

# Vannforbruket i et fremtidsperspektiv

Av Åsmund Bøyum

Åsmund Bøyum er professor ved Institutt for vassbygging, NTH, Trondheim.

## Innledning

Det følger flere utredninger om vannforbruket i Norge, bl.a. publikasjonene Bøyum/Grov (1), Smith/Kalleberg/Lysne (8), Wedum/Stene Johansen (11). De tall vi finner der, og som avspeiler dagens forbruksnivå, tyder ikke på at det økonomiseres med vannet. Mye kan gjøres for å senke forbruksnivået, og dermed kostnadene til bygging og drift av vannforsyningsanlegg. Lekkasjene er nok en hoved-

årsak til det høye forbruket, men de må ikke overskygge andre årsaker som det også går an å gjøre noe med.

## Hvordan dekkes dagens vannbehov

Vannbehovet til Norges befolkning dekkes for det aller meste ved kommunale og interkommunale anlegg. Fordelingen i ulike størrelsesgrupper fremgår av tabell 1, etter Stortingsmelding om vannforsyning /9/.

Tabell 1. Størrelsesfordeling av vannverk i Norge.

<i>Anleggsstørrelse</i>	<i>Antall</i>	<i>Andel av befolkningen tilknyttet</i>
Vannverk for mer enn 1 000 pers.	400	73%
Vannverk for 100—1 000 pers.	1.000	7%
Enkeltanlegg for mindre enn 100 pers.	150.000	20%

Vi har følgende eierforhold for alle vannverk som forsyner mer enn 100 personer:

Antall offentlige vannverk	940 (anslag)
hvorav interkommunale vannverk	19
Antall private vannverk	890 (anslag)

(Vannverksregisteret, SIFF, aug. 1985, noe usikker angivelse).

Det fremgår av dette at antall private vannverk ennå er meget høyt, Ca. 90% tilknytning til offentlige anlegg, som en finner i mange andre land, bør være en målsetting i årene fremover. Dette av hensyn til såvel økonomi som kapasitet og vannkvalitets- og leveringssikkerhet.

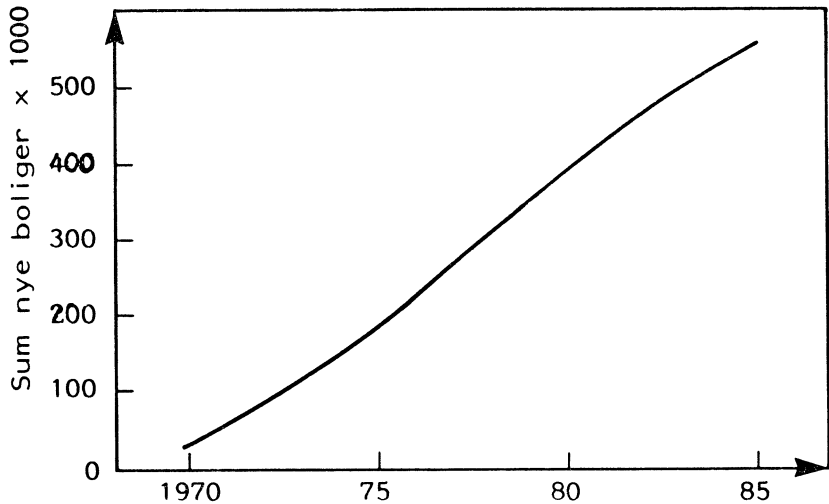
En del industri må sies å være storforbruker av vann, men det er relativt lite som tas fra offentlig vannverk. Tabell 2 viser industriens vannforbruk etter Vannressursutvalget (10) (med referanse til Norges Industriforbund).

Tabell 2. Industriens forbruk av ferskvann i Norge frem til år 2020.

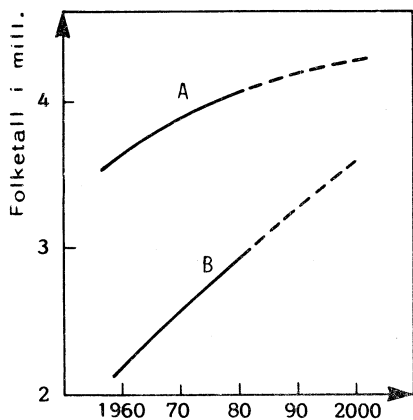
	1970	1985	2000	2020
Totalt forbruk av ferskvann, mill. m <sup>3</sup> /år	1 373	1 505	1 772	1 878
Leveranse fra offentlige vannverk, mill. m <sup>3</sup> /år	100	85	100	110
Leveranse fra offentlige vannverk %	7,3	5,6	5,6	5,8

Industrien kommer etter dette til å ta ubetydelig mer vann fra offentlige vannverk enn den gjør i dag. Det samme gjelder vanlig husholdning. Det har vært en svak

reduksjon i boligbyggingen de siste årene, fig. 1. Økningen i folketallet er også avtagende, fig. 2.



