



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R113:1987

**Planering, prissättning och
finansiering av kommunal
infrastruktur**

En problemdiskussion

**Göran Bergendahl
Per-Anders Bergendahl
Esbjörn Segelod**

R
Jual

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

Sev

Byggforskningsrådet

R113:1987

PLANERING, PRISSÄTTNING OCH FINANSIERING
AV KOMMUNAL INFRASTRUKTUR

En problemdiskussion

Göran Bergendahl
Per-Anders Bergendahl
Esbjörn Segelod

VA NYTT

40620

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860610-5
från Statens råd för byggnadsforskning till The Swedish
Institute for Banking and Finance, Göteborg.

REFERAT

Arbetet avsåg en första etapp av en studie med inriktning mot sektorerna vatten och avlopp, vägar och spårvägar samt energi. Syftet var dels att analysera ekonomiska frågeställningar där underhållet av infrastruktur spelar en central roll och dels att redovisa metoder för att få en effektiv styrning av kommunala underhållsätgärder.

I studien redovisas också tillståndet för och frågeställningar kring underhåll och reinvestering i kommunal infrastruktur. Principer för val av underhållsinsatser, principer för avgifter inom kommunal industriell verksamhet och principer för hantering av kapitalresurser och kostnadsfördelning presenteras. En preliminär beskrivning för ett fortsatt forskningsprogram diskuteras.

Denna studie visar att kommunala beslut vad gäller löpande och förebyggande underhåll kan klassificeras och analyseras på samma sätt som industriella investerings- och underhållsbeslut. En av de viktigaste uppgifterna för fortsatta studier blir därför att klarlägga samband mellan kostnader för investering, drift och underhåll för några centrala sektorer såsom VA, el, gas och vägar (gator). När sådana samband är funna kan man utnyttja dessa för att analysera avvägningarna mellan investering, underhåll och drift inom dessa sektorer.

I Bygghörsningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsproejkt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R113:1987

ISBN 91-540-4826-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
Svenskt Tryck Stockholm 1987

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
2	Underhåll och reinvestering i infrastruktur . .	3
2.1	Vatten och avlopp	3
2.2	Gator, vägar och broar	14
2.3	Spårväg	17
2.4	Eldistribution	22
2.5	Fjärrvärme	24
2.6	Stadsgas och naturgas	27
3	Principer för val av underhållsinsatser	30
3.1	Underhållsplanering och investeringsplanering .	30
3.2	Indelningsgrunder för underhåll	38
3.3	Syften med och bestämningsfaktorer för underhåll	41
3.4	Några frågeställningar kring planering av underhållsinsatser	42
3.4.1	Osäkerhet	42
3.4.2	Prediktion av framtida kostnader	44
3.4.3	Kapacitetsutnyttjande och underhållsbehov . . .	47
3.4.4	Optimal livslängd	48
4	Avgifter inom kommunala industriella verksamheter	50
4.1	Stadsgasen i Göteborg	53
4.2	Va-avgifter i Göteborg	53
4.3	Några utgångspunkter för val av avgiftsstruktur	54
5	Kapitalresurser och kostnadsfördelning	57
5.1	Avskrivning och ränta	60
5.2	Kapitaltjänstkostnader - principer och målsättningar	62
5.3	Kapitalkostnader - skatter eller avgifter . . .	64
5.4	Fördelning av kapitalkostnader	68
5.5	Osäkerhet och risk	71

6	Ett forskningsprogram om reinvestering i infrastruktur	73
6.1	Underhållsfrågor	74
6.2	Förebyggande eller avhjälpande underhåll - ett avvägningsproblem	77
	Referens- och litteraturlista	83

1. Inledning

Kommunerna har ett centralt ansvar för infrastrukturen i centrala nyttigheter som vatten, avlopp, vägar, gator, energi m.m. Det är uppenbart att man här ställs inför betydelsefulla avgöranden av ekonomisk art, såsom investering och underhåll, driftsplanering, avgiftssättning och finansiering. Bakom dessa begrepp återfinns en lång rad för den kommunala ekonomin betydelsefulla frågeställningar. Olika kommuner har valt att lösa dessa uppgifter på olika sätt och med olika resultat. Det är därför angeläget att i denna förstudie söka systematisera centrala ekonomiska frågeställningar vad gäller investering, drift och underhåll av kommunal infrastruktur. När en sådan förstudie är klar är det naturligt att utföra djupare analyser av metodik som är lämpad att förbättra ekonomistyrningen rörande underhåll av kommunala infrastrukturer.

Förstudien centreras kring underhåll av kommunal infrastruktur och den inverkan olika underhållsprogram på denna har på investering och finansiering av infrastrukturen samt på prissättning och drift av densamma. Ekonomin bakom det kommunala underhållet sätts således i centrum och det är av stor vikt att finna åtgärder som i så hög utsträckning som möjligt befrämjar den ekonomiska effektiviteten.

Syftet med förstudien är sålunda:

- a) att analysera ekonomiska frågeställningar där underhållet av infrastrukturen spelar en central roll.
- b) att redovisa metoder för att få en effektiv styrning av kommunala underhållsåtgärder

- c) att demonstrera möjligheter att tillämpa dessa metoder inom kommunala sektorer för vatten och avlopp, vägar och spårvägar samt energi.
- d) att presentera ett forskningsprogram för en effektivare styrning av underhåll av kommunal infrastruktur inom ovan angivna sektorer.

2. Underhåll och reinvestering i infrastruktur.

I detta avsnitt kommer vi att kortfattat beskriva förhållanden och frågeställningar vad gäller infrastruktur såsom vatten/avlopp (va), vägar/gator, spårvägar, el, fjärrvärme och gas.

Reinvesteringsproblematiken inom va-sektorn har debatterats flitigt i branschtidskrifter. Avsnittet om va bygger därför såväl på genomförda intervjuer som på uppgifter som lämnats i de artiklar som vi har studerat (se referens- och litteraturlista). Avsnitten om vägar/gator, el, fjärrvärme och gas baseras huvudsakligen på uppgifter som lämnats vid intervjuer med företrädare för dessa områden inom Göteborgs kommun. Det avslutande avsnittet om spårvägar bygger på uppgifter som vi samlat in i samband med tidigare arbete inom detta område.

2.1 Vatten och avlopp.

Många anser att kommunerna idag investerar för lite i sina va-nät. Backlund (1983) uttrycker saken som så att "Kommunerna håller för närvarande på att 'konsumera' sitt uppbyggda ledningskapital. Detta är en form av kommunal kapitalförstöring".

Andra skribenter förefaller inte uppfatta situationen som lika allvarlig. Adamsson (1986) kommer fram till att "va-ledningsnätet i Göteborg inte står inför en kollaps" och Säfwenberg (1984) att "svaret blir väl närmast att läget ingalunda är katastrofalt men att långsiktiga åtgärder måste planeras och utföras i tid". De flesta torde kunna enas om att vi inte med någon större exakthet vet hur mycket och var det borde investeras i va-nät idag.

Denna frågeställning sönderfaller i tre delar :

1. Hur mycket skall man vid olika tidpunkter investera i en sektor (t.ex va) relativt andra delar av samhället?
2. Vilka va-investeringar skall genomföras och när skall detta ske?
3. Hur skall dessa va-investeringar utformas?

Att svara på dessa frågor är inte en lätt uppgift. Det råder ett uppenbart beroendeförhållande mellan frågeställningarna. Om investeringarna inom en sektor är sämre utformade, om olämpliga investeringar har genomförts eller om underhållet är eftersatt så leder detta till högre kapitalbehov inom denna sektor. Dessutom kan tillgång till infrastruktur vara en förutsättning för att investeringar inom andra sektorer skall bli lönsamma.

Investeringar inom den kommunala sektorn kan finansieras till lägre kostnad än inom den privata, som betalar statlig skatt och därigenom får ett högre avkastningskrav. Statliga bidrag har visat sig stimulera till investeringar i högre grad i kommuner än i företag. För vissa kommunala investeringar i infrastruktur har stora investeringsbidrag utgått. Staten har således tidigare betalat uppemot 75 procent av investeringsutgiften för nya reningsverk. Något motsvarande bidrag har inte utgått för drift- och underhåll av dessa anläggningar. Vad avser kommunala och statliga tjänster och varor är kopplingen mellan vad individen är villig att betala och vad denne konsumerar dålig. Detta innebär att individen som väljare kräver mer än vad individen som konsument är villig betala. Dessa förhållanden indikerar att det kan föreligga en tendens till att man genomför investeringar i kommunal infrastruktur, vilka ej är lönsamma ur

samhällsekonomisk synpunkt.

Lessmer (1983 och 1985) har kartlagt driftkostnaderna för vatten- och avloppsledningar i sju kommuner. Det visade sig att omläggningstakten varierade mellan 40 år för Lidingö och 400 år för den kommun som investerade minst. Orsaken bakom den snabba omläggningstakten i Lidingö var att politiker där tagit beslut om att ledningsnätet skall förnyas vart 40:e år. Denna variationsvidd får oss att misstänka att man i vissa kommuner "överinvesterar" och i andra "underinvesterar". Det bör i detta sammanhang framhållas att både att överinvestera och att underinvestera innebär slöseri med kommunens och skattebetalarnas medel.

Ett annat exempel på de stora skillnaderna mellan kommunerna ges av Lane och Magnusson (1986). Va-kostnaden per invånare varierar mellan 394 och 1.974 kronor per år. Lane & Magnusson har visat att uppemot 75 procent av denna varians förklaras av systemdimensioneringsvariabler dvs ledningslängd, pumpstationer, reservoarer, vatten- och avloppsreningsverk. Även om den kommunala va-verksamheten till övervägande del styrs av statliga normer och geografiska förhållanden så indikerar dessa resultat ändå att kommunerna vid dimensionering har viss möjlighet att välja olika ambitionsnivåer och därmed påverka kostnaderna.

Det kan i detta sammanhang t ex diskuteras vad som är rimlig ambitionsnivå i en liten glesbygdskommun med få året-runt-boende och många sommargäster. Är det en självklarhet att systemet skall ha kapacitet att ge sommargästerna obegränsad tillgång till vatten och hur skall betalningsansvaret fördelas mellan året-runt-boende, sommargäster och eventuellt statsbidrag? Enligt Kommunförbundets avgiftsenkät för 1983-1984 var avgiftsfinansieringsgraden i kommuner med mer än 50 000 invånare 90 procent; i kommuner med mindre än 10 000 invånare 52-53 procent. Året-runt-boende i småkommuner

förefaller subventionera sommargästers vattenkonsumtion.

Nyanläggningskostnaden för de svenska va-näten beräknas ligga i storleksordningen 200 000 MKr. Huvuddelen av va-näten tillkom under 60- och 70-talen. Om vi antar att alla ledningar har en livslängd av 100 år så leder den intensiva utbyggnadstakt under dessa år till enorma reinvesteringsbehov åren 2060-2080. I så gott som all litteratur inom detta området antas det att denna reinvesteringspuckel existerar (det finns inget entydigt samband mellan en ledning ålder och tillstånd) och måste utjämnas genom att investera mer i nutid än vad som skulle ha varit motiverat om inte denna puckel funnits. Att sprida investeringarna är alltså en metod för att utjämna "reinvesteringspuckeln".

Den ena sidan av problemet är att på ett resurssnålt sätt klara av att genomföra så stora reinvesteringar under en relativt kort tid. Detta är främst ett organisatoriskt problem. Den andra är att klara av att finansiera reinvesteringspuckeln. Några alternativ för att klara finansiering av reinvesteringspuckeln är:

1. "Bankmodellen", dvs kommun eller förvaltning lånar upp vid underskott och lånar ut vid överskott.
2. "Fonderingsmodellen", dvs förvaltning och kommun tar ut mer än vad som krävs för att täcka dagens investeringsbehov och fonderar överskottet för att ha medel tillgängliga den dag reinvesteringspuckeln gör sig pämind.
3. "Avskrivningsmodellen", dvs att förvaltningen tillåts göra så stora avskrivningar (avskrivningar på återanskaffningsvärde) att förvaltningen har medel tillgängliga den dagen reinvesteringspuckeln gör sig pämind.

Problemet med avskrivnings- och fonderingsmodellerna är hur förvaltning och kommun skall kunna förränta medlen effektivt. Från samhällets och kommuninvånarnas sida bör man kunna kräva av kommunen att denna uppnår minst lika hög förräntning på dessa medel som skattebetalarna skulle ha uppnått. En fråga är då, kommer förvaltningen att förvalta medlen på så sätt att den stoppar in överskottet där det finns skriande behov och därmed likväl saknar medel den dagen de behövs? En förvaltning står nämligen inför en risk att slås ut i konkurrensen genom att den förvaltar medlen dålig. En lösning är att låta den centrala kommunen eller en institution utanför kommunen ta hand om fondmedlen. Frågan är då hur denna institution klarar att förränta medlen i jämförelse med andra investerare i samhället. Om denna institution inte skulle klara av detta så föreligger det - beroende på hur medlen investeras - risk för att andra får fördelar på institutionens bekostnad, dvs en förmögenhetsomfördelning som strider mot samhällets syn på hur dess välfärd bör fördelas. Det bör också observeras att en förutsättning för att avskrivningar och fonderingar ur samhällets synvinkel skall kunna förverkliga fördelningsmålet är att man kan garantera att investeringsvolymen ökar i nutid så att det blir utrymme för de påtänkta framtida investeringarna.

Om man tror att levnadsstandarden inte kommer att vara högre om 100 år än vad den är idag, så kan vi starkt förenklat säga att vi idag bör genomföra kraftiga investeringar för att om hundra år kunna reinvestera i och bibehålla befintlig infrastruktur. Skulle man däremot tro på en lika snabb tillväxt som under det senaste århundradet så finns det anledning att - i alla fall delvis - skjuta på de investeringar som inte är absolut nödvändiga idag. Detta

leder oss över till frågan om förräntningskrav och bestämning av kalkylränta.

Effektivitetsmålet säger att vi bör investera medlen så att de får högsta möjliga avkastning. Vi använder därför en kalkylränta när vi väger betalningar i nutid mot framtida sådana. Vare sig vi gör en sådan formell utvärdering eller väljer och utformar investeringen helt på känsla och erfarenhet så påverkar denna avvägning det ekonomiska resultatet. Det är i detta fall inte någon principiell skillnad mellan de tre behandlade frågeställningarna 1) investeringsvolym, 2) investeringsval och 3) investeringsutformning, utan samma kriterier kan appliceras i samtliga situationer. Det är t.o.m viktigt att man använder samma kriterier för att undvika suboptimering.

Vid användning av kapitalvärdesmetoder (d.v.s de metoder som begagnar en kalkylränta) görs vanligen ett antagande om kedjeinvestering, dvs att den utvärderade investeringen kommer att avlösas av en likadan investering som betingar samma investeringsutgift och livslängd. Detta antagande gäller inte alltid för va-investeringar. Adamsson (1986) anger för exploateringsområden "att förnyelsekostnaden är 2-3 gånger högre än nyanläggningskostnaden". Om förnyelsekostnaden är så avsevärt mycket större än nyanläggningskostnaden så har detta flera betydelsefulla implikationer: Rör och annat material bör utformas så att det får längre livslängd än vad som annars vore fallet; Kostnaderna för att investera i nyanläggning av delsystem som beräknas ha hög förnyelsekostnad bör justeras upp för att möjliggöra en riktig investeringsprioritering; Förnyelsekostnad, då denna överstiger nyanläggningskostnad, bör ge en bättre bild av de verkliga kapitalbehoven för reinvestering.

Va-näten expanderade snabbt under 60- och 70-talen som en

konsekvens av beslut tagna under en tid av stark ekonomisk tillväxt. När näten var utbyggda hade vi i praktiken gått in i en period av nolltillväxt. Va-verkens uppgift blev alltmör förvaltarens och för att få utrymme för ny- och reinvesteringar när budgeten helst inte får öka måste verken bli bättre på att kontrollera och få ned drifts- och underhållskostnaderna. Mot bakgrund härav är det naturligt att underhållsplanering är ett ämne som ständigt återkommer i den litteratur som vi har studerat.

Underhållsplanering kan ses som ett delområde inom investeringsteorin. Det är dock oklart hur ofta reinvesteringar och underhållsåtgärder utvärderas med ekonomiska kalkyler. Bergström (1986), som i mängden av artiklar är ganska ensam om att behandla sådana kalkyler, skriver : "Sällan bestäms förnyelsetidpunkten efter ekonomiska kalkyler där förnyelsekostnad och driftsstörningskostnad ingår". Han fortsätter: "Man kommer troligen att finna att det är lönsamt att acceptera en relativt hög driftsstörningsfrekvens innan en ledning bör förnyas". Speciellt mot bakgrund av att förnyelsekostnad ofta är betydligt större än nyanläggningskostnad förefaller Bergströms sistnämnda förmodande högst rimligt. Man måste dock betona att olika kundkategorier måste ges olika servicenivåer. Kunder med hög prioritet (ex. sjukhus) måste därvid ges en tidigare förnyelsetidpunkt än vad som är optimalt sett enligt ekonomiska kalkyler.

Istället för att söka beräkna ekonomisk livslängd förefaller det vanligare att man vid underhållsplanering utgår från ur servicesynpunkt uppsatta krav på livslängd. Exempelvis säger Svensson (1984): "Målsättningen för underhållet av va-nätet bör vara: Upprätthållande av driften genom begränsning av drifts-störningar och därmed också begränsning av driftavbrottstiden för brukarna."

Tre frågeställningar kring underhållsplanering återkommer ständigt i de studerade artiklarna. Den första är driftskostnad kontra förnyelsekostnad, dvs val av utbytestidpunkt.

Det andra är sannolikheten för att en ledning går sönder kontra de konsekvenser det får. Det sägs att driftskostnaderna är höga därför att fel på ett litet antal ledningar svarar för en alltför stor andel av de totala kostnaderna för underhåll. Det skulle vara möjligt att spara pengar om man prioriterade underhåll av de större ledningarna för vilka störningen blir mest allvarlig.

Det tredje är förebyggande underhåll kontra avhjälpande underhåll eller akutinsatser kontra planerat underhåll. Olika kommuner har här etablerat olika principer. I vissa av dessa sägs att kostnaderna är höga därför att alltför mycket pengar satsas på brandkårsutryckningar.

Ur ekonomisk synvinkel är dessa tre typer av avvägningar olika aspekter av en och samma avvägning mellan nu- och framtid. Det är dock möjligt att det vid praktisk tillämpning är enklare och därför lämpligt att arbeta med dem var för sig. Hur som helst är det principiellt riktigt och fullt möjligt att integrera dessa avvägningar i ett koncept. Vi har dock inte sett något exempel på detta. En betydelsefull aspekt i sammanhanget är att det är viktigt att samma kriterier används vid samtliga typer av avvägningar för att undvika suboptimering. Ett stort problem och viktigt mål för planering är att reducera den osäkerhet som råder om nätens status och åldringsförlopp.

