

Nye metoder for vannlekkasjesøking. Resultater fra et prosjekt i Ski kommune.

Av Kåre Kalleberg

Kåre Kalleberg er siv.ing. NTH, bygg 1974. Han har vært ansatt ved Norges hydrodynamiske laboratorier, div. Vassdrags- og havnelaboratoriet, men arbeider nå for VIAK A/S.

1. BAKGRUNN

I Norge lekker 40—50% av alt drikkevann ut før det når forbrukerne. Dette er bl.a. dokumentert i en rundspørring til 38 norske kommuner i 1978, der midlere vannforbruk ble funnet til å være 600 l/p.d /1/. Nye metoder har vært etterlyst for å redusere lekkasjene fordi de høye lekkasjetapene ofte har vært sett i sammenheng med utilstrekkelige metoder for å finne lekkasjer

På bakgrun av dette har Vassdrags- og havnelaboratoriet gjennomført en utprøving av tre lekkasjesøkingsmetoder etter oppdrag fra Prosjekt Transport av Vann (PTV). Følgende nye lekkasjesøkingsmetoder er undersøkt:

- i) Indusering av lavfrekvente trykksvingninger (1—2 Hz) i ledningene der svingningene detekteres på bakken over lekkasjene.
- ii) Bruk av termografering (infrarød varmestråling) basert på temperaturforskjell mellom lekkasjevann og markoverflaten.
- iii) Bruk av korrelasjonsteknikk for analyse av lekkasjelyd til å detaljlokalisere lekkasjene.

Parallelt med denne utprøvingen ble det satt igang en systematisk lekkasjesøking med eksisterende metoder i Ski kommune i Akershus. Formålet med dette var å kunne vurdere nye metoder mot eksisterende, samt å dokumentere nytteverdien av en systematisk undersøkelse i en vanlig norsk kommune.

Lekkasjeundersøkelsen i Ski ble gjennomført som et ordinært oppdrag til Ingeniør Chr. F. Grøner A.S. Rapporten om utprøvingen av metodene og resultatene fra Ski kommune er utarbeidet av VHL og Grøner i fellesskap, og foreligger nå som en PTV-rapport (PTV 13, ref nr. /2/).

2. INDUSERING AV TRYKKS- SVINGNINGER

Den første metoden ble utprøvet ved et pilotforsøk ved VHL. Idéen bak metoden var å variere trykket inne i røret for å oppnå en tilsvarende variasjon i den utstrømmende vannmengden. Basert på antakelsen om at lekkasjelyden er proporsjonal med trykket i ledningen, ville det oppstå en svingning i lekkasjelyden med samme frekvens som den påtrykte trykksvingningen. Dette skulle være utgangs-

punkt for detekteringen ved hjelp av lytteutstyr på bakken.

Forsøket ble utført på et nedgravet rør med lekkasje, der forholdene for detektering var gode. I tillegg til problemer med å oppnå en ren trykksvingning, ga trykksvingningene for svake vibrasjoner overført til bakken til at metoden kunne anbefales. Videre utprøving i felten ble sløffet, og vi anser metoden som uanvendelig for vannledningsnett.

3. TERMOGRAFI-METODEN

Forutsetningen for at termografering skal kunne benyttes til å oppdage vannlekkasjer, må være at lekkasjevannet fører til at en temperaturforskjell mellom lekkasjestedet og bakken. Kommersielt tilgjengelig utstyr består av et bærbart kamera og billedenhet med billedstørrelse 50 x 45 mm. I et temperaturbilde av et objekt er f.eks. varme flater lyse, mens kalde flater er mørke.

Metoden har vært lansert som en mulighet i detaljsøking av lekkasjer, bl.a. i prisopp-gaver om lekkasjesøking utlyst av Norsk Kommunalteknisk Forening, uten at metoden var dokumentert brukbar, ref. nr. /3/. Utprøvingen tok sikte på å klarlegge om metoden i det hele tatt kunne brukes. Derfor valgte man å benytte de antatt gunstigste forhold for termografering, nemlig midt på sommeren og ved barfrost. I disse periodene vil temperaturforskjellen mellom vannet og bakken være størst.

