

# Användning av livscykelanalys och livscykelkostnad för vägkonstruktion inom Norden

Nina Holmvik  
Hampus Wallin

2007

# Användning av livscykelanalys och livscykelkostnad för vägkonstruktion inom Norden

Nina Holmvik  
Hampus Wallin

Examensarbete

CODEN:LUTVDG/(TVTT-5122)1-82/2007

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,  
Institutionen för Teknik och samhälle,  
Trafik och väg, 155

ISSN 1653-1922

Nina Holmviik  
Hampus Wallin

Användning av livscykelanalys och livscykelkostnad för vägkonstruktion  
inom Norden

2007

**Ämnesord:**

Livscykelanalys, livscykelkostnad, LCA, LCC, årskostnad, väg, drift och underhåll, nuvärde, annuitet, diskontering, funktionsentreprenad, restvärde

**Referat:**

Det finns ett värde i att bedöma en produkts totala livscykelkostnad och miljöbelastning i ett tidigt stadium. För väghållare kan det innebära bättre och mer kostnadseffektiva lösningar, utgöra grund för anbudsvärdering vid upphandling och framförallt möjliggöra nya entreprenadformer som funktionsentreprenad. Detta examensarbete syftar till att redogöra för hur man i de nordiska länderna arbetar med begreppen livscykelanalys (LCA) och livscykelkostnad (LCC). Det redogörs för vad som ingår i begreppen och hur analyserna byggs upp. Genom kontakt med verksamma personer inom vägsektorn i de olika nordiska länderna fås deras erfarenheter, synpunkter och tillvägagångssätt i projekt där LCA respektive LCC har använts. En sammanställning av enkätsvar och använda modeller visar att begreppen är kända för samtliga tillfrågade men att de används i olika utsträckning med varierat utfall. LCA för vägändamål är väldigt begränsat och det finns få modeller som används. LCC-tänkandet är något mer utbrett och i olika projekt har det gjorts försök att utveckla modeller. I många fall handlar det om enkla modeller uppbyggda i Excel. För att öka användningen av LCA och LCC behövs en del göras och för att ta ett steg längre än denna sammanställning krävs mer arbete.

**English title**

The use of life-cycle assessment and life-cycle costing in road construction in the Nordic countries

**Citeringsanvisning**

Nina Holmviik och Hampus Wallin, Användning av livscykelanalys och livscykelkostnad för vägkonstruktion inom Norden. Lund, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2006. Thesis 155

Institutionen för Teknik och samhälle  
Lunds Tekniska Högskola  
Trafik och väg  
Box 118, 221 00 LUND, Sverige

Department of Technology and Society  
Lund Institute of Technology  
Traffic and Road  
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

## *Förord*

Detta arbete har gjorts i samarbete med Nordiska Vägtekniska Förbundet och Ramböll RST. Ni är många som har del i och bidragit till vårt arbete.

Vi vill börja med att rikta ett stort tack till vår handledare Peter Ekdahl. Han har gett oss vägledning, värdefulla synpunkter, idéer och stöd som gjort arbetet möjligt. Vi vill också passa på att tacka alla er andra på Ramböll RST – vår arbetsplats – för en trevlig tid!

Till alla er som ställt upp med er tid och kunskap för att svara på frågor, såväl via enkät som via e-post och telefon, vill vi säga stort tack! Ett extra tack riktar vi till er som också bistått med att skicka oss värdefullt material som utgör en del av rapporten.

Till Carl-Gösta Enocksson på Vägverket Region Väst vill vi rikta ett speciellt tack för stort engagemang, för att du förmedlat kontakt med många kunniga personer och inte minst för ditt tålamod med alla våra frågor!

Malmö, januari 2007

Nina Holmvik  
Hampus Wallin

# Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING.....	I
SUMMARY .....	III
<b>1 INLEDNING .....</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Syfte och mål .....	2
1.3 Avgränsningar .....	3
<b>2 METOD .....</b>	<b>3</b>
<b>3 LITTERATURSTUDIE – LCA .....</b>	<b>5</b>
3.1 Bakgrund .....	5
3.2 Inledning .....	6
3.3 Användning av livscykelanalys.....	7
3.4 Arbetsgång med livscykelanalys .....	9
3.5 Tillämpning inom vägkonstruktion.....	13
<b>4 LITTERATURSTUDIE – LCC .....</b>	<b>14</b>
4.1 Bakgrund .....	14
4.2 Inledning .....	14
4.3 Användning av livscykelkostnadsanalys .....	15
4.4 Arbetsgång med livscykelkostnadsanalys.....	16
4.5 Livscykelkostnadsmodellen.....	18
4.6 Diskontering .....	19
4.7 Analysperiod .....	20
4.8 Kostnadsfaktorer .....	20
4.9 Ekonomiska analysmetoder .....	23
<b>4.9.1 Nuvärdesmetoden .....</b>	<b>23</b>
<b>4.9.2 Annuitetsmetoden .....</b>	<b>23</b>
<b>4.9.3 Internräntemetoden.....</b>	<b>24</b>
<b>4.9.4 Pay back-metoden.....</b>	<b>24</b>
<b>4.9.5 Kostnadsnyttokalkyl.....</b>	<b>24</b>
4.10 Risk och osäkerhet.....	26
4.11 Upphandling utifrån livscykelkostnad .....	26
4.12 Försäljning utifrån livscykelkostnad.....	28
<b>5 ENKÄTSVAR .....</b>	<b>29</b>
5.1 Svar – LCA .....	29
5.2 Svar – LCC .....	30
<b>6 MODELLER.....</b>	<b>30</b>
6.1 LCA.....	31
<b>6.1.1 ROAD-RES.....</b>	<b>31</b>
<b>6.1.2 MELI .....</b>	<b>33</b>
6.2 LCC.....	35
<b>6.2.1 2Ö.....</b>	<b>35</b>
<b>6.2.2 MNV.....</b>	<b>37</b>

<b>6.2.3 "Olofsson" .....</b>	<b>40</b>
<b>6.2.4 Lönsamhetskalkyl – provväg E6 .....</b>	<b>43</b>
<b>6.2.5 Lönsamhetskalkyl – drift och underhåll .....</b>	<b>45</b>
<b>6.2.6 EVA.....</b>	<b>47</b>
<b>6.2.6 Livslängdsprognoser för beläggningar.....</b>	<b>48</b>
<b>7 ANALYS OCH DISKUSSION .....</b>	<b>50</b>
7.1 LCA.....	50
7.2 LCC.....	54
<b>8 SLUTSATS .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERENSER.....</b>	<b>58</b>
Skriftliga källor.....	58
Internetkällor .....	59
<b>BILAGOR.....</b>	<b>61</b>
Bilaga 1: Enkät.....	61
Bilaga 2: Följebrev till enkät.....	64
Bilaga 3: Följebrev till enkät.....	65
Bilaga 4: Sammanställning enkätsvar .....	66

## *Sammanfattning*

Vägnätet och transportmöjligheter är en förutsättning för ett välfungerande samhälle och är också nyckel till tillväxt och utveckling. Men liksom att det har en värdefull betydelse så kostar det samtidigt mycket pengar att ha ett välfungerande vägnät. Varje år satsas stora summor på väginfrastruktur, och även om mycket pengar går till planering och byggande av ny väg så är det en ansevärd summa som läggs på drift- och underhållsåtgärder. För att investera så bra och effektivt som möjligt och ha ett långsiktigt tänkande är det intressant att titta på års- och livscykelkostnad (LCC). LCC står för engelskans life-cycle cost och används för att under en produkts livslängd påverka totalkostnaden. Den vanligaste situationen när livscykelkostnaden är intressant, är när man står inför valet att välja en produkt eller lösning framför någon annan. LCC-tänkandet ligger också till grund för att utveckla nya entreprenadformer, som t.ex. funktionsentreprenad.

I ett långsiktigt tänkande där kostnader beaktas är det också viktigt att miljöaspekter inte glöms bort. Miljötänkandet har blivit en allt viktigare del i samhället och i takt med detta har det också blivit intressant att se helheten snarare än delarna. För att kunna beakta en produkts totala miljöbelastning, från "vaggan till graven", kan en LCA upprättas. LCA står för livscykelanalys eller livscykelbedömning (engelska; life-cycle assessment). Den rätta benämningen borde vara bedömning då en LCA innehåller subjektiva bedömningar, men för att undvika förvirring med förkortningen LCA används begreppet livscykelanalys här. Syftet med en LCA är att ge en så fullständig bild som möjligt av samspelet mellan en produkt och miljön. Den ger ett beslutsunderlag där alla delar beaktas och vid jämförelse mellan olika produkter kan den produkt som ger minsta totala miljöpåverkan väljas. Det vanligaste användningsområdet för livscykelanalys är emellertid för att bedöma en produkts miljöbelastning. Generellt sett är det lättare att tolka livscykelanalyser om två eller flera produkter jämförs, än om miljöeffekterna från bara en produkt skall bedömas. Det är alltså lättare att säga om ett alternativ är bättre eller sämre än ett annat, än att säga om det enda alternativet är bra eller mindre bra.

Syftet med detta examensarbete är att kartlägga hur man i de nordiska länderna arbetar med begreppen livscykelanalys samt års- och livscykelkostnad inom vägbyggnad och vägunderhåll. Olika modeller, verktyg och hjälpmedel ses över liksom vad som krävs för att i framtiden öka användningen av livscykelanalys och livscykelkostnadsanalys. Arbetet har gjorts i samarbete med Nordiska Vägtekniska Förbundet, vilket förklarar avgränsningen till hur begreppen används i Norden.

Grunden i studien utgörs av en litteraturstudie som ger bakgrund och allmän kunskap om begreppen LCA och LCC. Här förklaras vad som ryms i analyserna och hur de byggs upp. Från enkätundersökning och telefon- och e-postkontakter med personer som varit inblandade i LCA- och LCC-arbete i de olika nordiska länderna har olika modeller för respektive område framkommit. En sammanställning av enkätsvar och en kort redogörelse för respektive modell utgör resultatet. Studien avslutas med diskussion och slutsats om vad som framkommit i arbetet, vad svårigheterna med LCA och LCC är och vad tillfrågade tror om en framtid med LCA- och LCC-användning.

Studien visar att LCA och LCC är två begrepp som är kända även om viss tveksamhet finns i hur de används och vad som skiljer de åt. För användning av både livscykelanalys och livscykelkostnadsanalys finns det modeller och tillvägagångssätt men det saknas en tydlig grundmodell för respektive område. Trots detta är de som har arbetat med framförallt LCC nöjda med utfallen och hoppas kunna nyttja metodiken i större utsträckning framöver. Erfarenheterna av LCA är däremot mer varierande, men gemensamt är tron på att det blir vanligare och än mer viktigt i framtiden med beaktande av hela livscykeln. Det finns alltså en positiv, om än något försiktig, inställning till livscykeltänkande och detta är viktigt för det framtida arbetet.

För att kunna tillämpa både LCA- och LCC-metodiken behövs modeller som speglar produktens hela livscykel ur miljö- och kostnadshänseende. För en väg som är en väldigt komplex produkt innebär detta många svårigheter och att många frågor måste besvaras för att fullständiga analyser skall kunna upprättas och ge bra svar. Det viktigaste och även svåraste är hur prissättning av ingående delar görs, hur olika effekter uttrycks i jämförbara enheter, hur tillförlitliga indata tas fram och hur en vägs livslängd definieras.

Livscykelanalyser inom vägområdet är ännu inte alls utbrett. Resultaten pekar på att det är Danmark, med viss hjälp från Island, och Finland som gör störst ansträngningar för att arbeta fram fungerande modeller för livscykelanalys. De två LCA-modellerna som kommit fram i denna studie är danska ROAD-RES och finländska MELI. ROAD-RES är en ny modell för livscykelanalys inom vägbyggnadsområdet som har två syften. Det ena är att bedöma potentiell miljöpåverkan och resursförbrukning under vägens livslängd, där antingen naturliga material eller restprodukter kan användas i vägkroppen. Det andra är att bedöma och jämföra två bortskaffningsmetoder av restprodukter från avfallsförbränning. Ett projekt för att bedöma modellens lämplighet inom vägområdet pågår och beräknas vara färdigt 2007. MELI är en modell för jämförelse och beräkning av miljöbelastning för olika konstruktionsalternativ. MELI är en finländsk förkortning för, i svensk översättning, livscykelbedömning för markkonstruktioner.

Livscykelkostnadsanalyser är mer använt inom vägfrågor än vad LCA är. Trots det finns ingen typisk modell som företrädesvis används vid arbetsgången med LCC. Det vanliga är att modeller byggs upp i Excel inför ett specifikt projekt. De modeller som har använts är främst utvecklade av Vägverket och är bland andra 2Ö, MNV, EVA och olika typer av lönsamhetskalkyler. Modellerna tar ofta hänsyn till väghållarkostnader såsom investeringskostnad och kostnader för drift- och underhåll, samt i viss mån trafikant- och övriga samhällskostnader.