Figur 1. Utviklingen i boligbyggingen fra 1970.



Figur 2.

Befolkningsmengde i Norge totalt og i tettsteder fra 1960.

A: Total befolkning. Statistisk sentralbyrå regner med et folketall på 4,2—4,4 millioner i år 2000.

B: Befolkning i tettsteder, prognosert til år 2000.

Tettsted:

Et sted med mer enn 200 personer, der husene står mindre enn 50 m fra hverandre, og der minst 15% av befolkningen er knyttet til andre næringer enn primærnæringer, Myklebust (12).

På den annen side må vi regne med at en økende andel av befolkningen kommer til å bo i tettsteder, fig. 2. En tilknytningsgrad på bortimot 90% skulle derfor være realistisk. I denne sammenheng dreier det seg imidlertid om vann til husholdning, slik at en økning av tilknytningsgraden på rundt 15% vil gi en beskjeden økning i belastningen på eksisterende anlegg.

Tallene her gjelder hele landet sett under ett. I de enkelte kommuner varierer de en god del. Vi må likevel kunne trekke den konklusjon at økt vannbehov ved utvidelser ofte kan kompenseres med kontroll av eksisterende forbruk og med tiltak i nettet.

## Fremtidig forbruk

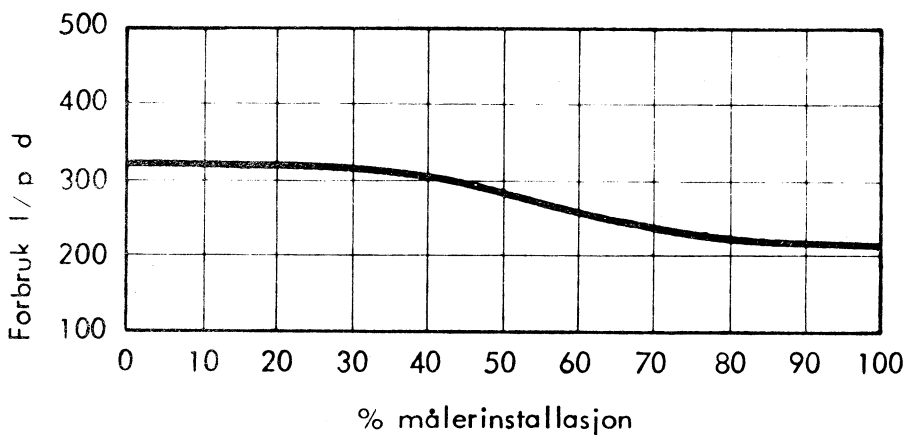
Det store vannforbruket i Norge skyldes urimelig stort tap. Tapt vann er alt det vann vi ikke vet hvor blir av. For enkelthets skyld kan det betegnes lekkasjer, da disse nok utgjør tyngden av det tapte vannet. Praktisk sett er det mest lettvisst å uttrykke disse i prosent av totalforbruket, men det kan være misvisende. Lekkasjene er kun avhengig av nettets tilstand, og av trykket og følgelig ikke alltid proporsjonale med totalforbruket. Det er riktigere å uttrykke lekkasjene i l/p.d (liter pr. person pr. døgn).

Gjennomsnittlig totalt spesifikt forbruk i Norge er ca. 600 l/p.d. Det er omlag dobbelt så høyt som i Danmark og Sverige. Lekkasjene utgjør ca. 300 l/p.d. Dette må imidlertid oppfattes som totalt tap. De virkelige lekkasjer ligger i området 150—250 l/p.d. Selv det er meget høyt når tilsvarende tall i Vest-Europa er 40—100 l/p.d. Tallene for Norge er gjennomsnitt. De kan variere fra 100—500 l/p.d. innen de enkelte soner av et nett.

