.

# SPØRRESKJEMA

---

## Erfaringssammenstilling om lekkasjesøking på vannledningsnett

Dette er en spørreundersøkelse som gjennomføres i regi av NORVAR, og resultatene vil bli presentert i en NORVAR-rapport. *Hovedmålsettingen er å få en mer effektiv og bedre lekkasjesøking for å redusere vannlekkasjene.* Dette gjøres ved å kartlegge status og erfaringer innen lekkasjesøking for å få en mest mulig optimal bruk av ressurser innen lekkasjereduksjonsarbeidet.

**Spørreskjema** er laget slik at det kan besvares på ingeniørnivå, på operatørnivå eller av private firma – svar derfor så utfyllende som mulig på de spørsmål som er aktuelle! Ved spørsmål, kontakt Asle Flatin, Asplan Viak, tlf 91 11 79 08, e-post: [asle.flatin@asplanviak.no](mailto:asle.flatin@asplanviak.no) . Vi håper du kan svare "digitalt" ved å fylle inn i svarfeltene, ellers kan du håndskrive svarene, eller ringe.

**Innsendelse.** Vi ber om at spørreskjema innsendes på e-post eller i posten eller på telefaks til: Asle Flatin, e-post: [asle.flatin@asplanviak.no](mailto:asle.flatin@asplanviak.no), postadr: Asplan Viak AS, postboks 24, 1300 Sandvika, telefaks: 67 52 52 99.

Vi håper du kan svare innen: 15. juni 2007.

---

Dato: 14.05.2007

Arkiv:  
[http://bikube/oppdrag/516677/dokumenter/rapport erfaringer lekkasjekontroll.doc](http://bikube/oppdrag/516677/dokumenter/rapport%20erfaringer%20lekkasjekontroll.doc)

Oppdrag nr: 514255

## 1. GENERELLE OPPLYSNINGER

### 1.1 Virksomhet?

Svar:

### 1.2 Navn?

Svar:

### 1.3 Stilling?

Svar:

### 1.4 Rolle/ansvar i virksomheten?

Svar:

### 1.5 Rolle/ansvar for lekkasjesøking?

Svar:

## 2. ORGANISERING – PERSONELL

### 2.1 Hvor ligger lekkasjesøking organisatorisk? I kommunal etat/avdeling, interkommunalt selskap, kommunalt foretak, annet?

Svar:

### 2.2 Hvordan er arbeidene med lekkasjesøking bemannet – antall årsverk administrativt og utførende? Eget lekkasjeteam, egne rørleggere, innleie?

Svar:

### 2.3 Hvilken kompetanse har de ansatte – utdanning og erfaring? Listes opp pr person.

Svar:



**2.4** Hvilke andre arbeidsoppgaver har personell som arbeider med lekkasjesøking?

Svar:

**2.5** Hva er de administrative arbeidsoppgavene innen lekkasjesøking?

Svar:

**2.6** Hvordan er de praktiske arbeidene lagt opp hos dere?  
- Hvor stor del av året driver dere med lekkasjesøking?  
- Er det inndelt i lag?  
- Er dere utstyrt med lekkasjebiler?  
- Dag/nattarbeider?  
- Kampanjebasert?

Svar:

**2.7** Opplevs lekkasjesøking som et attraktivt arbeidsområde?  
- Er det kontinuitet på personalet?  
- Hvor viktig er det med lokal erfaring?

Svar:

**2.8** Er det behov for mer opplæring / kompetanseheving?  
- På hvilket nivå i organisasjonen?  
- Område / tema?

Svar:

**2.9** Får operatørene som påviser lekkasjer tilbakemelding etter utførte reparasjoner?

Svar:

**2.10** Historisk perspektiv. Når startet arbeidene med lekkasjesøking opp hos dere?

Svar:

### **3. NØKKELTALL FOR VANNLEKKASJER**

**3.1** Navn på vannverk?

Svar:

**3.2** Antall fastboende personer som forsynes?

Svar:

**3.3** Lengde på offentlig ledningsnett i m?

Svar:

**3.4** Total vannforsyning i m<sup>3</sup>/år?

Svar:

