

Hvilken levetid skal vi velge for våre vann- og avløpsledninger?

Av Gunnar Mosevoll

Gunnar Mosevoll er siviling, fra NTH 1972, og er ansatt ved Norges hydrodynamiske laboratorier, divisjon Vassdrags- og havnelaboratoriet.

VANN- OG AVLØPSNETTET — STOR VERDI OG KOSTBAR VEDLIKEHOLDSPLIKT

Vårt vann- og avløpsnett har en betydelig lengde, og lengden øker stadig. Tabell 1 angir status for *kommunale* led-

ninger i 1975 (Kommunalteknisk hovedstatistikk for 1975 [1]). I tillegg kommer ledningsnett i *private* vannverk og *private* stikkledninger, samt ledninger i tilknytning til veganlegg.

Tabell 1. *Kommunale vann- og avløpsledninger i 1975. Total mengde, tilvekst siste år og utskifting av gamle rør siste år [1].*

	Total lengde km	Tilvekst km	Utskiftet gamle rør km
Vannledninger	12 700	734	27
Avløpsledninger	12 900	803	26
Totalt	25 600	1537	53

Statistisk sentralbyrå har for året 1978 beregnet *grov* de totale investeringer i vann- og avløpsanlegg, se tabell 2 [2]. Dersom en antar at 50% av investeringene i tomtetekniske anlegg gjelder ledningsanlegg, var i 1978 de totale investeringene i ledningsanlegg ca. 1500 millioner kroner. Ca. 1070 millioner kroner gjelder kommunale ledningsnett og ca. 450 millioner kroner private anlegg.

Den nøyaktige aldersfordelingen for ledningsnett er ikke kjent. Som et eksempel er aldersfordelingen av de kommunale *vannledningsnett* i Trondheim vist i tabell 3. *60% av vannledningsnett er mindre enn 20 år gammel.* Det samme bildet finner vi i mange andre kommuner, både for vann- og avløpsnett.

Tabell 2. Investeringer i vann- og avløpsanlegg i 1978 [2].

Anleggstype	Investeringer i millioner kroner		
	Kommuner	Private	Totalt
Vannverk (ekskl. ledninger)	261	109	370
Kloakkrenseseanlegg	331	134	465
Hovedledninger	718	303	1021
Tomtetekniske anlegg (ink. alle ledningsanlegg innenfor bolig/industrifelt.)	702	294	996
I alt	2012	840	2852

Tabell 3. Alder for vannledningsnett i Trondheim, 1980.

Lagt i tidsrommet	Gjennomsnittsalder i 1980	Lengde
1860 - 1879	110 år	10 km
1880 - 1899	90 år	11 km
1900 - 1920	70 år	37 km
1920 - 1939	50 år	53 km
1940 - 1959	30 år	108 km
1960 - 1979	10 år	332 km
		SUM 551 km

Ledningsnettene må vedlikeholdes, og det skal en gang fornyes. I *spredtbygde områder* blir utskiftingskostnaden omtrent lik første gangs kostnaden. I *tettbygde områder* er imidlertid utskiftingskostnaden minst 2—3 ganger første gangs kostnaden. Denne store økningen kommer i områder hvor første gangs legging kunne skje uhindret, men hvor utskiftingsarbeidet blir langt mer komplisert og omfattende (reparasjon av vegger og gater hvor

ledningene ligger). Det meste av ledningsnettene ligger trolig i tettbygde områder.

50 år har vært sett på som en rimelig, teknisk levetid for vann- og avløpsledninger. Ledninger av god kvalitet kan imidlertid fungere tilfredsstillende i langt over 100 år. Med *teknisk levetid* menes her den tiden ledningen fungerer som forutsatt, og kostnadene ved vanntap, ulemper og stadige reparasjoner ikke overskrider kostnadene for utskifting.