Resultatet av utprøvingen av metoden i Ski kommune, både på uidentifiserte og lokaliserte lekkasjer, kan oppsummeres slik:

- Termografering påviste ingen lekkasjer. Det ble i stedet foretatt en rekke feilpåvisninger.

- Etter forfatterens mening er termografering ubrukbar til lekkasjesøking i vannledningsnett i urbane områder, og anbefales ikke brukt. Metoden er ikke bedre enn en visuell inspeksjon langs ledningstraseen.

4. BRUK AV KORRELASJONSTEKNIKK

Som tredje metode ble korrelasjonsteknikk for analyse av lekkasjelyd utprøvet. Denne metoden er nå introdusert i Norge, og består av et utstyr utviklet i England av Water Research Centre (WRC) og firmaet Plessey EAE Ltd. Ta-Esco, som forhandler utstyret i Norge, støttet denne delen av prosjektet. Formålet med utprøvingen var å gi informasjon om utstyret, og å undersøke om det var vesentlig bedre enn eksisterende metoder.

4.1. Hva er korrelasjonsteknikk

Når vann lekker ut av en ledning, vil lyden forplante seg i begge retninger langs ledningen. Forplantningshastigheten, v , er avhengig av rørdimensjon og rørmateriale. Prinsippet bak metoden kan forklares ved hjelp av fig. 1.

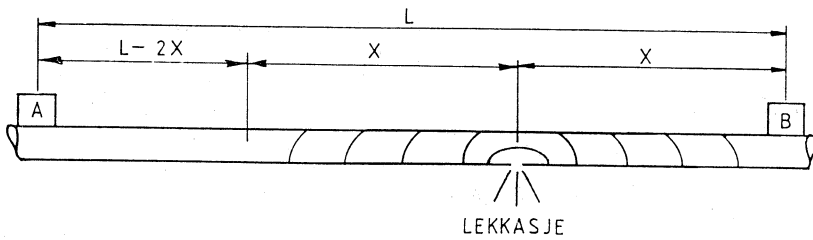
To mikrofoner (A og B) plasseres på ledningen med kjent avstand, L . Korrelatoren måler tidsforskjellen som det karakteristiske lydbildet fra lekkasjen tar for å nå mikrofonene. Dette fremkommer slik:

$$\text{Tid for lyden å nå A} = \frac{L-x}{v}$$

$$\text{Tid for lyden å nå B} = \frac{x}{v}$$

(v = forplantningshastighet i røret)

Ved subtraksjon av disse transporttidene framkommer tidsforskjellen, T_d , for forplantning av lydbildet til mikrofonene.



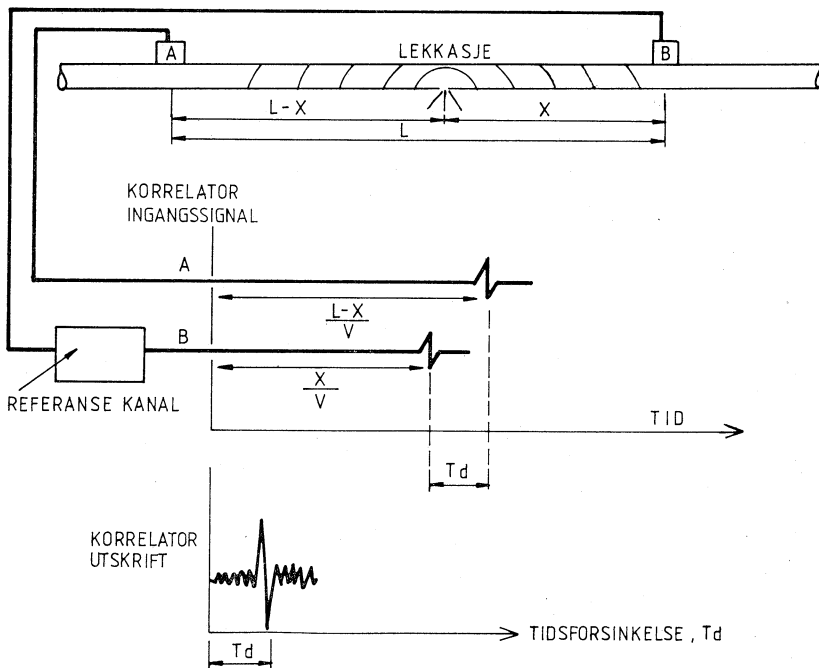
Figur 1. Lekkasje plassert mellom mikrofonene A—B.