**3.5 Lekkasjenivå i m<sup>3</sup>/år?**

Svar:

**3.6 Antall påviste lekkasjer på offentlige ledninger**

Svar:

**3.7 Antall påviste lekkasjer på private ledninger?**

Svar:

**3.8 Hvilke rør og rørdeler har dere mest lekkasjer på? Årsak?**

Svar:

**3.9 Hvilke krav stilles til reparasjonstid? (offentlig ledning, privat ledning, i forhold til lekkasjens størrelse)**

Svar:

## **4. STRATEGI, UTSTYR OG METODER**

**4.1 Strategi for lekkasjekontroll.**

- Aktiv (systematisk planlagt) lekkasjesøking? Konkretiser. Hvordan er fordelingen mellom systematiske arbeider og akutte tilfeller?
- Passiv (etter meldinger inn) lekkasjesøking? Konkretiser.

Svar:

**4.2 Driver dere med sonevanmålinger?**

- Er sonene permanent avgrenset?
- Type overvåkning (for eksempel vannmålere på driftskontrollsystemet)?
- Hva er hensiktsmessig størrelse på sonene?

Svar:

**4.3a Hvilke metoder for lekkasjesøking benyttes hos dere?**

- Automatisk lytting med lydloggere?
- Lytting i kummer?
- Ventilstengninger?
- Marklytting?
- Korrelator?
- Sporgass?
- Annet?

- 4.3b - Hva benyttes mest?  
- Hva benyttes på plastledninger?**

Svar:

- 4.4 Hvilket utstyr/metoder har dere gode erfaringer med?  
- Hvorfor?**

Svar:

- 4.5 Hvilket utstyr/metoder har dere dårlige erfaringer med?  
- Hvorfor?**

Svar:

- 4.6 Oppgi nyttige praktiske tips ved det utstyret og de metodene dere bruker?**

Svar:

- 4.7 Hvordan kvalitetssikres arbeidene med lekkasjesøking før påvisningen er endelig?**

Svar:

- 4.8 Hvilket utstyr har dere for trasepeiling?  
Blir trasepeilingen og lengdemålingen nøyaktig nok som grunnlag for lekkasjesøket?**

Svar:

- 4.9 Hvor ser du behov for utvikling innen utstyr og metoder?**

Svar:

- 4.10 Hva gjøres på private stikkledninger – utføres detaljpåvisning eller innrapporteres kun lekkasje på stikkledning?**

Svar:

- 4.11 Framtiden. Hva er hovedstrategien innen lekkasjesøking videre framover hos dere?  
Begrunnelse?**

Svar:

## **5. RAPPORTERING ETTER LEKKASJESØKING**

- 5.1 Hva slags ledningskartverk har dere?  
Har dere digitalt kart tilgjengelig i lekkasjesøkingsbilen?**

Svar:

- 5.2 Hvordan rapporteres påviste lekkasjer? Muntlig, skriftlig, med vedlagt kartutsnitt, standardisert manuelt/digitalt skjema, hvem rapporterer, hvem legger inn i ledningsdatabasen?**

Svar:

**5.3** Hvordan rapporteres feil som oppdages på ledningskartverket ifm lekkasjesøking?

Svar:

**5.4** Hvordan rapporteres feil som oppdages (for eksempel oppdaget stengt ventil eller feil merket venstre-/høyrelukkende ventil, kum full av sand og/eller vann, dårlig forankring, defekt brannventil etc)?

Svar:

**5.5** Hvordan rapporteres og arkiveres utførte reparasjoner av lekkasjer på offentlig nett?

Svar:

**5.6** Lekkasjer på private stikkledninger.  
- Hvordan varsles ledningseier?  
- Tidsfrist for utbedring?  
- Følger dere opp og purrer ledningseier til lekkasjen er utbedret?  
- Hvem melder tilbake at reparasjon er utført?  
- Hva gjøres hvis lekkasjen ikke blir utbedret?  
- Hvordan rapporteres og arkiveres utført reparasjon på privat stikkledning?