Dersom lengdeøkningen i 1976—79 var den samme som i 1975, var det i 1980 ca. 32 000 km *kommunale* ledninger. Som nevnt er sannsynligvis ca. 60% eller 20 000 km i løpet av 1960- og 1970-årene. Forutsettes det at alle ledningene i samme grøft skiftes ut samtidig, så ligger gjennomsnittlig utskiftingspris på kr.

1000—1500 pr. m *ledning*. Er det nødvendig å skifte ut ledningene allerede etter 50 år, må nok utskiftingen skje over en så kort periode som 20 år. Kan en levetid på 100 år forventes, vil det være mulig å strekke ut dette arbeidet over minst 40 år. I tabell 4 er de årlige utgiftene til utskifting beregnet.

Tabell 4. *Utskiftingskostnader pr. år for det kommunale ledningsnett lag i 1960- og 1970-årene.*

	Utskiftingsutgift pr. år
Teknisk levetid 50 år Utskifting over 20 år	1000 - 1500 millioner kroner
Teknisk levetid 100 år Utskifting over 40 år	500 - 750 millioner kroner

Bruk av nøyaktige levealdre som 50 og 100 år er en sterk forenkling av de virkelige forhold. Forutsetningene om enhetspris ved utskifting og lengden på ledningsnett er også svært grove. I tillegg så er metodene for utbedring av ledninger *uten oppgraving* under sterk utvikling. Ved hjelp av disse metodene kan levetiden ofte forlenges vesentlig til en lavere kostnad enn vanlig utskifting. Til tross for denne usikkerheten vil de årlige utskiftingsutgiftene kunne bli så høye at jeg synes det er viktig å stille følgende spørsmål:

- Hvor høy levetid er det samfunnsøkonomisk «riktig» å planlegge vann- og avløpsnett for?
- Vet vi nok om langtidsstyrken til aktuelle rørmaterialer til å kunne forutsi sannsynlig levetid for en gitt rørtype under gitte, ytre forhold?

NÅR VIL VÅRE VANN- OG AVLØPSLEDNINGER VÆRE TEKNISK FORELDET?

Før økonomiske og materialtekniske forhold blir vurdert nærmere, kan det være riktig å spørre om den tekniske utviklingen vil sette en grense for hvor lang levetid vi bør velge for vann- og avløpsledninger. Vårt transportsystem for vann og avløp er i dag det samme som for 100 år siden. Denne beskjedne tekniske utviklingen skyldes nok at transportsystemet allerede er både enkelt og sikkert, og at energiforbruket er forholdsvis lavt.

Dårlig materialkvalitet (brudd, utvendig korrosjon, innvendig begroing o.l.) er i dag den viktigste årsaken til utskifting av en ledning. Uforutsett økning av trafikklasten på ledningen, dårlig planlegging/anleggsutførelse, dårlige grunnforhold og uhensiktsmessig trasé er også

viktige årsaker til utskifting. Dette siste gjelder imidlertid ikke for velregulerte områder. I eldre, velregulerte områder kan selv 100 år gamle vannledninger ha fornuftig trasé og dimensjon.

Kostnadene ved drift og vedlikehold er en viktig svakhet ved vårt transport-system. Kvalitetsforringelse av vannet som transporteres i vannledningene er også en svakhet. Begge disse svakhetene kan reduseres ved å forbedre rørkvaliteten. *Jeg tror derfor det er bedre å satse på at det eksisterende systemet blir varig enn å håpe på at den tekniske utviklingen frambringer et nytt og bedre system.*

METODER FOR SAMMENLIGNING AV INVESTERINGSKOSTNADER

Kostnaden ved å bruke en vann- eller avløpsledning i en periode består av:

- verdiforringelse (avskrivningen),
- rentetap ved å ha kapital bundet til ledningen,
- arbeid, energiforbruk o.l. som er nødvendig for å holde ledningen i tilfredsstillende drift.