Underhållsplanering är ett område som väckt stort intresse i den litteratur vi har studerat. Ett annat är prissättning och avskrivningsmetoder. Taxesättning regleras i va-lagen som bl a säger att avgiften avskrivningsmetoder. Taxesättning regleras i va-lagen som bl a säger att avgiften för va ej får överstiga vad som behövs för att täcka nödvändiga kostnader för va-anläggningen och att avgiften skall fördelas mellan fastigheterna efter skälig och rättvis grund.

Isgård (1983) uppställer följande krav på en rationell vattentaxa:

- "- möjlighet till full kostnadstäckning, även vid stagnation eller vikande efterfrågan
- incitament till resurshushållning
- korrekt fördelning mellan brukare av olika kategorier (enbostadshus, flerbostadshus och industri)
- enkel uppbyggnad och tillämpning."

Det fördelningspolitiska kravet skulle troligen enklare kunna tillfredsställas om va-näten skattefinansierades till 100 procent istället för som idag är fallet, huvudsakligen via avgifter.

I ett hypotetiskt renodlat marknadssystem betalar konsumenten enligt principen prisefter produktionskostnad vid konsumtionsögonblicket. Konsumenterna kommer därvid att betala olika mycket per kubikmeter vatten beroende på var de bor och när de konsumerar. Marknadssystemet garanterar god effektivitet, kan ge problem med att klara återinvesteringarna och tar föga hänsyn till fördelningsmålet.

Om man däremot önskar se till att alla individer som

konsumerar en kubikmeter vatten från ett och samma system skall betala lika mycket (realt sett) oberoende av vilken tidpunkt konsumtionen sker så bör priset baseras på att drifts- och underhållskostnaderna först diskonteras till nuvärde för att därefter tillsammans med kapitalkostnaderna slås ut på reala annuiteter.

Förmodligen tillämpas dock inte någon av dessa tre metoder i sin renodlade form vid beräkning av avgiftsuttag för va. Vanligen torde VA-verken utgå ifrån drifts- och underhållskostnaderna och till detta addera någon form av avskrivning. Avskrivningarna tillkom ursprungligen för att bolag skulle kunna binda upp de medel som krävdes för återinvestering. Ekonomer har sedan dess framfört alternativa synsätt på avskrivningar. En livskraftig id har varit att söka efter den avskrivningsmetod som allokerar kostnaden för en investering över dess livslängd i den takt investeringen "förbrukas". Någon patntlösning på denna frågeställning har dock inte framkommit och det är väl tveksamt om man kommer att finna en sådan. Till stor del beror detta av att man i förväg är osäker om livslängden på en investering. Val av avskrivningsmetod är således närmast en fråga om vilket synsätt man lägger på värdet av en tillgång, samt vilken prioritet som ges åt ekonomisk effektivitet kontra servicegrad, vem som bäst kan förränta avskrivningsmedlen. Ur ekonomisk synvinkel kan en tillgång således värderas utgående från:

- dess alternativvärde
- säkerhetsprincipen
- överlevnadskravet
- mest sannolika värde

Alternativvärdet kan i många fall vara mycket lågt och därför undervärdera nyttan av anläggningen. Redovisare förordar historiskt anskaffningsvärde med hänvisning till säkerhetsprincipen. Det är deras sätt att ta hänsyn till osäkerhet. I inflationstider leder denna metod till för små avskrivningar. Överlevnadskravet implicerar återanskaffningsvärde. När det gällde va-nätet kunde detta vara 2-3 gånger så stort som nyanläggningskostnad. En uppskrivning enligt den av kommunförbundet rekommenderade reala annuitetsmetoden kan följaktligen ge ett värde som åtskilligt understiger återanskaffningsvärdet. Mest sannolika värde erhålles genom att diskontera nuvärdet av förväntade framtida betalningar. När det gäller att välja beräkningsmetod kommer man sannolikt finna att vad som är lämpligt för en typ av infrastrukturverksamhet är olämpligt för en annan, bl a beroende av skilda konkurrensförhållanden.

2.2 Gator, vägar och broar

Vägfrågor handhas av Vägverket i de kommuner som inte har eget gatukontor och så är fallet i många av de mindre kommunerna. Göteborgs gatukontor ansvarar för 12.000.000 kvadratmeter eller 140 mil körbana.

Stadsbidrag för underhåll av de större vägarna utgick med 75% av kostnaden, motsvarande ungefär hälften av ovan nämnda yta. Tidigare låg stadsbidragsdelen vid 85%. I en proposition föreslås en sänkning till 50%. Totalt uppgick driftskostnaden för de gator och vägar som Göteborgs kommun har ansvaret för under 1985 till drygt 200 miljoner kronor, varav 70 miljoner erhöles i stadsbidrag.

Vägar, gator och broar byggdes ut kraftigt under 60- och 70-talet. Körbaneytan ökade från 5 till 12 miljoner kvadratmeter och broytan från 50 till 300 tusen kvadratmeter. Dessa investeringar kommer i framtiden att kräva ökat underhåll. Till detta bidrar också det faktum att man i samband med den snabba expansionen inte tänkte på att välja konstruktioner som ger låga underhållskostnader.

Gatukontorets drift- och underhållsverksamhet omfattar åtta områden: Beläggningar, broar, belysning, signaler, renhållning, vägmärken m.m, dagvattenledning och grönområden. Underhållsproblematiken kring vägar/gator och broar skiljer sig åt på så sätt att befintliga vägar alltid kan förbättras och ges förlängd livslängd; när det gäller broar så uppstår förr eller senare frågan om det är värt att reparera bron eller att bygga en ny.

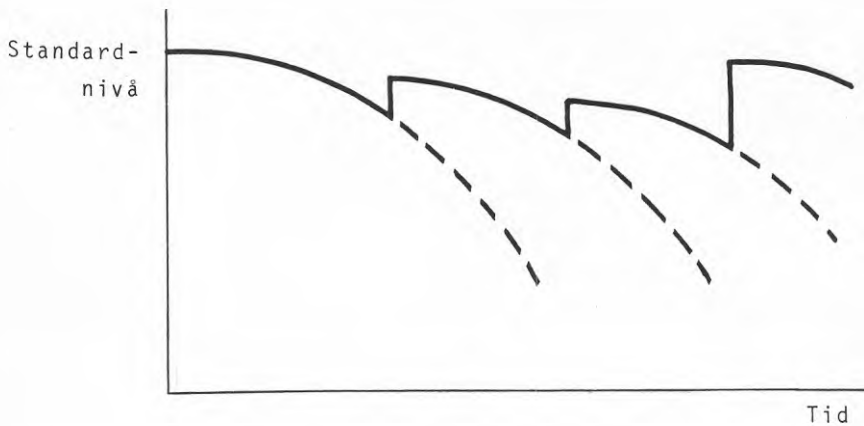
Närmare 80% av Göteborgs broar är 20 år eller yngre. Det innebär att behovet av underhåll kan väntas öka under de närmaste åren. Till detta bidrar en allt snabbare förslitning

genom växande trafikflöden, högre fordonsvikter, saltning och aggressiva luftföroreningar. Några av de viktigaste skadorna är sprickbildning i betong, betongvittring, frostsador, skador i beläggning eller isolering, bristande fogtätning, vatteninträngningar vid brunnar o dyl, rostangrepp och sättningar. I värsta fall kan skadorna avse själva konstruktionen eller grundläggningen. Sådana skador kan begränsas med förebyggande underhåll. Det innebär tillsyn, inspektioner och kontroller för att upptäcka och diagnostisera förändringar innan de leder till allvarliga skador.

Dåligt underhållna vägar kan orsaka trafikanterna höga kostnader, genom större antal olyckor, förlängda restider, höjd bränsleförbrukning och ökat fordonslitage.

Standarden på vägbanan kan mätas med mätbil eller okulär inspektion och anges med gränsvärden för minsta återstående tjocklek på slitlagret, största spårdjup, förekomsten av sprickor, håligheter (potthål) och sättningar, minsta lutning i sidled (tvärfall) samt förekomst av ojämnheter och bärighet.

Det är dyrt att förse vägen med helt ny slitbana, bl. a beroende på att asfalt är en oljeprodukt vars pris följer oljepriset. Den första åtgärden blir därför att höja standarden på vägen genom att lappa ojämnheter och ge en ny slitbana i de spår som dubbdäcken starkt bidrar till. Efter ytterligare en sådan justering kan det bli nödvändigt att genomföra en fullständig upprustning, d.v.s. att ge hela vägbanan en ny slityta. Förhållandet mellan justeringar och fullständiga upprustningar av vägbanan framgår av figur 2.2.1. Om inte vägbanan åtgärdas i tid kan kostnaden för att återställa vägen till ursprunglig standard snabbt öka. När exakt åtgärderna skall sättas in styrs i många fall av budgetläget.



FIGUR 2.2.1: Principskiss över vägstandard, förslitning och åtgärder.

Tung trafik och personbilars dubbdäck ger olika typer av slitage. Tung trafik åstadkommer krackelering eller sprickbildning. Personbilarnas dubbdäck åstadkommer spårbildning. På vägar med mer än 7.000 fordon per dygn är det problemen med spårbildning som dominerar.

På sikt deformeras även de underliggande lagren. Detta innebär att vägen inte kan återföras till exakt lika hög standard som den hade när den av nylagd. Om inte skadorna på vägbeläggningen åtgärdas i tid ökar påfrestningarna på de undre lagren med snabbare åldrande som följd.

Underhåll av ytlagret kan sålunda ses som förebyggande underhåll för att undvika dyrbara ingrepp i de underliggande lagren.

2.3 Spårväg

Till infrastruktur räknas SJ:s spårsystem, T-bane- och spårvagnsspår. Kollektivtrafikfordon som utnyttjar spår och vägar räknas alltså inte till infrastrukturen. Det kan dock vara intressant att se i vad mån kostnadsstrukturen för va, el, gas e.t.c skiljer sig från en annan stor kommunal kostnadspost, kollektivtrafik.

Göteborgs Spårvägar (GS) hade 1982 310 bussar och 255 4-axliga spårvagnar av tre olika typer samt 60 äldre vagnar i reserv. Den gamla spårvagnshallen höll på att sjunka ned i en kanal, och underhåll av spår och vagnar var eftersatt, i väntan på beslut om att bibehålla eller lägga ned spårvagnssystemet. Utredandet ledde fram till beslut om att reinvestera i en ny spårvagnshall samt att byta ut, en del av eller eventuellt samtliga, vagnar av den äldsta av de tre spårvagnstyperna mot nya 6-axliga vagnar.

Spårvagnsteknologin har sedan 20-/30-talen utvecklats långsamt relativt bussteknologin. Den har mer gemensamt med rullande järnvägsmaterial än med bussar. Om en spårvagn ges regelbundet underhåll så stiger drifts- och underhållskostnaderna mycket långsamt och den kan få mycket lång livslängd.

Priset för en ny spårvagn är betydligt högre än för en buss, drifts- och underhållskostnaderna mer likartade. Spårvagnen blir konkurrensmässig när flera vagnar kan kopplas samman och framföras av en förare. Den förutsätter med andra ord ett större resandeunderlag.

Spårvagnar tillverkas i serier och utformas efter

beställarnas önskemål. När GSskulle upphandla en ny spårvagnsserie uppfattades detta därför som en stor och betydelsefull affär relativt utbytet av bussar som sker kontinuerligt, men som sett över en längre tidsperiod kan belöpa sig på belopp av liknande storleksordning.

Om spårvagnens livslängd och underhåll kan man i spårvagnsutredningen (Göteborgs Spårvägar 1978, sid. 14-15) läsa:

"Spårbundna fordon har en relativt hög anskaffnings-kostnad och lång livslängd beroende på konstruktion och utförande samt ett underhållssystem med huvudrevision. Denna huvudrevision, som vid Göteborgs Spårvägar utförs ungefär vart 10:e år och är en förutsättning för att den höga livslängden skall uppnås, innebär att boggierna och vagnskorgen går igenom, skadade och förslitna detaljer byts ut och vagnen målas ut- och invändigt.

Efter 30-40 år blir livslängden kritisk för bl a vagnens banmotorer och växellådor. Utbyte medför oproportionerligt höga kostnader. Den tekniska utvecklingen torde även ha gjort spårvagnen omodern i en del avseenden.

Däremot är sådana faktorer som driftsäkerhet och underhålls-kostnader ej direkt beroende av spårvagnens ålder under förutsättning att vagnen genomgår regelbunden huvudrevision".

Tabell 2.3.1 ger en uppfattning om GS kostnader för en spårvagn resp. buss. Som framgår är de totala kostnaderna för underhåll under en vagns livslängd betydligt större än

investeringsutgiften för samma vagn, trots att priset på en ny spårvagn upplevs som högt. Banunderhållet är av samma storlek som vagnunderhållet och lönekostnaderna. Den dominerande kostnadsposten är personal, både för bussar och spårvagnar.

Tabell 2.3.1: Göteborgs Spårvägars kostnader för spårvagnar och bussar. Procentsiffrorna avser medeltal för åren 1980-82 och ger en ungefärlig bild av relationerna mellan olika kostnadselement för en spårvagn av den typ som GS idag brukar. Avskrivningarna är baserade på återanskaffningsvärde och avspeglar därmed investeringsutgifter.

		Spårvagnar		Bussar	
Trafikpers. inkl. arbetsledn.		29%		47%	
Drivmedel		5%		7%	
Vagnunderhåll	personal	14%		12%	
	övrigt	6%	29%	9%	35%
	kapitalkostn.	9%		15%	
Banunderhåll	personal	33%			
	övrigt	33%	28%		1%
	kapitalkostn.	34%			
Samkostnader		10%		11%	
Summa		100%		100%	
Personal		57%		61%	
Övrigt		25%		15%	
Kapital		18%		24%	
Summa		100%		100%	

Eftersom spårvagnar har mer gemensamt med järnvägsteknologi än med bussar kan det vara belysande att göra jämförelser med SJ:s underhållskostnader. SJ har i samband med upphandlingen av ett nytt höghastighetståg börjat intressera sig för att minimera totalkostnaden för system under dess livslängd, 1), 2). En studie av godsvagnar visade att 3):

"The maintenance cost over 25 years is roughly of the same magnitude as the acquisition cost. Furthermore the cost distribution is approximately

- Preventive maintenance	40%
- Local repair	20%
- Repair of replaceable units	20%
- Consumption of spares	20%
- Maintenance cost	100%

-
- 1) Se Berghagen & Pålsson (1985) eller Pålsson, Akxelsson & Wååk (1985).
 - 2) Detta är egentligen ingen ny id. Redan i ett kontrakt från 1910 specificeras detaljerade krav om prestanda, kraftkonsumtion och underhållskostnader för femton elektriska lokomotiv avsedda för Kiruna-Riksgränsbanan.
 - 3) Se Berghag & Pålsson 1985, sidan 140.

Together with result from other studies some interesting relations could be noted:

- The maintenance cost per km for 2 coaches are some 35% higher than for 1 electrical locomotive
- The maintenance cost per km for 4 box cars is of the same order as 1 electrical locomotive

The conclusions made in the study were :

- a) An overall more detailed study with the scope of improving both the availability performance and the maintenance and support organization, is judged to be very profitable
- b) Most repair related to corrective maintenance should be performed locally
- c) The interval between preventive maintenance actions should be prolonged
- d) A number of fairly detailed design improvements were suggested"

Spårvagnssystem är dyra att anskaffa. Trots detta är de årliga avskrivningarna inte större än systemets underhållskostnader. Det bör därför finnas stora besparingar att göra på att låta underhållsplaneringen styras av ekonomiska kriterier.

2.4 Eldistribution

Underhållsfrågan inom el-området synes inte lika central som inom andra kommunala verksamheter. Förenklat uttryckt håller utrustningen under sin ekonomiska livslängd - såvida den inte utsätts för yttre åverkan. Så kallade oljekablar kräver dock regelbundet underhåll. Avhjälpande underhåll krävs givetvis till följd av de yttre skadorna som åsamkas. Generellt gäller emellertid att det inte existerar någon korrosionsproblematik på samma sätt som på VA- eller fjärrvärmesidan.

Olika komponenter i mottagar- och transformatorstationen kräver emellertid tillsyn, utbyte och underhåll. Särskilda besiktningsprogram är föreskrivna för detta ändamål.

Det föreliggande bytesprogrammet för elnätet (ledningarna och stationerna) motiveras i huvudsak av de större kraven på säkerhet som kommit att ställas med tiden. I detta perspektiv har vissa delar betraktas som åldersstigna, medan andra - om än inte "åldersstigna" - inte uppfyller dagens säkerhetskrav.

Dessa underhållsprinciper är styrande för många elverk och däribland Energiverken i Göteborg. Detta verk är ett av de större eldistributionsföretagen i landet. Leveranserna av el till abonnenterna är för närvarande i 3,6 TWh per år.

El-sektorn i Energiverkets verksamhet omsätter i runda tal 850 miljoner SEK per år. Lågspänningsabonenterna svarar för merparten av intäkterna (c:a 60%). Intäkterna från försäljning av högspänd el motsvarar c:a 35%. Hamn, spårväg, offentlig belysning etc. svarar för återstoden (d.v.s c:a 5%).

På kostnadssidan väger inköpskostnaderna för råkraften tyngst - drygt 70% av de totala kostnaderna. Avskrivningar och ränta uppgår till närmare 100 miljoner kronor per år eller

drygt 10% av de totala kostnaderna. Kostnaderna för drift och underhåll är i storleksordningen 50 miljoner kronor per år, vilket endast motsvarar 6% av totalkostnaderna.

Låt oss även nämna något om eltarifferna. Generellt gäller ju att frågorna om eltariffens utformning rönt stort intresse under senare år. Energiverken i Göteborg baserar bl.a sin tariffsättning på modellnät för olika abonnentgrupper. Modellnätet ligger sedan till grund för framtagandet av överföringskostnader för de olika abonnentgrupperna och för beräkning av nya tariffer. 1)

1) Se: Dokumentation av tillvägagångssätt vid framtagande av modellnät och överföringskostnader för Energiverkens olika abonnentkategorier, Stefan Hellberg, feb. 1986.