Svar:

## **6. ØKONOMI**

**6.1** Hvor store ressurser (budsjettall) brukes årlig til lekkasjesøking?

Svar:

**6.2** Blir lekkasjesøking vurdert økonomisk hos dere? Dvs blir det vurdert om det er lønnsomt å reparere lekkasjer?

Svar:

**6.3** Hvilke økonomiske forhold er styrende for lekkasjestrategi / -søking hos dere?  
- Kildekapasitet  
- Overføringskapasitet  
- Trykkforsterkningsanlegg  
- Gravitasjon  
- Ingen vurdering

Svar:

## 7 ANDRE FORHOLD

7.1 **Saneringsplan.** Brukes resultatene fra innrapportering av utførte reparasjoner som grunnlag i saneringsplanleggingen for utskiftning/fornyelse av vannledningsnettet?

Svar:

7.2 **Prosjektering.** Hvordan tas det hensyn til lekkasjesøking ved prosjektering? Stikkord: Valg av rørmateriale, utstyr/tilgjengelighet i kummer, avstand mellom kummer.

Svar:

7.3 Har dere andre kommentarer eller råd innen lekkasjesøking?

Svar:

# Utgitte Norsk Vann Rapporter

(Tidligere kalt NORVAR-rapporter)

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

91. Vurdering av slamfabrikk for Østfold
  92. Informasjon om VA-sektoren - forprosjekt
  93. Videreutvikling av NORVAR. Resultatet av strategisk prosess 1997/98
  94. Nettverksamarbeid mellom NORVAR, driftsassistanser og kommuner
  95. Veileder for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken
  96. Rist- og silgods - karakterisering, behandlings- og disponeringsløsninger
  97. Slamforbrønning (VA-forsk 1999-11). (Samarbeidsprosjekt med VAV)
  98. Kvalitetssystemer for VA-ledninger. Mal for prosessen for å komme fram til kvalitetssystem som tilfredsstillende kravene i revidert plan- og bygningslov
  99. Veiledning i dokumentasjon av utslipp
  100. Kvalitet, service og pris på kommunale vann- og avløpstjenester
  101. Status og strategi for VA-opplæringen
  102. Oppsummering av resultater og erfaringer fra forsøk og drift av nitrogenfjerning ved norske avløpsrensplanlegg
  103. Returstrømmer i renseanlegg. Karakterisering og håndtering
  104. Nordisk konferanse om nitrogenfjerning og biologisk fosforfjerning 1999
  105. Sjekkliste plan- og byggeprosess for silanlegg
  106. Effektiv bruk av driftsinformasjon på renseanlegg/mal for rapportering
  107. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Teknisk veiledning. Foreløpig utgave
  108. Data for dokumentasjon av VA-sektorens infrastruktur og resultater
  109. Resultatindikatorer som styringsverktøy for VA-ledelsen
  110. Veileder i konkurranseutsetting. Avtaler for drift og vedlikehold av VA-anlegg
  111. Eksempel på driftsinstruks for silanlegg. Cap Clara i Molde kommune
  112. Erfaringer med nye renseløsninger for mindre utslipp
  113. Nødvendig kompetanse for drift av avløpsrensplanlegg. Læreplan for driftsoperatør avløp
  114. Nødvendig kompetanse for drift av vannbehandlingsanlegg. Læreplan for driftsoperatør vann
  115. Pumping av avløpsslam. Pumpetyper, erfaringer og tikk
  116. Scenarier for VA-sektoren år 2010
  117. VA-juss. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (*Erstattet av 134/03*)
  118. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR- teknikk (*Erstattet av 138/04*)
  119. Omstruktureringer i VA-sektoren i Norge En kartlegging og sammenstilling
  120. Strategi for norske vann- og avløpsverk. Rapport fra strategiprosess 2000/2001
  121. Kjøkkenavfallskverner for håndtering av matavfall. Erfaringer og vurderinger
  122. Prosessen ved utarbeidelse av miljømål for vannforekomster. Erfaringer og råd fra noen kommuner
  123. Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Veiledning for utarbeidelse av lokale forskrifter
  124. Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger. Læreplan for ADK 1
  125. Mal for forenklet VA-norm
  126. Organisering og effektivisering av VA-sektoren. En mulighetsstudie
  127. Vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene - en samarbeidsmodell
  128. Bruk av resultatindikatorer og benchmarking i effektivitetsmåling av kommunale VA-virksomheter. Erfaringer og anbefalinger fra et prøveprosjekt