Kostnadsbegrepet er ikke alltid sammenfallende med utgifts- eller utbetalingsbegrepet. Med *utgift* menes den faktiske utbetalingen. For en vannledning kommer utgiften ved innkjøp og anlegg av ledningen, eller ved betaling av renter og avdrag på lån som var nødvendig for innkjøp og anlegg.

Når en skal sammenligne kostnadene for ledninger med forskjellig kvalitet, er det ønskelig å få med både anleggs- og driftskostnader. Det foreligger imidlertid ikke gode nok opplysninger om driftskostnadene for ulike rørmaterialer. Derfor er bare investeringskostnadene sammenlignet her.

Tre metoder for sammenligning av investeringskostnadene er beskrevet:

1. Utgift ved første gangs anlegg.
2. Nåverdi av investeringskostnadene ved første gangs anlegg og framtidig utskifting.
3. Løpende investeringsutgifter.

Utgift ved første gangs anlegg

Her tas det ikke hensyn til forventet levetid og framtidige utskiftingskostnader. Valget faller på den rørtypen som er billigst i innkjøp, og som samtidig tilfredsstillende tekniske kravene som er stilt.

Nåverdi av kostnad for første gangs anlegg og utskifting

Nåverdien NV av en investering K_1 i dag og K_2 ved utskifting om n år er gitt ved:

$$NV = K_1 + \frac{K_2}{(1 + r)^n}$$

Hvor:

r = kalkulasjonsrenten.

Nåverdien av et tiltaks virkninger forteller hvilken verdi vi *i dag* setter på de virkningene som kommer i *fremtiden*. Utskiftingskostnadens bidrag til nåverdien synker med økende kalkulasjonsrente og økende tid fram til utskiftingen.

Kalkulasjonsrenten er her brukt som *realrente*. Det betyr at det brukes *faste* priser i nåverdiregningen. Er det sannsynlig at kostnadsstigningen for utskiftingsarbeidet blir vesentlig forskjellig fra den allminnelige prisstigningen i samfunnet, må imidlertid K_2 i ligningen korrigeres for dette. Kalkulasjonsrenten må ikke sammenliknes direkte med utlåns-

renten i banker, som jo er knyttet til løpende priser.

I Norge fastsettes kalkulasjonsrenten av Finansdepartementet. Den er for tiden 7% pr. år. Kalkulasjonsrenten har variert en god del de siste årene. I 1975 ble den fastsatt til 10%. I 1978 ble den satt ned til 7%. Begge disse verdiene er forsvart med at de var i rimelig samsvar med avkastningen på nye investeringer i den private sektor [3, 4]. Det er stadig diskusjon om størrelsen på kalkulasjonsrenten. Da Energimeldingen var til behandling i Stortinget høsten 1980, gikk Stortingets industrikomité inn for en kalkulasjonsrente på 6%. I Sverige har en i de seinere årene benyttet en rentefot på 3—5% i beregninger for energiforsyning, vannforsyning, avløp o.l. [5].

Eksempel

Investeringene ved nyanlegg og utskifting av *vannledninger* med forskjellig materialkvalitet skal sammenlignes. Valget står mellom to typer med teknisk levetid henholdsvis 100 og 50 år.

Et *grovt* kostnadsoverslag for de to rørtypene er vist i tabell 5. Det er forutsatt at ledningen ligger i et vanlig, tettbygd boligområde. Nyanlegg skjer i forbindelse med utbygging av boligområdet. Det er forutsatt enkle grunnforhold. For enkelthets skyld er det ikke tatt med kostnader for andre ledninger i samme *grøft*.