2.5 Fjärrvärme.

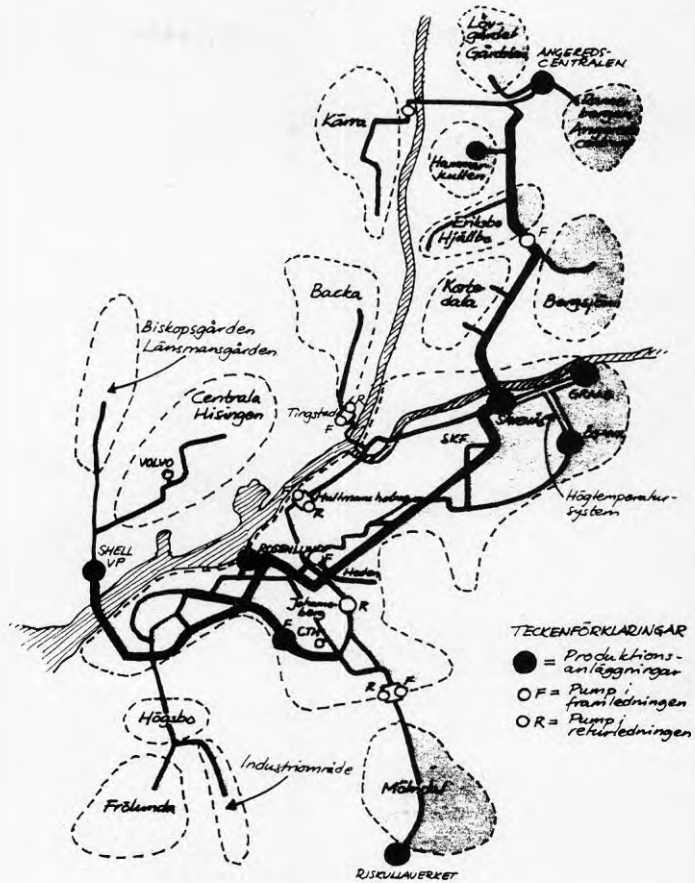
Fjärrvärme introducerades i Göteborg i början av 1950-talet. Under 1960-talet anslöts ett flertal nya bostadsområden. År 1975 fanns ungefär 125 km fjärrvärmeledningar. I oljekrisens spår har det skett omfattande investeringar i fjärrvärmenätet sedan dess. Energiverkens sammanhängande fjärrvärmesystem omfattar idag ca 350 km ledningar (se figur 2.5.1). Höjdskillnaden inom systemet uppgår till 280 m. Produktionsanläggningar och pumpstationer utgör knutpunkter i systemet. Vattnet som levereras ut från prod.anläggningen håller ca 110 grader under tryck tryck) och temperaturen i returvattnet är ca 60 grader fjärrvärmenätet beräknas i stort sett vara fullt utbyggt då vi går in på 90-talet.

Som på andra ställen i Sverige har oljans betydelse i fjärrvärmeproduktionen minskat kraftigt. 1978 svarade oljan för ca 90% av värmeförselns och motsvarande andel år 1988 beräknas komma att ha reducerats till enbart 15%. Kol, värmepumpar och spillämne från raffinaderi och sopförbränning beräknas därvid svara för 85% av värmeförselns.

Utbyggnadsskedet för fjärrvärmesystemet beräknas således vara i stort sett avslutat år 1990. Istället träder man då in i en fas där underhållet av det befintliga systemet får allt större betydelse.

Den kraftiga expansionen av nätet under senare år innebär följaktligen en ojämn åldersfördelning - dvs att åldern på en stor del av nätet är under 10 år. Den ojämna åldersfördelningen är av central betydelse för underhållsplaneringen.

Principiellt brukar en produkts felfrekvens illustreras med en sk "badkarskurva". Härmed avses att felfrekvensen är högre i början och (särskilt) i slutet av livscykeln.



2.5.1: Områden anslutna till Energiverkens fjärrvärmenät

På fjärrvärmeområdet finns en välutvecklad kulvertskadestatistik. Det största problemet är korrosion till följd av yttre skada. Generellt indikeras att skadefrekvensen ökar efter 10-15 års utnyttjande. Åldersvariabeln ger emellertid inte hela sanningen. Skadefrekvensen och skadetyper varierar över olika kulverttyper, liksom i förhållande till kulvertarnas yttre miljö (markförhållanden). De vanligaste felen på plaströrskulvertar är otäta skarvar. Betongkulvertar ger otätheter till följd av dåligt utförande och sättningar etc.

Kulvertarnas yttre miljö är av central betydelse för skadefrekvensen. Huruvida kulverten ligger i berg, sand eller lera spelar således en central roll för rörets uthållighet. I centrala Göteborg ligger rören i stort sett antingen i berg eller lera. Lerdjupet är också av betydelse. "I Göteborg inträffade ca hälften av alla skador i lera inom områden med lerdjup 0-10 m, trots att dessa ytor uppskattningsvis endast täcker ca 30% av lerområdet"⁽¹⁾. Risken för skador på ett rör är således inte enbart en funktion av åldern utan även av kulverttyp och yttre miljö. Generellt är skaderisken koncentrerad till vissa delar i ett system. Asp, Eriksson m.fl. skriver att "... troligtvis finna att 80/20-regeln gäller, dvs att 80% av alla kostnader återfinns i 20% av nätet".

Underhållskostnaderna för fjärrvärmesystemet i Göteborg är idag av storleksordningen 18 milj. SEK/år, vilket motsvarar 50:-/meter. Översiktligt är 80% av dessa kostnader hänförliga till förebyggande underhåll, medan resterande 20% faller på akutinsatser (avhjälpande underhåll).

1) Asp, Eriksson m.fl. (1986): Underhållsplanering av fjärrvärmenät.

I förebyggande underhåll ingår regelbunden kontroll och besiktning av ventiler, expansionsanordningar, kulvertbrunnar etc. För besiktigas ca 7000 inspektionspunkter varannan eller var tredje månad. Det föreligger emellertid rent praktiska svårigheter att undersöka standarden på själva rören. Skadefrekvensen får därför här tjänstgöra som mått på rörens kondition. Förebyggande underhåll syftar till att hålla god standard på nätet så att skadefrekvensen begränsas.

Avvägningen mellan förebyggande och avhjälpande underhåll blir därvid beroende av de normer som anges för förebyggande underhållsåtgärder. I grunden är denna avvägning naturligtvis en kostnadsfråga (jmf VA-nätet i Lidingö). Till denna bild hör också att förebyggande underhåll kan göras under den varma delen av året, medan skador och akutinsatser är förenade med avbrott i värmeförsörjningen.

Ett utbyte av en kulvert är i princip en reinvestering som belastar ett investeringskonto, medan tätning/lagning är underhållsåtgärder som belastar konton för löpande kostnader. I praktiken är denna gränsdragning ofta flytande, varför det finns en viss valfrihet ifråga om debitering på kostnadsställe. Denna anpassbarhet torde normalt inte ha någon större real betydelse. Större betydelse torde däremot principerna för val av investeringsobjekt ha (ex. rör). Ett rör som kostar relativt litet i inköp kan i princip konkurrera ut ett rör med högre inköpskostnad men med (sannolikt) bättre total ekonomi. Välet av "billiga" systemkomponenter kan således komma att visa sig kostsamt på sikt. Den förledande omständigheten bakom sådana val torde vara att investeringskostnaderna uppträder idag medan underhålls- och/eller reinvesteringskostnader ligger på framtiden.

2.6 Stadsgas och naturgas

Redan i mitten på 1800-talet introducerades stadsgas i Göteborg. Sedan slutet av 1950-talet har emellertid verksamheten minskat i betydelse. Idag finns exempelvis endast ca 30 000 hushållsabonnenter kvar - att jämföra med ca 100 000 vid slutet av 1950-talet.

Gasverket vid Gullbergsvass, som anlades i slutet av 1800-talet togs ur drift 1969. Det ersattes då av spaltgasverket vid Arendal. Stadsgas produceras numera ur lättbensin eller gasol.

Stadsgasen har varit en förlustverksamhet under senare år. Under 1980-talet har resultatet pendlat mellan -4 och -14 milj SEK/år.

Gasverksamheten har bedrivits mot bakgrund av en förestående avveckling. I perspektivet av den nu planerade naturgasintroduktionen har avvecklingsplanen emellertid kommit att ersättas av en samordningsplan för gasverksamheten. Även denna plan innebär dock nedläggning och avveckling av delar av stadsgassystemet. Stadsgasens rörsystem är nämligen inte utan vidare användbart för naturgasleveranser.

Stadsgasnätet omfattar idag ca 430 km ledningar, varav ca 70 km är stamledningar med högtryck. Högtryck i stadsgasnätet innebär ca 0.4-1 bar, vilket är avsevärt lägre än de trycknivåer som gäller för naturgasnätet (ca 4-16 bar). Detta är en väsentlig anledning till varför stadsgasnätet inte är direkt möjligt att utnyttja för naturgasleveranser.

Stadsgasnätet omfattar såväl gjutna ledningar som stålledningar. Det relativt låga trycket i stadsgasnätet medför att rörens uthållighet blir större. Detta kan exempelvis innebära att korrosionen i stålledningarna kan gå långt innan det

resulterar i en läcka. Matarledningen (350 mm) från spaltgasverket i Arendal lades 1968 och bedöms idag ha en tillredsställande standard. De äldsta ledningarna i högtrycksnätet är från 1930-talet.

Mot bakgrund av den förutsatta nedläggningen av stadsgasverksamheten har underhållet av nätet hållits på en låg nivå. Generellt kan principen sägas ha varit att "lappa och laga" när läckor ha uppstått. Komponenter i nätet besiktigas i och för sig regelbundet, men något förebyggande underhåll i egentlig mening kan knappast sägas ha förekommit.

Under perioden 1970-85 har antalet gasläckor per år förhållit sig relativt konstant runt ca 75-80 läckor. 1984 var ett år med extremt många läckor (ca 115), medan 1977 var ett år med särskilt få läckor (ca 50). Den alldeles övervägande delen av läckorna har drabbat lågtrycksnätet. Antalet läckor på högtrycksnätet har varit ca 5-10 per år.

Drygt 50% av läckorna på huvudledningarna är förorsakade av korrosion. Vad gäller serviserna (avledningarna till de enskilda konsumenterna) härrör den övervägande delen av läckagen från ventilerna.

De totala drifts- och underhållskostnaderna har legat på ca 5 milj. kronor per år i genomsnitt under åren 1972-84 (i 1986 års penningvärde). Driftskostnaden har förhållit sig ungefär konstant runt 1 milj. kronor/år. Underhållskostnaderna har följaktligen varit ca 4 milj SEK i genomsnitt per år, men har visat en avtagande tendens. 1983/84 var underhållskostnaderna ungefär 3 milj. per år. Minskningen i underhållskostnader gäller även då dessa anges i förhållande till rörnätets storlek.

Sammanfattningsvis har underhållet av stadsgasnätet hållits på en låg nivå. Underhållet har i princip haft karaktären av

"brandkårs-utryckningar" - uppkomna läckor har åtgärdats. Naturgasintroduktionen innebär att gasverksamhetens tynande tillvaro kommer att förbytas i ett expansivt skede. Kraven på underhållsplanering måste följaktligen ställas högre.

3. Principer för val av underhållsinsatser.

3.1 Underhållsplanering och investeringsplanering.

I föregående avsnitt gavs läsaren en inblick i vad underhållsplanering kan innebära i praktiken; i detta avsnitt skall vi skissera generella principer för hur underhåll kan planeras. Vi skall inleda med att relatera begreppet underhåll till det vidare begreppet en real investering eller projekt.

Investeringar i infrastruktur har ofta lång livslängd relativt andra typer av investeringar. Under sin livslängd kommer en investering att ge upphov till utbetalningar för

- Forskning och utveckling
- Uppförande och idrifttagande
- Drift och underhåll
- Demontering

I de fall förvaltningen inte själv utvecklar och tillverkar investeringen ingår kostnader för FoU i priset. Uppförande och idrifttagande kan indelas i flera skeden men det är inte behövt för vårt ändamål. Vissa investeringar såsom kärnkraftverk ger upphov till stora utbetalningar efter avstängning för demontering och omhändertagande av använt kärnbränsle. Underhåll och underhållsplanering är sålunda endast en delmängd av en investering respektive investeringsplanering. Vidare föreligger det en avvägning mellan underhåll och övriga projektkostnader, underhåll och såväl val som utformning av investeringar. Vi utgår därför ifrån att underhållsplanering måste bedrivas efter samma principer som investeringsplanering.

Det är vanskligt att säga något generellt om hur stora utbetalningarna för underhåll är relativt övriga poster under en investerings livslängd. Vi har dock i Tabell 1 gjort ett försök att antyda storleksordningen.

Tabell 3.1.1: Ungefärlig storlek på ackumulerade utbetalningar för investering samt drift och underhåll under ekonomisk livslängd för några investeringar i infrastruktur.

	GS spårvagnar exkl./inkl. banunderhåll	GS-spår- system	GS bussar	Energiverkets fjärrvärmeledn.	
Investerings- utgift	31%	16%	34% 1)	39%	66 2/3%
Drift och underhåll	69%	84%	66%	61%	33 1/3%
Antagen ekon. livslängd	≥30år		10-15år	≥30år	
	Nedgrävd kraftledn.		va-ledning	väg	
Investeringsutgift	100%		90%	66,2/3%	
Drift och underhåll	2)		10%	33,1/3%	
Antagen ekon.livslängd	2)		3)	4)	

1) Årlig avskrivning

2) En kraftledning förslits knappast i egentlig mening av att användas. Underhållskostnader uppstår till följd av yttre åverkan och överbelastning samt vid anslutningspunkter. Gamla ledningar ersätts med modernare ledningar.

3) Räknat under 50 år

4) Avser en 9-meters väg i Sydsverige under 30 år

Investeringar i infrastruktur är ofta investeringstunga. När det gäller kraftledningar och va-ledningar utgör drift och underhåll t.o.m en mycket liten andel av total livslängdskostnad. Det innebär bl.a att det lönar sig att satsa ansemliga summor för att senarelägga en reinvestering.

Mot bakgrund av de stora belopp som årligen satsas på underhåll finns det förvånansvärt lite ekonomisk litteratur på området. Om ekonomiska aspekter av investeringsval och investeringsplanering finns det däremot en omfattande litteratur och en välutvecklad teoribildning, och om driftsplanering betydligt mer än om underhållsplanering. Textupptar Mekanförbundets publikationskatalog 1400 titlar, varav enbart nio återfinns under uppslagsordet underhåll. I förhållande till sin ekonomiska betydelse förefaller underhållsplanering sålunda vara ett försummat område.

Det klassiska underhållsproblemet har skisserats av Boiteux (1955). Han förutsätter att man vid en given anläggning har två underhållsstrategier att välja mellan, nämligen:

- 1) att fortsätta ett löpande årligt underhåll till den tidpunkt T då anläggningen utrangeras. Utrangeringen kan bero av att anläggningen är helt utsliten (d.v.s restvärdet är 0) eller av att den är omodern (med ett restvärde $S(T)$).
- 2) att finna en bästa tidpunkt t^* då man genomför en omfattande revision - "ett förebyggande underhåll" - varefter det löpande årliga underhållet blir lägre och utrangeringstidpunkten T förskjuts längre bort i tiden än vad som är fallet i strategi 1.

Masse (1962) har visat hur man analytiskt kan finna den strategi som är bäst bland dessa två.

Givet att man känner:

- a) $Q(t)$ - kostnad för löpande underhåll över tiden t .
- b) $C(t_0)$ - kostnaden för förebyggande underhåll vid tidpunkten t_0 .
- c) $q(t_0, t)$ - reduktion i löpande underhåll över tiden t som en följd av ett förebyggande underhåll vid tidpunkten t_0 .
- d) r - räntan till vilken man finansierar det förebyggande underhållet.

så gäller det att söka de tidpunkter t_0^* och T^* som leder till den lägsta diskonterade återstående kostnaden $B(t_0, T)$. Detta kan formuleras som att välja t_0 och T så att följande uttryck blir så litet som möjligt

$$B(t_0, T) = \int_0^T Q(t)e^{-jt}dt - C(t_0)e^{-jt_0} - \int_{t_0}^T q(t_0, t)e^{-rt}dt - e^{-jT}S(T)$$

Detta s.k Boiteux-problemet visar att det är en central fråga att för en given anläggning finna en optimal avvägning mellan löpande underhåll och tidpunkterna för förebyggande underhåll (t_0) och för nyinvestering (T). Det existerar idag många olika metoder för att lösa Boiteux-problemet (se Näslund 1966 och Rapp 1974). Valet av metodik beror av utseendet på sambanden mellan a , b och c ovan.

En annan viktig avvägning är den mellan underhåll och grundinvestering. Genom att ta en högre grundinvestering kan man ofta få lägre kostnader för drift- och underhåll, längre livslängder, minskad omfattning av negativa restvärden och därmed totalt sett lägre kostnader för investeringen under dess livslängd. Detta avvägningsproblem har en annan karaktär

Antag att man skall välja mellan flera alternativa anläggningar - kalla dem $n = A, B, C$ - och antag att

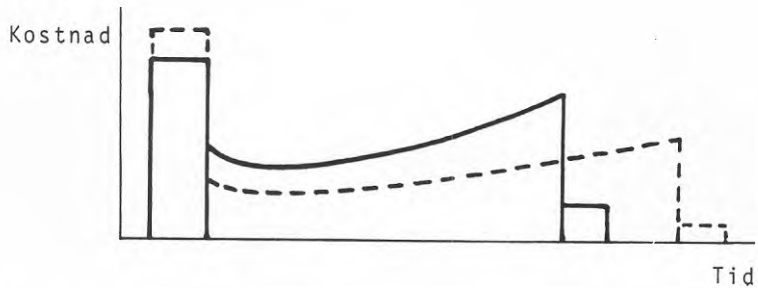
I_n = investeringskostnad för anläggning n

$B_n(t_0, T)$ = underhållskostnad för anläggning n förutsatt förebyggande underhåll vid tidpunkten t_0 och nyinvestering vid tidpunkten T

Sök en total kostnad TC som blir minimum av

$$TC = \min_n \{ I_n + B_n(t_0, T) \}$$

De streckade linjerna i figur 3.1.1 illustrerar hur totala utbetalningar kan minimeras genom en sådan avvägning.



Figur: 3.1.1 Avvägningen mellan investeringsutgift och kostnader för drift och underhåll. Streckad linje avser vanligt förhållande före respektive efter avvägning.

Erfarenhetsmässigt 1) har det visat sig att det ofta är möjligt att avsevärt sänka de totala kostnaderna utan att åstadkomma högre investeringskostnad. Detta kan ske dels genom att skala bort sådana funktioner etc. som investeringen erbjuder men som man egentligen inte har användning för, dels genom att utforma investeringen med tanke på att den skall få låga kostnader för drift och underhåll. Först när så skett kan man förutspå att det krävs ökade investeringskostnader för att ytterligare kunna sänka de totala kostnaderna

En allvarlig invändning mot avvägningar mellan investeringsutgift och löpande kostnader är speciellt i kommunala sammanhang att investerings- och driftsbudgetar ej är utbytbara. En vanlig men inte ideal lösning på dessa problem är att anta att tillgången på kapital för investeringar är begränsad.

Ett snarlikt problem uppstår om en stor andel av investeringarna i ett system anskaffas samtidigt och åldras likformigt. Behovet av personal för underhåll ökar då successivt för att sedan sjunka kraftigt efter en reinvestering.