För att få större användning av både livscykelanalys och livscykelkostnadsanalys för investering och drift- och underhållsplanering inom vägsektorn återstår ännu mycket arbete. Det finns en positiv inställning och tro till användning av både LCA och LCC men det finns också mycket tveksamheter till hur man skall bära sig åt för att nå dit. En start för ökad användning kan vara att utveckla modeller som får acceptans inom branschen. En förutsättning för detta är att indata till modellerna följer en viss standard som kan gälla generellt. På så sätt förenklas skapandet av analyserna och resultaten blir lättare att tolka. För en bred användning av LCA och LCC är också utbildning och kunskap en förutsättning.



## *Summary*

The road network and possibilities for transport is a necessity for many things that we take for granted in society and also a key for growth and development. But at the same time as a well-functioning road network is of great importance it costs a lot of money. Each year large values are invested in road infrastructure, and even though much of it is spent on planning and constructing new roads a considerable amount are put into maintenance and rehabilitation work. To invest as good and effective as possible and with a long-term perspective it's interesting to look at annual costs and life-cycle costs (LCC). LCC is used to affect the total cost of a product during its lifetime. The most common situation to use life-cycle cost is when to choose a product or a solution over another. The LCC concept is also of great importance for developing new types of contracts, for example the performance contract.

In a long-term perspective where costs are considered it's important not to disregard environmental aspects. The awareness of the environment has become an increasingly important part of society and along with this it has turned out to be more interesting to see the whole rather than the parts. To be able to take into consideration all environmental loadings of a product, from "cradle to grave", a life-cycle assessment (LCA) can be established. The purpose of a life-cycle assessment is to achieve a complete picture of the interaction between a product and the environment. It presents facts that can be used for making decisions where all parts of the life-cycle have been considered. But not to forget, when making a LCA you also take subjective assessments into consideration.

The situation when it's most common to use LCA is when to estimate the environmental loadings of a product. Generally it's easier to interpret life-cycle assessments if two or more products are being compared, than if the environmental loadings from one single product is about to be evaluated. In other words, it's easier to say if one alternative is better or worse than another than to say whether the single alternative is good or less good.

The purpose of this report is to survey the use of life-cycle assessment, annual costs and life-cycle costs in road tasks within the Nordic countries. Different models and tools are discussed as well as what is needed to increase the use of LCA and LCC in the future. The report has been written with help from the Nordic Road Association, which explains the bounds of the study.

The base of the study consists of a literature study that provides background and basic knowledge about the concepts LCA and LCC. It explains what is taken into consideration in the assessments. The answers from a questionnaire and contacts with people who have worked with either life-cycle assessment or life-cycle costs have provided different models for working with either LCA or LCC. The answers from the questionnaire and a short presentation of each of the provided models constitute the result of the study. The study ends with a discussion and a conclusion containing difficulties working with LCA and LCC and opinions about a future with LCA and LCC.

The study shows that LCA and LCC are two known concepts even though there are some hesitation about how they are used and what separates them. For use of both life-cycle

assessment and life-cycle cost assessment there are existing models and procedures although a clear model for each of them doesn't seem to exist. Despite this, those that have been working with LCC are pleased with the results and hope to be able to use the methodology even more in future projects. The experiences with working with LCA vary more but common is the belief that the whole life-cycle will be taken into consideration more frequently in the future. Thus there is a positive, although a bit careful, attitude towards the life-cycle concept and this is central for the future work with LCA.

To be able to apply both the LCA and LCC methodology, models that reflect the whole life-cycle of a product with respect to environment and costs are needed. A road is a very complex product. It brings a lot of difficulties and questions that need to be answered in order to establish a complete assessment with good results. The most important, and at the same time hardest, part of an assessment is to set a monetary price on diverse elements. It is also difficult to express different effects in comparable units, to find reliable input data and to define the lifetime of a road.

Life-cycle assessments in road tasks are not yet widely spread. The results show that it is Denmark, with some help from Iceland, and Finland who make the most efforts to develop functioning LCA models. The two LCA models that have appeared in this study are the Danish model ROAD-RES and the Finnish model MELI. ROAD-RES is a new model for life-cycle assessment in road tasks that has two purposes. One is to assess potential environmental impacts and resource use during the lifetime of the road, where either natural materials or residues can be used in construction layers. The other is to assess and compare two ways of disposing residues from waste incineration. A project to assess the suitability of the model is ongoing and is planned to be finished in 2007. MELI is a model that could be used to compare and calculate environmental loadings from different construction alternatives. MELI is a shortening for the Finnish translation of life-cycle assessment for ground constructions.

Life-cycle cost assessments are more used in road tasks than life-cycle assessments. In spite of this there is no typical model that is preferably used when working with LCC. Usually models are created in spread sheets for each specific project. The models that have been used are mainly developed by the Swedish National Road Administration and they are among others 2Ö, MNV, EVA and different kinds of profitability calculations. The models often consider agency costs (such as investment costs and costs for maintenance and rehabilitation) and sometimes, in various extent, user and other environmental costs.

To increase the use of both life-cycle assessment and life-cycle cost assessment in investment and maintenance and rehabilitation strategies there is still much work to be done. There is a positive attitude and faith in using both concepts but there are also many doubts about how to carry on reaching pleasant ways of working. A start for a wider use could be developing models that gain acceptance in the industry. A condition for this is that the input data to the models follow a certain standard that generally can be applied. That way the making of the analyses is simplified and the results get easier to interpret. A key for increasing the use of LCA and LCC is education and knowledge.

## 1 Inledning

### 1.1 Bakgrund

För Sverige är vägnätet och transportmöjligheter en förutsättning för tillväxt, företagsamhet, regionförstoring, glesbygd och god service åt det svenska folket. År 2005 gjordes nästan 90 % av allt persontransportarbete i Sverige på vägnätet och omkring 40 % av godstransportarbetet. Totalt finns det ca. 140 000 km allmänna vägar, varav ca. 100 000 km är statliga och 40 000 km är kommunala. Av landets enskilda vägar är det omkring 75 000 km som får statsbidrag (Vägverket a, 2006).

Statliga Vägverket gjorde år 2005 investeringar för planering och byggande av ny väg på omkring 8,1 miljarder kronor. Därtill satsades nästan 300 miljoner kronor på forskning och utveckling och drygt 1 miljard kronor gavs ut som statsbidrag till bl.a. enskilda vägar, kollektivtrafikanläggningar och olika projekt i storstadsregionerna. Samma år uppgick kostnaderna för drift och underhåll till omkring 3 miljarder kronor. Summorna för de olika posterna har legat i ungefär samma storleksordning de senaste fem åren (Vägverket a, 2006). Från kommunalt håll visar den senaste sammanställningen från år 2003 att det satsades nästan 4,7 miljarder kronor på vägnätet, av vilka drift- och underhållskostnaderna utgjorde 2,5 miljarder (Sveriges kommuner och landsting, 2006).

Eftersom det årligen satsas stora resurser på väginfrastruktur och en avsevärd del läggs på drift- och underhållsåtgärder är det intressant att titta på årskostnad och, i ett tidigt skede, produktens totala livscykelkostnad (LCC). Det har betydelse dels för att man vill investera så bra och effektivt som möjligt men också för att väghållaren, om det är stat eller kommun, årligen tilldelas vissa medel för underhåll som helst skall nyttjas. Den tilldelade summan varierar från år till år och väghållaren vet ofta inte i förväg vilka medel han har att tillgå kommande år. Detta kan göra att väghållaren känner sig pressad att lägga pengar på mest akut underhåll istället för att ha ett mer rationellt tillvägagångssätt där underhållsåtgärder planeras långsiktigt. För att få en fullständig bild av en vägs livscykelkostnad, från upprättande till uttjänthet, kan årskostnaden studeras (Sund, 1996). I livscykelanalysen (LCA) sätts värden på olika parametrar som förekommer i en vägs livscykel och som anses ha betydelse för miljön. Påverkan på miljön börjar redan vid materialutvinningen och fortgår fram till den dagen då vägen rivs och delar av den återvinns eller deponeras. Analysresultatet blir en sammanviktning av parametervärdena som tolkas utifrån uppställda mål och tillsammans med exempelvis en kostnadsnyttokalkyl kan livscykelanalysen utgöra underlag för beslut (Moberg et al., 1999 och Rydh et al., 2002).

Traditionellt sett har entreprenader för såväl byggande som drift och underhåll karakteriserats av att entreprenören har mycket begränsad möjlighet att komma med nya och i viss mån egna lösningar. Entreprenörens roll är att utföra det beställaren vill och på det sätt beställaren önskar i så kallad utförandeentreprenad. När det gäller att bara följa de givna förutsättningarna för utförande, materialval och maskinval är det lätt att kreativitet och effektivitet uteblir och att direktiven sällan ifrågasätts. För att stimulera nytänkande och kreativitet finns andra entreprenadformer att tillgå, t.ex. totalentreprenad och funktionsentreprenad. I en totalentreprenad vill beställaren ha en produkt med viss

funktion som det ställs vissa krav på, men tillvägagångssättet för att nå dit är upp till entreprenören att utreda. Fördelen är att entreprenören får möjlighet att utveckla egna lösningar som passar väl in i produktionen. Trots detta har användningen av totalentreprenad inom anläggningsbranschen och för drift och underhåll varit förhållandevis begränsad. Anledningen till det sägs vara att kvaliteten på längre sikt kan bli lidande och att byggandet inte blir underhållsanpassat på grund av att entreprenören vill bygga så billigt som möjligt och bara ansvarar för konstruktionen fram till godkänd slutbesiktning. För att komma runt problemet inför man en längre garantitid och ett ansvar på entreprenören att sköta drift och underhåll under en längre tidsperiod efter färdigställandet. Entreprenader som har formen där även drift och underhåll ingår kallas funktionsentreprenad. Fördelarna med en funktionsentreprenad är desamma som för totalentreprenad men också att slutprodukten blir av bättre kvalitet då ansvaret för drift och underhåll åligger entreprenören. Vid upphandling i konkurrens innebär entreprenadformen också att man förhoppningsvis får produkten till lägsta totalkostnad sett över hela eller en stor del av produktens livslängd. När det gäller vägbyggande där stat eller kommun är beställare är entreprenadformen ur ett samhällsekonomiskt perspektiv intressant då livscykelkostnaden kan antas bli lägre än vid andra entreprenader (Olsson, 1993 och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, 1985).

Utöver olika entreprenadformer har man även börjat söka andra former för finansiering än med statliga och kommunala medel. Ett exempel är privata finansiärer, i s.k. Public-Private Partnerships (PPP) och varianter av dessa. Genom en sådan finansieringsmetod minskar riskerna för stat/kommun vid nyinvestering då pengar skjuts till från privata sektorn och "skulden" får avbetalas allteftersom. Nya upphandlingsformer och nya finansieringsmodeller kan vara bra för att stimulera nytänkande och skapa nya produkter och metoder. Det svåra blir emellertid att göra bedömningar för vad som sker i ett längre perspektiv och hur lönsam lösningen är (KFB, 1999 och Federal Highway Administration, 2006).

## ***1.2 Syfte och mål***

Syftet med detta examensarbete är att kartlägga hur man i de nordiska länderna arbetar med begreppen livscykelanalys samt års- och livscykelkostnad inom vägbyggnad och vägunderhåll. Idag finns spridd kunskap på området och det har gjorts försök i olika projekt att nyttja LCA- och LCC-metodik. För att kunna komma vidare och utveckla arbetet med långsiktighetsperspektiv krävs att den kunskap och erfarenhet som finns idag samlas. I examensarbetet ingår en sammanställning av olika modeller som finns att tillgå men också synpunkter från personer, varav en del från Nordiska Vägtekniska Förbundet (NVF), som har erfarenhet av arbete med LCA och/eller LCC. På detta vis skall arbetet utgöra en grund för dem som önskar arbeta vidare med LCA och LCC.

Arbetet görs i samarbete med NVF och kommer att utgöra en del av det arbete utskott 33 och 34 lägger ner på LCA och LCC.

### **1.3 Avgränsningar**

I arbetet är teoridelen uppdelad på LCA respektive LCC. Varje del är avgränsad till att förklara innebörden av begreppen LCA och LCC, till att klargöra andra begrepp som förekommer i texten och till att ge läsaren tillräcklig bakgrund för att tillgodogöra sig innehållet i resten av arbetet.

Rapporten är avgränsad till att behandla just områdena livscykelanalys och livscykelkostnad, och innefattar inte grundläggande samhälls- och transportekonomi.

Resultatdelen med kartläggning av modeller för LCA respektive LCC är avgränsad till befintliga modeller som använts i olika projekt i de nordiska länderna. Projekt och modeller som utgör resultatet är uteslutande baserat på vad som framkommit via kontakt med utvalda personer i de nordiska länderna. I arbetet ingår inte att ge en djupgående beskrivning av de undersökta modellerna. Det ligger också utanför ramarna att utveckla eller ta fram lämpliga grundmodeller för respektive område.