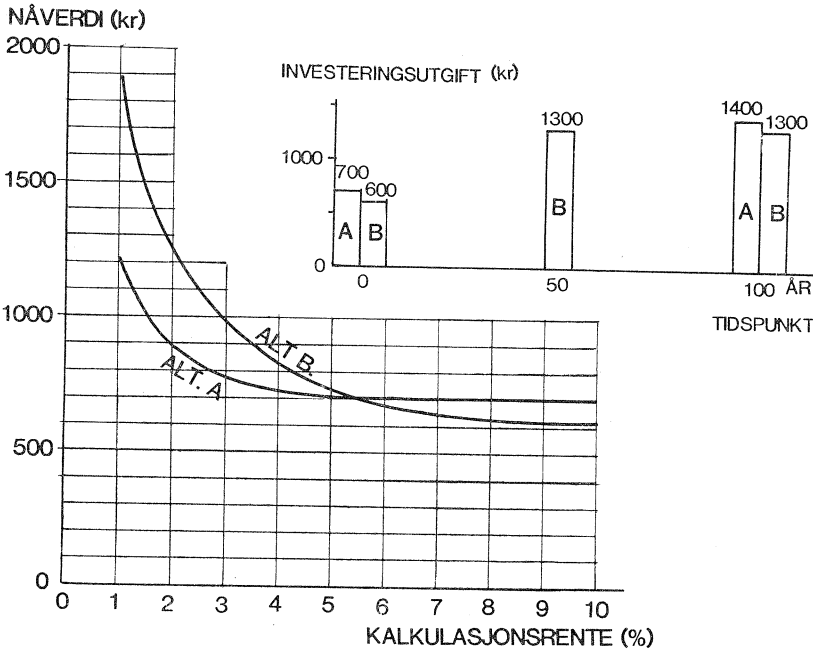
Tabell 5. *Investeringsutgift og teknisk levetid for rørtypene A og B.*

Rørtype	Investeringsutgift		Teknisk levetid
	1. gangs anlegg	Utskifting	
A	700	1400	ca. 100 år
B	600	1300	ca. 50 år

I tabell 6 er investeringsutgiftene for de første 100 år beregnet. Figur 1 viser nåverdien av disse investeringene.

Tabell 6. *Gjennomsnittlig investeringsutgift pr. år av ledningenes levetid. Investeringer gjennomført i løpet av de første 100 år.*

Rørtype	Total investering i løpet av 100 år	Total levetid for investeringen	Gjennomsnittlig investeringsutgift pr. år av levetiden
A	kr 2100	200 år	kr 10,50
B	kr 3200	150 år	kr 21,33



Figur 1. Nåverdi av investeringene som er gjennomført i løpet av de første 100 år.

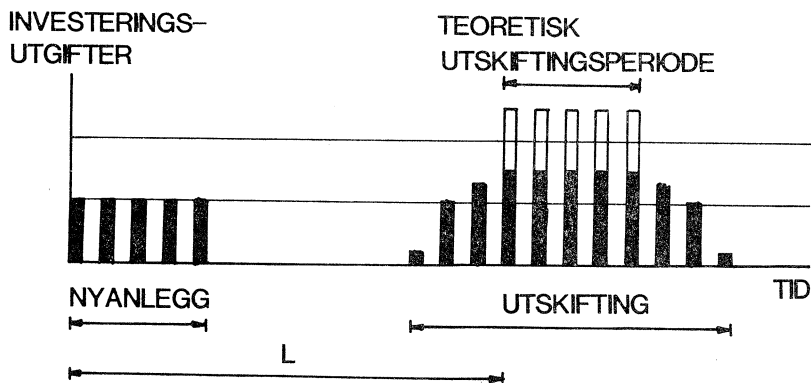
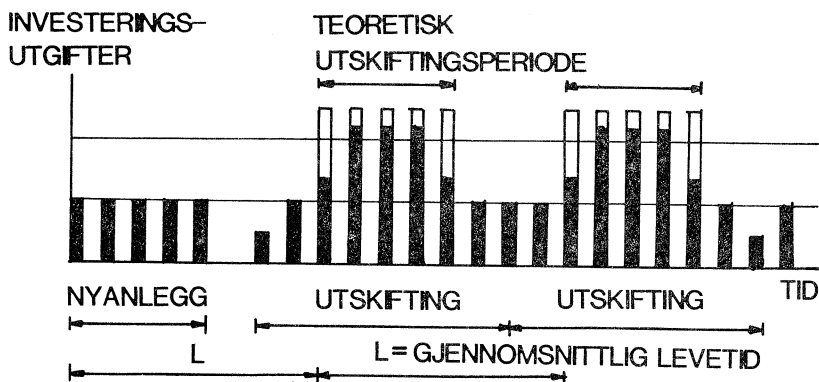
Løpende investeringsutgifter