En viktig aspekt är ur vilket perspektiv investeringen skall betraktas. Beroende på om kommunen ser på investeringen från konsumenternas synvinkel eller på hur de kostnader den ger upphov till påverkar förvaltningens budget kan man nå fram till helt olika val och utformning. För förvaltningen kan det framstå som bättre att välja ett investeringstungt

1) Se t.ex Kargaard & Wååk (1981), Pålsson & Wååk (1982), Borghagen & Pålsson (1985) och Pålsson, Akxelsson & Wååk (1985).

alternativ för att få göra större avskrivningar och te sig mer realistiskt ur budgethänseende att inte ställa något avkastningskrav på investerat kapital. Vid många kommunala tjänster betalar konsumenterna inte via avgifter förvaltningens fulla kostnader för att producera prestationen (vilket heller inte behöver vara samhällets avsikt). Detta kan driva upp efterfrågan och försvåra en utvärdering av kopplingarna mellan betalning och prestation. Vi kan formalisera detta synsätt att tala om att vi studerar kostnadsminimering på olika nivåer. På den översta första nivån kan det innebära att vi minimerar den totala kostnaden för va-, el-, gasnätssystemet, etc. Vid en sådan minimering måste vi ta hänsyn till alla för systemet relevanta framtida in- och utbetalningar. Syftet med en sådan minimering kan vara att utvärdera om systemet skall bibehållas eller ersättas med ett nytt, eller om systemet skall förändras på något betydelsefullt sätt.

På en lägre nivå kan vi tänka oss att vi tar investeringen eller investeringarna som givna och enbart intresserar oss för hur underhållet skall utformas. Kostnaden för underhåll skulle t ex kunna brytas ned på följande sätt (exempel enligt Mekan 1984):

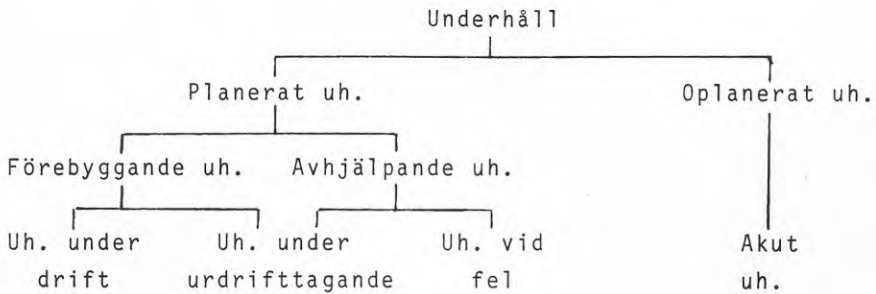
$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_9$$

- där
- U_1 = Uppvärmning, belysning och underhåll av lokaler
 - U_2 = Nyttjande och underhåll av underhållsutrustning
 - U_3 = Återanskaffning av förbrukade reservenheter
 - U_4 = Ändring och uppdatering av dokument
 - U_5 = Återkommande utbildning
 - U_6 = Avhjälpande underhåll på plats
 - U_7 = Förebyggande underhåll på plats
 - U_8 = Reparation av utbytesenheter på verkstad
 - U_9 = Stillestånd

På en lägsta nivå kan visedan intressera oss för speciella aspekter av underhåll, såsom utbildning, dimensionering av reservdelslager, eller kostnad för stillestånd. Det centrala i sammanhanget är att de grundläggande prisantagandena är de samma på samtliga nivåer, så att det råder konsistens mellan en analys på en lägre och en på högre nivå.

3.2 Indelningsgrunder för underhåll

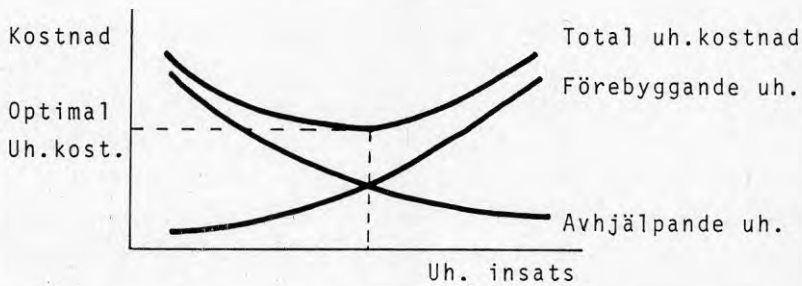
Underhåll kan delas in i planerat och oplanerat underhåll (se figur 3.2.1, hämtad från White 1973). Oplanerat underhåll effektueras genom akutinsatser. I de studerade artiklarna (se referens- och litteraturlista) om reinvestering i kommunal infrastruktur har det varit en vanlig uppfattning att andelen akutinsatser är alltför stort. Med större insatser av planerat underhåll borde det vara möjligt att sänka de totala underhållskostnaderna, menar flera av författarna.



Figur 3.2.1: Typer av underhåll.

Planerat underhåll kan indelas i förebyggande och avhjälpande underhåll. Förebyggande underhåll är avsett att reducera risk för fel eller att vidmakthålla viss livslängd eller värde hos enhet (definition enligt STV 1982:274). Ett bra exempel på förebyggande underhåll är dagliga, månatliga och årliga inspektioner för att kartlägga investeringens status och underhållsbehov. Sådant förebyggande underhåll som avser vidmakthållande av livslängd eller värde kan kallas långsiktigt förebyggande underhåll. Avhjälpande underhåll innebär avhjälpande av fel.

Planerat underhåll kan vidare delas in i sådant som kan utföras under drift, förutsätter driftstopp respektive endast utförs när fel inträffar. Den viktigaste bestämningsfaktorn för val mellan dessa alternativ torde vara kostnaden för driftstopp och stillestånd. Mellan planerat och oplanerat och mellan förebyggande och avhjälpande (se figur 3.2.2) föreligger det en avvägning mellan kostnad och underhållsinsats.

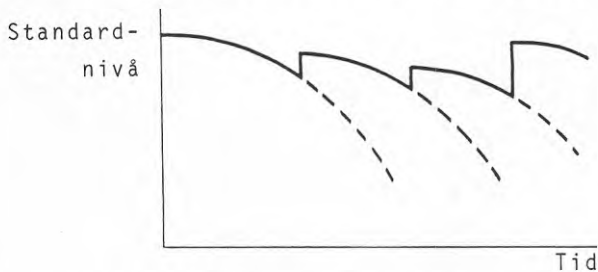


Figur 3.2.2: Samband mellan förebyggande och avhjälpande underhåll.

En annan indelningsgrund för underhåll är i sådant som kan hänföras till kostnader för löner, material respektive utgör samkostnader för verksamheten. Denna distinktion är intressant vid långsiktiga bedömningar såsom vid utformning och val av investeringsalternativ. Kostnaderna för löner har ända sedan industrialismens inträde stigit relativt kostnaden för material och denna långsiktiga trend kan väntas bestå då den återspeglar höjd levnadsstandard. Man bör därför vid val och utformning av investeringar beakta framtida lönekostnader för underhåll och möjligheten att i en framtid rationalisera underhållet.

Om en investering inte underhålls så kommer dess produktiva förmåga att avta. Underhåll är avsett att möjliggöra produktion genom att investeringens funktioner vidmakthålles eller återförs till tidigare nivå, eventuellt till den standard investeringen hade vid idrifttagande. Gränsdragningen mellan vad som är underhåll och vad som är en modifiering är i praktiken flytande. Med modifiering avses här att investeringens funktion förändras eller att en funktion tillförs eller avförs investeringen.

Förhållandet mellan underhåll och standardnivå kan illustreras med underhåll av vägar och spårvägar. Personbilar med dubbdäck orsakar spårbildning i vägbanan och tung trafik krackelering eller sprickbildning. När standarden sjunkit till en viss nivå höjs denna något genom att vägen lappas (se figur 3.2.3). Efter ytterligare några lappningar rivs den gamla asfalten upp och vägen får en helt ny vägbanan. Härigenom erhålls dock inte riktigt samma höga standard som vägen hade vid öppnandet, eftersom även vägbanan åldras.



Figur 3.2.3: Vägstandard och underhållsinsatser.

En spårvagn kan bli gammal om den ges regelbundet underhåll. Det förutsätter bl a att den genomgår en huvudrevision vart tionde år. En huvudrevision innebär att vagnen monteras ned fullständigt och förslitna delar renoveras eller byts ut mot nya. I samband med en så omfattande genomgång är det naturligt att också genomföra modifieringar som ger bättre funktion om detta bedöms som nödvändigt. Gränsen mellan

underhåll och modifiering blir flytande.

3.3 Syften med och bestämningsfaktorer för underhåll

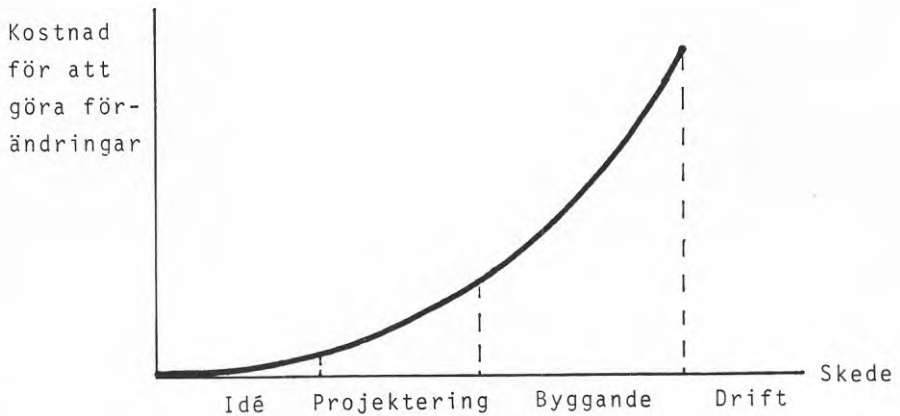
Enligt STU 1982:274 var avsikten med underhåll att möjliggöra angiven prestation från enhet genom att dess funktioner vidmakthålls vid eller återförs till tidigare nivå. Syftet med förbättrat underhåll kan vara att

- säkerställa investeringars avkastning genom att ge dem låg kostnad för drift och underhåll samt lång livslängd.
- bättre kontrollera underhållskostnaderna och att erhålla bättre kunskap om kostnaderna för drift och underhåll att användas vid framtida budgetering och upphandling.
- uppnå ökad säkerhet mot skador och olyckor.

De viktigaste bestämningsfaktorerna för underhållskostnadernas andel av totala kostnader för en viss teknologi kan vara

- investeringens utformning
- kapacitetsutnyttjande
- underhållsplaneringens utformning.

Att underhållskostnaderna beror av kapacitetsutnyttjande kan förefalla trivialt. Vi har tidigare framhållit att det ofta är möjligt att avsevärt reducera underhållskostnaderna genom att ge investeringen en sådan utformning att total livstidskostnad minimeras. Man bör därvid beakta att det kan vara relativt billigt att göra förändringar i projektet när detta ännu befinner sig på ritbordet men att denna kostnad snabbt stiger när projektet närmar sig färdigställande (se figur 3.3.1). Underhållskostnaden bör därför beaktas redan tidigt i konstruktionsprocessen.



Figur 3.3.1: Kostnaden för att göra förändringar.

3.4 Några frågeställningar kring planering av underhållsinsatser

3.4.1 Osäkerhet

Planering är något som utförs före de händelser inträffar som planeringen avser. Eftersom framtida händelser inte med säkerhet kan förutses är det inte heller möjligt att i detalj planera för alla eventualiteter. Hur stora resurser som skall läggas ned på att i förväg förutse framtiden är en avvägning mellan kostnaden för att anskaffa information och nyttan av denna.

Investeringsutgiften kan som regel skattas bra om tillräckliga resurser satsas på detta före genomförandebeslut, även om kostnadsöverdrag inte är ovanliga. Driftskostnad skattas ofta sämre än investeringsutgift, kanske ett uttryck för att utbetalningen för drift ligger längre in i framtiden och därför inte kräver ett omedelbart ställningstagande. Underhållskostnad skattas

vanligen utgående från tidigare erfarenheter av underhåll av liknande anläggningar. Följaktligen är det svårare att planera för underhåll av en anläggning som utnyttjar en helt ny teknologi, än en som utnyttjar beprövade lösningar. Underhållsplaneringens utformning får fastare form allt eftersom erfarenheterna tillväxer. Det är frågan om en inlärningsprocess.

Vi har tidigare propagerat för att man skall anlägga ett livstidskostnadsperspektiv på underhåll liksom på alla andra kostnadsposter för en investering, helst redan på konstruktions-stadiet då möjligheten att påverka totalkostnaden är som störst. Vi kan dock samtidigt konstatera att detta planeringssynsätt ännu inte rönt särskilt omfattande användning inom industrin. Istället för att optimera nya anläggningar alltför hårt på ritbordet förlitar man sig på att det skall vara möjligt att optimera dem under hand när de väl kommit i drift och börjat ge erfarenheter. Därigenom blir det enklare att snabbt få nya anläggningar att fungera i en driftssituation. Detta kan ses som en avvägning mellan risken för att anläggningen inte skall fungera och lägsta produktionskostnad. Förutsättningarna för att tillämpa planeringssynsättet på investeringar i kommunal infrastruktur är dock betydligt gynnsammare.

För det första bör det på ett helt annat sätt vara möjligt att bygga upp databanker med driftserfarenheter. Teknologierna är gamla, investeringsobjekten många och en kommun behöver inte betrakta sådan information som en affärshemlighet. Tyvärr har vi inom kommunalt byggande tidigare observerat mycket lite samarbete när det gäller att skatta kostnader. Om ett sådant samarbete existerat hade med all säkerhet många överraskningar kunnat undvikas. Ofta är det också svårt att interkommunalt jämföra byggnadskostnader eftersom kostnaderna inte redovisas på ett likartat sätt .

Det vore synd om kommunerna inför de stora reinvesteringar i infrastruktur som förutses inte drog lärdom av "splittringen" under expansionsperioden och drog nytta av varandras erfarenheter.

För det andra bör kommuner kunna ta större risker än privata företag i allmänhet. Kommunen som organisation står inte inför risken att försvinna vid en felinvestering. Den risken återfaller på kommuninvånarna och eftersom de är många kan man argumentera för att kommunerna bör kunna bära hög risk. Då antalet investeringar i de stora kommunerna är stort och mycket stort i kommunerna som helhet, bör dessa kunna poola risker mot varandra och därigenom ta på sig vissa hög-risk investeringar.

Det finns en väl utvecklad teori för hantering av risk som bygger på skattandet av subjektiva sannolikheter. Det skulle föra för långt att gå in på denna men vi kan konstatera att allt eftersom de påtalade databankerna blir bättre, bör det finnas flera tillämpningsområden för denna teori.

3.4.2 Prediktion av framtida kostnader

Inom investeringsteorin är det en grundläggande princip att beakta samtliga framtida förväntade betalningskonsekvenser av de handlingsalternativ valet står emellan. Det är vanligt att i kalkylen enbart ta med sådana kostnader som kalkylatorn med säkerhet vet kommer att realiseras. Så får man egentligen inte göra. Även svårskattade konsekvenser måste åsättas ett värde även om skattningen blir osäker och endast kan uttryckas som en klumpsumma.

Vid val mellan två alternativ är det på varje kalkylnivå enbart nödvändigt att beakta de kostnader som skiljer alternativen åt, dvs deras särkostnader. Värdet av en

kvantitet tjänster, material eller kapital är oberoende av kalkylnivå.

Som regel svarar ett relativt litet antal kostnadselement för huvuddelen av kostnaderna för alternativet (se figur 3.4.2.1). Inled därför med att identifiera och rangordna kostnadsposterna med avseende på bidrag till total kostnad och hantera dem sedan i tur och ordning. Detta är en variant av Paretos lag (i livstids-kostnadslitteratur benämnd Wååks cirkel): "In any series of elements to be controlled, a small proportion in number always accounts for a large proportion of effects" (Cameron 1982).



Figur 3.4.2.1: Ett litet antal kostnadselement svarar för en stor andel av totalkostnad.

Gör inte kalkylerna mer detaljerade än uppgiften kräver. Detaljeringsgrad är en avvägning mellan kostnaden för att anskaffa bättre information och nyttan den kan ge.

Underhållsplanering måste ses som en fortlöpande process, och skulle t ex kunna delas upp i långsiktig, medelsiktig och kortsiktig. Långsiktig planering skulle ge underlag för beslut om systemets framtida sammansättning, investerings- och kompetensbehov, renoverings- och utbytestidpunkter för delar av systemet. Viktiga variabler är efterfrågeutvecklingen samt utvecklingen för drifts- och

underhållskostnader. Medelsiktig planering skulle ge information om bl a underhållsbehov mellan t ex två huvudrevisioner vad gäller spårvagnar eller två återställanden av vägbanan till ursprunglig standard. Tidshorizonten bestäms av rådande planeringsvillkor. Den kortsiktiga planeringen skulle kunna omfatta prioriteringar och utformning av underhållsinsatser under det närmaste året.

Tillgängliga skattningsmetoder kan inordnas i följande tre metodklasser (Hammarlund 1975):

- Intuitiva metoder - "Opinions"
- Parametriska - statistiska metoder - "Cost Estimating Relationships"
- Kalkylmetoder baserade på detaljerat underlag - "Detailed cost Estimates", "Grass-root Estimates"

Med intuitiva metoder avses bedömningar av en eller flera experter eller historiska analogier. De karakteriseras av subjektiva inslag, kvantitativa data och låg tillförlitlighet. Regressionsanalys och trendanalys är exempel på parametriska - statistiska metoder. Den sökta kostnadsuppgiften uttrycks som en funktion av en eller flera variabler. Kalkylmetoder baserade på detaljerat underlag kräver just detaljinformation om systemen, tidsplaner, arbetsuppgifter och materialåtgång.

Det är ingenting som hindrar att metodtyperna blandas. Man tar elementen i tur och ordning med avseende på hur stor andel av studerad totalkostnad som elementen svarar för och använder så tillförlitlig metod som arbetsinsatsen möjliggör och kostnadselementets betydelse kräver. Ofta finns det många små poster. Dessa kan skattas med enkla metoder som den tidigare nämnda Wååks cirkel.

Uppbyggandet av databanker gör det möjligt att använda parametriska - statistiska metoder med allt större tillförlitlighet. I Sjöblom m.fl. (1985) och Stahre m.fl. (1986) presenteras hur karteringen av va-, gas-, fjärrvärme- och elnäten håller på att överföras till ett datoriserat informationssystem. Teknisk information utgör en förutsättning och bör i ett senare skede kunna kompletteras med ekonomisk information som möjliggör totalkostnadsberäkningar. Ett uppenbart problem är att konstruera ett bra konteringssystem som möjliggör jämförelser och prognoser. Databanken bör vara uppbyggd med tanke på att det skall vara möjligt att bryta ned total livslängdskostnad på det sätt som inledningsvis demonstrerades samt möjliggöra både detaljerade kalkyler och överslagsberäkningar.