I lekkasjeutbedringstiltak er det etter dette mye å hente. Men lekkasjene må ikke av den grunn sees på som det eneste angrepspunktet. Avgift betalt etter målt forbruk er et annet. Installasjon av vannmålere kan ha en positiv virkning på vannforbruket. Fig. 3 viser en undersøkelse i Sverige.

Her i landet er Ringsaker kommune et interessant tilfelle. Det kan neppe være tvil om at det er en sammenheng mellom vannmålerinstallasjon på nær 100% og et spesifikt forbruk på «bare» 115 l/p.d.

Industribransjer kan oppnå betydelige besparelser i vannuttak fra offentlige nett ved resirkulasjon e.l. Dette ble det vist eksempler på så lang tid tilbake som ved en konferanse i Oslo i 1973, og kan iverksettes enda mer enn tilfelle er i dag.



Figur 3. Installasjon av vannmålere kan føre til betydelig reduksjon av vannforbruket.

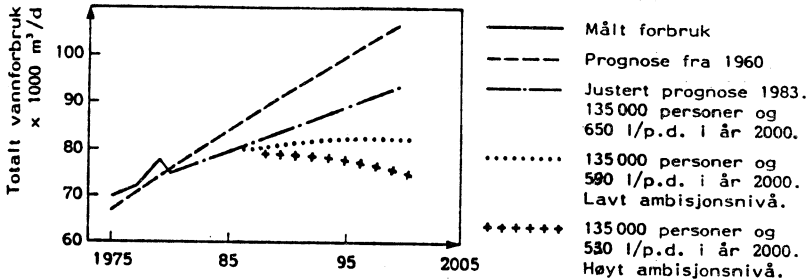
Den relative betydning av de enkelte av industrivann, Orkanger stor andel og tiltak kan illustreres med et eksempel, Volda liten andel av industrivann. tabell 3. Trondheim har middels stor andel

Tettsted/ By	Befolkning	Vann forbruk m <sup>3</sup> /d	Tot.spes. forbruk l/p.d	Lekkasje		Merknader
				l/p.d	Redus. med l/p.d	
Trondheim	135000	77000	574	230	$\frac{60}{120}$ <sup>1)</sup>	<sup>4)</sup> Teoretiske mål Lavt ambisjonsnivå
Orkanger	7500	5600	750	300	$\frac{70}{140}$ <sup>2)</sup>	Høyt ambisjonsnivå
Volda	6000	3000	500	250 <sup>3)</sup>	$\frac{50}{100}$ <sup>3)</sup>	<sup>2)</sup> Antatt før lekkasje utbedring
					80 <sup>3)</sup>	<sup>3)</sup> Oppnådd reduksjon (ca)

Tabell 3. Betydningen av å redusere vanlig forbruk og lekkasjer. Tabellen er utarbeidet etter oppgave over befolkningsmengde og totalt døgnforbruk på de tre stedene. I Volda er lekkasjene redusert til ca. 170 l/p · d.

«Redusert med» er anslåtte verdier. Fig. 3 og erfaringer fra lekkasjeprogrammet i et par kommuner er brukt som støtte for

antakelsene. En del av den anslåtte reduksjon er basert på at lekkasjer innomhus og annen sløsing kan stoppes.



Figur 4. Prognose for vannforbruket i Trondheim, med og uten program for reduksjon av forbruket.

Fig. 4 viser vannforbruket i Trondheim de siste årene og prognoser for forbruket fram til år 2000. Det er regnet med et konstant folketall på 135 000 (abonentantallet er likevel økende).

Vi ser hva en justering av forbruker-massen (justert prognose) og ulike tiltak for reduksjon av forbruket kan føre til. Reduksjon etter et lavt og et høyt ambisjonsnivå vil kunne gi plass for et tillegg i forbruket for henholdsvis minst 40 000 og 62 000 personekvivalenter.

Et hvert vannverk bør analysere sin egen forbrukssituasjon på liknende måte når en nærmer seg full utnyttelse av eksisterende kapasitet.

### Økonomiske fordeler

Forbruksreduksjon betyr økonomiske gevinster på flere måter. De viktigste er tilfeller med utvidelse av anlegg. Det er oppgaver som de fleste kommuner står overfor, enten det gjelder enkeltanlegg eller å erstatte mindre vannverk med større felles-anlegg. Tiltak for å redusere forbruket vil føre til at prognosene flater ut som fig. 4 viser. Det oppnås økonomiske fordeler på to måter. Utvidelse kan utsettes i flere år. Flere eksempler på slike besparelser er vist av Jacobsen/Mosevoll (2).