Nåverdimetoden forutsetter at det ikke er noe problem å framskaffe den nødvendige kapital når tidspunktet for reinvestering kommer. Erfaring viser imidlertid at det er vanskelig å gjennomføre store og raske endringer i samfunnets forbruksmønstre. Det er de økonomiske forhold på reinvesteringstidspunktet, og ikke forutsetninger fra en fjern fortid, som bestemmer om reinvesteringen blir gjennomført eller ikke. Det er derfor nyttig å se på de løpende utgiftene som en tidsrekke av investeringer fører med seg. Figur 2 viser de løpende utgiftene til første gangs anlegg og påfølgende fornyelse for en tidsrekke av anlegg. Figuren

illustrerer det selvfølgelige forhold at det er lettest å jevne ut fornyelseskostnadene for anlegg med lang levetid.

VALG AV METODE FOR SAMMENLIGNING AV INVESTERINGSKOSTNADER

En ledning av billige rør, med utilstrekkelig planlegging og ikke fullgod anleggsutførelse gir selvfølgelig en lavere investeringsutgift enn en ledning med god kvalitet. Det billigste alternative gir flest meter ledning for det beløpet som er stilt til rådighet. I en periode hvor oppgaven er å tilfredsstille de mest grunnleggende behovene for vannforsyning og avløp, kan



Figur 2. Løpende utgifter til 1. gangs investering og reinvestering for en tidsrekke anlegg.

$$\text{Enbetskostnad reinvestering} = 2.5 \times \text{enbetskostnad 1. gangsinvestering.}$$

det være riktig å satse på løsninger som gir stor nytte på *kort sikt*. Det er imidlertid viktig å være klar over at slike løsninger kommer til å gi en «baksmell», og det bør ikke fortsettes med slike løsninger i all framtid. 1945—80 har vært en slik oppbyggingsperiode, og utskiftin-

gen av ledningene fra denne tiden kan komme til å bli meget kostbar. Etter min mening bør vi nå si oss ferdig med oppbyggingsperioden og begynne å velge løsninger som er gunstige på *lang sikt*.

Selve systemet for vannforsyning og avløp i tettbygde områder er meget stivt,

dvs. det er svært kostbart å forandre. *Vi har valgt systemet, og vi har derfor ansvaret for at systemet lar seg vedlikeholde for en rimelig kostnad.* Dette må tas med i betraktning når det skal vurderes hvilke av de aktuelle beregningsmetodene som gir den løsningen som er økonomisk «gunstigst».

I et område hvor planene for den framtidige arealbruk er *usikre*, er det en viss fare for at dagens ledningstraséer blir uhensiktsmessige eller kapasiteten blir for liten lenge før ledningen har nådd den vanlige utskiftingsalderen. I slike tilfeller kan det være aktuelt å velge rørtypen etter utgift ved første gangs anlegg.

I et *velregulert* by- eller boligområde kan det forventes at bebyggelsen blir mer enn 100 år gammel. Selve arealbruken forblir sannsynligvis noenlunde uendret i enda lengre tid. Jeg ser derfor ingen grunn til at ikke økonomien for vann- og avløpsledningene også skal vurderes over et tidsrom på 100 år eller lengre. Hvordan skal denne vurderingen utføres?