$$T_d = \frac{L - 2x}{v}$$

Denne ligningen gir den ønskede avstanden, x .

$$(1) \quad x = \frac{L - T_d \cdot v}{2} \quad (2)$$

Når tidsforskjellen, T_d , avstanden L , og forplantningshastigheten v er kjent, kan nøyaktig posisjon av lekkasjen finnes. Skjematisk viser fig. 2 hvordan korrelasjonsmetoden fungerer.



Figur 2. Måling av forskjell i gangtid med korrelatoren.

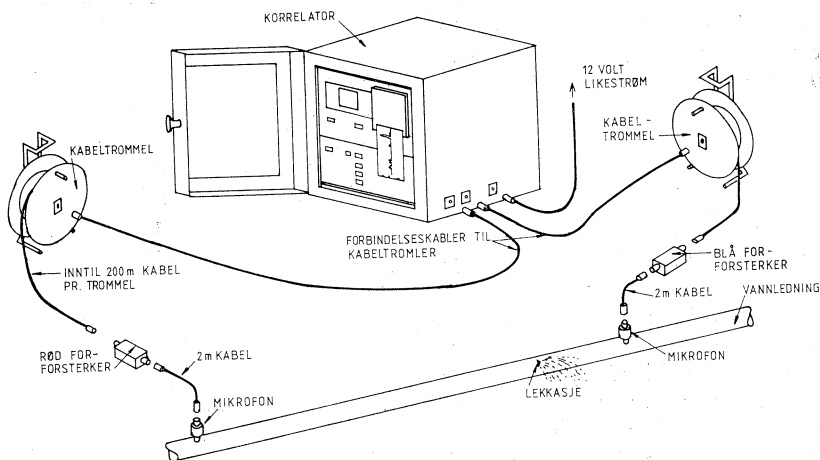
Tidsforskjellen mellom de to signalene bestemmes av korrelatoren ved en krysskorrelasjonsteknikk. Lydbildet som oppfanges av mikrofonene, blir forsterket og matet inn i instrumentet. Her blir likheten i de to signalene målt, og korrelatoren skriver ut en kurve på en skriver. Horizontalaksen i kurven er tidsforskjellen, og vertikalaksen et mål for likheten i signalene. På tidsforskjellen der de to signalene er sammenfallende, skrives en topp på diagrammet som indikerer lekkasjen. Ut fra dette diagrammet finnes T_d , og lekkasjens avstand fra referansemikrofonen beregnes.

4.2. Hva består utstyret av?

Den utprøvede korrelatoren (Leak Noise Correlator) består av utstyret som vist i fig. 3.

Mikrofonene er forsynt med magnet for festing på rør og ventiler, og knyttes til hver sin forforsterker. Mikrofonene koples til korrelatoren via kabelen. Utstyrsoppsettet koster ca. 120.000 kr.

Største avstand mellom mikrofonene anbefales til 250 m for metallrør, 150 m for betong/asbestsementrør og 100 m for plastrør.



Figur 3. Utstyr til Leak Noise Correlator.