Avgränsningen till de nordiska länderna är naturlig med tanke på samarbetet med Nordiska Vägtekniska Förbundet, NVF.

## **2 Metod**

Första delen av examensarbetet är en teoridel som utgörs av en litteraturstudie där viktiga begrepp och termer definieras. Litteraturstudien är uppdelad på en del för LCA och en del för LCC. Respektive del förklarar på generell basis bakgrunden till begreppen, vad syftet är med användningen av de bägge och hur tillvägagångssättet är när en LCA- respektive LCC-analys skall upprättas. Utöver detta berättas kort hur en LCA kan tillämpas inom vägområdet och för LCC redogörs vad som ingår i kostnadsmodellen, hur livslängd och kostnadsfaktorer hanteras och vad det finns för olika kalkylmetoder att tillgå för att utvärdera och jämföra alternativa investeringar ur ett ekonomiskt perspektiv. De sista två teoriavsnitten för LCC handlar om upphandling och försäljning utifrån LCC-perspektiv. LCC som är mer utbrett än LCA får av denna anledning utgöra en större del i litteraturstudien.

Litteraturstudien ligger till grund för att innebörden av olika begrepp skall vara desamma för alla läsare. Materialet till studien har inhämtats från böcker, rapporter och publikationer i ämnena. Mycket material har hämtats från bibliotek, bl.a. biblioteket för Trafik och Samhällsplanering vid Trafik och väg på Institutionen för Teknik och samhälle i Lund. Andra bibliotek där information hämtats är VTI:s bibliotek och Vägverkets bibliotek. Material från andra nordiska länder än Sverige har delgivits av vår handledare och representanter inom NVF. Från kontaktpersonerna har även tips på lämplig litteratur framkommit.

Nästa del i arbetet är resultatdelen som presenterar vad som framkommit genom kontaktpersoner. Denna del tillkom genom att personer från de nordiska länderna fick

möjlighet att svara på frågor via enkät. Några av dessa kontaktades även via telefon och e-post vid ett par tillfällen för att svara på kompletterande frågor.

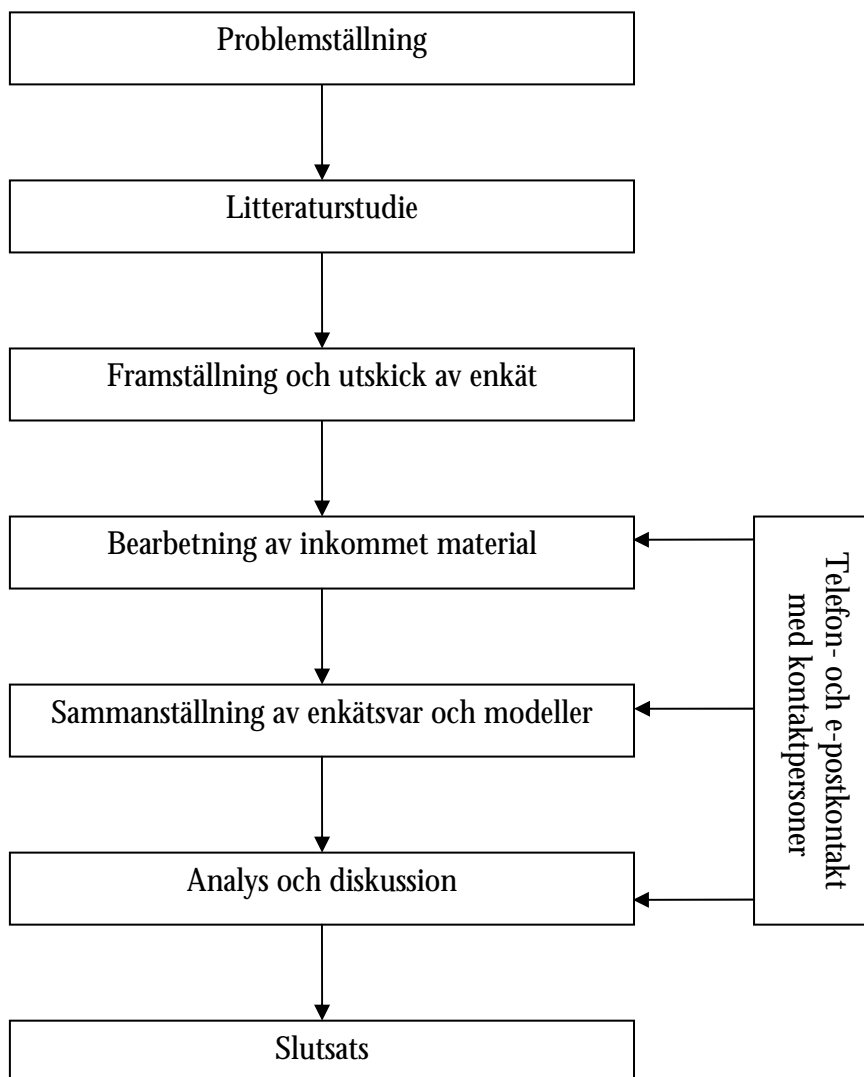
Kontaktpersonerna, som en del är representanter från NVF, är representativa för vägbyggnadsområdet. NVF är en sammanslutning av personer från såväl statlig, kommunal och privat sektor och representerar en samlad kunskap inom vägområdet. Kontaktpersonerna har förmedlats via handledare i ett första skede. Genom kontaktpersonerna förmedlades nya kontakter med personer med kunskap och erfarenhet om LCA och LCC.

Enkäten omfattade ca. 15 frågor på vardera LCA och LCC. Frågorna, som var av typen "JA" och "NEJ" eller flervalfrågor, berörde bl.a. erfarenheter, tankar och synpunkter om LCA och LCC. Enkäten i sin helhet med sammanställning av svar i både text- och diagramform finns i Bilaga 1 och 4.

Kapitlet som följer enkätsvaren, och som också utgör en del av resultatet, handlar om modeller för LCA och LCC. Kapitlet består av de modeller för LCA och LCC som framkommit genom våra kontaktpersoner. Det innefattar en kortare redogörelse av respektive modell och det omnämns något projekt där respektive modell har använts. För skapandet av den här delen har få färdiga manualer eller skrifter funnits tillgängliga. Istället har modellerna studerats och mycket eget arbete har lagts ner på att skapa en sammanställning av respektive. Liksom litteraturstudien är resultatet uppdelat på en del som handlar om LCA och en del som handlar om LCC.

Arbetet fortsätter med en analys och diskussion av vad som framkommit i studien. Kapitlet summerar studien och visar hur situationen i Norden är idag avseende LCA och LCC. Det är en sammanknytning som botten i teorikapitlet men som bygger på enkätsvaren. Svårigheterna med användningen av begreppen LCA och LCC för vägändamål diskuteras, och vad som kan och bör göras framöver för att förenkla och öka användningen av begreppen. Diskussioner och synpunkter är dels utifrån författarnas synvinkel men också influerade av tankar från personer som svarat på dels enkät och ställt upp på frågor via telefon och e-post. Avslutningsvis i examensarbetet finns slutsats.

Figur 2.1 visar schematiskt hur examensarbetet genomförts.



**Figur 2.1 Schematisk bild av arbetsgång**

## 3 Litteraturstudie – LCA

### 3.1 Bakgrund

Det finns ett stort antal metoder som kan användas för att underlätta bedömning av miljöaspekter i beslutsfattande. Idéer för att nå hållbarhet kallas ibland för koncept och de systematiska processer och matematiska modeller som används som stöd för ett visst koncept kallas verktyg. Exempel på koncept är "carrying capacity" (ekologisk bärkraft), rättvist miljöutrymme och industriell ekologi och exempel på verktyg är miljökonsekvensbeskrivning, livscykelanalys och cost-benefit-analysis (Moberg et al., 1999).

Miljöbedömning är ett brett och komplext begrepp. Av denna anledning är det ofta aktuellt att tala om ett system och systemsynsätt. I ett systemsynsätt försöker man skapa en modell som skall fungera som systemanalys. Modellen är ett angreppssätt för att erhålla ökad

förståelse för hela systemet och visa hur saker hänger samman och påverkar varandra. Med modellen skall det vara möjligt att utreda ett visst problem (Moberg et al., 1999).

Syftet med en systemanalys är att ge underlag för beslutsfattande och inte att ge ett exakt svar. Resultatet utgör ofta en del i ett större problem där olika aspekter värderas och jämförs sinsemellan. För beslutsfattande nyttjas resultatet tillsammans med en bedömning utifrån politiska beslut och moraliska värderingar (Moberg et al., 1999).

Tillvägagångssättet med en systemanalys skall helst följa uppställda riktlinjer så att beslutsfattare kan känna sig säkra på att alternativa val är undersökta och konsekvenserna utredda (Moberg et al., 1999).

### 3.2 Inledning

En produkts livscykelanalys (LCA) beskriver produktens liv från "vaggan till graven". Det börjar med energi- och materialutvinning från naturen och slutar då produkten är uttjänt och återförs till naturen genom förbränning eller kompostering, alternativt att produkten deponeras eller återvinns till andra produkter. Mellan dessa steg är fasen då produkten nyttjas, alltså ändamålet med framställningen. Under samtliga steg i livscykeln finns faktorer som bör beaktas redan då man står inför valet att välja en produkt framför en annan (Rydh et al., 2002).

***LCA står för livscykelanalys eller livscykelbedömning (engelska; Life-cycle assessment). Den rätta benämningen borde vara bedömning då en LCA innehåller subjektiva bedömningar, men för att undvika förvirring med förkortningen LCA används begreppet livscykelanalys här (Rydh et al., 2002).***

I takt med att miljötänkandet har blivit en allt viktigare del i samhället har det också blivit intressant att se helheten snarare än delarna. Livscykelperspektivet ger möjlighet till ett beslutsunderlag där alla delar beaktas och genom att jämföra hela livscykler för olika produkter kan den produkt som ger minsta totala miljöpåverkan väljas (Rydh et al., 2002).

Livscykelanalys är en metod som vuxit fram för att bedöma en produkts, aktivitet, tjänsts eller service påverkan på omgivningen utifrån ett miljöperspektiv. Framöver i rapporten får produkt även innefatta aktivitet, tjänst och service. Syftet med en livscykelanalys är att ge en så fullständig bild som möjligt av samspelet mellan en produkt och miljön. Den skall därmed kunna ligga till grund för bl.a. ökad förståelse för konsekvenser på miljön av en mänsklig aktivitet, utgöra beslutsunderlag, jämföra två eller flera produkter ur ett miljöhänseende, se var förbättringsmöjligheter finns i en produkts livscykel mm. En livscykelanalys analyserar just miljöpåverkan från ett system, d.v.s. ekologiska effekter, hälsoeffekter och resursförbrukning, men tar inte hänsyn till ekonomiska eller sociala aspekter. Av denna anledning kan det vara en fördel att kombinera livscykelanalysen med en ekonomisk modell för att sätta kronor på miljön (Moberg et al., 1999 och NVF, 1996 och Rydh et al., 2002 och Stripple, 1995).



Utvecklingen av livscykelanalyser startades under olje- och energikrisen på 1970-talet. Då gjordes livscykelanalyser med avseende på energi och kostnader i syfte att bedöma alternativa energikällor. I början lade man inte in några speciella miljövärderingar men med ökade föroreningsutsläpp ändrades synen. För att minska utsläppen och för att få fram återanvändningsbara och återvinningsbara produkter utvecklades LCA-metodik i allt snabbare takt (Moberg et al., 1999 och NVF, 1996 och Rydh et al., 2002 och Stripple, 1995).

De främsta föregångarna med livscykelanalyser har funnits inom förpackningsindustrin. Där har fokus varit på att utveckla plast- och pappförpackningar och glasflaskor som är återvinningsbara och miljövänliga. Utvecklingen har också påskyndats för att få fram bra beslutsunderlag, policies och lagar för produkter. Men med ökad användning av livscykelanalyser har även en del kritik framkommit. Kritiken har grundats främst på att analyser gjorda på samma produkt kan ge olika svar beroende på synsätt och mål för studien. För att ha gemensamma riktlinjer i arbetet med livscykelanalyser utvecklas en gemensam metodik och standardisering enligt ISO (International Organisation for Standardization) (ISO, 1997 och Moberg et al., 1999 och Rydh et al., 2002). Det arbete som lagts ner för att skapa standarder och riktlinjer för arbete med livscykelanalys är från SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) – *"Code of Practice"*, The Nordic Council of Ministers (Nordiska rådet) – *"Guidelines on Life-Cycle Assessment"* och ISO standards – *"ISO 14040 och ISO 14041"* (NVF, 1996).