Vel så viktig er at det blir nødvendig med mindre omfattende utvidelse enn når ingen forbruksreduksjon foretas. I beste fall blir utvidelse ikke nødvendig i det hele tatt.

### Eksempel:

En slik analyse er foretatt for Trondheim vannverk, Senneset (6), i forbindelse med eventuell nedleggelse av en av kildene. All forsyning må da skje fra hovedkilden. Reduseres forbruket med 100 l/p.d ved lekkasjeutbedring og andre tiltak, vil en kunne redusere kostnaden til en ny 3 km lang pumpeledning med ca. kr. 800 000 og årlig pumpekostnader med ca. kroner 150 000. (1985-kr.)

Behandling av vann for å oppfylle kvalitetskravene medfører ofte relativt store kostnader pr. kubikkmeter produsert vann. Når lekkasjeandelen er over 20%, vil det uten nærmere regnestykke være økonomisk forsvarlig å redusere denne. Også i pumpe-systemer ligger det muligheter for store besparelser.

### Eksempel:

I et boligområde i Trondheim ble det høsten 1984 foretatt lekkasjeundersøkelse og flere oppgravninger, A/S Prosjektering/Senneset (1).

ca. 9.000 pr. lekkasje, lekkasjer på stikkledninger medregnet. Alt vannet pumpes gjennom nettet til et basseng. Kostnaden til hele lekkasjeprogrammet vil være innspart etter bare ett år i form av reduserte pumpekostnader.

Et ekstremt tilfelle kanskje, men selv med den høye realrenten som brukes i Norge i dag kan inntjeningstider på minst 20 år forsvares.

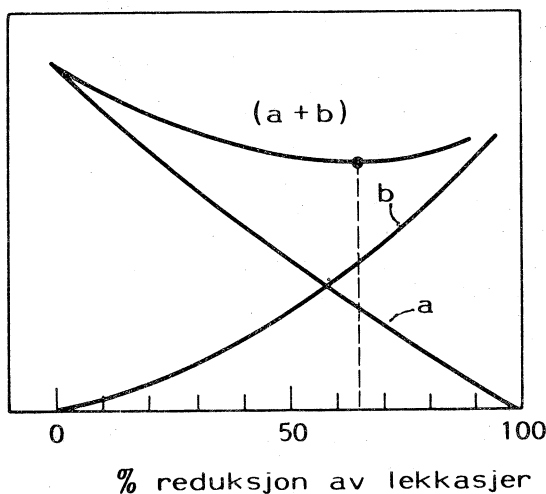
Eksempler på hva som kan oppnås i reduserte vannbehandlings- og pumpekostnader ved å redusere lekkasjer er ellers vist av Jacobsen/Mosevoll (2).

De minste reparasjonsverdige lekkasjer ligger på 5—30 l/min. Dette forandrer seg nok med tiden, bl.a. p.g.a. endringer i kostnadstallene. Vi må her ta med at det ikke bare er produksjon av vann til kranene som koster. Kjøttelsen (4) har vist at minst 50% av lekkasjevannet fra vannledningene lekker inn i spillvannledningene og medfører ekstrakostnader til pumping og rensing av avløpsvannet.

Det er alltid meget vanskelig å bedømme hvor store de enkelte lekkasjer er, og selv om vi kunne anslå størrelsen med bra nøyaktighet er det vanskelig å si hvor grensen for de reparasjonsverdige ligger.

Fig. 5 viser en metode som har vært brukt til å beregne hvor langt det vil lønne seg å redusere lekkasjene, omtalt av Jacobsen/Mosevoll (2). Metoden har den svakheten at kurvene a og b er vanskelig å bestemme nøyaktig nok.