Nåverdimetoden er vanligvis brukbar for sammenligning av to gjensidig utelukkende prosjekter med forskjellig levetid som skal gjennomføres innenfor en gitt investeringsramme. Metoden har imidlertid klare svakheter for anlegg som har svært lang levetid, og som må fornyes. En høy rentefot fører til at det blir lagt liten vekt på framtidige utskiftings- og driftskostnader. Med dagens rentefot på 7% vil en investering 35 år fram i tiden bare få en vekt på 10% av en tilsvarende investering i dag.

En ukritisk bruk av nåverdimetoden kan derfor føre til høye og langvarige topper i reinvesteringskostnadene. Ønsker en å unngå slike topper, må en derfor

beregne de *løpende investeringsutgiftene* for både nyanlegg og utskifting.

En høy rentefot i nåverdimetoden favoriserer billige rør som kan ha kort levetid. Som vist i tabell 6 og figur 1, kan dette føre til valg av det alternative som gir den overlegent høyeste totalkostnaden over en periode på 50—100 år. Også dette viser det kan være uheldig å benytte nåverdimetoden på ett anlegg som er tatt ut av en nærmest uendelig tidsrekke av lignende anlegg.

KUNNSKAPEN OM RØRMATERIALER ER FOR DÅRLIG

Beregningene foran viser at det kan være økonomisk å satse på rør med en teknisk levetid på 100 år eller mer. Skal dette ønsket kunne oppfylles, må det foreligge detaljerte opplysninger om langtidsstyrken til de ulike rørmaterialene. Kjøp av rør har ofte bare vært et spørsmål om innkjøpspris. Det er sjelden stilt dyptgående spørsmål om langtidsstyrken til rørene. Det har ført til store tilleggskostnader, og de bli større i årene som kommer. Her er noen eksempler:

Asbestsementrør. Mye av vårt bløte overflatevann tærer på asbestsementrør. Mange steder er tæringen så sterk at rørenes *mekaniske styrke* reduseres raskt. Her blir levetiden derfor langt kortere enn antatt på forhånd.

Rør av støpejern. Midt på 1960-tallet gikk man i Europa over fra grått støpejern til seigt støpejern i vannledninger. I leire med vanlig sulfatinnhold er grått støpejern benyttet uten vesentlige korrosjonsproblemer. I rør av seigt støpejern derimot, vil en under slike forhold kunne få tært hull i løpet av 8—10 år. Ekstra korrosjonsbeskyttelse er her nød-

vendig. Dette har vært en kostbar lærdom for flere vannverk i Norge og ellers i Europa.

Plastrør. Grunnlaget for beregning av materialstyrken (utmattingsstyrken) for plastrør som utsettes for raskt vekslende trykk, er mangelfull. I stor grad har pumpeledninger med trykkstøt vært dimensjonert som om trykkstøtene var en statisk last. Nå viser undersøkelser i Storbritannia at for PVC f.eks. er utmattingsstyrken vesentlig lavere enn styrken for statisk last. En kan derfor vente at mange pumpeledninger av plast neppe vil nå den forutsatte levealderen på 50 år. Dette gjelder særlig pumpeledninger for avløpsvann hvor antallet pumpestopper er svært høyt.

Gummipakninger. I Storbritannia er det i de siste årene registrert flere tilfeller av biologisk nedbrytning i rørpakninger av naturgummi. Det er ennå ikke klarlagt hvor omfattende dette problemet vil bli, men i Storbritannia går man nå over fra naturgummi til spesielle typer syntetisk gummi.

De fleste av disse forholdene kunne ha vært forutsagt dersom det ved kjøp av rør hadde blitt krevet skikkelig dokumentasjon av langtidsstyrken.

KOMMUNENE MÅ SAMARBEIDE BEDRE

Det er ikke plass til å gå nærmere inn på årsaken til at disse rørmaterialene ikke var gode nok. I stedet skal jeg prøve å belyse årsaken bak årsaken til det ble brukt materialer som ikke var tilfredsstillende.