### 3.3 Användning av livscykelanalys

Idag när intresset för miljöfrågor och miljöproblem har ökat och när uttryck som uthållig resursförbrukning blivit allt viktigare finns det anledning att arbeta med livscykelanalys. Styrkan med livscykelanalys är att denna innefattar hela processen och allt som kan hänföras till densamma. Studien fokuserar alltså inte på en specifik egenskap utan det är helheten som är av betydelse. Livscykelanalys är ett flexibelt verktyg för att bedöma den potentiella miljöbelastning en produkt kan medföra. Verktöget har ett väldigt brett användningsområde och kan fungera för mycket komplexa system. Generellt gäller dock att en livscykelanalys inte ger ett exakt svar utan fungerar som stöd och underlag för beslutsfattande. Genom att använda livscykelanalys undviker man att missa delar som ligger en liten bit ifrån själva produktanvändningen (Baumann et al., 2004).

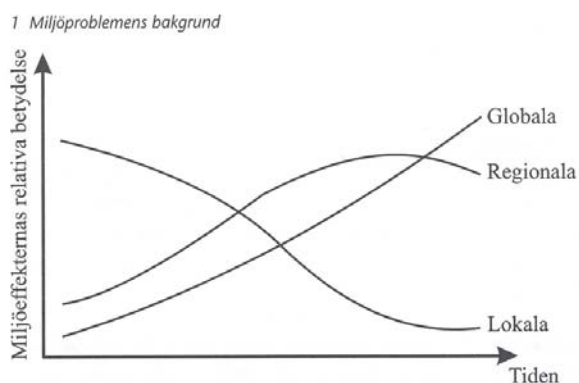
Livscykelanalys som är ett väldigt brett begrepp fungerar för flera olika ändamål, några av dem är enligt Baumann et al. (2004) att:

- Bedöma en produkts miljöbelastning
- Välja mellan två eller flera produkter ur ett miljöhänseende
- Lära sig en produkts livscykel
- Se var i en produkts livscykel svagheter och förbättringsmöjligheter finns
- Se vilka aktiviteter i en produkts livscykel som bidrar mest till miljöpåverkan
- Se vilka konsekvenserna blir om en viss process förändras på ett visst sätt
- Se vilka konsekvenserna blir om ett visst material byts ut mot ett återvinningsbart

- Stödja och utveckla en produktionsprocess
- Medverka till strategisk planering

***Det vanligaste användningsområdet för livscykelanalys är emellertid för att bedöma en produkts miljöbelastning (Rydh et al., 2002).***

Den miljöbelastning en produkt kan medföra kan vara av olika omfattning och storlek. Normalt görs en indelning i huruvida miljöeffekterna är **lokala**, **regionala** eller **globala**. Miljöpåverkan som sker nära, geografiskt sett, tillhör de lokala miljöeffekterna. Dessa är ofta påtagliga vid källan men märks inte på större avstånd. Problem på lokal nivå som vi ser idag är bl.a. marknära ozon, smog och jorderosion. Miljöeffekter där effekterna märks på lite större avstånd och inom en viss region, i storlek mellan 100 och 1000 kilometer, kallas regionala effekter. Ofta brukar det vara svårt att hänföra de regionala miljöeffekterna till en viss källa och man pratar istället om diffusa källor. Försurning, radioaktivt nedfall och fiskdöd i Östersjön är några exempel på regionala miljöeffekter. Miljöeffekter som påverkar hela jorden oavsett ursprung tillhör de globala miljöeffekterna. Det vanligaste och tydligaste exemplet på en global miljöeffekt är växthuseffekten. De globala miljöeffekterna är ofta väldigt komplexa och ofta mycket svåra att lösa. De kan också i sitt ursprung ofta verka vara av ringa art för att med tiden få större påverkan på miljön. Omvänt gäller för de lokala miljöeffekterna, att dess relativa betydelse för miljön är störst i början men avtagande med tiden. De regionala miljöeffekterna har något större betydelse för miljön än de globala fram till viss tidpunkt då betydelsen av de regionala effekterna minskar (Rydh et al., 2002). Figur 3.1 visar en schematisk bild över förhållandet mellan de olika miljöeffekternas relativa betydelse och tiden.



***Figur 3.1 Miljöeffekternas utveckling över tiden (Rydh et al., 2002)***

En livscykelanalys kan också vara ett mycket bra redskap för att bedöma vilka parametrar som har stor betydelse för miljön och var i livscykeln förbättringsmöjligheter för produkten finns. Dock kräver det mycket kunskap och information för att göra en heltäckande livscykelanalys och man måste vara väl insatt i hur metoden fungerar för att kunna nyttja den. Som i många andra modeller gäller även här att "vad man stoppar in kommer ut". Alltså, viktigt att komma ihåg, dålig indata ger dåligt resultat, bra indata **kan** ge bra resultat (Rydh et al., 2002).

***Generellt sett är det lättare att tolka en livscykelanalys där två eller flera produkter jämförs än en analys där miljöeffekterna från bara en produkt bedöms. Det är alltså lättare att säga om ett alternativ är bättre eller sämre än ett annat, än att säga om det enda alternativet är bra eller mindre bra (DNV, 1996).***

En svårighet med att skapa en bra livscykelanalys är att finna bra och relevant indata. Ofta kan det vara svårt att veta hur stor miljöpåverkan är för en specifik detalj och hur effekten för denna är på lokal, regional och global nivå. Bedömningarna blir därför ofta generella eller också kan det förekomma felaktiga subjektiva viktningar av miljöproblemets art. Det är också lätt hänt att aktuella miljöproblem bedöms på ett annat sätt än miljöproblem som inte är lika aktuella. Som underlag för bedömning bör livscykelanalyser kompletteras med annan analys, t.ex. riskanalys eller kostnadsnyttokalkyl, för att fungera bra (Rydh et al., 2002).

Något som kan vara värt att tänka på är att en livscykelanalys normalt ej är platsspecifik. Det innebär att hänsyn inte tas till de aktuella förhållandena på platsen i fråga, vilket kan ha betydelse då motståndskraften mot olika föroreningar vanligtvis varierar mellan olika platser. På detta sätt skiljer sig en livscykelanalys gentemot en miljökonsekvensbeskrivning som är platsspecifik (DNV, 1996).

***Livscykelanalysen visar följaktligen på potentiell miljöpåverkan vilket kan medföra en viss felmarginal i resultatet. (DNV, 1996).***

### 3.4 Arbetsgång med livscykelanalys

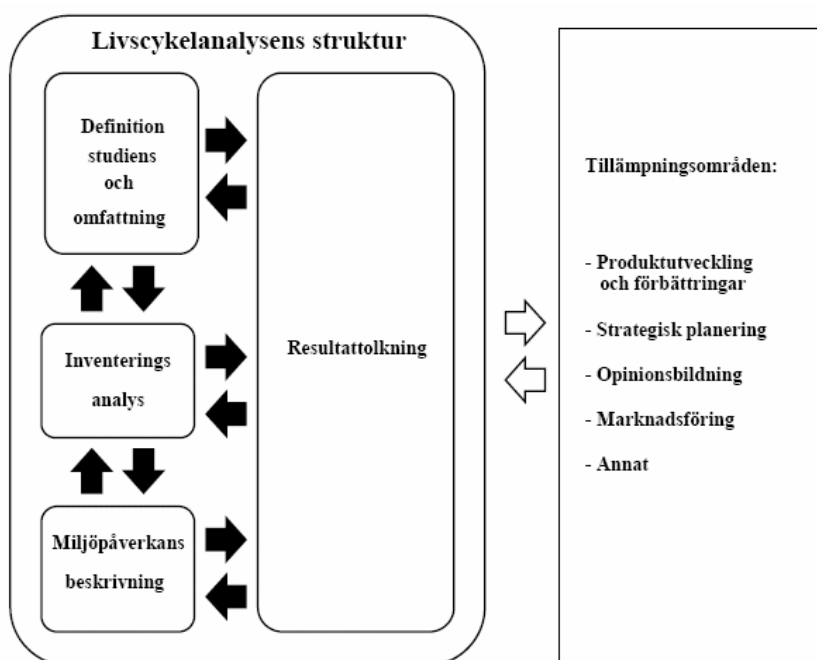
Att genomföra en hel livscykelanalys kräver stor ansträngning. Hela produktionsprocessen skall studeras och det krävs insamling av data beträffande material, miljö och hur olika emissioner verkar. Enligt den standard som SETAC utarbetat för en fullständig livscykelanalys utgörs denna av fyra delar:

- ***Målbeskrivning och omfattning/avgränsning***  
Målsättningen bestäms och val av metoder och avgränsningar för kommande delar i analysen beskrivs och motiveras.
- ***Inventeringsanalys***  
I detta steg beskrivs alla material- och energiflöden till och från systemet.
- ***Analys och värdering av miljöpåverkan***  
Momentet kan delas in i underkategorierna, klassificering, karakterisering och värdering. I klassificeringssteget definieras de miljöproblem som in- och utflödena kan ge upphov till. De olika flödena delas upp i effektkategorier. I karakteriseringen läggs de olika flödenas bidrag inom de olika effektkategorierna samman. De olika effektkategorierna vägs mot varandra och värderas utifrån politiska mål och beslut.

- **Analys och värdering av förbättringsmöjligheter**

Här tolkas resultat och analysen utvärderas. Måldefinitionen skall uppfyllas (Stripple, 1995).

I figur 3.2 ses en schematisk bild över livscykelanalysens struktur.



**Figur 3.2 Livscykelanalysens struktur (Moberg et al., 1999)**

I första steget, målbeskrivningen, skall måldefinition och omfattning framgå. För utförandet av livscykelanalysen är det viktigt att detta görs välformulerat och riktigt definierat. Det skall framgå varför studien görs och vad som skall uppnås, och även till vem resultatet riktar sig. Man bör fundera igenom vilka resultat man vill ha och vilka man kan få. Detta är avgörande för hur omfattande studien måste vara och hur man väljer att sätta upp gränser. Det visar också om det överhuvudtaget är rätt att göra en livscykelanalys. För att inte skapa förvirring krävs förklaring till varför vissa processer valts att ha med och varför vissa utelämnats. Det ingår också att tala om vilka emissioner och vilka påverkningar på miljön som är av studieintresse (Baumann et al., 2004 och Rydh et al., 2002). För att livscykelanalysen skall innefatta de miljöproblem man valt att studera krävs att man har kunskap om när i tiden de uppträder. Av denna anledning är det viktigt att en tidshorisont väljs som sträcker sig till dess att effekterna är märkbara. Dock är det viktigt att tidshorisonten som väljs inte är längre än nödvändigt eftersom det efter väldigt lång tid kan uppstå andra miljöeffekter som inte beaktats (DNV, 1996).

Steg två i analysen är inventeringsanalysen. I detta steg samlas relevant och bra data in som kommer att påverka resultatet, och modellen byggs upp innanför de gränser som satts upp i måldefinitionen. Materialflödet uttrycks ofta i ett flödesschema som visar vilka aktiviteter som ingår i produktionen, t.ex. uttag av råmaterial från naturen, transport, förädling,

försäljning, användning osv. Det kan vara en fördel om man inte i ett tidigt skede går in alltför detaljerat i flödesschemat utan håller det brett så att delsteg inte missas. I inventeringen ingår också att samla in data för de olika aktiviteterna, t.ex. energiåtgång, tidsåtgång, utsläpp, emissioner, resursförbrukning etc. Att finna dessa data kan ofta vara ett väldigt tidsödande arbete (Baumann et al., 2004 och Rydh et al., 2002 och Stripple, 1995). Datakällor som används kan vara statistiska databaser, teoretiska beräkningar och uppskattningar, mätningar och särskilda databaser för livscykelanalyser. Vanligtvis används flera olika typer av källor (DNV, 1996). De data som samlas in skall uttryckas i en funktionell enhet som kan relateras sinsemellan. En funktionell enhet kan vara ett längdmått, ett viktmått, ytmått, energiinnehåll eller något annat (Baumann et al., 2004 och Rydh et al., 2002 och Stripple, 1995).

I en tillverkningsprocess kan i vissa fall mer än en produkt vara inblandad. Då skall miljöbelastningarna fördelas mellan de olika produkterna, detta kallas allokering. Upphovet till allokeringsproblem kan ha tre olika grunder, **multi-output**, **multi-input** och **open-loop-recycling**. Multi-output är fallet då resultatet från en tillverkningsprocess är mer än en produkt. När flera produkter gemensamt ingår i en process kallas det multi-input. Det sista fallet, open-loop-recycling (på svenska även kaskadåtervinning), är situationen då en produkt återvinns för att användas i en annan tillverkningsprocess. Då skall miljöbelastningarna för den återvunna produkten fördelas även med den nya. Det innebär att även om man använder återvunnet material i en tillverkningsprocess kan man inte anse sig helt fri från de miljöbelastningar som är knutna till materialutvinningen för produkten (Baumann et al., 2004 och Rydh et al., 2002 och Stripple, 1995).