4.3. Fordelen med korrelatoren

Utstyret baserer seg ikke på lekkasjelydens styrke, slik som vanlig lytteutstyr. Ved bruk av korrelatoren elimineres derfor følgende problemer som eksisterer med vanlig utstyr:

- Lydintensiteten er konstant over en lang strekning av ledningen uten klart maksimalpunkt.
- Den maksimale lydintensiteten er ikke sammenfallende med lekkasjestedet.

- Ved lavt lydnivå og når marklytting er utelukket, kan lekkasjen kun bli bestemt til nærmeste kum eller stoppekran.
- Høy bakgrunnsstøy kan helt ødelegge muligheten for lytting.
- Det kan være umulig å skille mellom to eller flere lekkasjer.

En vesentlig fordel er også muligheten for å bruke utstyret på dagtid.

Erfaringene fra England etter bruk av korrelatoren er meget gode. Feltforsøk viser at lekkasjen normalt bestemmes med en nøyaktighet av ± 2 m for ca. 90% av lekkasjene. Til sammenligning er treffprosenten for trenet personell anslagsvis 50% med vanlig lytteutstyr /4/.

4.4. Utprøving i Norge

Utstyret har vært brukt i Norge over som allerede har utført en systematisk ger så vel som på kommunale nett (Bærum og Ski kommuner). Konklusjonen fra utprøvingen er at korrelasjonsutstyret er en vesentlig forbedring i forhold til eksisterende metoder for detaljpåvisning av vannlekkasjer. Operatør av utstyret bør imidlertid være teknisk kyndig og ha gjennomgått opplæring.

Utstyret anbefales benyttet i kommuner som allerede har utført en systematisk lekkasjesøking. For kommuner uten opplegg for systematisk lekkasjesøking anbefales ikke bruk av så avansert utstyr i første omgang. Slike kommuner kan oppnå en vesentlig lekkasjereduksjon med eksisterende metoder.

5. RESULTAT AV LEKKASJEPROSJEKTET I SKI KOMMUNE

5.1. Situasjonen i Ski kommune før undersøkelsen

Parallelt med utprøving av nye metoder er det gjennomført en lekkasjeundersøkelse i Ski kommune med eksisterende metoder. For denne undersøkelsen var det vesentlig å dokumentere medgåtte kostnader og nytten av undersøkelsen.

Ski kommune leverer vann til 17.000 pe. I 1978 ble nettets kapasitet vurdert, og vannforbruksmålinger viste et minste nattforbruk på 58% av gjennomsnittlig døgnforbruk. Ut fra dette ble det anbefalt å redusere lekkasjene. Vannmålere ble innført fra 1/1 1978 i alle industribedrifter og offentlige bygg. Lekkasjekartotek var ført i kommunen de siste 15 år. Antall reparerte lekkasjer har vært ca. 35 pr. år. Kommunen har gjennom flere år drevet lytting på ledningsnett for å påvise lekkasjer når forstyrrelser i vanntilførselen er skjedd. Dette har imidlertid ikke vært utført systematisk. Høsten 1978 vedtok kommunen å sette igang en systematisk lekkasjesøking.

5.2. Innhold i den systematiske lekkasjesøkingen

Med en systematisk lekkasjesøking menes en undersøkelse av hele nettet med ulik finhetsgrad, der oppmerksomheten fokuseres på de dårlige deler av nettet. Skjematisk besto dette av følgende punkter i Ski:

- a) Utarbeidelse av ledningskartverk med alle nettdata.
- b) Oppdeling av nettet i soner, samt reparasjon av ventiler.

- c) Måling av nattforbruk i alle soner ut fra nivåsenkning i høydebasseng og innstikksmålninger i ledninger.
- d) Ventillytting og marklytting i soner med høyt forbruk.
- e) Reparasjon av lekkasjene og etterkontroll av nattforbruk i sonen.