Læren om egenskapene til de forskjellige typer rørmateriale, korrosjonsbeskyt-

telse, pakninger og isolasjonsmateriale kan være meget komplisert. Utdannelsen til den vanlige VA-ingeniør er i dag ikke god nok, og den kan neppe bli så god at han alene er i stand til å bedømme kvaliteten til et nytt rørmateriale, korrosjonsbeskyttelse o.l. Rørfabrikantene har som regel tilstrekkelig faglig dyktighet til å kunne undersøke viktige egenskaper ved produktet sitt. Slike undersøkelser, f.eks. en fullstendig utmattingsundersøkelse, er ofte meget kostbare. Det er derfor sannsynlig at viktige undersøkelser ikke blir gjennomført uten at rørkjøperne krever det.

Det har ingen hensikt å legge skyld på den enkelte rørkjøper og rørfabrikant for mange av de feil som har vært gjort ved valg av rørmateriale o.l. Etter min mening er den egentlige årsaken til disse feilene at rørkjøperne ikke har samarbeidet skikkelig om felles krav til rør. Rørkjøperne og rørfabrikanter har derfor ikke vært likeverdige parter. *Dersom de store rørkjøperne, dvs. kommunene, ikke kommer i gang med et slikt samarbeid, så har vi ingen garanti for at det ikke blir gjort nye slike feil.* Nye materialer tas stadig i bruk, både i rør, korrosjonsbeskyttelse og isolasjon. Langtidsstyrken til de nye materialene er lite framme i markedsføringen.

Kommunene har behov for en interesseorganisasjon som setter opp felles krav til rørmateriell o.l. Bemanningen trenger ikke være stor, men det er svært viktig at den har et kunnskapsnivå i materiallære som gjør organisasjonen til en likeverdig motpart til rørfabrikantene. På denne måten vil rørfabrikantene få kommunenes ønsker og krav klarere formulert, noe som også rørfabrikantene vil ha stor nytte av.

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

- I 1975 var det ca. 25 000 km *offentlige* vann- og avløpsledninger her i landet. Sannsynligvis er minst 60% av ledningene mindre enn 20 år gamle. Dersom disse yngste ledningene får en gjennomsnittlig, teknisk levetid på 50 år, vil utskiftingen koste *anslagsvis* 1000—1500 millioner kroner *pr. år*. En levetid på 100 år gir muligheter til å redusere den *årlige* utskiftningsutgiften til *grovt* regnet 500—750 millioner kroner. I tillegg kommer utgiftene ved utskifting av ledningsnettet i private vannverk og av private stikkledninger.
- På bakgrunn av de store utgiftsforskjellene som dette grove regnestykket viser, stilles følgende spørsmål: Hvor høy levealder er det samfunnsøkonomisk «riktig» å planlegge vann- og avløpsnett for?
- Det har vært alminnelig å forutsette en levetid på 50 år ved planlegging av vann- og avløpsledninger. I et *velregulert* by- eller boligområde kan en som regel forvente at bebyggelsen blir mer enn 100 år gammel. Selve arealbruken vil sannsynligvis forbli noenlunde uendret i enda lengre tid. Det er etter min mening lite trolig at vårt transportsystem for vann- og avløp vil bli teknisk foreldet i løpet av de neste 100 år. Ledningene kan derfor planlegges for 100 års levetid eller lengre.
- For vann- og avløpsledninger i tettbygde områder er utgiften ved utskifting minst 2—3 ganger så høy som utgiften ved første gangs anlegg. Denne store økningen kommer i områder hvor første gangs legging kunne skje uhindret, men hvor utskiftingsarbeidet er langt mer komplisert og om-

fattende. For å hindre at framtidige generasjoner påføres svært store kostnader, bør vi ved valg av ledningskvalitet ta hensyn til kostnaden for utskifting av ledningene. Det er flere metoder for sammenligning av kostnadene for ledninger med forskjellig levetid. Disse metodene skiller seg fra hverandre ved den vekt som legges på framtidige utgifter i forhold til utgifter i dag.