I livscykelanalysens tredje steg, miljöpåverkansbedömning, skall den information som framkommit ur inventeringsanalysen om vilka emissioner och resursnyttjanden som är aktuella kopplas till vilka effekterna blir på omgivningen. Redan i måldefinitionen har det redogjorts för vad som skall ingå i analysen och varför. För att minska resultaten från inventeringen till en hanterbar mängd skall de data som är viktiga för miljön sorteras ut och vägas samman i en viss datakategori. Det förekommer också ytterligare förenkling genom att inventeringsdatan viktas samman till ett gemensamt värde. För miljöpåverkansbedömningen och för att börja bryta ner inventeringsdatan är första steget att göra en klassificering. Klassificeringen innebär att de olika typer av miljöproblem som de emissioner som identifierats i inventeringen kan ge upphov till beskrivs. Emissionerna grupperas också under respektive miljöproblem som de **kan** ge upphov till. För en fullständig livscykelanalys har SETAC upprättat en lista över effektkategorier som bör ingå.

- 1. Resursförbrukning
  - 1.1 Energi och material
  - 1.2 Mark
  - 1.3 Vatten
  
- 2. Hälsoeffekter
  - 2.1 Toxiska effekter (inklusive arbetsmiljö)
  - 2.2 Fysiska effekter
  - 2.3 Psykologiska effekter
  - 2.4 Sjukdomar orsakade av biologiska organismer

- 3. Ekologiska effekter
  - 3.1 Växthuseffekten
  - 3.2 Nedbrytning av stratosfäriskt ozon
  - 3.3 Förurning
  - 3.4 Eutrofiering av akvatiska system
  - 3.5 Eutrofiering av terrestra system
  - 3.6 Bildning av fotokemiska oxidanter
  - 3.7 Ekotoxiska effekter
  - 3.8 Effekter på den biologiska mångfalden

4. Inflöden som ej följts ända från "vaggan"

5. Utflöden som ej följts ända till "graven"

4 och 5 utgör inte effektkategorier på samma sätt som 1, 2 och 3 men skall finnas med för att inget skall glömmas bort (Stripple, 1995).

För varje livscykelanalys är det dock inte nödvändigt att samtliga kategorier ingår utan det kan variera beroende på målet med studien. Är det så att en förorening kan kopplas till mer än en miljöeffektkategori så får man bestämma sig för vilka miljöeffektkategorier som är relevanta i just denna studie (Rydh et al., 2002 och Stripple, 1995).

Nästa del i bedömningen av miljöpåverkan är karakteriseringen. I detta steg skall de ingående flödenas bidrag till effektkategorierna utredas och summeras. Det görs genom att ingående inventeringsdata i respektive data- och miljöeffektkategori tilldelas ett värde som visar dess storlek/effekt. Detta värde skall kunna relateras till de andra inom samma kategori och man kallar det för karakteriseringsindex, alltså hur kraftigt detta bidrar till miljöbelastningen i fråga. För att kunna summera olika emissioners bidrag krävs en omräkning till samma "enhet". Enhet i detta fall handlar om ekvivalenter. T.ex. för växthuseffekten gäller att olika bidrag uttrycks i koldioxidekvivalenter (Stripple, 1995).

Sista delen i miljöpåverkansbedömningen är att värdera olika miljöproblem och vikta samman dessa till ett gemensamt värde som visar den totala miljöpåverkan. Det finns ingen riktigt bra metod för detta då det är mycket svårt att väga olika problem mot varandra på naturvetenskapliga grunder. Av denna anledning sker en subjektiv bedömning med en viktning som utgår från politiska målsättningar och beslut. Har man väl gjort en viktning till ett gemensamt värde är det enkelt att tolka och jämföra med andra alternativ (Stripple, 1995).

Det fjärde och sista steget i livscykelanalysen är att tolka resultatet. I detta steg ingår, utöver att tolka resultatet, att studien skall utvärderas och att begränsningar i studien skall förklaras. Det är det viktigaste steget i analysen och det är här måldefinitionen skall uppfyllas. Dessutom, om möjligt, skall steget ge slutsatser och rekommendationer. Som avslutning är det bra om det görs en osäkerhetsanalys samt en känslighetsanalys. Syftet med en osäkerhetsanalys är att fastställa inom vilka intervall modellens resultat kan variera, beroende på de samlade effekterna av variationer i inventeringsdata. För att bedöma vilka effekter de valda metoderna och indata har på studiens resultat görs en känslighetsanalys (Rydh et al., 2002).

### 3.5 Tillämpning inom vägkonstruktion

Varje väg är unik i det avseende att ingen är den andra helt identisk. Det är varierande förhållanden med avseende på bl.a. terräng, klimat och prognostiserad trafiksituation på olika platser, varför uppbyggnad, materialinnehåll och materialåtgång blir olika. Det resulterar även i att drift och underhåll av olika vägar, och olika delar av en vägs sträckning, varierar. Av denna anledning är det svårt att använda en analysmodell som passar för samtliga vägars hela livscykel. Men genom att bryta ner livscykeln i delprocesser kan de olika delarna studeras och metoden kan följa den vanliga standarden för livscykelanalys (Stripple, 1995).

För en väg börjar livscykeln med projektering och byggnation. I detta skede utförs mycket omfattande arbetsmoment för att ge vägen rätt sträckning och konstruktion. När vägen väl är byggd och börjar brukas påbörjas drift och underhållsarbetet. I det ingår att hålla den standard som är föreskriven med bl.a. vinterväghållning, skötsel av diken och kringutrustning, beläggningsarbeten och arbeten i väggroppen mm. Drift och underhållsfasen pågår under hela den tid vägen används och insatserna kommer till stor del att vara en följd av vilken trafikbelastning och vilket klimat som råder (Stripple, 1995).

En väg har normalt en väldigt lång livslängd och i dimensioneringsskedet handlar det ofta om 20-40 år. I praktiken innebär det dock ofta att en väg inte har ett slut utan att ett kontinuerligt underhåll gör att vägen lever vidare och att materialet i konstruktionen successivt byts ut. För att ändå kunna fastställa en livslängd vid skapandet av en livscykelanalys för en väg ansätts 40-60 år enligt SIKAs (2005) rekommendationer. Efter denna tid kan man anta att inget eller bara väldigt lite av den ursprungliga konstruktionen finns kvar (Stripple, 1995). Det kan dock finnas anledning att ifrågasätta hur livslängden skall hanteras med tanke på betydelsen för restvärdet (se **Kapitel 4.8**).

För att få en hanterbar situation när en livscykelanalys skapas för en väg krävs att man gör vissa avgränsningar vad det gäller produktionskedjan, som i många fall är mer komplex än för andra "vanliga" produkter. Ofta kan det vara lämpligt att fasta kapitalinvesteringar utesluts ur analysen och bara driften tas med. Det vanliga är också att produktionen av arbetsmaskiner inte analyseras utan bara drivmedelsförbrukningen liksom att tillverkning av produktionsanläggningar för cement, asfalt och dylikt inte inkluderas men däremot driften av dem. För produktionen av elenergi kan data för svensk genomsnittsel användas. Görs analysen i syfte att jämföra två eller flera vägar/konstruktioner kan det vara möjligt att förutsätta att vissa moment är desamma för alternativen och därmed bortse från dem. Däremot kan man fundera på om det är möjligt att uppskatta storleken på de eventuella fel som kan förekomma när somliga bitar utelämnas. Är det möjligt kan det vara bra att kommentera detta (Stripple, 1995).

I inventeringsanalysen för en väg utgörs delkomponenterna av faktorer som visar emissioner, energianvändning och resursförbrukning för olika aktiviteter uttryckt i exempelvis per antal fordonskilometer, antal m<sup>3</sup> schakt, antal meter väg etc. Den funktionella enheten som väljs är den mest lämpliga i det specifika fallet (Stripple, 1995).

## 4 Litteraturstudie – LCC

### 4.1 Bakgrund

Målet med samhällsplanering är att antingen maximera nyttan eller minimera kostnaderna för samhället som helhet. All nytta kan inte prissättas vilket gör beslutstagandet svårt. Dessutom löper offentliga investeringar inom infrastrukturen ofta över långa tidsperioder vilket också bidrar till svårigheten att för planeraren utan osäkerheter uppskatta nyttor och kostnader. Förutom detta optimeras lösningarna huvudsakligen till de medel som beställaren från offentliga sektorn har till sitt förfogande, istället för till samhället i stort. Detta beror till stor del på hur den offentliga sektorn är organiserad och hur budgetplanering i vissa fall tar bort incitamentet för att välja mer optimala lösningar sett ur ett större perspektiv (Sund, 1996). En annan faktor som hämmat utvecklingen inom anläggningsbranschen är den sedvanliga användningen av utförandeentreprenader. På grund av detta begränsas entreprenörens inflytande över projektet och drivkraften för att komma med egna kreativa idéer försvinner. För att stimulera entreprenören till att komma med nya metoder och material och för att utveckla byggbranschen har total- och funktionsentreprenader utvecklats. Dessa alternativa entreprenadformer går ut på att beställaren ställer funktionskrav på produkten men inte specificerar tillvägagångssättet för att uppnå dessa. I en funktionsentreprenad ansvarar entreprenören även för drift och underhåll en tid efter färdigställandet av produkten i fråga. Detta tvingar entreprenören att tänka mer långsiktigt och inte bara välja den billigaste produktionslösningen. Kostnader över hela livscykeln kan därför antas bli lägre vid användande av funktionsentreprenad, vilket ur ett samhällsekonomiskt perspektiv är intressant (Olsson, 1993 och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, 1985 och Sveriges Mekanförbund, 1984).

Att beakta den totala ekonomin har länge varit känt för vägprojektörer, men inte förrän på senare år har livscykelkostnadsbegreppet kommit att uppmärksammas ordentligt inom vägbyggnadsområdet (Sund, 1996).

### 4.2 Inledning

***LCC står för engelskans Life Cycle Cost och i svensk översättning livscykelkostnad  
LCC-tekniken kan användas för att under en produkts livslängd påverka totalkostnaden  
(Sveriges Mekanförbund, 1984).***

Begreppet Whole Life Costing (WLC) förekommer också synonymt med LCC (Huvstig, 2000). Kärnan i livscykelkostnadstänkande är att de beslut som fattas ska baseras på alla kostnader som de kan tänkas påverka. Alla kostnader av betydelse som kommer att påverkas eller uppstå då en investering görs tas med i beräkningen av totalkostnaden (Schaub, 1990). Livscykeln eller livslängden kan vara den faktiska livslängden för produkten i fråga, men kan också vara ett i förväg bestämt antal år. T.ex. så kan en överblickbar tid väljas där användandet av produkten och kostnadsutvecklingen är förutsägbar (Sveriges Mekanförbund, 1991).



Livscykelkostnad har kommit att bli ett intressant begrepp när det för många produkter eller investeringar är så att kostnader för drift och underhåll och stillestånd överstiger kostnaderna för inköpet. Att få ett mått på den totala livslängdskostnaden kan säga mycket mer än bara inköpspriset och även visa på hur lönsam en investering är. Livscykelkostnader innefattar kostnader för:

- Kapitalinvestering, inköp
- Uppförande, installering
- Driftkostnad med bl.a. personal och energi
- Underhållskostnad för förebyggande och avhjälpande underhåll
- Stilleståndskostnader i form av merkostnader och produktionsförluster
- Intäktsbortfall på grund av stillestånd
- Avfalls- och återvinningshantering

(Sveriges Mekanförbund, 1984).

För att kunna tillämpa LCC behövs en modell som på något sätt speglar totalkostnaden för produkten. Eftersom modeller kan skilja sig åt är det viktigt att alltid, då man talar om LCC, visa vilken modell som ligger bakom. För att ta fram en LCC-modell utreder man först vad som är relevanta kostnader och försöker sen uppskatta storleken på dessa (Schaub, 1990). De kostnadsposter som tas med i modellen och hur de beräknats redovisas samt vilka poster som inte tagits med och varför (Sveriges Mekanförbund, 1984). Känslighetsanalys kan med fördel användas för att kontrollera vad som händer om de uppskattade kostnaderna är fel (Schaub, 1990).

LCC är framförallt ett viktigt redskap för att påverka det slutgiltiga utförandet av ett framtida projekt i ett tidigt skede. Genom att hänsyn till livscykelkostnader tas redan i projekteringsstadiet kan besparingar göras i produktions- och driftfasen, även om de initiala kostnaderna kan bli högre (Wittenfelt, 2004). LCC metodiken ställer högre krav på såväl beställare som utförare eftersom mer detaljerade uppgifter behöver tas fram jämfört med vid vanliga investeringskalkyler (Schaub, 1990). Analysens detaljeringsgrad beror i huvudsak av investeringens storlek (Walls et al., 1998). Livscykelkostnadsanalyser är också lämpliga när det handlar om att jämföra produkter eller alternativa lösningar med samma funktion och prestanda. Står man inför ett val där funktion och prestanda skiljer mellan olika val kan det vara aktuellt att även jämföra intäkterna över samma period, s.k. Life-Cycle Income (LCI). Sammantaget kan jämförelsen livscykelvinst, Life-Cycle Profit (LCP), upprättas (Sveriges Mekanförbund, 1991).