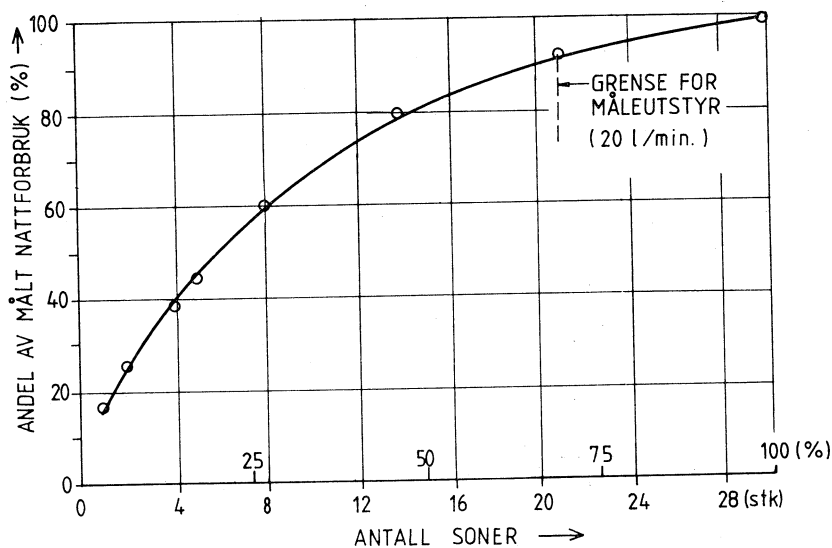
I løpet av undersøkelsen ble det brukt tapsmålinger i stedet for ventillytting i sonene. Med tapsmåling menes mating av vann inn i sonen gjennom vannmåler med avstengning av ledning for ledning i so-

nen. På denne måten kan lekkasjene lokaliseres til en ledningsstrekning samtidig som størrelsen måles.

5.3. Resultat av sonemålinger

Ski kommune ble delt i 30 soner med 2—3 km ledning pr. sone. Før undersøkelsen startet var vannforbruket 470 l/p. d. Sonemålingene resulterte umiddelbart i en reduksjon av vannforbruket på 1000 m³/d, bl.a. fordi en ledning med store lekkasjer ble stengt. Følgende oppstilling over vannforbruk kan gjøres, basert på forbruket etter denne reduksjon:

Midlere totalt døgnforbruk (juni 80)	6710 m ³ /d	—	395 l/p. d
Målt industriforbruk	330	»	— 20 »
Målt nattforbruk (i soner over 20 l/min)	3565	»	— 210 »
Antatt legalt nattforbruk (1 l/p. h)	425	»	— 25 »
Sannsynlig lekkasjevannforbruk	3140	»	— 185 »
Sannsynlig reelt vannforbruk (husholdninger og offentlig forbruk)	3240	»	— 190 »



Figur 4. Kumulativ fordeling av nattforbruk på sonene.

Sonemålingene er plottet i fig. 4, rangert etter nattforbrukets størrelse. Dette viste at 80% av vannforbruket var i 50% av sonene, slik at videre innsats kunne konsentreres til enkelte deler av nettet. Dette viser effekten av sonemålinger.