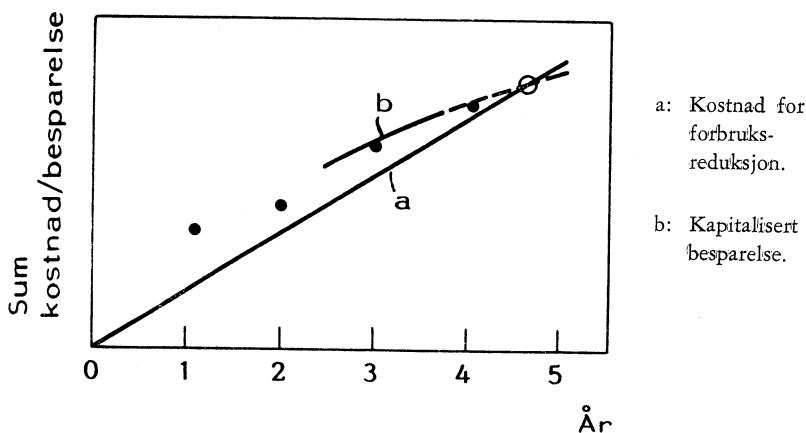
En annen metode, og som eliminerer noen usikkerheter, er ill. i fig. 6. En bestemmer seg for et program for reduksjon av forbruket, f.eks. å bruke 200 000 kr./år i noen år fremover. Ved slutten av hvert år ser en hva som er oppnådd i forbruksreduksjon. Gevinsten av den reduserte vannmengden beregnes ved å kapitalisere alle reduserte kostnader i ledningsnettets hele gjenstående funksjonstid. I praksis vil det være nok å ta med 20 år. Den høye realrenten vi bruker, gjør at gevinster senere enn 20 år har liten betydning i dag.



a: Kostnad for produksjon av lekkasjevann.

b: Kostnad for reduksjon av lekkasjer.

Figur 5. Metode for å finne den økonomiske grense for reduksjon av forbruket.



Figur 6. Metode for å bestemme hvor lenge det er økonomisk riktig å holde på med å redusere forbruket.

Etter et par år ser en omtrent når skjæringspunktet vil inntreffe. En kan da velge tidspunkt for å stoppe programmet. Metodene kan brukes på hele mindre nett og på deler av et helt nett som er lett å overvåke.

Selv om dette synes enkelt er det et problem hvordan vi skal tolke de besparelser som oppnås i forhold til de kostnader som kreves for å oppnå dem. Her skal det også understrekes at vi ikke kan gå på akkord med kravene til sikkerhet når det gjelder de hygieniske aspekter og vannkvaliteten generelt. Dersom en f.eks. vil sette igang med omfattende lekkasjeutbedring, må en også ta med de kostnader og den tid som trengs til en forsvarlig etterdesinfisering i nettet.

En total kostnad på kr. 10 000 pr. lekkasje bør betraktes som et minimum i dag. Det vil derfor være naturlig å kombinere utbedring av lekkasjer med undersøkelse av hvor mye trykket kan reduseres, og hva som dermed oppnås. Trykkreduksjon bestemmes ut fra en nettoanalyse

En meget stor andel av åpningene i ledningsnettet er elastiske (rørsprekker, hull i gummipakninger o.l.). Lekkasje reduseres derfor sterkere med reduksjon av trykket enn de hydrauliske lover tilsier. Mange lekkasjer vil helt eller delvis forsvinne av denne grunn. Det gjelder nettopp de uttallige små lekkasjer som en økonomisk analyse ikke finner reparasjonsverdige og slike som det rett og slett ikke er mulig å påvise.

Vannlekkasjenes størrelse som funksjon av trykket er behandlet av Jacobsen/Mosevoll (2) og vist med praktiske eksempler av Senneset (6) (tatt med i (2)).

### Mer dynamiske systemer

Vannverk har vanligvis vært bygget ut på basis av grove anslag over fremtidig behov, og de er blitt bygget som nokså statiske systemer. Et system kan «mykes opp» med dagens datateknologi. En nettanalyse med EDB-modell kan bli bra nøyaktig når den baseres på f.eks. tappetester i nettet. Dermed blir kalibreringen

best mulig og følsomhetsanalyse mest mulig pålitelig. Har vi soner med underkapasitet, viser analysen om disse kan dekkes fra soner med overkapasitet. Kapasitetsutjevning i nettet er mulig gjort med datamaskinbasert overvåking og styring. Det oppnås da en del bedre samsvar mellom produksjonskapasitet og behov enn i de statiske systemene både m.h.t. tid og sted. Dette gjelder like mye forbruksvariasjonene over året og døgnet som i en 20 års periode.

Det gis ikke noen almenløsning på dette spørsmålet. Plan for slik styring må baseres på en grundig analyse av hvert enkelt nett. Et skritt i denne lei er å gjøre elementer i nettet mer fleksible. Med f.eks. vannmengde- eller trykkstyrte reduksjonsventiler og turtallsregulerende pumper kan trykket holdes nede på et akseptabelt nivå, spesielt under lavt forbruk.