### ***4.3 Användning av livscykelkostnadsanalys***

Livscykelkostnadsstudier kan vara intressant för några olika ändamål. En vanlig situation, kanske den vanligaste, när livscykelkostnad är intressant, är när man står inför valet att välja en produkt eller lösning framför någon annan. Livscykelkostnaden kan här vara till hjälp för att göra en avvägning av vilket alternativ som verkar mest lämpligt ur ett kostnadshänseende, vilket är den vanliga beslutsgrunden. För en sådan avvägning ställs

förhållandevis lite krav på hur modellen skall se ut, då man endast vill erhålla en rangordning av alternativen. Det som är viktigt är att skillnaderna mellan alternativen behandlas medan moment där kostnaderna kan anses vara desamma kan uteslutas ur modellen (Sveriges Mekanförbund, 1984).

Ett annat användningsområde för livscykelkostnad är projektstyrning. För projektstyrning kan en välstrukturerad budget där livscykelkostnad tas i beaktande ge ett bättre underlag för inköp, investeringstidpunkt, tidsplanering, framtida drift och underhållsintervall och kostnader för dessa. Ofta har kostnaden bara innefattats av initialkostnaden vilket betyder att inga pengar avsatts till kostnader längre fram i tiden. För att tillämpa LCC-modeller på rätt sätt med framtida kostnader ställs framförallt krav på kvalitativ indata för att resultatet ska ligga på rätt nivå. Skillnaden gentemot en vanlig budget är inte så stor men fokus ligger något mindre på inköpspris och mer på kostnader utdragna över en "livstid". Detta förhållningssätt ställer dock högre krav på förmågan att kunna göra bedömningar om framtiden och hur utvecklingen kan te sig (Sveriges Mekanförbund, 1984).

Modeller för livscykelkostnader kan också användas av beställaren som ett medel att uttrycka prioriteringar och krav gentemot utföraren. Beställaren tvingas i ett tidigt skede att fundera över och noga ange de krav han har (Wittenfelt, 2004). De faktorer som beställaren anser vara av stor betydelse inkluderas i modellen och översätts till kostnader (Sveriges Mekanförbund, 1984). Modellen behöver vara så pass detaljerad att kraven kommer fram på det sätt som önskas (Schaub, 1990).

#### ***4.4 Arbetsgång med livscykelkostnadsanalys***

Normalt ändras och omarbetas en livscykelkostnadsanalys flera gånger innan ett tillfredsställande slutresultat uppnås. Orsaken till det är ofta att förutsättningarna förändras under arbetets gång eller att resultatet visar något som inte var tänkt från början. Livscykelkostnadsanalyser som görs i ett tidigt skede i en produktion bygger ofta på väldigt osäkert underlag som i slutändan ger ett osäkert resultat. Men utifrån resultatet kan mer rättvisande information erhållas och görs en ny livscykelkostnadsanalys kan resultatet bli allt säkrare (Olsson, 1993 och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, 1985 och Sveriges Mekanförbund, 1984).

***Livscykelkostnadsanalyser kan därför sägas vara iterativa processer som kräver omarbetning och mer precisa indata allteftersom resultat ges (Olsson, 1993 och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, 1985 och Sveriges Mekanförbund, 1984).***

Livscykelkostnadsanalyser fungerar vanligtvis som underlag i beslutsfattande situationer, t.ex. för att välja lösning utifrån olika alternativ. Det första steget som krävs för uppbyggnad av en livscykelkostnadsanalys är att identifiera vad det är för beslut som skall fattas. Det är viktigt att tidsramen för när beslutet skall vara fattat är klagjord så att arbetet inte drar ut på tiden. För att se till att alla delmoment i arbetsprocessen tillägnas tillräckligt med tid kan en tidplan upprättas. Det är viktigt att analysen är komplett och att alla

ingående delar redovisas på ett lättbegripligt och hanterbart sätt (Olsson, 1993 och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, 1985 och Sveriges Mekanförbund, 1984).

En bra målformulering kan vara till stor hjälp för att skapa en bra livscykelkostnadsanalys för det tänkta ändamålet. Det gäller att ambitionsnivån ligger på rätt nivå så att studien får den kvalitet den skall ha. Målformuleringen är också avgörande för vilka förutsättningar och vilken data som krävs för arbetet. Ibland kan det visa sig vara möjligt att göra egna uppskattningar medan det andra gånger behövs väldigt detaljerad information i något skede (Olsson, 1993 och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, 1985 och Sveriges Mekanförbund, 1984).

I en livscykelkostnadsanalys är det centralt hur de ekonomiska delarna hanteras. En livscykelkostnadsanalys görs i syfte att se hur just kostnaderna över en lång period blir och då är det viktigt att kalkylränta, inflation och livslängd beaktas (Olsson, 1993 och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, 1985 och Sveriges Mekanförbund, 1984). Som alltid när man jobbar med modeller är det viktigt att ha i åtanke att det modellen visar är en förenkling av verkligheten som kan vara baserad på antaganden. För modellen gäller också att resultatet inte blir bättre än de data som stoppas in. Är indata osäker kan man inte räkna med att modellen ger ett tillförlitligt svar utan bara en fingervisning om hur fallet skulle kunna bli i situationen i fråga (Olsson, 1993 och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, 1985 och Sveriges Mekanförbund, 1984).

Livscykelkostnadsanalys för vägkonstruktioner är en typisk analys på projektnivå. För att effektivt kunna använda LCC-analyser som ett hjälpmedel vid beslutsfattande behövs en väl definierad och standardiserad metod. Ett viktigt skäl för att använda sig av livscykelkostnadsanalyser är att det ska löna sig, d.v.s. att kostnaderna för att implementera och utföra analyserna skall vara mindre än de besparingar man gör i livscykelkostnad för vägkonstruktionen i fråga (Sund, 1996).

En strategi har utvecklats för att skapa LCC-analyser för vägprojekt som syftar till att komma till så stor nytta som möjligt för väghållaren. Den består av nedanstående fyra steg:

- 1) Val av studieområde
- 2) Generering av alternativ
- 3) Utvärdering av designalternativ
- 4) Val av designalternativ

(NCHRP 122, 1985)

#### ***Val av studieområde***

I detta fall är studieområdet vägkonstruktion.

#### ***Generering av alternativ***

Eventuella utmärkande drag för det aktuella projekteringsområdet identifieras och designkrav specificeras. Därefter följer en brainstorming för att ta fram möjliga designalternativ. En mängd lösningar fås som sedan reduceras till de mest lovande (NCHRP 122, 1985).

### ***Utvärdering av designalternativ***

Denna fas består i att minska ner de kvarvarande alternativen från föregående steg ytterligare. En första gallring görs där dessa bedöms bl.a. efter hur lätt eller svårt det är att genomföra deras respektive koncept, hur väl alternativen uppfyller funktionskraven samt storleken på besparade initial- och livscykelkostnader. Fördelar och nackdelar med varje designalternativ skall på ett objektivt sätt tas ställning till. De som sedan återstår utvecklas vidare för att därefter innehålla så korrekta och fullständiga kostnadsuppskattningar som möjligt. Med detta som bas görs sedan livscykelkostnadsanalyser. En viktig fråga att också ställa i detta skede är huruvida alla användarnas behov tillfredsställs av de olika designalternativen (NCHRP 122, 1985).

### ***Val av designalternativ***

När livscykelkostnadsanalyserna är klara kan det slutliga valet mellan alternativen göras. Det alternativ med lägsta kostnad kan vara åtråvärt att välja men på grund av att andra faktorer (säkerhet, materialtillgång etc.) tas med i bedömningen kan mycket väl ett annat alternativ väljas. Om de två bästa alternativen har ungefär lika stora livscykelkostnader kan en känslighetsanalys utföras för att kontrollera hur de klarar av en eventuell förändring i indata eller i omständigheter (NCHRP 122, 1985).

## **4.5 Livscykelkostnadsmodellen**

Livscykelkostnads kalkyler görs i många fall för produkter eller projekt som löper över många år. I arbetet med livscykelkostnader finns några svårigheter att handskas med. Bl.a. hur alla ingående delar prissätts - ***kan allt prissättas?***, hur behandlas framtida kostnader, vilken är tidshorisonten - ***vad är livslängd?***, risk och osäkerhet mm. Vid användande av en modell måste strukturen diskuteras samt varför vissa delar finns med och andra inte. Några grundläggande bitar för att en modell skall vara användbar är att:

- Modellen behandlar den aktuella situationen
- Modellen är komplett och alla berörda kostnader finns med
- Modellen är utformad på ett lättillgängligt sätt och med hanterbar och tillförlitlig datamängd
- Modellens indata är identifierbar och unik
- Modellen har en väl beskriven struktur med förklaring till bakgrund och förutsättningar och med beskrivna ekvations samband
- Modellen skall kunna kontrolleras så att resultatet kan ses som tillförlitligt
- Modellen skall gärna vara billig att utveckla och använda

(Sveriges Mekanförbund, 1984)

## 4.6 Diskontering

All investeringsbedömning bygger på principen att samma mängd pengar har olika värde vid olika tidpunkter. Både kostnader och nyttor som uppstår vid olika tillfällen under ett projekts livslängd kan med hänsyn till inflation och deflation transformeras med hjälp av ett prisindex. Inflation innebär att för ett visst nominellt belopp kan du ena året köpa en specifik vara medan du nästa år eller nästa igen måste betala ett högre nominellt belopp för samma vara. Det omvända, något mer ovanliga fallet, deflation är att du kan köpa mer än den specifika varan för samma nominella belopp ett eller två år senare. Alternativet till att göra omräkningen är att bestämma sig för att alla kostnader uttrycks i ett specifikt års värde, både de kostnader som kommer tidigare än året i fråga och de som kommer senare. Då behöver man ej jobba med inflation och deflation från år till år utan man har ett konstant penningvärde. Det andra fenomenet som kräver hänsynstagande är att en investering som sker vid en viss tidpunkt måste antas ha en avkastning som motsvarar en alternativ satsning. T.ex. pengar som satsas i ett infrastrukturprojekt skulle även kunna sättas in på bank eller i värdepapper och få viss avkastning. För att motsvara den avkastning man räknar med att en infrastrukturinvestering skulle kunna få i en alternativ satsning, diskonterar man kostnaderna till en viss tidpunkt med hjälp av kalkylräntan (diskonteringsränta). Meningen med detta är att kunna jämföra in- och utbetalningar gjorda vid olika tidpunkter. Det tillfälle man diskonterar beloppen till är vanligtvis nutid eller början av ett planerat projekt (Sund, 1996). Värdet av en betalning vid denna tidpunkt kallas nuvärdet och summan av flera betalningars nuvärden kallas kapitalvärde (Nilsson et al., 1993).

Det finns två synsätt på hur diskonteringsräntan i infrastrukturprojekt ska väljas. Antingen väljs den så att den stämmer överens med statens låneränta eller så att den representerar den ränta som kunde ha fåtts om kapitalet funnits kvar i den privata sektorn. Genom att diskontera framtida kostnader och nyttor till ett nuvärde får dessa mindre betydelse för det beslut som ska tas vid den aktuella tidpunkten (Sund, 1996).

***Ju högre diskonteringsränta som används desto mindre blir effekten av framtida ekonomiska konsekvenser (Sund, 1996).***

Att välja vilken diskonteringsränta som ska användas kan göras på basis av om projektet finansieras genom offentliga eller privata medel. Vid privata investeringar finns ofta en realistisk alternativ användning av pengarna, vilket gör att en högre diskonteringsränta kan användas. Då samhället satsar pengar på ett projekt är inte målet kortsiktiga vinster utan att nå mer långsiktiga mål, vilka ofta grundas på politik och inte bara ekonomi. Därför kan inte samma tankesätt appliceras på alla offentliga investeringar (Sund, 1996). För infrastrukturprojekt i Sverige sätts kalkylräntan ofta till 4 % när det är en satsning från offentliga sektorn. Är det en företagsekonomisk investering används schablonen 7 % för kalkylränta (SIKA a, 2005).