  129. Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/rapportering hovedledninger
  130. Gjenanskaffelseskostnadene for norske VA-anlegg
  131. Effektivisering av avløpssektoren
  132. Forslag til nytt system for prosjektvirksomheten i NORVAR
  133. IT-strategi for VA-sektoren. Veiledning
  134. VA-JUS. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (*Oppdateres årlig på [www.norsk vann.no](http://www.norsk vann.no)*)
  135. Vannledningsrør i Norge. Historisk utvikling. 26 dimensjonstabeller
  136. Hygienisk barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?
  137. Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng
  138. Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR-teknikk. Revidert utgave
  139. Erfaringer med klorering og UV-stråling av drikkevann
  140. NORVARs videre arbeid med slam. Strategisk plan for prosjektvirksomhet, informasjon og kommunikasjon. Forprosjekt
  141. Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp
  142. NORVARs benchmarkingsprosjekt 2004 Presentasjon av målesystem og resultater for 2003 ed analyse av datamaterialet
  143. Kartlegging av mulig helseisiko for abonnenter berørt av trykløs vannledning ved arbeid på ledningsnett
  144. Veiledning i overvannshåndtering (*Erstattet av 162/08*)
  145. Inspeksjonsmanual for avløpssystemer. Del 1 – Ledninger
  146. Bærekraftig vedlikehold. Betragtninger av utvalgte problemstillinger knyttet til langsiktig forvaltning av vannledningsnett
  147. Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann
  148. Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann
  149. Tilførsel av industrielt avløpsvann til kommunalt nett. Veiledning
  150. Dataflyt – Klassifisering av avløpsledninger
  151. Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)
  152. Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren
  153. Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren
  154. Norm for tagkoding i VA-anlegg
  155. Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren
  156. Veiledning for oljeutskilleranlegg
  157. Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07
  158. Termoplastrør i Norge – før og nå
  159. Håndbok i kildeopsporing i avløpssystemet
  160. Driftserfaringer med membranfiltrering
  161. Helsemessig sikkert vannledningsnett
  162. Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering
  163. Veiledning for innhenting og evaluering av tilbud på analyseoppdrag
  164. Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann
  165. Innsamlingsverktøy for vedlikeholdsdata
  166. Tiltak for å bedre fosforfjerningen på kjemiske renseanlegg
  167. Veiledning for kjøp av VA-kjemikalier
  168. Veiledning for dimensjonering av avløpsrensplanlegg
  169. Optimal desinfeksjonspraksis fase 2
  170. Veileder til god desinfeksjonspraksis
  171. Erfaringer med lekkasjekontroll
- Rapportserie B:
- B1: Effektive VA-organisasjoner og tilfredse brukere. Forprosjekt
  - B2: PressurePuls for deteksjon av lekkasje på vannledninger.
  - B3: Kvalitetsheving av nye VA-ledningsanlegg. Kartlegging og tiltaksforslag
  - B4: Vannkvalitet i ledningsnett – Problemoversikt og status. Forprosjekt.
  - B5: Utslipp fra bilvaskehaller
  - B6: Kommunikasjonsstrategi for NORVAR og norske vann og avløpsverk
  - B7: Sandnesmodellen. Eksempel på system for kommunikasjon og virksomhetsstyring
  - B8: Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren
  - B9: Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene
  - B10: Vannkilden som hygienisk barriere
  - B11: Økonomiske forhold i interkommunalt VA-samarbeid – praksis og kjøregler
  - B12: Drikkevann i media
- Rapportserie C:
- C1: Sårbarhet i vannforsyningen
  - C2: Stoff for stoff – kilde for kilde. Kvikksølv i avløpsnett
  - C3: Samarbeid om økt bruk av avløpsslam på grøntarealer
  - C4: Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling
  - C5: Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen - veiledning



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

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