I praktiken kan det vara svårt att tillämpa ett livstidskostnadssynsätt på grund av att data saknas eller är osäkra. När så är fallet förekommer det att man istället motarbetar normer och ad koc-lösningar på planeringsproblem. Vi vill inte påstå att detta är en felaktig väg att gå, men vi menar att man bör ströva mot att fastställa normer och ad koc-lösningar utifrån ett livstidskostnadssynsätt.

3.4.3 Kapacitetsutnyttjande (kostnad) och underhållsbehov

Behovet av underhåll beror bl a av kapacitetsutnyttjande. Den service som den kommunala infrastrukturen står för tas av de flesta som given. Det skall alltid finnas vatten i kranen, hetvatten i fjärrvärmesystemet och plats på spårvagnen. All efterfrågan skall alltid tillfredsställas. Det leder till att utbyggnadstakten styrs av efterfrågan under toppbelastning och därmed får systemen låg utnyttjandegrad under en stor del

av året.

Därigenom blir det speciellt viktigt att se till att systemen får så hög utnyttjandegrad som möjligt under toppbelastning. Under dessa tidsperioder skall helst inget underhåll behöva utföras och om det behövs skall det utföras effektivt. Kostnaden för att ta en enhet ur drift varierar med andra ord kraftigt över årets dagar, över dygnet och beroende av vilken del av systemet som berörs.

På motsvarande de sätt kan lönsamheten av att undvika driftsavbrott för en perifer enhet under lågbelastning vara låg. Kostnaderna för ett va-verk är till kanske 85 procent fasta. I flera fall är också systemen överdimensionerade till följd av att efterfrågan på vatten inte längre ökar, och vara motiverat att acceptera högre läckageförluster.

Vi har här enbart berört förhållandet mellan kapacitet och underhåll. Det kan vara motiverat att även framhålla att det kan finnas stora vinster att göra på dimensionering i rummet och tider av nyinvesteringar. Skall man välja en stor eller flera små anläggningar och när skall de tas i drift? Finns det möjlighet att klara toppbelastning med mindre kapitalintensiva investeringar än för basbelastning? Kan efterfrågevariationerna påverkas?

3.4.4 Optimal livslängd

Den ekonomiska livslängden eller användningstiden för en investering är ofta kortare än den tekniska livslängden. Bestämning av ekonomisk livslängd har ägnats stort intresse och det finns idag en välutvecklad teori på området.

Tidiga företrädare som Taylor (1923) och Hotelling (1925) antog att underhållskostnaden i vårt uttryck för

livslängdskostnaden var konstant och sökte livslängden. Preinreich (1940) frångick detta antagande men antog istället att den första investeringen följdes av en exakt likadan investering som i sin tur följdes av ytterligare en i en oändlig kedja, dvs en sk kedjeinvestering. Detta antagande är rimligt i de flesta fall, men inte alltid. Vi kommer ihåg från beskrivningen av situationen inom va-sektorn att en reinvestering kunde visa sig 2-3 gånger dyrare än en nyinvestering. Sådana avvikelser från antagandena måste beaktas i utbyteskalkylen liksom egentligen också vid val att genomföra en nyinvestering.

En genomgång av livslängdsproblematiken ges av Rapp (1974), som i detta arbete gör en omfattande analys av förhållandet mellan ekonomisk livslängd och underhållsinsatser.

4 Avgifter inom kommunala industriella verksamheter.

Kommunerna har ett flertal ansvarsområden, som regleras av olika lagar (kommunallagen, byggnadslagen, renhållningslagen, väglagen m m). Hit hör bl a kommunernas s k industriella verksamheter: vatten och avlopp, renhållning, el, fjärrvärme, gas, vägar etc. De distributionstekniska förutsättningar innebär i flera fall att verksamheterna utgör s k naturliga monopol⁽¹⁾

Kommunerna, som dess medborgares gemensamma organ, skall emellertid inte utnyttja denna situation i ekonomiskt avseende. Kommunallagens allmänna princip är att kommunerna inte har rätt att driva en verksamhet i vinstsyfte (självkostnadsprincipen). Avgifter på en viss verksamhet skall därför inte medvetet sättas så att de skall bidra till finansieringen av andra kommunala verksamhetsgrenar. Givetvis kan det dock uppkomma oplanerade överskott.

Ett centralt problem i anslutning till avgiftsättningar är att det inte är entydigt vad kostnaden för en viss verksamhet är eller förväntas vara, ett visst år. I detta sammanhang är fördelningen av kapitaltjänstkostnaderna över tiden ett centralt spörsmål.

1) Principiellt behöver ett fixerat distributionsnät inte nödvändigtvis innebära att det skall förekomma monopol vid försäljningen av den aktuella varan. Olika säljare kan, åtminstone i vissa fall, abonnera på transporttjänster i ett och samma distributionssystem.

Vidare skall det noteras i sammanhanget att förhållanden med ensamrätt och administrativa priser är förknippade med problem vad avser effektivitet, incitament och dynamisk utveckling.

En annan grundregel rörande avgiftssättningen är likställighetsprincipen. Denna innebär att alla kommuninvånare i princip skall behandlas lika. Det finns dock flera undantag från denna regel.

Det skall även poängteras att kommunerna har rätt att ta ut särskilda avgifter för anläggningskostnader. Dessa sk anslutningsavgifter skall redovisas som kapitalinkomster och får inte överstiga kommunens totala anskaffningsutgift.

Kommunernas industriella verksamheter har en hög grad av avgiftsfinansiering. Detta gäller särskilt el och fjärrvärme. Den genomsnittliga avgiftsfinansieringsgraden för rikets kommuner illustreras i Tabell 4.0.

Tabell 4.0 Avgiftsfinansieringsgrad för olika verksamheter i procent. Antal kommuner 1986 inom parentes.⁽¹⁾

Verksamhet (ant.kommuner)	1984	1985	1986
Gas (6)	76.1	76.8	86.7
El (96)	96.9	97.8	96.3
Fjärrvärme (91)	99.7	100.4	98.7
Vatten o.avlopp (260)	80.1	82.0	81.3
Avfallshant. (223)	93.7	94.2	93.7
Totalt	<u>92.4</u>	<u>93.7</u>	<u>92.8</u>

Närmast skall vi med hjälp av några exempel belysa avgifts-sättningen inom verksamheter av industriell karaktär. Vi kommer således inte att behandla avgiftsfrågorna i sådana kommunala verksamheter där fördelningsaspekterna prioriteras (barnomsorg, bibliotek etc.).

1) Svenska Kommunförbundet : Avgiftsfinansiering av kommunal verksamhet 1985-1986

4.1 Stadsgasen i Göteborg - tariffer

Det finns dels generella tariffer för stadsgasen som reglerar kostnaden för den enskilde förbrukaren, dels individuella tariffer för större kunder som regleras av individuella kontrakt (specialdebitering).

De generella tarifferna anges för olika kundkategorier och omfattar dels en fast abonnemangavgift, dels en volymberoende energiavgift. För två hushållskategorier utdebiteras enbart fast avgift. Tariffstrukturen redovisas i Tabell 4.1.

Råvarukostnaderna utgör den största delen av totalkostnaderna. Under 1985 var denna andel ca 65%. Kostnaderna för drift, underhåll och administration svarade under samma tid för ca 30% av totalkostnaderna. Följaktligen representerar kapitalkostnaderna enbart en ringa andel inom stadsgasverksamheten (ca 5%).

Stadsgasverksamheten i Göteborg har varit förlustbringande under senare år. Förlusterna har i genomsnitt legat på ca 7 milj. kronor per år.

4.2 VA-avgifter i Göteborg

VA-verksamheten i Göteborg är helt avgiftsfinansierad. Tariffen har två element: en anläggningsavgift och en bruksavgift.

Anläggningsavgiften (anslutningsavgiften) är en engångsavgift som i princip skall täcka kostnaderna för det lokala rörnätet. Avgiftens storlek varierar över olika kundkategorier. För en normalvilla (ca 1000 m² tomt) är anläggningsavgiften i dagsläget ca 55 000 kronor. Anläggnings-

Tabell 4.1: Gastariffer i Göteborg

Tariff	Abonnemangsavgift		Energi-avg Kr/m ³	Användningsområde o dyl
	Kr/år	Kr/dygn		
101	525:-	1:438	1:09	Industri o yrke. Förbrukn under 6.000 m ³ /år
102	525:-	1:438	1:09	" " " mellan 6.000 - 135.000 m ³ /år
103	4.575:-	12:534	1:06	" " " över 135.000 m ³ /år
109				" " " Specialdebitering
125	950:-	2:602	1:00	Hushåll, gasvärme
135	950:-	2:602	1:00	Industri, gasvärme
136	365:-	1:000	-	Hushåll, ackordstariff. Lägenhet på högst 1 rum o kök i hus med centralvärme och centralvarmvatten.
146	426:-	1:167	-	" ackordstariff. Lägenhet om 2 rum o kök och större i hus med centralvärme och centralvarmvatten.
150				" Specialdebitering
153	4.575:-	12:534	1:06	Industri o yrke. Gasvärme över 135.000 m ³ /år.
159				" " Gasvärme, specialdebitering.
231	-	-	1:22	Hushåll. Överförbrukningsavgift för lägenhet om högst 1 rum o kök i hus som saknar centralvärme och/eller centralvarmvatten.
241	-	-	1:22	" överförbrukningsavgift för lägenhet om 2 rum o kök och större i hus som saknar centralvärme och/eller centralvarmvatten.

avgiften i sig består av olika element: grundavgift för tre ledningar (dricksvatten, spillvatten, dagvatten), småhusavgift, tomtteavgift etc.

Brukningsavgiften består av en fast och en rörlig komponent. Den fasta delen representerar en förhållandevis ringa del av intäkterna för VA-verket (ca 5%). Den rörliga, volyberoende avgiften utgår i relation till den uppmätta vattenförbrukningen (i kubikmeter). Avgiften per kubikmetersätts normalt i förhållande till index, men har i Göteborg hållits konstant på 7.39 kronor per kubikmeter under senare år. Denna siffra omfattar både vatten och avlopp. Avgiften skall täcka underhåll och drift av rörnätet, produktionskostnaderna, kostnader för avloppsrening, räntor, amorteringar etc.

I den nuvarande taxan råder det en kraftig obalans i relationen mellan fasta kostnader och fasta intäkter (ny taxa kommer 1988). De rörliga, volyberoende avgifterna representerar ca 85% av totalintäkterna. Motsvarande siffra för de fasta avgifterna är följaktligen 15%. På kostnadssidan råder däremot helt omvända proportioner. Hela 85% av totalkostnaderna är i princip fasta och oberoende av volymen. Endast 15% av totalkostnaderna är följaktligen rörliga, volyberoende kostnader.

4.3 Några utgångspunkter för val av avgiftsstruktur

De kommunala verksamheterna är generellt inte konkurrensutsatta i den meningen att prisbildningen är marknadsstyrd. Följaktligen drivs de heller inte direkt av marknaden att "jaga" kostnader och effektivisera sin verksamhet på det sätt som är kännetecknande för vissa konkurrensutsatta delar av näringslivet. Å andra sidan skall de heller inte utnyttja sin monopolsituation i vinstsyfte. Detta är själva grundvalen för det kommunala mandatet att handha försörjningen.

Den grundläggande principen för att uppnå största möjliga samhälleliga nytta är att konsumenterna skall betala en rörlig avgift som motsvarar kostnaden för den marginella resursförbrukningen. Om kapaciteten är underutnyttjad skall avgiften således i princip återspegla marginalkostnaden i produktionen, dvs den rörliga kostnad som är förenad med den sist producerade enheten.

Om kapaciteten däremot är begränsad uppstår också en knapphetskostnad och konsumenten skall då informeras om och vidkännas denna kostnadskomponent. Knapphetskostnad uttrycker i vilken utsträckning kapaciteten är knapp - om kapacitetsutnyttjandet är lågt är detta kostnadselement följaktligen noll.

För flera av de industriella verksamheterna uppvisar efterfrågan en påtaglig variation över året och/eller dygnet. Detta förhållande gäller exempelvis el och fjärrvärme. Då topplasten tillgodoses genom att särskilda anläggningar (med högre driftskostnader) kopplas på, innebär det att marginalkostnaderna varierar över tiden. Det är i dylika fall aktuellt med en differentierad taxestruktur över tiden. Möjligheterna till differentierade taxor ställer emellertid praktiska krav på mätning. För differentiering över dygnet krävs särskilda mätare och för differentiering över året krävs antingen särskilda mätare eller ett flertal mätnings-tillfällen .

Ett alternativ för att reglera årsförbrukningen - möjligen med särskild effekt på topplastförbrukningen - är ett system med en progressiv avgift per enhet. En progressiv vattentaxa tillämpas exempelvis i Zrich (1. Erfarenheterna därifrån är att den progressiva vattentaxan haft en styrande effekt på vattenförbrukningen i hushållen. Isgård anger också att man i USA på vissa ställen infört s k säsongstaxor (sommar/vinter). Detta system har syftat till att dämpa topplasten under

sommaren.

"Sålunda har Fairfax County, Virginia, infört överavgift om \$2.0 per 1000 gall. (4 kr/m³) för den del av vattenförbrukningen som överstiger 1,3 y vintervattenförbrukningen. Det anges att man härigenom kunnat senarelägga planerad utbyggnad".

Ett primärt krav på en taxa är att den skall vägleda konsumenterna att fatta beslut som sammantaget medför en god resurshushållning (effektivitetskravet). Den principiella utgångspunkten är härvidlag att en rörlig avgift skall återspegla den marginella resursförbrukningen. Härigenom skall konsumenterna avväga sin förbrukning på ett sätt som svarar mot ett effektivt resursutnyttjande. Om den rörliga avgiften överstiger marginalkostnaden begränsas utnyttjandet, via priskänsligheten, på ett sätt som innebär dålig resursanvändning.

Givet effektivitetskravet är en följdfråga hur kapitalkostnaderna skall täckas. Kapitalkostnad syftar här på kostnaderna för gjorda investeringar. Fördelningen av dessa kostnader över tiden är beroende av avskrivningsmetoder, räntor mm. Dessa kostnader kan i princip täckas genom skatter och/eller avgifter. Schematiskt kan detta sägas vara en fråga om kapitalkostnaderna skall betalas av konsumenterna eller av skattekollektivet.

I det följande skall vi se närmare på dessa frågor rörande kapitalresurser och kapitalkostnader.

1) Se Isgård, E.: "Om vattentaxor" i Stadsbyggnad 1983:5

5 Kapitalresurser och kostnadsfördelning

Med kapitalresurser avses anläggningar, fastigheter, transportmedel, maskiner etc vilka utnyttjas under en följd av år. Olika kapitalresurser har en varierande "normal" livslängd. Exempelvis har fastigheter och vägar generellt en lång livslängd, medan bilar och kontorsmaskiner har kort. Kommunförbundet anger bl a följande riktmärken för ekonomisk livslängd 1).

1) Svenska Kommunförbundet (1984): Kapitalkostnader i kommunal verksamhet.

Obegränsad	Mark
50 år	Förvaltningsbyggnader, vågbrytare, slussar, muser
33 år	Skolbyggnader, vårdhem, barnstugor, affärshus, bassängbad, banor för flyg...., vatten- och avloppsledningar.
20 år	Industribyggnader, parkeringsplatser, isbrytare, kyl- och fryshus, offentliga belysningsanläggningar, fotbollsplaner, vattenverk.
10 år	televäxel, traktorer, kontorsmöbler, högspänningsanläggning, trafiksignaler, bussar, brandfordon.
5 år	bilar, datamaskiner, kontorsmaskiner, sofordon, ambulanser.

De angivna livslängderna utgör riktmärken eller vägledning för val av kalkylperiod vid fördelningen av kapitalkostnaderna över tiden.

Användningen av kapitalresurser i olika verksamheter kan sägas utgöra resursförbrukning analogt med personal, material etc. Det är emellertid inte entydigt hur kapitalförbrukningen eller kapitalkostnaderna skall fördelas över tiden. Förslitningen av ett kapitalföremål är emellertid inte mätbar på samma sätt som exempelvis förbrukad kvantitet bensin. Därför måste kostnaderna för utnyttjade kapitalresurser beräknas kalkylmässigt.

Den uppskattade förslitningen (avskrivningen) är den ena komponenten i kapitalkostnaderna. Den andra komponenten är räntekostnaderna på de pengar som är bundna i fastigheten, anläggningen eller vilken kapitalresurs det nu gäller. Denna internränta motsvarar kostnaderna för ianspråktagna kapitalresurser. Om kommunen har en hög andel eget kapital (liten upplåning) kan den påförda räntan huvudsakligen betraktas som en ersättning för utebliven ränteavkastning externt (alternativkostnad). Generellt måste räntenivå och kapitalvärde för ränteberäkningen anges i budgetarbetet.

Vilka principer skall då vara vägledande för att fastställa avskrivnings- resp. räntekostnader? Dessa frågor har förorsakat mycken diskussion och debatt. Problemet med kapitalkostnader är särskilt påträngande vad gäller de huvudsakligen taxefinansierade s.k. industriella verksamheterna: gas, el, fjärrvärme, vatten och avlopp samt avfallshantering.

5.1 Avskrivningar och ränta

Avskrivningsbeloppen kan vara lika eller variera år från år. En lineär avskrivning innebär att avskrivningsbeloppen är lika stora varje år under den tid som kapitalresursen skrivs av.

En progressiv avskrivning innebär att avskrivningarna fördelas så att de blir allt större år från år. Lika annuiteter innefattar exempelvis höga räntebelopp och låga kapitalbelopp under de inledande åren och tvärtom under de senare åren (dvs höga avskrivningar och låga räntebelopp).

Principiellt kan avskrivningsbeloppen också minska över tiden. Detta representerar s.k. degressiv avskrivning. Med stigande underhållskostnader över tiden skulle summan av avskrivningar och underhållskostnader kunna tänkas förhålla sig relativt konstant över tiden i detta fall.

En ytterligare fråga att ta ställning till är vilket kapitalvärde avskrivningarna skall baseras på. Även här finns olika alternativ, vilket kan sägas vara en konsekvens av den fortlöpande penningvärdeförsämringen. En möjlighet är att avskrivningarna helt enkelt baseras på anskaffningsvärdet, vilket är liktydigt med investeringskostnaden vid den tidpunkt investeringen gjordes.

En annan möjlighet är att avskrivningar beräknas utifrån ett uppskattat nuanskaffningsvärde, vilket skall representera vad motsvarande investeringar skulle kosta idag. Schematiskt kan nuanskaffningsvärdet kalkyleras som anskaffningsvärdet multiplicerat med ett inflationsindex. En tredje möjlighet är att grunda avskrivningarna på ett uppskattat återanskaffningsvärde vid den tidpunkt då den ekonomiska livslängden löper ut.