## 4.7 Analysperiod

Analysperioden är den tidsperiod som används för att jämföra olika designalternativ. För projektering av nya vägar rekommenderar SIKA att tidsperioden skall ligga mellan 40 och 60 år, vilket anses vara tillräckligt länge för att få med de viktigaste kostnaderna (SIKA a, 2005). Generellt sett bör analysperioden alltid vara längre än den period konstruktionen designas för, utom vid extremt långlivade konstruktioner. Dock skall analysperioden väljas så att de långsiktiga kostnaderna som skiljer mellan designalternativen kommer med. Som en tumregel bör alltid analysperioden vara så pass lång att den innefattar åtminstone en underhållsätgard. Kortare analysperioder kan vara lämpligt att bruka då alternativ upprättas enbart i syfte att förlänga konstruktionen ytterligare en tid innan en komplett återuppbyggnad behövs. Oavsett vilken analysperiod som väljs skall den vara samma för alla alternativ som jämförs (Walls et al., 1998).

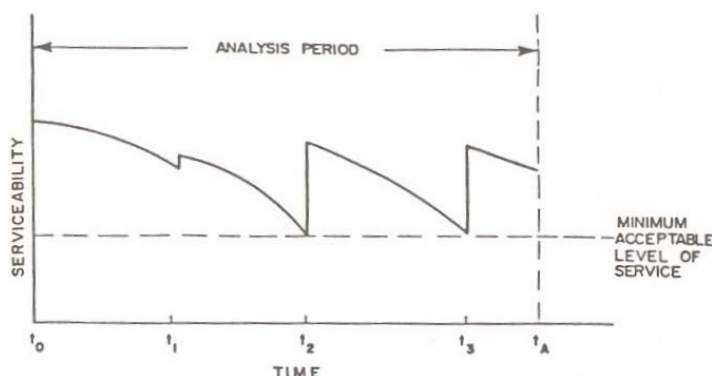
***Osäkerheten i att bedöma framtida kostnader ökar med längden på analysperioden (Sund, 1996).***

Val av diskonteringsränta hör också ihop med längden på analysperioden. En väldigt lång analysperiod är inte särskilt nödvändig då diskonteringsräntan är relativt hög, eftersom de kostnader som uppstår sent i analysperioden inte kommer ha någon större inverkan på resultatet (Sund, 1996).

## 4.8 Kostnadsfaktorer

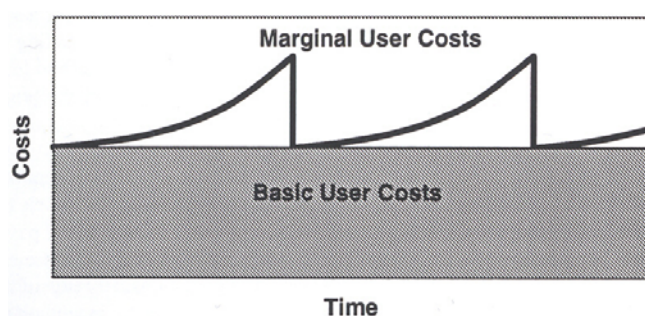
För jämförelse av alternativa vägkonstruktioner som täcker hela livscykeln kan följande kostnader inkluderas:

- Konstruktionskostnader – inkluderar alla kostnader förknippade med konstruktion av vägen (material, löner, transporter etc.) (Sund, 1996). Dessa är, så länge man använder beprövade material och tekniker i konstruktionen, den lättaste typen av data att få fram. Källor för information är tidigare anbud, projekt eller dylikt. Då nya typer av material och/eller tekniker nyttjas får kostnaderna för dessa försöka uppskattas (NCHRP 122, 1985).
- Drift- och underhållskostnader – innefattar alla kostnader som läggs på att upprätthålla vägens specificerade servicenivå under analysperioden (Sund, 1996). Att estimerar dessa kostnader tillhör en av de svåraste bitarna i livscykelkostnadsanalyser på grund av att det är svårt att veta när och vilka typer av underhållsätgarder som kan krävas långt fram i tiden. Underhållsbehovet beror helt på vilken kvalitet konstruktionen/beläggningen har och hur väl den håller för de påfrestningar den utsätts för (NCHRP 122, 1985). Figur 4.1 visar en schematisk bild av hur en vägs tillstånd förändras med tiden och i samband med åtgärd.



**Figur 4.1 Vägs tillstånd med tiden och vid åtgärd (NCHRP 122, 1985)**

- Ombyggnads-/förstärkningskostnader – de kostnader som läggs på att förbättra vägens standard så att den överstiger den standard som den hade vid nybyggnaden (Sund, 1996). De kostnadsdata som normalt används här är av samma allmänna typ som de som används vid nybyggnad. Precis som i fallet att uppskatta underhållskostnader är det svårt att veta när i framtiden det är aktuellt med större ingrepp i vägkonstruktionen och i vilken form (NCHRP 122, 1985).
- Marginalkostnader för vägtrafikanter – summan av kostnaderna som varje vägtrafikanter har som en följd av att färdas på vägen minus de kostnader trafikanten skulle ha haft om han färdats på samma väg i perfekt skick, sett över hela analysperioden. Kostnader som ingår i trafikantkostnader är för tid, fordon, olyckor, komfort samt förseningar. Anledningen till att endast vägtrafikanternas marginalkostnader tas med är för att det bara är dessa som direkt kan hänföras till konstruktionens nedbrytning med tiden. Övriga kostnader som ingår i trafikantkostnader är oberoende av konstruktionstyp och medräknas ej i marginalkostnaden. Skulle kostnaderna räknas med skulle storleken på dessa utgöra en alltför stor del av den totala livscykelkostnaden (Sund, 1996). I figur 4.2 ses hur marginalkostnader för trafikanter ökar med tiden för att minska vid åtgärd.



**Figur 4.2 Marginalkostnader för trafikanter (Sund, 1996)**

- Miljökostnader – inkluderar alla kostnader för miljöeffekter (buller, utsläpp etc.) som en viss konstruktion ger upphov till. Ofta inkluderas dessa kostnader ej i de ekonomiska analyserna då påverkan på miljö i många fall är svår att värdera. Trots

detta tas många gånger stor hänsyn till miljökostnader vid beslutsfattande (Sund, 1996).

- Restvärde eller residualvärde – definieras som det värde konstruktionen har i slutet av en livscykel eller analysperiod, vilket antingen kan vara positivt eller negativt. På grund av komplexiteten hos en vägkonstruktion kan man inte precis säga att livslängden ska vara slut samtidigt som analysperioden är slut. Vid analysperiodens slut har vägen ett positivt restvärde ifall den har återstående liv eller om värdet av de ingående materialen är större än kostnaden för att ta bort och omhänderta dem. Överstiger kostnaderna för borttagning och omhändertagande av materialen dess värde så är restvärdet negativt. Restvärdet diskonteras till nutid och tas med i livscykelkostnadsanalysen (NCHRP 122, 1985). Enligt Walls et al. (1998) representerar salvage value, d.v.s. skrotningsvärdet, det värde som en investering har i slutet av analysperioden. Skrotningsvärdet består av två komponenter, restvärde och återstående livslängd. Restvärdet är det negativa eller positiva värde som återstår efter återvinning. Värdet brukar inte skilja sig så mycket mellan olika vägbyggnadsstrategier och har därför vanligtvis liten inverkan på resultaten av livscykelkostnadsanalyser. Det som är mer intressant är att uppskatta den återstående livslängden hos konstruktionen och sätta värde på denna.

Kostnader för planering och projektering kan ofta uteslutas i LCC-beräkningar, då dessa vanligtvis är någorlunda lika för de olika alternativen. De kostnader som däremot är aktuella att ta med i livscykelkostnadsberäkningar är för investering, drift- och underhåll och ombyggnad, och till detta läggs antingen ett positivt eller negativt restvärde. Trafikantkostnader ska tas med i den grad de kan antas påverka valet av designalternativ. Även energikostnader kan tas med i LCC-analyser, men de är extremt svåra att hantera då kostnader associerade med energi ingår i andra kostnadsdelar (konstruktion, underhåll och ombyggnad) i analysen (NCHRP 122, 1985).

***Inom vägsektorn utgör framtida kostnader för trafikanter (exempelvis fordons-, tids- och olyckskostnader) en betydande del av livscykelkostnaderna för en väg (Sund, 1996). Dessa är svårare att kvantifiera än vägghållarens kostnader för konstruktion, framtida underhåll och ombyggnad (NCHRP 122, 1985).***

Tillfället då det är dags att utföra en ombyggnadsåtgärd beror av vägens nedbrytning över tiden, och denna tidpunkt är mycket viktig att ur livscykelsynpunkt kunna förutsäga. Faktorer som påverkar vägens nedbrytning är bl.a. tung trafik, klimat och kvalitet på konstruktionen (NCHRP 122, 1985). I valet mellan olika beläggningar/konstruktioner kan de mest relevanta parametrarna uppskattas till ett värde. Konsekvenser för trafikanterna som beror av beläggningstyp samt miljöeffekter som buller och utsläpp är svårare att uppskatta i siffror. På grund av att det inte finns modeller som kan hantera förhållandena mellan vägtillstånd och trafikantkostnader är det svårt att utföra ekonomiska analyser för vägkonstruktioner. Det diskuteras ofta huruvida det verkligen är möjligt att beräkna trafikantkostnaderna med en acceptabel säkerhetsmarginal. För att bättre kunna integrera LCC i designprocessen behövs bättre metoder för att förutspå vägens tillstånd över tid tillsammans med modeller för att beräkna trafikantkostnader (Sund, 1996).



## 4.9 Ekonomiska analysmetoder

För att utvärdera och jämföra alternativa investeringar ur ett ekonomiskt perspektiv finns några olika analysmetoder att tillgå. I livscykelkostnadsanalyser används främst nuvärdes- och annuitetsmetoden. Utöver dessa finns några andra typer av analysmetoder som kan användas för ekonomisk jämförelse, bl.a. internräntemetoden, pay back-metoden och kostnadsnyttokalkyl.

### 4.9.1 Nuvärdesmetoden

I nuvärdesmetoden diskonteras uppskattade framtida kostnader och restvärde till nutid och summeras med nutida kostnader. Framtida kostnader utgörs av bl.a. investeringar och drift och underhåll, och diskonteras till nuvärdet genom att multipliceras med en så kallad nuvärdesfaktor. Denna beror av vald kalkylränta och det är som kostnaden uppstår (NCHRP 122, 1985). Nuvärdesfaktorn kan fås ur ekvation 4.1 nedan, där  $r$  är diskonteringsräntan och  $n$  är antal år.

$$\text{Nuvärdesfaktor} = \frac{1}{(1+r)^n} \quad (\text{ekv. 4.1})$$

(Boverket, 1989)

När samtliga väsentliga kostnader medräknats i nuvärdesberäkningen är detta värde detsamma som livscykelkostnaden. Nuvärdet kan beräknas för att rangordna olika alternativ, där alternativet med lägsta nuvärde väljs (Sund, 1996).

### 4.9.2 Annuitetsmetoden

Annuitetsmetoden är en årskostnads-kalkyl där syftet är att beräkna en genomsnittlig årskostnad för en produkt eller visst investeringsalternativ under dess livslängd (Boverket, 1989 och NCHRP 122, 1985). För beräkningen räknar man vidare från nuvärdesmetoden och omvandlar summan av de framtida och nutida kostnadernas nuvärden, med hänsyn till kalkylränta och antal år, till årliga belopp av samma storlek (annuiteter). Omvandlingen sker genom att multiplicera de summerade nuvärdena med annuitetsfaktorn (NCHRP 122, 1985). Ekvation 4.2 kan användas för att beräkna annuitetsfaktorn, där  $r$  är diskonteringsräntan och  $n$  är antal år.

$$\text{Annuitetsfaktor} = \frac{r}{1 - (1+r)^{-n}} \quad (\text{ekv. 4.2})$$

Annuitetsmetoden är användbar då investeringar med olika livslängd ska jämföras (Boverket, 1989).

### 4.9.3 Internräntemetoden

Internräntemetoden går ut på att genom att jämföra två olika alternativ finna vid vilken räntesats (internränta) de båda har samma nuvärde. För att något av de båda alternativen skall vara lönsamt skall internräntan vara högre än eller samma som kalkylräntan. För att bestämma internräntan beräknas en lika stor årlig kostnad av investeringen, och eventuellt drift och underhåll, för olika räntesatser under analysperioden i fråga. En fördel med metoden är att ingen kalkylränta krävs för själva beräkningen utan att två räntesatser väljs och genom prövning hittas internräntan. Internräntemetoden är tidskrävande och svår beräkningsmässigt, och det kan vara fördelaktigt att utföra beräkningen/prövningen med hjälp av dator (NCHRP 122, 1985). Internräntemetoden lämpar sig bäst för beräkningar i den privata sektorn där det finns både in- och utgifter och mindre väl i offentliga projekt där nyttan ligger hos användarna. Av denna anledning är metoden inte att föredra för publika infrastrukturprojekt och för livscykelkostnadsberäkningar (Sund, 1996).