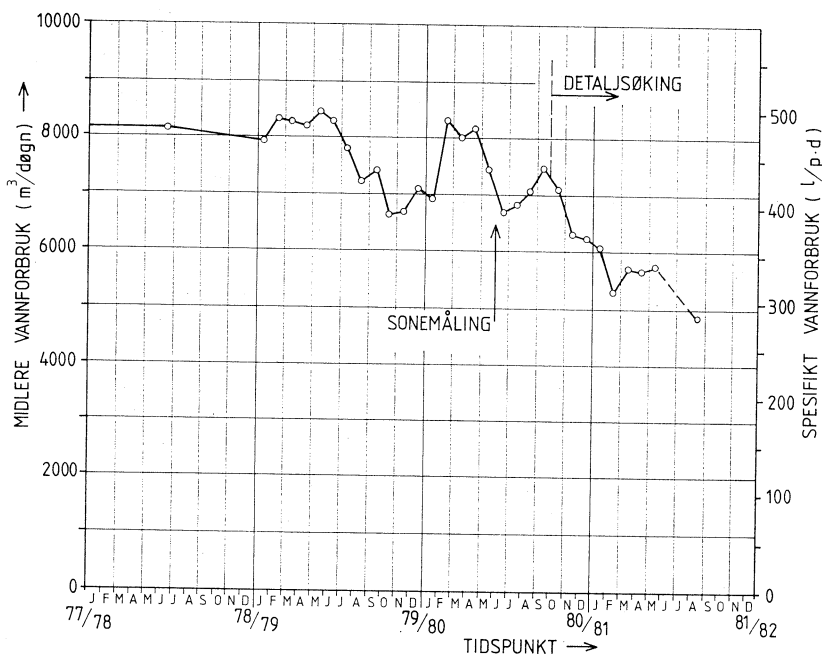
5.4. Reduksjon i vannforbruket

Detaljlokalisering av lekkasjer startet 1/10 1980 med lytting som metode. Det ble umiddelbart funnet 4 store lekkasjer, som ga en reduksjon på ca. 800 m³/d i forhold til perioden like før detaljøkningen. Detaljøkningen fortsatte utover i 1981, og vannforbrukskurven fram til 1/6 1981, da PTV-rapporten for prosjektet ble skrevet, er framstillet i fig. 5.

Fortsatt detaljsøking etter 1/6 1981 har redusert totalforbruket til 4800 m³/d, tilsvarende 280 l/p . d (august 81), se fig. 5.

Målet for Ski kommune er å oppnå en reduksjon til 260 l/p . d, inklusive industriforbruk. Dette tilsvarer et nattforbruk på ca. 20 l/min i alle sonene. Den drastiske reduksjonen i vannforbruket indikerer at kommunen vil nå målet i løpet av 1981.

Totalt er det kun reparert 18 vannlekkasjer i de prøriterte sonene. Dette har utgjort en reduksjon i vannforbruk på ca. 2000 m³/d. Dette viser at det er få og store lekkasjer som bidrar til mesteparten av tapene. Det vanlige synspunkt at tapene i norske ledningsnett generelt skyldes små lekkasjer som det ikke lønner seg å



Figur 5. Totalt vannforbruk i Ski kommune i perioden januar 78 — juni 81 (fra [2]). Forbruk i august 81 er også inntegnet.

grave opp, viser seg altså ikke å være riktig i dette tilfellet.

5.5. Kostnader — nytteverdi

Det registrerte resultat pr. 1/6 1981 var en reduksjon i vannforbruk på ca. 2300 m³/d i forhold til middelforbruket i 1979. Med kommunens vannpris på 1,70 kr./m³, tilsvarer dette en kostnadsreduksjon på 1,4 mill. kr. pr. år. I tillegg vil kapasitetsøkende tiltak på nettet kunne utsettes i lang tid, slik at nytteverdien ville vært langt større dersom kommunen hadde stått foran en utbygging av vannverket.

Utgifter til konsulent og lytter har vært ca. 100.000 kr. Kommunenes utgifter til egen bemanning, deler til reparasjon, samt oppgraving og utbedring av nettet, har totalt for 1980 og 1981 beløpet seg til ca. 400.000 kr. Totalt er det derfor medgått ca. 500.000 kr. for den utførte undersøkelsen.

Kommunen har også i prosjektet bygget opp et framtidig system for overvåking av vannforbruket. Dette består av distriktvannmålere, soneoppdeling og opplegg for tapsmålinger innen hver sone. Årskostnadene for å holde vannforbruket nede antas å være langt lavere enn for den utførte undersøkelsen. Disse kostnadene bør dog anses å være slike som kommunen likevel hadde fått ved reparasjon av lekkasjene når de er blitt så store at de bryter opp av bakken.