Alternativa kapitalvärden aktualiseras även i samband med räntekostnadskalkylerna. Skall ränteberäkningarna baseras på resterande anskaffningsvärde (s.k. bokfört värde) eller på ett uppskattat kapitalvärde idag (s.k. bruksvärde)? Själva räntesatsen är naturligtvis också central vid beräkning av räntekostnader. Val av avskrivningsprincip, kapitalvärde i kalkylerna och räntenivå är följaktligen av avgörande betydelse för vilka årliga kapitaltjänstkostnader som debiteras de olika verksamheterna. Det är därför väsentligt att närmare klargöra syftena med kapitaltjänstkostnaderna. Låt oss emellertid först kortfattat återge Kommunförbundets rekommendationer.

Kommunförbundets syn är att kapitalkostnaden skall spegla en årlig finansiell ersättning mellan en kommuns finansförvaltning och övriga förvaltningar⁽¹⁾. Kommunförbundet menar att kapitalkostnader följaktligen bör betraktas som bestående av amorteringar och ränta. Vidare anges att återbetalningstiden bör överensstämma med objektets ekonomiska livslängd.

Det understryks att kapitalkostnaderna härvid utgör en ersättning för en gjord investering och inte ett sparande för en kommande investering.

Kommunförbundet förespråkar att kapitalkostnadsberäkningarna baseras på den reala annuitetsmetoden (RA-metoden). Denna metod innebär att man vid en given prisnivå fastlägger en real ränta och utifrån denna beräknar annuiteter över en

1) Se Svenska Kommunförbundet (1984): Kapitalkostnader i kommunal verksamhet.

uppskattad ekonomisk livslängd. Detta innebär att de reala kapitalkostnaderna blir lika över den uppskattade livslängden. Annuiteterna räknas sedan upp med inflationstakten, vilket innebär nominellt stigande kapitalkostnader. Samtidigt rekommenderar Kommunförbundet att den reala räntesatsen skall vara 4%.

5.2 Kapitaltjänstkostnader - principer och målsättningar

Kapitaltjänstkostnader syftar till att representera kostnader för resursförbrukning analogt med kostnader för personal, material etc. Detta är det primära syftet med kapitaltjänstkostnaderna. Skillnaden gentemot mer löpande kostnader ligger då däri att förbrukningen av kapitalresursen är hänförlig till en längre tidsperiod - den ekonomiska livslängden. Som nämnts ovan existerar flera tänkbara alternativ för hur kapitaltjänstkostnaderna skall fördelas över tiden. Den reala annuitetsmetoden representerar ett sådant alternativ. Denna princip motsvarar att kapitaltjänstkostnaderna fördelas lika över tiden. Annorlunda uttryckt innebär RA-metoden att det varje år under livslängden/avskrivningsperioden återvinns en lika stor del av kapitalkostnaden - i reala termer.

RA-metoden diskriminerar inte mellan perioderna vad avser kapacitetsutnyttjande. Kapitaltjänstkostnaderna uttrycker exempelvis inte någon brist- eller trängselkostnadi utnyttjandet av kapitaltjänsterna.

De olika metoderna (RA-metoden etc.) fördelar alltså kapitalkostnaderna olika över tiden. Detta är bakgrunden till den omfattande debatten kring den av Kommunförbundet rekommenderade RA-metoden. Metodkrav och problem som diskuterats är bl.a.

- huruvida summan av kapitalkostnadsdebiteringarna motsvarar investeringsutgiften,
- hur de årsvisa kapitalkostnaderna är fördelade m a p utnyttjandet och nyttan av investeringen,
- känsligheten för variationer i priser och räntor under avskrivningsperioden
- relationen mellan realiserad och förväntad (kalkylerad) ekonomisk livslängd,
- kapitalkostnadsdebiteringen i förhållande till kommunens finansiella kostnader,
- riskavväganden,
- relationen till utvecklingen av drifts- och underhållskostnader
- huruvida metoderna är förmögenhets- resp. kapacitetsbevarande samt
- begriplighet och enkelhet.

De olika kraven och problemen diskuteras och belyses bl.a. i Paulsson Frenckner (1985), Malm, Yard (1984), Petrelius (1982), Säfwenbergs (1983).

Här skall vi nu fokusera ett par mer övergripande principiella frågeställningar. Vi betraktar konsumentkollektiv och kommunskattekollektiv som de som betalar kapitaltjänsterna - antingen självständigt eller i kombination. Vi kan då formulera följande två frågor:

- i) Hur skall betalningen av kapitaltjänsterna fördelas mellan konsumentkollektiv och skattekollektiv?
- ii) Hur skall betalningarna av kapitaltjänsterna fördelas inom resp kollektiv över tiden?

Vi skall först understryka att kalkylerna baseras på förväntade storheter. M a o vet vi inte på förhand hur efterfrågan på resp kapitaltjänst kommer att utvecklas, hur länge kapitalresursen kommer att utnyttjas eller vilket förlopp som priser och räntor kommer att få. Låt oss emellertid till att börja med bortse från de osäkerheter som är förenade med dylika storheter. Detta diskuteras i ett följande avsnitt.(5.5).

5.3 Kapitalkostnader - skatter eller avgifter

Som tidigare nämnts är den grundläggande principen att konsumenten skall vägledas av en rörlig avgift som återspeglar marginalkostnaderna. Detta svarar mot ett effektivt resursutnyttjande.

Ett annat krav är att varje verksamhets kostnader skall motsvaras av intäkter (självkostnadsprincipen). Det finns i kommunallagen inte något bindande krav att alla kostnader skall täckas av taxor. Inom de industriella verksamheterna är emellertid avgiftsfinansieringsgraden traditionellt mycket hög.

Schematiskt kan det här sägas vara en fråga om kapitalkostnaderna skall betalas av konsumenterna eller av skattekollektivet. Det finns argument för var och en av dessa lösningar. Dessa argument bottnar endera i effektivitetsaspekter eller rättvise-/fördelningsaspekter.

Rättvise- eller fördelningsaspekterna är oftast mer uttalade för kommunernas icke-industriella verksamheter. Avgifter för daghem, ålderdomshem etc sätts normalt inkomstberoende. Inom barn- och äldreomsorg ligger graden av avgiftsfinansiering i storleksordningen 10-20%.

Inom de industriella verksamheterna är avgiftsfinansieringen däremot ofta närmast fullständig. Det är dessa verksamheter som här fokuseras m a p finansieringskälla för kapitalkostnaderna. Skall kapitalkostnaderna fördelas m a p förbrukningsställe (dvs påföras konsumenterna via avgifter) eller fördelas m a p betalningsförmåga (dvs skattefinansieras)? Framställt på detta sätt är det delvis ett värderingsspörsmål rörande kommuninvånarnas rättigheter. Skall det betraktas som vars och ens rättighet att ha tillgång till vatten och avlopp (eller omvänt en skyldighet att vara ansluten till kommunalt vatten och avlopp) kan detta ses som ett rättviseargument för att kapitalkostnaderna betalas via kommunalskatten.

Å andra sidan skall priserna informera om kostnadsförhållandena och därvid verka för ett effektivt och avvägt resursutnyttjande. Det är på sin plats att skilja på olika typer av industriella verksamheter - konkurrensutsatta och icke-konkurrensutsatta. Denna gränsdragning är naturligtvis inte så klar i praktiken, men den tjänar att klargöra resonemangen.

Låt oss betrakta avloppsdelen inom VA-verksamheten som icke-konkurrensutsatt.

Med detta avses att det inte finns någon annan verksamhet i kommunal eller statlig regi som konkurrerar inom detta område. Konsumenten har således inte att fatta något val mellan olikaavloppsformer. Följaktligen har priserna inte heller någon uppgift att förmedla kostnads-information om alternativa försörjningsformer. Priserna har däremot

uppgiften att åstadkomma ett optimalt kapacitets-utnyttjande av VA-nätet och att väga konsumenternas nytta av VA gentemot andra behov (bostad, transporter, uppvärmning mm).

En rörlig avgift baserad på marginalkostnaden (ev tids-differentierad) tjänar dessa syften. Kapitalkostnaderna för VA-nätet kan lyftas av konsumenten som skatt eller fast avgift. Det konsumenten "har kvar" efter skatt och fasta avgifter är i princip i båda fallen. Den rörliga avgiften skall styra mot ett optimalt kapacitetsutnyttjande och vägleda konsumenternas förbrukning av VA gentemot alla andra varor och tjänster.

Skattefinansiering i förhållande till avgiftsfinansiering har däremot fördelningsmässiga implikationer. I praktiken blir belastningen på de enskilda konsumenterna olika, även om man rent teoretiskt skulle kunna tänka sig en konstruktion av den fasta avgiften som åtminstone approximativt motsvarar skatteuttaget.

Det skall dock noteras att valet av finansieringskälla kan ha en psykologisk betydelse. Avgiftsfinansiering av kapitalkostnaderna innebär att konsumenterna informeras om samtliga kostnader som är förenade med ifrågavarande nyttighet (ex VA). Kostnadsmedvetenheten och känsligheten för marginalkostnaderna kan på så sätt bli större i fallet med avgiftsfinansiering. Detta förhållande kan då ses som ett psykologiskt effektivitetsskäl för avgiftsfinansiering av kapitalkostnaderna.

Vad gäller konkurrensutsatta verksamheter är det däremot väsentligt ur effektivitetssynpunkt att kostnadsinformationen inte snedvrids - eller m a o att korrekta priser framträder för brukarna. Fjärrvärmens kan tjäna som exempel på en konkurrensutsatt verksamhet. Fjärrvärmens konkurrerar med andra värmekällor liksom med energibesparing (isolering etc).

För att konsumenten skall kunna fatta ett ur samhällets synvinkel effektivt investeringsbeslut är det härvid ett krav att priserna informerar om kostnadsförhållandena. Konsumenten (fastighetsägaren) skall kunna urskilja de kostnader som är förenade med resp alternativ för att kunna göra denna bedömning.

Det finns således klara effektivitetsmotiv för att kapitalkostnaderna skall avgiftsfinansieras i fallet med konkurransutsatta kommunala verksamheter. Även så återstår emellertid frågan på vilka grunder de fasta avgifterna skall fördelas. En enskild fastighetsägare kan exempelvis överväga en energibesparande åtgärd, vilket skulle minska fastighetens effektbehov. Ur kommunens synvinkel handlar det emellertid om kostnader för gjorda investeringar vilka är volymoberoende. Frågan om beräkningsgrund för och fördelning av fasta kostnader är i praktiken både komplicerad och kontroversiell.

Den rörliga marginalkostnadsbaserade avgiften i en taxa syftar till att åstadkomma ett effektivt resursutnyttjande. Skatt eller fast avgift får därvid ses ur fördelningspolitisk synvinkel.

Valet av finansieringsprincip (skatt eller avgift) är emellertid indirekt länkat till valet av investeringsalternativ. Då ett investeringsbeslut skall fattas föreligger ofta alternativ som skiljer sig åt m a p kostnader, kvalitet, förväntad livslängd, underhållskrav etc. En investeringskalkyl tjänar här att utröna vilket alternativ som förväntas vara mest fördelaktigt. Möjligheterna till skatte- resp avgiftsfinansiering kan emellertid vara olika. Restriktionerna på ett ökat skatteuttag kan exempelvis vara betydande. Skattefinansieringsprincipen kan därvid leda till att man väljer ett investeringsalternativ som är "billigt för stunden", men som inte är det långsiktigt mest fördelaktiga. Det utgör en allvarlig snedvridning om en viss finansierings-

princip i praktiken frammanar långsiktigt ineffektiva lösningar. Morgondagens underhålls- och reinvesteringskostnader följer av de investeringsval som görs idag.

5.4 Fördelning av kapitalkostnader över tiden

Den andra huvudfrågan som ställdes avslutningsvis i avsnitt 6.2 gällde fördelningen av kapital(tjänst)kostnaderna över tiden. Låt oss anta att vi vet att ett vattenverk skall vara i drift under 20 år varefter det ögonblickligen kommer att skrotas. Hur skall kapitalkostnaderna fördelas på resp år under 20-årsperioden?

Vi har tidigare betonat att kalkylerna avseende kostnadsfördelning baseras på förväntade storheter. När kapitalkostnaden beräknas för det första året grundas denna kalkyl, implicit eller explicit, på antaganden om förhållandena under den resterande livslängden - dvs de 19 återstående åren i vårt exempel.

Om vi hypotetiskt antar att alla år bedöms vara identiska i alla avseenden (förbrukningsmönster, realinkomster, kapacitetsutnyttjande, underhållskostnader etc) är det nära till hands att tänka sig att kapitalkostnaderna skall fördelas lika över åren. En sådan fördelning ges av att använda RAMetoden, som representerar att de reala kapitalkostnaderna fördelas lika över de tjugo åren.

Vi förväntar oss emellertid näppeligen stationära förhållanden. En anläggnings storlek kan exempelvis ha framkommit som ett resultat av en förväntad efterfrågeexpansion. Service- och underhållskostnader för att hålla anläggningen i drift förväntas normalt öka över tiden etc.

En förväntad successiv efterfrågetillväxt upp till fullt

kapacitetsutnyttjande under en anläggnings livslängd aktualiserar att kapitalkostnaderna skall fördelas på basis av utnyttjande istället för tid. En sådan princip har både rättvise- och effektivitetsaspekter. Ur rättvisesynpunkt kan det förefalla rimligt att kapitalkostnaderna skall fördelas efter utnyttjande. Effektivitetsskäl talar för att kapitalkostnadernas utdebitering inte skall motverka önskemålet att snabbt nå upp i volym.

En anläggning kan normalt förväntas vara förenad med en viss "kostnadscykel". Ett normalfall torde vara att underhållskostnaderna så småningom börjar öka över tiden - komponenter behöver bytas ut etc. Denna typ av kostnader kan i princip ses som oavhängiga marginella förändringar av produktionsvolymer olika år. Ur rättvisesynpunkt kan det då förefalla rimligt att också dessa kostnader skall fördelas lika över tiden (ev korrigerat för utnyttjandegrad). M a o kan denna typ av kostnader uppfattas som på förhand givna kapitalkostnader.

Generellt kan underhållskostnader för en viss kapitalresurs illustreras som en funktion av tiden. Ju längre tid ett kapitalföremål har utnyttjats, desto högre förväntas underhållskostnaderna vara.

Sammanfattningsvis innebär RA- metoden att dagens och framtidens nyttjare likställs vad avser kostnadsbelastning i reala termer. Avskrivningskomponenten i annuiteterna ökar över tiden medan räntekomponenten minskar. Den alternativa kalkylmetoden med lineär avskrivning innebär en relativt högre kostnadsbelastning för dagens nyttjare och följaktligen att förhållandevis mindre kostnader påförs morgondagens nyttjare.

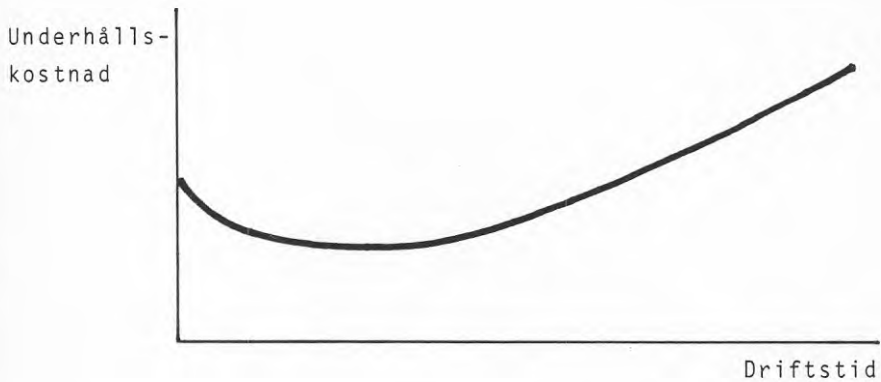


Fig. 5.4 Principiell relation mellan underhållskostnader och driftstid.

Vid stigande underhållskostnader över tiden kan följaktligen den linjära principen verka i riktning mot en utjämning av summa kapital- och underhållskostnader över tiden. Lineär avskrivning innebär dock samtidigt att de första åren belastas med relativt höga kapitalkostnader, vilket kan ha en dämpande effekt på val av stora investeringar. I denna mening skulle RA-metoden vara mer neutral i förhållande till stora investeringar.

Låt oss nu belysa att kalkylerade kapitalkostnader baseras på förväntade storheter och att de följaktligen är förenade med osäkerheter.

5.5 Osäkerhet och risk

Kapitalkostnader aktualiseras i två skilda sammanhang - dels i samband med investeringskalkyler före ett investeringsbeslut, dels i samband med budgeteringen/redovisningen av de årliga kostnaderna för en redan gjord investering.

I investeringskalkylerna före ett investeringsbeslut skall kapitalkostnaderna ställas mot de uppskattade årliga intäkter och kostnader som sammanhänger med driften under kalkylperioden.

I valet mellan olika projekt tjänar kalkylräntan syftet att skapa jämförbarhet mellan intäkter och kostnader som ligger olika i tiden. I princip skall man då välja det projekt som är förenat med högst nuvärde (under förutsättning att det är positivt). Olika projekt är emellertid utsatta för olika risker, vilket skall belysas i investeringskalkylerna. Det kan röra sig om risker som en följd av osäkra marknader och osäkra kostnadsantaganden eller risker för driftstörningar.

Det existerar ett antal standardmetoder att beakta dylika risker i investeringskalkylerna. Kalkylräntekravet kan skäppas, kalkylperioden/återvinningstiden kan reduceras etc¹⁾

När ett investeringsbeslut väl är fattat lever givetvis osäkerheterna och riskerna med projektet kvar. Men frågeställningen har ändrats. Det gäller inte längre att avgöra om ett projekt skall genomföras eller vilket projekt som skall väljas. För budgetering och redovisning av kapitalkostnader är frågan istället om osäkerheterna och riskerna skall beaktas och i så fall hur.

1) Se exempelvis Bergendahl PA, Brigelius L, Rosn P (1986a) sid 18-20.

Då den verkliga realräntan avviker från den realränta som används i annuitetsberäkningarna kommer detta att påverka återvinningen av investeringar (räknat efter verklig realränta). En lägre verklig realränta innebär att återvinningen blir högre än nödvändigt och en högre verklig realränta medför att investeringskostnaden inte återvinns fullt ut.

Avvikelser mellan verklig och kalkylerad brukstid (livslängd) påverkar också återvinningen av investeringskostnader. En alltför kort kalkylerad brukstid medför en påskyndad återvinning - restskulden blir i varje tidpunkt mindre än vad den annars skulle varit. I detta fall belastas följaktligen åren under den kalkylerade brukstiden med en för hög kapitalkostnad. Nyttjandet efter den kalkylerade brukstiden belastas däremot inte alls.

Om den kalkylerade brukstiden däremot är tilltagen i överkant uppnås inte fullständig återvinning. Nyttjarna kommer då att ha belastats med en för låg kapitalkostnad. Med RA-metoden knyts en relativt stor andel av avskrivningarna till den kalkylerade brukstidens senare skede. RA-metoden kan därför sägas vara speciellt känslig för antagandena om brukstid.