### Utredning om fremtidig vannforbruk

Det er almen enighet om at lekkasjene i norsk vannledningsnett må reduseres. Men hvor mye skal de reduseres, og til hvilken kostnad? Hva oppnås med andre tiltak i forhold til lekkasjereduksjon? Hvor mye av et økende behov kan vi dekke med tiltak i nettet? Hvordan skal vi effektivisere driften av vannverkene? PTV 3, rapporter resultatet av en spørreundersøkelse: «Har kommunen noen gang anslått hva lekkasjevann koster?» Av 37 kommuner svarte 6 «Ja», de øvrige «Nei». I løpet av 7 år har dette forandret seg noe. De ovenfor nevnte spørsmål er like fullt aktuelle i svært mange kommuner.

Den foreliggende Stortingsmelding om vannforsyning er vel å betrakte som innfallsporten til en aktiv epoke på vannforsyningssektoren. Det må da være i sam-

funnets og den enkelte kommunes interesse å få utredet emner som:

- legitimt vannforbruk i et fremtidsperspektiv
- ikke-legitimt forbruk
- kost/nytte-analyse ved forbruksreduksjon
- best mulig samsvar mellom produksjonskapasitet og behov
- effektiv og økonomisk drift.

### Sammendrag

Flere faktorer virker inn på fremtidig vannforbruk. Det legitime forbruket er ikke større i Norge enn i andre land som det er naturlig å sammenlikne med. Det er det ikke-legitime forbruket som bringer Norge nær toppen i verdensmålestokk. Det er dette vi må til livs.

Lekkasjenes økonomiske betydning er meget stor. Flere eksempler vises. Men det koster å utbedre lekkasjene. Derfor kan ikke lekkasjene reduseres for enhver pris. Det pekes på metoder til å løse dette problemet. En metode, som eliminerer usikkerheter, omtales spesielt.

Redusert forbruk i eksisterende nett kan gi plass for økning av legitimt forbruk når nettet skal utvides, en åpenbar økonomisk fordel.

Det legges frem en tanke om mer dynamikk i forsyningssystemene. Med EDB-basert overvåking og styring kan vi utnytte eksisterende kapasitet bedre, f.eks. å tilpasse trykket bedre etter behov både i tid og på sted.

Problemområdet er stort. Et utredningsprogram antas å bli nødvendig. Nå når Stortingsmelding om vannforsyningen varsler en opprusting på denne sektoren, må vannforbruket, det viktigste utbyggingsgrunnlaget, analyseres meget grundig.



## REFERANSER

- (1) Bøyum, Å./Grov, R.: Undersøkelse av vannforbruket i Norge. Institutt for vassbygging, NTH, Trondheim. 1973.
- (2) Jacobsen, J./Mosevoll, G.: Overvåking og kontroll av lekkasjetap i vannledningsnett. Prosjektrapport 29/85, NTNF-Program for VAR-teknikk, Trondheim 1985.
- (3) Kalleberg, K./Bjørke, T.: Nye metoder for vannlekkasjesøking. PVT 13, NTNF-Utvalg for Transport av Vann, Trondheim 1981.
- (4) Kittelsen, K. V.: Sammenhengen mellom utlekkning på vannledningsnett og innlekkning på avløpsnett. Hovedoppgave ved Institutt for vassbygging, NTH, Trondheim 1984.
- (5) Myklebust, H.: Norges geografi, kap. 17: Befolkning og bosetting, Universitetsforlaget, Oslo 1977.
- (6) Senneset, A.: Lekkasje i vannledningsnett og deres betydning for Trondheim kommune. Hovedoppgave ved Institutt for vassbygging, NTH, 1984.
- (7) Rapport fra A/S Prosjektering om lekkasjesøking i Uglømrådet, Trondheim, 1984. Underlag for (6).
- (8) Smith, B./Kalleberg, K./Lysne, D. K.: Lekkasje i norske vannledningsnett. PTV 3, NTNF-Utvalg for Transport av Vann, Trondheim 1978.
- (9) Stortingsmelding nr. 55 (1984—85). Om vannforsyningen. Miljøverndepartementet, Oslo 1985.
- (10) Vannressursutvalget. Utredning om Norges vannforsyning, Oslo 1982.
- (11) Wedum, K./Stene Johansen, S.: Water consumption and water demand in Norway. Vatten 38: 231—234, Lund 1982.