For flere detaljer i Ski-undersøkelsen henvises til PTV 13 /2/.

6. OPPSUMMERING OG VURDERINGER

Den systematiske lekkasjesøkingen i Ski kommune har vist at eksisterende metoder for vannlekkasjesøking er gode nok

til å redusere lekkasjene i norske ledningsnett betydelig. Imidlertid har undersøkelsen avdekket et behov for mer effektive detaljlokaliseringsmetoder. Korrelasjonsmetoden synes langt på vei å kunne dekke dette behovet.

Ski-prosjektet har vist at det med et systematisk lekkasjesøkingsopplegg er fullt mulig med begrensede ressurser å redusere lekkasjetapene i norske vannledningsnett til et akseptabelt nivå. Disse resultatene bør derfor få konsekvenser for kommuner med vannpris og lekkasjetap i samme størrelsesorden som i Ski, og i særdeleshet for kommuner som står foran kapasitetsforbedrende tiltak i nettet. En systematisk lekkasjesøking i slike kommuner er svært økonomisk, og kan f.eks. hindre at store investeringer til kapasitetsforbedringer bokstavelig talt sløses bort i lekkasjetap.

Dersom det i det hele tatt skal investeres i vannforsyningssystemet (høydebaseng, renseanlegg), eller bygges nye vannverk, bør systematisk lekkasjesøking være et første punkt for å redusere kostnadene for anleggene. Det bør i denne forbindelse også settes et stort spørsmålstegn ved de prognoser for framtidig vannforbruk som benyttes til nyprosjektering av vannverk. Sannsynligvis er det behov for en snarlig revidering av dimensjoneringskriteriene.

En stor del av lekkasjevannet tas inn igjen i avløpsnettet og føres til renseanlegg for kommunalt avløpsvann.

Det er etter alt å dømme økonomisk å gjennomføre en systematisk lekkasjeundersøkelse på drikkevannssiden for å redusere dimensjonerende vannmengde og dermed kostnadene til renseanlegget.

Besparelser på avløpsiden vil derfor isolert sett kunne rettferdiggjøre kontroll av lekkasjetapene. Dette ville antakelig

vært tilfelle i Mjøs-aksjonen der det er påvist en klar sammenheng mellom innlekking av fremmedvann og vannlekkasjemengden, ref. nr. 5. Vannlekkasjesøking ville sannsynligvis i mange av Mjøs-byene ha kunnet redusere kostnadene til bygging av rensesanlegg, og kanskje vært mer effektive enn mange saneringstiltak som er utført for å redusere innlekking i avløpsnett. Manglende kostnadstall for reduksjon av lekkasjene har antakelig medført at kontroll av vannforbruk i dette

tilfelle ikke er vurdert som et aktuelt tiltak. I framtida bør imidlertid kontroll av vannforbruk være en del av forarbeidet ved bygging av nye kloakkrensaneanlegg.

Etter forfatterens vurdering bør de dokumenterte resultatene i Ski kommune være utgangspunkt for revidering av holdningen til vannlekkasjer blant konsulenter, kommuner og myndigheter. Dette bør være starten på en offensiv mot vannlekkasjer i Norge.

LITTERATUR

- /1/ *Smith, B.*: «Lekkasjer i norske vannledningsnett». PTV 3, februar 1979.
- /2/ *Kalleberg, K., Bjørke, T.*: «Nye metoder for vannlekkasjesøking». PTV 13. august 1981.
- /3/ *Norsk kommunalteknisk forening*: «Reduser vannlekkasjene. Handlingsprogram for norske vannverk». NKF Stipendiefond. Prisoppgave 1979.
- /4/ *Field, D. B.*: «Location of Underground Leaks using Leak Noise Correlator». Aqua 7, 1980.
- /5/ *Sægvov, S.*: «Sanering av avløpsnett under Mjøsaksjonen». Vann-3-1981.