I relation till RA-metoden kan därför en avskrivningsplan där avskrivningarna förläggs förhållandevis tidigt tolkas som en försiktighetsåtgärd (riskgardering). En försiktig uppskattning av livslängden har en likvärdig karaktär. Om en försiktigt uppskattad brukstid också i realiteten visar sig ha medfört en omotiverat tidig återvinning, innebär det att relationen mellan restskuld och tillgångars värde nedbrings. Det torde vara tveksamt om denna typ av riskgardering (ekonomiskt skydd) är förenlig med principerna för kommunal avgiftssättning eller beskattning. I synnerhet om det kan sägas vara en avsiklig strävan att påskynda återvinningen.

6. Ett forskningsprogram om reinvestering i infrastruktur

Vi har mycket översiktligt granskat förhållandena i Göteborg inom infrastrukturområdena va, gatu/väg, el, fjärrvärme, gas och spårvagnar (kollektivtrafik). Det förefaller lämpligt att i alla fall inledningsvis koncentrera resurserna till det eller de områden för vilka behovet och möjligheterna av framgång är som störst. Vi väljer därför att sortera bort områdena gas, fjärrvärme och el. Underhållskostnaderna är för dessa teknologier låg relativt investeringsutgiften och underhållsproblemen relativt små vad gäller el och fjärrvärme. Statsgasnätets framtid har länge varit osäker varför underhåll haft låg prioritet, men nu har det beslutats att nätet skall anpassas till naturgas.

Underhållskostnaden utgör en större andel av total livstidskostnad för gator/vägar och spårvagnar. Det släpar efter för gator/vägar. För va är det osäkert hur stort underhållsbehovet är, eftersom ledningarna ligger under jord och därför inte direkt kan observeras, men en reinvesteringss-- är att vänta. Intäktssidan saknas för vägar/gator, va finansieras huvudsakligen med avgifter och kollektivtrafiken i Göteborg. Sedan mitten av 70-talet och första delen av 80-talet till c:a 60% av skattekollektivet. Kollektivtrafiken är utsatt för konkurrens från andra transportmedel och den mer komplexa spårvagnen utgör troligen ett mer arbetskrävande tillämpningsområde för livstidskostnadsteknik. Inom väg/gatusektorn finns det sedan länge kalkyltradition. Detta gör det lämpligt att i första hand satsa på områdena gatu/vägar och va. Gatu/vägar därför att behovet av underhållsplanering är stort,, det finns en kalkyltradition på området och avsaknaden av intäktssida gör det enklare att praktiskt implementera samhällsekonomisk kalkylmetodik; va därför att behovet av underhållsplanering är stort i väntan på reinvesteringspuckeln. Kollektivtrafikområdet anser vi bör anstå tills vidare.

6.1 Underhållsfrågor.

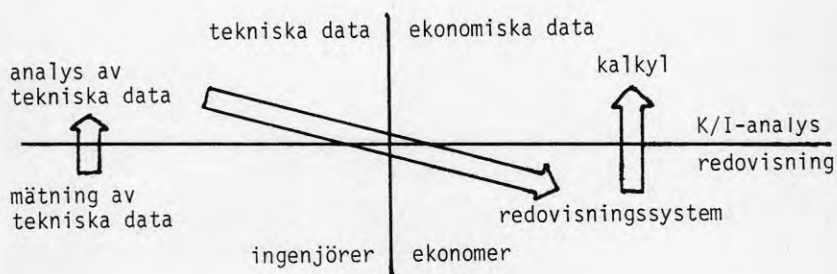
Vi har argumenterat för att kommunerna bör söka minimera de totala livslängdskostnaderna för sina investeringar i infrastruktur. Om kommunerna implementerar ett sådant synsätt på sin verksamhet så kan detta bli ett verktyg för att vinna kontroll över drift- och underhållskostnader. Som det nu är lägger man oftast ned mer arbete på att styra investeringsbudgeten än driftsbudgeten, trots att den senare vanligtvis är betydligt större. Under 60- och början av 70-talet var detta inte något aktuellt problem för det rådande ekonomisk tillväxt, kommunernas verksamhet expanderade och det var möjligt att höja skatter och avgifter. Sedan slutet av 70-talet gäller inte längre dessa förutsättningar. Det finns inte längre utrymme för att låta budgetramen växa och detta tillstånd kan komma att bestå under lång tid framöver. Men vissa nyinvesteringar måste kunna genomföras och gamla investeringar åldras och måste kunna ersättas. Kommunerna måste därför få kontroll över och pressa ned drifts- och underhållskostnaderna för att få möjlighet att genomföra dessa nödvändiga investeringar och ett verktyg för detta är det synsätt vi presenterat.

Detta synsätt benämns LCC vilket står för Life Cycle Cost. De grundläggande antagandena är de samma som inom klassisk investeringsteori. Skillnaden kan sägas vara den att investeringsteorin introduceras av ekonomer för val och styrning av investeringar. Projektens utformning har setts som given av det enkla skälet att ekonomerna saknat erforderlig teknisk kunskap. LCC har introducerats av ingenjörer och applicerats på studier av driftssäkerhet och underhåll samt styrning av projekts utformning.

LCC har fått stor användning och utvecklats i samband med

upphandling av försvarsmaterial och Försvarets Materialverk ligger långt framme på detta område. Tekniken har börjat sprida sig till industrin och Statens Järnvägar satsat på tekniken i samband med upphandlingen av det nya höghastighetståget. Vissa tillämpningar har också börjat dyka upp inom infrastrukturområdet. GS tillämpade 1981 synsättet vid utvärdering av inkomna anbud på nya spårvagnar, vägar har sedan relativt länge varit ett tillämpningsområde, inom projektet "Rörgravens utformning med hänsyn till funktionskrav och geohydrologi" (Svensson 1984) görs försök att tillämpa tekniken och de databanker som på sina håll byggs upp för lagring av teknisk information av ledningar utgör kan förmodligen vidareutvecklas med avseende på LCC-tillämpningar.

Den totalsyn på investeringar som vi förordar kan sålunda introduceras både uppifrån och nedifrån. Om man börjar nedifrån så krävs det ett samarbete mellan ingenjörer och tekniker för att få fram den information som krävs (se figur 6.1). Redovisningssystemen är idag inte utformade med tanke på att ge information för LCC-tillämpningar. Här krävs det insatser av ekonomer. Det borde vara möjligt att ur redovisningssystemet direkt ta reda på hur mycket en spårvagn eller ledning kostar och har kostat i drift- och underhåll. Med sådan information skulle man veta när en enhet bör bytas ut.



Figur 6.1: LCC förutsätter samarbete mellan ingenjörer och ekonomer.

Det är viktigt att de grundläggande ekonomiska kalkylantagandena är de samma oberoende av om kalkylen avser val av investering eller t ex kostnadselement inom underhållet. Viktiga antaganden om priset på kapital, produkter, material och arbete bestäms av faktorer som ligger utanför organisationen. Det finns därför anledning att vid en introduktion av en totalsyn på investeringen studera problemen både utifrån organisationens omgivning och infrastrukturens tekniska status.

6.2 Förebyggande eller avhjälpande underhåll - ett avvägningsproblem

Vi har ovan belyst underhålls- och reinvesteringsfrågor inom olika delar av kommunal industriell verksamhet. Det kan påstås att det grundläggande avvägningsproblemet är av likartad karaktär inom de olika verksamheterna, även om krav och problem skiftar.

I detta avsnitt skall vi med hjälp av ett förenklat exempel illustrera den gemensamma problemformuleringen. Avsikten är att utveckla och utnyttja dessa principer på konkreta och reella planeringsproblem i projektets nästa skede.

Utgångspunkten är att det handlar om en avvägning mellan förebyggande och avhjälpande underhåll. Med förebyggande underhåll avses då byte eller förstärkning av systemdelar innan något fel egentligen uppstått. Avhjälpande underhåll syftar på byte eller förstärkning av systemdelar just därför att något fel eller läckage inträffat.

Vi antar att det handlar om någon form av rörbundet distributions-system. Skadefrekvensen inom olika delar av systemet antas vara beroende av ålder, markförhållanden och rörtyper. Exempelvis att hög ålder, ogynnsamma markförhållanden och låg-kvalitativa rör innebär en relativt hög sannolikhet för fel. Kunskaperna om konditionen hos systemets komponenter är av väsentlig betydelse för ett effektivt underhållsprogram. Ju bättre kunskaperna är, desto bättre är förutsättningarna för en god resurshushållning.

Kostnaderna för reinvesterings- eller förstärkningsarbeten antas vara högre då det handlar om avhjälpande underhåll. Detta ses som en följd av att dylikt arbete ofta måste utföras på obekvämt arbetstid, att komponenter måste snabbtransporteras etc.

Med skadekostnader avses kostnader för leveransavbrott, trafikstörningar etc. Skadekostnaderna antas vara avsevärt högre då det rör sig om akuta fel jämfört med planerad avstängning.

Sannolikheten för skada i ett visst delavsnitt av systemet kan således ses som en funktion av rörets kondition - som i sin tur beror på ålder, markförhållanden, rörtyp etc. Ju äldre röret blir, desto större antas sannolikheten för skada vara. Sannolikheten för skada på ett rör antas vara förhållandevis ringa efter ett utbyte eller en förstärkning.

Avvägningen mellan "lappa-och-laga"-principen resp förebyggande underhåll på systemets olika delar kan då betraktas som ett försäkringsproblem. Ett förberedande underhåll innebär att sannolikheten för skadekostnader reduceras - via en reducerad sannolikhet för skada.

Vad är då en optimal underhållsstrategi? Generellt kan det hävdas att en ekonomiskt sund underhållsstrategi baseras på ett långsiktigt betraktelsesätt. Dvs att underhållsstrategin är ett resultat av en långsiktigt optimering enligt följande

$$(1) \quad \text{Min} \int_0^T e^{-rt} c(t) dt$$

där $c(t)$ är kostnad i period t
 r är diskonteringsfaktor

Kostnaden $c(t)$ i varje period innehåller olika komponenter: skadekostnader, investeringskostnader och underhållskostnader.

Avvägningen mellan förebyggande och avhjälpande underhåll kan karakteriseras som ett beslut under risk. Möjligheterna till skador beskrivs i termer av sannolikheter och sannolikheterna blir följaktligen vägledande för val av underhållsstrategi. I dylika problemsituationer är både väntevärden och spridning (varians) centrala beslutsvariabler. Spridningen eller variansen utgör då ett mått på risken. I vårt exempel är "extremrisken" att det uppstår skador på många (eller utopiskt alla) delavsnitt samtidigt.

En extrem riskaversion skulle då innebära en relativt snabb omsättning på rören - kanske i termer av en praktisk tumregel att ett rör inte får vara äldre än 25 år.

Exemplet påkallar emellertid närmast den neutrala beslutsprincipen - att söka den avvägning mellan förebyggande och avhjälpande underhåll som representerar lägst förväntad kostnad. Detta innebär m a o att nuvärdet av de sannolikhetsvägda kostnaderna minimeras - en lösning som i sin tur representerar en optimal underhållsstrategi. ¹

Det kan vara illustrativt att se på det enkla fallet med bara en period. Om kostnaden för förebyggande underhåll i detta fall är lägre än den åstadkomna reduktionen i förväntad skadekostnad, skall förebyggande underhåll göras.

1) En översikt av det generella problemet med planering under osäkerhet ges i: Bergendahl, P.A., Brigelius, L. & Rosén, P.: Investeringsbedömningar och osäkerhet - en introduktion. FE-rapport 258, Göteborgs universitet 1986

Beteckningar:

- D kostnad förknippad med akut fel
 p sannolikhet för ett akut fel utan förebyggande underhåll
 p' sannolikhet för akut fel efter förebyggande underhållsåtgärd
 I kostnad för förebyggande underhåll

Förväntad kostnad utan förebyggande underhåll (en period):

$$(2) C_0 = p * D$$

Förväntad kostnad med förebyggande underhåll (en period):

$$(3) C_I = p' * D + I$$

Villkoret för att det förebyggande underhållet skall genomföras är då att:

$$(4) C_I < C_0$$

Detta innebär att

$$(5) I < (p - p') * D$$

dvs att kostnaden för förebyggande underhåll skall vara lägre än den genererade minskningen i förväntad skadekostnad.

I det långsiktiga perspektivet måste framtida kostnader diskonteras till nuvärde. Villkoret för att genomföra förebyggande underhåll blir analogt. Detta illustreras nedan av fallet med två perioder.

Diskonteringsräntan betecknas r . Index på sannolikhet anger period.

Förväntad kostnad utan förebyggande underhåll (två perioder):

$$(6) C_0 = p_1 * D + (1/1+r) * p_2 * D$$

Förväntad kostnad med förebyggande underhåll (två perioder):

$$(7) C_I = I + p_1^- * D + (1/1+r) * p_2^- * D$$

Villkoret för att genomföra förebyggande underhåll ($C_I < C_0$) innebär här att

$$(8) 1 < \{(p_1 - p_1^-) + (1/1+r) * (p_2 - p_2^-)\} * D$$

dvs att kostnaden för förebyggande underhåll skall vara lägre än nuvärdet av reduktionerna i förväntad skadekostnad.

Det förenklade exemplet ovan beskriver avvägningen mellan förebyggande och avhjälpande underhåll som ett försäkringsproblem. Förebyggande underhåll betraktas som en försäkring som reducerar riskerna att ådra sig skadekostnader i samband med akuta fel.

En första målsättning i projektets nästa skede är att utveckla det principiella försäkringsproblemet. Med detta avses för det första att på ett generellt plan göra problembeskrivningen mer komplett (exempelvis att det existerar olika investeringsalternativ: utbyte eller förstärkning av rör, parallella ledningar, lagring, load management etc). För det andra avses att behandla och belysa olika målformuleringar och riskpreferenser.

En andra huvudmålsättning är att genomföra en fallstudie efter dessa skisserade riktlinjer. Här gäller det att välja ett studieobjekt (vatten, vägar, fjärrvärme etc) där tillgången till

information om systemets kondition är relativt tillfredsställande och där avvägningsproblemet a priori kan sägas vara särskilt betydelsefullt.

REFERENS- OCH LITTERATURLISTA

- Adamsson, J., "Vatten och avlopp i praktiken", Plan, nr 1 1986, 23-9.
- "Amerikansk upprustning av infrastruktur: Rapport från USA", Tidningen byggnadsindustrin, nr 2 1986, 16.
- A Model of the Budgetary Process in Local Governments. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1984.
- Andersson, R., & M. Holm, Kommunalekonomisk forskning: Problemanalys och förslag till forskningsinriktning. Statens råd för byggnadsforskning, rapport G15, Stockholm 1983.
- Andersson, R., "Infrastrukturens ekonomi", Byggforskning, nr 7 1985, 16-7.
- Ardmar, A., "Samordnad forskning genom ramavtal BFR-Malmö kommun", Byggforskning, nr 5 1986, 8-9.
- Arwidi, O. & S. Yard, Kriterier för investeringsbedömning: Teori och tillämpning. Lund 1986.
- Asp, T., A. Eriksson, H. Danielsson, S. Hård & B. Wiktorén, Underhållsplanering av fjärrvärmenät. Stiftelsen för värmeteknisk forskning, rapport 237, Stockholm 1986.
- Avasjö, R., "Instruktioner för drift och underhåll - Vad är det?", VVS & Energi, nr 12 1983, 28-9.
- Backlund, Y., "VA-vägen mot år 2000 - akutvård eller planerat underhåll", VVS & Energi, nr 12 1983, 60-2.
- Backlund, Y., "Befintligt VA-nät - status och förnyelsebehov", VVS Special, nr 1 1984, 44-6.
- Backlund, Y., "Utan fungerande VA-ledningar stannar Sverige", Byggforskning, nr 7 1985, 21-2.
- Bendixen, S. & P. Stahre, Drift underhåll och förnyelse av kommunala va-ledningar. VBB AB, DUVA-projektet, rapport 1, 1983.
- Berggren, C. S., P. Ullidtz & P. Simonsen, "Optimering af investeringerne i belägningsvedligeholdelse for et givet vejnet: Vejdirektoratet møder asfaltindustrien", Asfalt, nr 86 1984, 4-7, 19, samt nr 87 1985, 4-6.
- Bergström, T., "VA-teknikens plats i kommunal verksamhet", VVS Special, nr 1 1984, 47-52.
- Bergström, T., "När skall man förnya en vatten- eller avloppsledning?", Stadsbyggnad, nr 2 1986, 25-6.
- Bitros, G. C., "A Statistical Theory of Expenditures in Capital Maintenance and Repair", Journal of Political Economy, No 5 1976, 917-36.

- Bjur, H., "Under staden - kommunal infrastruktur", Byggforskning, nr 7 1985, 12-5.
- Boendekostnader och kommunala taxor: konsumentkrav på taxepolitiken. HSB's riksförbund, Stockholm 1979.
- Bohman, M., Effektivitetsproblem inom vatten- och avloppsområdet: En samhällsekonomisk studie av prissättning och investeringsinriktning. Stockholm 1983.
- Boiteux, M., "Réflexions sur la concurrence du rail et de la route, le déclassement des lignes non rentables et le déficit du chemin de fer", L'Economie électrique, No 2 1955.
- Berghagen, L. & L. Pålsson, "Evaluation and improvement of Life Cycle Cost - Rapid trains, train communication systems and other cases", Rail International, No 2 1985, 137-45.
- Brorström, B., Planeringspolitik eller resultatpolitik: Användning och utformning av kommunala bokslut. Doxa, Lund 1982.
- Cameron, M. J., "Productivity Planning: A Critical Issue for Australian Management", Long Range Planning, No 3 1982, 157-67.
- Carlsson, K., "Renovering av avloppsledningar på nytt sätt i Malmö", Vär- och vattenbyggaren, nr 5-6 1986, 20-3.
- "Cost-benefit analyse: Et redskab til statetisk vejvedligeholdelse", Phönix Posten, Anlæg, nr 2 1984, 1-3.
- Dahmen, U., Die wirtschaftliche Nutzungsdauer von anlagen unter Berücksichtigung von Instandhaltungsmaßnahmen. Köln 1974.
- Den kommunala infrastrukturerna i Sverige: Informationsskrift om kommunal infrastruktur. Högskolan i Luleå, Kommunal anläggningsteknik, Luleå 1984.
- Driftskostnadsutredningen: Gator och vägar. Svenska kommunförbundet, Älvsjö 1982.
- Eberhard, J. P. & A. B. Bernstein, Technological Alternatives for Urban Infrastructure. National research council, Urban land institute, Washington, D. C. 1985.
- Eriksson, S. & P. Hådel, "Upphandling av ny teknik för ledningsrenovering", kursiv Väg- och vattenbyggaren, nr 5-6 1985, 53-4.
- Eriksson, Ö., "FoU om VA-ledningar", Väg- och vattenbyggaren, nr 5-6 1986, 32-4.
- Erseus, T. & D. Skoghäll, Manuell - datorstödd underhållsplanering inom industrin. Examensarbete CTH, Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, Göteborg 1985.
- Falkenberg, R., N. Hedlund & T. Lundmark, System- och driftsäkerhetsteknik vid anläggningsprojektering. STU information nr 133 1979.