- Nåverdimetoden er mye brukt ved planlegging av vann- og avløpsanlegg. Ved bruk av dagens rentefot på 7% legges det liten vekt på utgifter som påløper mer enn 30—35 år fram i tiden. Skal denne metoden kunne forhindre framtidige store reinvesteringstopper, må det velges en vesentlig lavere rentefot enn 7%.
- En ukritisk bruk av nåverdimetoden kan føre til svært høy total kostnad for en periode på 50—100 år og til høye og langvarige topper i reinvesteringkostnadene. De løpende investeringsutgiftene bør derfor tas med i betraktning ved valg av alternativ.
- Ønsker en å legge rør for en levetid på 50—100 år eller lengre, trengs bedre kunnskaper om langtidsstyrken for flere aktuelle rørmaterialer, pakningstyper og former for korrosjonsbeskyttelse. Det er ofte svært kostbart å undersøke langtidsstyrken til nye rørmaterialer o.l. *Norske kommuner må derfor samarbeide bedre om de krav som bør stilles til materialkvalitet i vann- og avløpsledninger.* Læren om egenskapene til de forskjellige materialtypene kan være meget komplisert. For at kommunene skal kunne opptre som en likeverdig motpart til rørfabrikantene, *tror jeg det*

er nødvendig at kommunene oppretter en liten samarbeidsorganisasjon som innhenter erfaringer og ønsker fra kommunene, holder seg løpende orientert om den tekniske utviklingen for rørmaterialer o.l., driver informasjon for kommunene og setter opp felles krav til materialkvalitet. Også rørfabrikantene vil ha stor nytte av at kommunenes krav og ønsker blir klarere formulert.

— Utbedring av ledningsnett *uten oppgraving* bør tas i bruk i sterkere grad enn i dag. Det er imidlertid viktig å få bedre kunnskaper om forventet levetid for rør utbedret etter de forskjellige metodene. Først da kan en skikkelig vurdere den økonomiske gevinsten ved denne typen utbedring.

LITTERATUR

Referert i artikkelen

1. *Norske kommuners sentralforbund*: «Kommunalteknisk hovedstatistikk 1975», Oslo 1977.
2. *Kjensli, Bjørn*: Strukturundersøkelse for bygg og anlegg. Vann- og kloakkanlegg». Statistisk sentralbyrå, rapport nr. 81/5 Oslo 1981.
3. *Helliesen, Ida*: «Den samfunnmessige kalkulasjonsrenten», Sosialøkonomen nr. 3, 1975, Oslo.
4. *Kartevoll, Tor, Lorentsen, Lorents, Strøm, Steinar*: «Kalkulasjonsrenten», Sosialøkonomen nr. 6, 1980, Oslo.
5. *Mattsson, Bengt*: «Lönsamhet fränsamhällets synspunkt». Akademiförlaget, Stockholm, 1979.

Annen aktuell litteratur

6. *Finansdepartementet*: «Programanalyse», Tanum-Norli forlag, Oslo 1979.
7. *Rådgivende ingeniørers forening*: «Årskostnader», Oslo 1981.
8. *Svenska Vatten- och avloppsverksföreningen*: «Kontroll på avlopps nät». Publikasjon VAV P33, Stockholm 1978.
9. *Svenska Vatten- och avloppsverksföreningen*: «Allmänna Vattenledningsnät. Anvisningar för utformning och beräkning». Publikasjon VAV P38, Stockholm 1979.
10. *Endresen, Svein*: «Rehabilitering av ledningsnett: Alt fra skraping til oppgraving», Bygg nr. 2 1982, Oslo.