- Falkenberg, R., L. Nyh & L. Strömbeck, Livstidskostnad - Driftsäkerhet - underhåll vid anläggningsprojektering inom skogsindustrin. STU information nr 274 1982.
- Fiddes, D., A Sewerage Rehabilitation Strategy for the United Kingdom. International Conference on the Planning, Construction, Maintenance & Operation of Sewerage Systems 1984.
- Forskare om förvaltning och förnyelse. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1985.
- Frenckner, P., Kapitalkostnadstäckning i kommunal taxesättning vid föränderlig prisnivå. Stockholms universitet, Företagsekonomiska institutionen, rapport R6 1985.
- Gertsbakh, I. B., Models of Preventive Maintenance. North-Holland Publ Co, Amsterdam 1977.
- Goldman, A. S. & T. B. Slattery, Maintainability: A Major Element of System Effectiveness. John Wiley, New York 1967.
- Gorpe, P., Driver statens styrning upp kommunernas kostnader? Liber, Stockholm 1984.
- Gornas, J., Die Kostenrechnung als Instrument zur Planung und Kontrolle der Wirtschaftlichkeit in der Öffentlichen Verwaltung. Baden-Baden 1976.
- Guss, M. B. & D. R. Brink, The American Infrastructure: A Selective, Annotated Bibliography. Council of Planning Librarians Bibliography, No 148, Chicago 1985.
- Gustafsson, B., "Underhållsplanering - förnyelseplanering: Några funderingar och synpunkter", VVS Special, nr 1 1984, 61-4.
- Hammarlund, Y., Kostnadsstyrning av projekt. CTH, Institutionen för byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, rapport 3, Göteborg 1975.
- Hanson, R., ed., Perspectives on Urban Infrastructure. Washington, D. C. 1984.
- Hard Choices, A Report on the Increasing Gap Between America's Infrastructure Needs and Our Ability To Pay for Them. U. S. Government Printing Office. Washington D. C. 1984.
- Hartman, T. & T. Lindblom, Effektavgifter: Prissättning inom elsektorn. Göteborg 1985.
- Harvey, G., "Life-cycle costing: a review of the technique", Management Accounting, October 1976, 343-7.
- Hatry, H. P. & B. G. Steinthal, Guide to Selcting Maintenance Strategies for Capital Facilities. Urban Institute Press, Washington, D. C. 1984.
- Holter, M., Slutrapport av anslagen 'progamarbete angående ökad styrning av kommunala planer och program' och 'investeringsplanering i stat och kommuner med särskild tonvikt på investeringar i bebyggelse och mark'. KTH, Avd för projekteringsmetodik, Stockholm 1982.

- Hotelling, H., "A general Mathematical Theory of Depreciation", Journal of the American Statistical Association, 1925, 340-53.
- Hulten, C. R. & G. E. Peterson, "Is the United States Underinvesting in Public Capital? The Public Capital Stock: Needs, Trends, and Performance", American Economic Review, No 2 1984, 166-73.
- "Infrastructure: Decline and Fall", Building Environment, No 4 1984, 231-84.
- Isgård, E., "Om vattentaxor", Stadsbyggnad, nr 5 1983, 9-12.
- Jensevik, H. & J. Östlund, Byggnadsforskningsrådets konferens: kommunalekonomisk styrning av fysisk planering den 22-23 mars 1982. Statens råd för byggnadsforskning, Uppsala 1982.
- Johannesson, P., "Kommunerna ny målgrupp för leasing", Fritid, nr 7 1978, 8-10.
- Johansson, T. & S. Lindgren, Kostnader för bostadsområdets infrastruktur. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1985.
- Jorgenson, D. W., J. J. McCall & R. Radner, Optimal Replacement Policy. North Holland, 1967.
- Jönsson, S., R. Liff & L. Magnusson, Ekonomisk utvärdering av kommunal planering. Statens råd för byggnadsforskning, Göteborg 1983.
- Jönsson, T., Självkostnadsriktig fjärrvärmeekonomi. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R18, Stockholm 1986.
- Kargaard, J. & O. Wååk, "LCC Case Study of a Major Ground Radar System", Proceedings, 16th Annual International Logistic Symposium, 1981.
- "kostnadsutvecklingen för va-näten - akutinsatserna dominerar", VVS & Energi, nr 2 1985, 22.
- Lane, J.-E. & T. Magnusson, "Kommunal infrastruktur - en bortglömd plånboksfråga?", Plan, nr 1 1986, 16-22.
- Langenbach, D., Investitionskriterien bei öffentlichen Unternehmungen unter besonderer Berücksichtigung der SBB. Konstanz 1973.
- Larsson, A., H. Lind & E. Persson, Ekonomiska bedömningar i kommunal markpolitik: Principiella synsätt, kalkyler och exempel. Statens råd för byggnadsforskning, rapport R128, Stockholm 1983.
- Larsson, P.-O., "Förbundsskrift kritiserar: Ny metod för beräkning av kapitalkostnader leder till taxehöjningar", Kommunaktuellt, nr 39, 13 december 1984, 20 (med kommentarer av Björn Larsson).
- Larsson, S.-Å., Drift och underhåll av gator och vägar. Statens väg- och trafikinstitut, VTI meddelande 450, Linköping 1985.
- LCC - En teknik att påverka totalkostnaden under en produkts livslängd. Sveriges Mekanförbund. Stockholm 1984.
- Lessmar, U., Driftskostnadsutredningen - vatten- och avloppsledningar. VBB, DUVA-projektet, rapport 4, 1983.

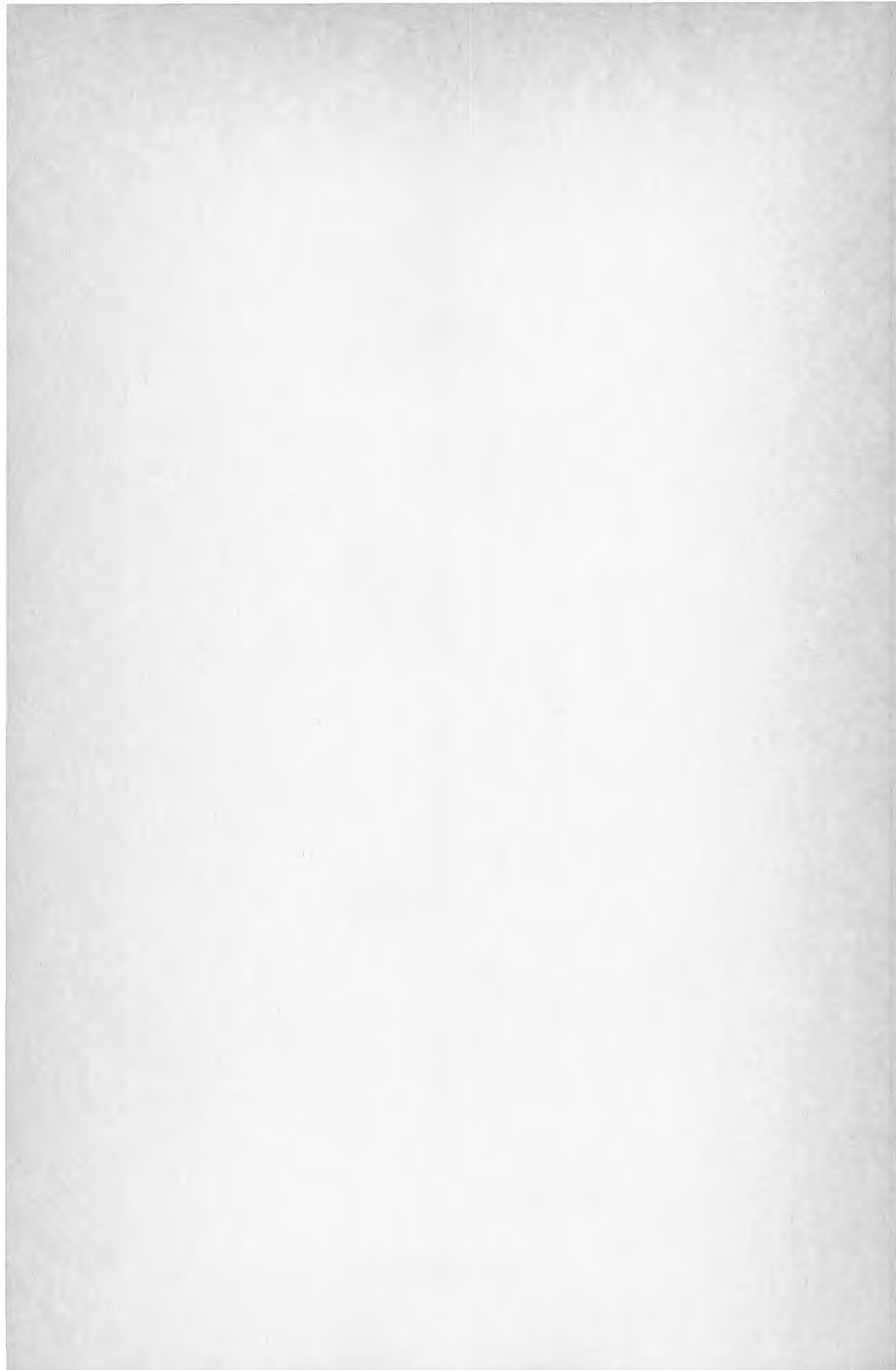
- Lessmar, U., "Driftkostnadsutredningen för vatten- och avloppsledningar", Väg- och vattenbyggaren, nr 1-2, 1985, 25-6.
- Lindqvist, B., R. Stenberg & K. Svensson, "Åtgärdsplanera avloppssystemet i etapper och från rätt ände", Stadsbyggnad, nr 4 1983, 99-104.
- "Litteratur om resurssnåla VA-system", VVS Special, nr 1 1984, 73-80.
- Lundahl, I., "Infrastruktur - en tvärvetenskaplig utmaning", Byggforskning, nr 7 1985, 9-11.
- Lundin, R. A. & S. Malmer, 'Om planering, ekonomi och samordning i Malmö kommun' eller 'herrens fruktan är vishetens begynnelse'. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1979.
- Malm, A. T. & S. Yard, Kapitalkostnader i kommunal verksamhet: Analys av den reala annuitetsmetoden. Lund 1985.
- Massé, P., Le Choix des Investissements Criteres et Methodes. Paris 1959. (Optimal Investment Decisions: Rules for Action and Criteria for Chice, Prentice-Hall, Inc. 1962.)
- Mattsson, A., "Mall för va-renovering ger enklare upphandling", Tidningen byggindustrin, nr 21 1986, 20.
- "New Financing Cures for Infrastructure Ills", Engineering News-Record, March 3d 1983, 26-7+.
- Näslund, B., "Simultaneous Determination of Optimal Repair Policy and Service Life", Swedish Journal of Economics, No 2 1966, 63-73.
- Näss, K., "Moderne bruvedlikehold - kostnadskrevende men lønsomt", Våre Veger, nr 9 1983, 30-2.
- O'Day, D. K., "Analyzing Infrastructure Condition: A Practical Approach", Civil Engineering: ASCE 53, April 1983, 39-42.
- Odenmar, U., Kommunal budgetprocess och projektadministration för byggprojekt: En jämförande studie med sikte ppå effektivare samordning mellan två beslutssystem. Tekniska högskolan i Lund 1983.
- Om uppföljning och utvärdering av kommunal verksamhet. Kommunförbundet, Stockholm 1978.
- Person, B. L. & P. Stahre, "VA-förnyelse", VVS och energi, nr 2 1985, 11-30.
- Petreljus, B., "Flera skäl för översyn av va-lagen", Stadsbyggnad, nr 5 1982, 77-81.
- Petreljus, B., "VA-lagen medger inte reala annuiteter", Stadsbyggnad, nr 2 1985, 29.
- Preinrich, G., "The Economic Life of Industrial Equipment", Econometrica, 1940, 12-44.
- Pålsson, L., H. Akselsson & O. Wååk, "Life cycle costing in the Swedish Railways", The Institute of Mechanical Engineers, Proceedings 1985, Vol 199 No 3.

- Pålsson, L. & O. Wååk, "An Applied Technique for LCC Improvements - Case Histories", Proceedings, 17th Annual International Logistic Symposium, 1982.
- Rapp, B., Models for Optimal Investment and Maintenance Decisions. Stockholm 1974.
- Rasmusson, S., Systemteknisk vägunderhåll. KTH, Institutionen för vägbyggnad, Stockholm 1986.
- Redlund, M., "Sveriges kajer förfaller: 2 miljarder behövs för upprustning av Sveriges hamnar", Tidningen byggindustrin, nr 33 1985, 11-5.
- Reinshuttle, R. J., Infrastructure: A Bibliography. The Council of State Governments, RM 720, Lexington 1983.
- Reynolds, R. P., "Helping the engineer to get the best value from maintenance expenditure", Management Accounting, December 1974, 329-34.
- Reynolds, R. P., "Why not a maintenance accountant?", Management Accounting, (London), May 1976, 181-3.
- Riksrevisionsverket, Investeringar vid statens järnvägar, sjöfartsverket och luftfartsverket - beslutsunderlag och statsmakternas styrning. Dnr 1982:1168.
- Riksrevisionsverket, Beslutsunderlag vid stora trafikinvesteringar - med fallstudie för flygplats i Arvidsjaur. Dnr 1983:1274.
- Rombach, B., Kommunen inför det ekonomiska problemet. Ekonomiska forskningsinstitutet, Stockholm 1984.
- Sewerage Rehabilitation Manual. Water Research Centre and Water Authorities Association, 1984.
- Sherif, Y. S. & W. J. Kolarik, "Life Cycle Costing: Concept and Practice", Omega, No 3 1981, 287-96.
- Siborn, H., "Ny kommunal FoU-grupp för gator och trafik", Väg- och vattenbyggaren, nr 3 1985, 29-30.
- Simonis, U. E., Infrastruktur: Theorie und Politik. Neue wissenschaftliche Bibliothek 88, Köln 1977.
- Simonis, U. E., "Zur inhaltlich-systematischen Deutung des Begriff 'Infrastruktur'. Eine aktualisierende Betrachtung", Zeitschrift für Ganzheitsforschung, Nr 3 1983.
- Sivazlian, B. D., "Life-Cycle Cost Analysis under Uncertainty in Systems lifetime", Engineering Economist, No 2 1980, 91-105.
- Sjöblom, S., P. Stahre & B. L. Persson, "Utnyttjande av datorstöd för hantering av rörnätsinformation på gatukontoret i Malmö", Stadsbyggnad, nr 5 1985, 17-22.
- Skogsfors, S.-E., Kommunal va-taxepolitik. Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, VAV M 25, 1978, 32-59.

- SOU 1982:65, Återinvestera i bostäder: Slutbetänkande av underhållsfondutredningen.
- Stahre, P., "Planering för renovering, ombyggnad och tillbyggnad av kommunala va-ledningsnät", Väg- och vattenbyggaren, nr 1-2 1984, 13-7.
- Stahre, P., S. Sjöblom, L. Nilsson & T. Sandberg, "CAD/IGS-baserad planering inom de tekniska verken i Malmö", Väg- och vattenbyggaren, nr 5-6 1986, 14-9.
- Statens pris- och kartellnämnd, vatten/avlopp, fjärrvärme och el: Anslutnings- och brukningsavgifter. SPK:s utredningsserie 1982:10.
- Svedinger, B., P. A. Malmqvist & G. Rastborg, Renovering av avloppsledningar. Statens råd för byggnadsforskning, rapport T10, 1985.
- Svenska kommunförbundet, Kapitalkostnader i kommunal verksamhet. Stockholm 1985.
- Svenska kommunförbundet, Avgiftsfinansiering av kommunal verksamhet 1985-1986. Stockholm 1986.
- Svensson, G., ed., Byggande, drift och förnyelse av kommunala va-ledningar. CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen, meddelande 73, Göteborg 1984.
- Svensson, H., "Våra Va-ledningar - några synpunkter på dagsläget", Väg- och vattenbyggaren, nr 1-2 1984, 19-21.
- Säfwenberg, U., "Besvärligheter med kapitaltjänstkostnader för va", Stadsbyggnad, nr 6 1983, 45-8.
- Säfwenberg, U., "VA-produktionens kostnadskaraktäristik", VVS Special, nr 1 1984, 53-5.
- Säfwenberg, U., "Våra va-ledningsnät och framtiden eller besvärligheter med 'underhållsberget'", Stadsbyggnad, nr 6 1984, 11-4.
- Säfwenberg, U., "Kapitalkostnader för va-verk: Frågetecken och orosmoln: VAV om trumslagaren", Bygg och teknik, nr 2 1985, 13-4, 17-8.
- Säfwenberg, U., "ROT för allmänna va-ledningsnät: Reinvesteringsbehov, prioritering och planering", Väg- och vattenbyggaren, nr 5-6 1986, 30-1.
- Taylor, J. S., "A Statistical Theory of Depreciation", Journal of American Statistical Association, 1923, 1010-23.
- Taylor, W. B., "The Use of Life Cycle Costing in Acquiring Physical Assets", Long Range Planning, No 6 1981, 32-43.
- Technological Alternatives for Urban Infrastructure. National Research Council, Urban Land Institute, Washington, D. C. 1985.
- "Undre världen saneras med högteknologisk saneringsteknik", Byggindustrin, nr 21 1980, 13-7.

- "Upphandling och genomförande av va-renovering", VVS och energi, nr 2 1985, 19-21.
- "Va-förnyelse: Gemensam målsättning Sverige-England", VVS & Energi, nr 2 1985, 11-2.
- Va-ledningsteknik - en översiktskurs. Svenska teknologiföreningen, Stockholm 1983.
- Va-teknik, VVS, nr 2 1979, 5-7, 29-73.
- Vaughan, R. & R. Pollard, Rebuilding America (Vol. 1: Planning and Managing Public Works in the 1980's Vol. 2: Financing Public Works in the 1980's). Council of State Planning Agencies, Washington, D. C. 1983-84.
- Water Mains Rehabilitation Manual. Water Research Centre, 1986.
- Waters, R. C., Westlund, A., J.-E. Lane & T. Magnusson, Kommunal budgetering: kostnads-, service- och anläggningsvariationer i rum och tid. Umeå universitet, Statsvetenskapliga institutionen, Umeå 1982.
- White, E. N., Maintenance Planning, Control and Documentation. Gower Press 1973.







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860610-5
från Statens råd för byggnadsforskning till The Swedish
Institute for Banking and Finance, Göteborg.**

R113: 1987

ISBN 91-540-4826-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707113

**Abonnemangsgrupp:
X. Samhällsplanering**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 42 kr exkl moms