### 4.9.4 Pay back-metoden

I denna metod definieras återbetalningsperioden som den tid som krävs för att få ihop besparingar i kostnader eller vinster, som motsvarar den initiala investeringen. Denna tidsperiod kan beräknas med eller utan användning av en diskonteringsränta. Ju kortare återbetalningsperiod desto mer lönsam är investeringen. Inom investeringsanalys har metoden varit populär på grund av sin enkelhet och för att den många gånger ger samma resultat som mer komplicerade och tidskrävande modeller. Återbetalningstiden (utan diskonteringsränta) kan beräknas med ekvation 4.3.

$$\text{Återbetalningstiden} = \frac{\text{Initiala kostnader}}{\text{Årliga besparingar}} \quad (\text{ekv. 4.3})$$

(Sund, 1996)

Investeringen är lönsam om dess återbetalningstid är kortare än dess livslängd, eller om den uppnådda återbetalningstiden är kortare än en förutbestämd längsta återbetalningstid. Metoden är mycket lämplig att använda då återbetalningstiderna är mycket korta eftersom räntan då blir obetydlig. Att använda pay back-metoden tidigt i beslutsprocessen kan tydligt indikera vilka investeringar som är mest lönsamma. En svaghet med metoden är att den bara behandlar kostnaderna fram tills dess att investeringen är återbetald och ej beaktar händelser därefter (Boverket, 1989).

### 4.9.5 Kostnadsnyttokalkyl

Kostnadsnyttokalkyl, eller cost-benefit-analys, är ett ekonomiskt verktyg för att avgöra om nyttan med en investering eller åtgärd uppväger dess kostnad. Analysverktyget har ett väldigt brett användningsområde där målet är att uttrycka både positiva och negativa effekter ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Detta innefattar aspekter som normalt inte

uttrycks i kronor och ören. Cost-benefit-analys används normalt inför större investeringsbeslut inom den offentliga sektorn. Det kan röra sig om bl.a. infrastruktursatsningar och sjukvård eller för att se vad transportsektorn kostar i miljöpåverkan. Det är ett bra verktyg att nyttja för att se hur olika alternativ gagnar allmänheten bäst. Styrkan ligger i helhetssynen med kostnader för produktion och konsumtion och prissättning av dess externa effekter. Kostnader och värderingar av effekter görs utifrån marknadspriser där sådana finns att tillgå och i andra fall får allmänhetens preferenser ligga till grund för bedömning. Uppfattningen från allmänheten skattas genom intervjuer och studier av betalningsvilja i både faktiska och fiktiva situationer (Moberg et al., 1999).

För skapandet av en kostnadsnyttokalkyl är utgångspunkten att definiera välfärd och vad som är ökad respektive minskad välfärd. Därefter måste systemet som är i fokus avgränsas liksom att nollalternativet, d.v.s. att inte göra någonting alls, utredas för att bra och relevanta jämförelser skall kunna göras. Det som direkt påverkas av aktiviteten medtas, både i produktions- och konsumtionsledet, och detta gäller för såväl positiva som negativa effekter. Kalkylen gäller normalt för en avgränsad region där effekter som kan hänföras till aktiviteten kan tänkas uppträda. Normalt görs även en avgränsning i tid när man skapar en kostnadsnyttokalkyl. För större infrastrukturprojekt i Sverige kan tidshorizonten sättas till 40-60 år (SIKA a, 2005) och då kan det vara aktuellt att diskontera kostnader till viss tidpunkt med hjälp av diskonteringsränta. Diskonteringsräntan för projekt i den offentliga sektorn i Sverige ligger på 4 % (SIKA a, 2005). När alla effekter värderats och slutsummerats kan olika alternativ rangordnas (Wrisberg et al., 2002). För att jämföra de olika alternativen kan nettonuvärdeskvoten, NNK, beräknas enligt ekvation 4.4.

$$NNK = \frac{(nytta - kostnad)}{kostnad} \quad (\text{ekv. 4.4})$$

Nettonuvärdeskvoten visar hur mycket man får tillbaka per satsad krona. Är nettonuvärdeskvoten större än noll är investeringen lönsam och ju högre kvot desto mer lönsam är den. Negativ nettonuvärdeskvot visar att investeringen är olönsam (SIKA b, 2005). För kostnadsnyttokalkylen, som är ett komplext verktyg där avgränsningen i studien är avgörande för hur resultatet blir, är det bra att avsluta med en känslighetsanalys där olika antaganden prövas (Wrisberg et al., 2002).

En kostnadsnyttokalkyl passar bra att kombinera med livscykelanalys. Med en livscykelanalys erhålls bra kunskap om hela flöden i samband med en aktivitet och vilken påverkan på omgivning blir. Detta resultat kan med hjälp av kostnadsnyttokalkylen få en ekonomisk värdering (Wrisberg et al., 2002).

Det svåra med en kostnadsnyttokalkyl, som så ofta när det gäller analysverktyg, är att få tillgång till bra dataunderlag och att arbetet kan vara tidskrävande och kostsamt. Kostnadsnyttokalkylen avslutas också med att ge ett entydigt svar som kan göra att det är svårt att se alla bakomliggande faktorer. I fall där det handlar om bedömning av effekter som egentligen inte har ett pengavärde kan ett entydigt svar dölja hur värderingar är gjorda och om de är rimliga. Det är trots allt olika individers uppfattning och betalningsvilja som

ligger till grund för värderingarna, och detta är individer som i många fall saknar större insikt i vissa frågor. Men kostnadsnyttokalkylen är väl utbredd och används för att undersöka nyttan med olika projekt av både företag och organisationer. Den främsta användningen finns dock inom den offentliga sektorn (Moberg et al, 1999 och Wrisberg et al., 2002).

#### **4.10 Risk och osäkerhet**

Risk existerar då sannolikheten för olika utgångar för ett alternativ är känd. Osäkerhet föreligger då sannolikheterna för olika utgångar för ett alternativ är delvis eller helt okända. Riskmomentet kan tas hänsyn till i analysen genom att dess effekt på kostnader beräknas. En vägbyggnadskonstruktion består till en viss grad av risk eftersom det alltid finns en sannolikhet för att konstruktionen aldrig uppnår den livslängd som den dimensionerats för. Genom att ta in osäkerhetstänkande i beslutstagandet får man en bättre förståelse för de variationer som kan uppstå och deras effekt på det förutspådda resultatet. Resultatet av en livscykelkostnadsanalys påverkas av en stor mängd faktorer. En del data kan anses vara mycket tillförlitliga medan andra mer osäkra. På konstruktionskostnader går det ofta att få ett relativt säkert värde då bra underlag för dessa vanligen finns. Framtida underhållskostnader kan å andra sidan vara svårare att uppskatta på grund av variationer i beläggnings kvaliteten samt den rådande bristen på pålitliga data för underhållskostnader. Tiden tills ombyggnadsåtgärder behövs, såväl som i vilken omfattning åtgärderna behövs vid denna tidpunkt, är också svårt att bedöma (NCHRP 122, 1985).

***För att identifiera osäkra parametrar och bedöma vilken påverkan de har på ett alternativs kostnader, kan känslighetsanalys med fördel användas (NCHRP 122, 1985).***

Känslighetsanalyser bör vara en självklar del av ekonomiska analyser, men det kan vara särskilt praktiskt för identifiering av de designalternativ och variabler som behöver studeras närmare. Dessa typer av analyser kan också ge en indikation på omfattningen av risken i projektet (NCHRP 122, 1985).

#### **4.11 Upphandling utifrån livscykelkostnad**

Som alltid vid upphandlingar finns det en beställare som upprättar ett förfrågningsunderlag som entreprenörer räknar och lämnar anbud på. Utifrån i förväg uppställda kriterier värderar beställaren inkomna anbud och skriver kontrakt med den entreprenör som lyckats inkomma med bästa anbud ur beställarens synvinkel. Det vanliga sättet att arbeta inom anläggningssidan har varit utförandeentreprenader. För att stimulera entreprenören att komma med nya metoder och material och för att utveckla byggbranschen har några andra entreprenadformer utvecklats, t.ex. totalentreprenad och funktionsentreprenad (Olsson, 1993 och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, 1985 och Sveriges Mekanförbund, 1984).

***Upphandling ur ett livscykelkostnadsperspektiv är mest lämpligt vid funktionsentreprenad. Då ställs funktionskrav och det blir intressant för entreprenören att utföra arbetet med rätt kvalitet och genomtänkt drift- och underhållsarbete (Sveriges Mekanförbund, 1984).***

Svårigheten med en funktionsentreprenad är att beställare än så länge har liten erfarenhet av att ställa funktionella krav på en produkt. Det kan då vara enklare att specificera arbetet som i en vanlig utförandeentreprenad (Sveriges Mekanförbund, 1984). Idag finns emellertid riktlinjer för hur funktionsupphandling ska gå till och hur funktionskrav kan ställas. Svenska Kommunförbundet tillsammans med Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) har efter initiativ av NVF skapat en skrift som heter "Funktionskrav på beläggning – Ett nytt sätt att upphandla gatubeläggning". I skriften finns kortfattad bakgrund om funktionsupphandling och varför och när det bör användas. Det står också om hur och på vilka egenskaper det kan ställas funktionskrav. Sist i skriften finns en del erfarenheter av funktionsupphandling samlade (Svenska Kommunförbundet, 2001). Ett liknande dokument, "Funktionskrav för underhållsbeläggningar – Ett projekt inom FIA, Etapp 1", som behandlar funktionsupphandling har utarbetats av Förnyelse i anläggningsbranschen, FIA. Denna utgör första etappen av ett projekt för utvecklandet av funktionsupphandling. En andra etapp som bygger på den första beräknas vara klar i slutet av 2006 (FIA, 2005). Skrifterna från både Svenska Kommunförbundet och FIA kan vara till god hjälp för att få grundläggande kunskap om funktionsupphandling.

Vad som också gjort det svårt att implementera livscykelkostnadstänkandet hos entreprenörer är att det för dem ofta kan vara intressantare med mer kortsiktiga mål. Att få entreprenören att göra material- och metodval som kanske är dyrare initialt men medför lägre kostnader över tiden kan vara svårt. Utgångspunkten för ett lyckat resultat är att redan i förfrågningsunderlaget precisera att anbudsvärderingen görs på basis av en definierad livscykelkostnadsmodell och även att visa hur den fungerar och vad som väger tungt. Det gäller också att krav på bl.a. drift och underhåll tydliggörs (Sveriges Mekanförbund, 1984).

I ett bra förfrågningsunderlag där livscykelkostnaden är viktig skall det tydligt framgå vilken funktion som ställs på produkten eller anläggningen. Det skall också vara möjligt för anbudslämnare att veta garantivillkor, drift- och underhållskrav, tidsram och värderingskriterier. Det är dock viktigt att beställaren behåller taktpinnen i upphandlingen och förbehåller sig rätten att göra ändringar i förfrågningsunderlaget om situationer som ändrar spelreglerna avsevärt uppstår. I en funktionsupphandling där viss funktion efterfrågas skulle en händelse kunna uppstå där någon anbudslämnare har en lösning som ligger väldigt långt ifrån dem man kalkylerat kring och på så vis ändrar förfarandet i en omfattning som måste ses över. Det kan också innebära att anbudssumman är markant annorlunda än övriga. En annan händelse skulle kunna vara att en kostnadspost som bedömts vara av ringa eller stor betydelse visar sig vara det omvända. Detta kan också svänga upphandlingen i en riktning som kräver omfrågning. I detta fall kan det också vara så att posten bedömts olika hos olika anbudslämnare och att man av den anledningen skulle vilja klargöra fallet med samtliga anbudslämnare. I ovan nämnda fall är det givetvis viktigt att beställaren redan klargjort rätten att återkalla förfrågningsunderlaget och göra rättning om en Extremsituation skulle uppstå. Det är också viktigt att detta är en helt objektiv process som gäller lika för samtliga inblandade (Sveriges Mekanförbund, 1984).

Beställarens mål är att få arbetet utfört på bästa sätt och till lägsta pris. Normalt kan det emellertid vara svårt att kombinera lägsta pris med bästa lösning, varför det kan vara aktuellt att se över vilka bitar man tycker är av största vikt och hur uppfyllelsen av krav är i olika anbud. Är det så att uppfyllelsen av något krav är högre än det som ställts och har detta i så fall ett mervärde för beställaren som gör att anbudet bör värderas högre. Kanske kan en högre uppfyllelse kompensera något annat sämre uppfyllt krav eller kan man tänka sig att anbudslämnaren minskar ambitionen för kravet som är överuppfyllt och på så vis sänker anbudssumman. Skulle det däremot vara så att ett krav inte är uppfyllt är det viktigt att se om det avviker mycket från det ställda och om det är ett krav med stor eller liten betydelse. Det kan också vara värt att se över om det är dyrt att få kravet uppfyllt (Sveriges Mekanförbund, 1984).

Vid långsiktigt byggande och planering kan det från anbudslämnare komma in en del olika lösningar. Någon anbudslämnare skulle kunna inkomma med ett tillvägagångssätt som skiljer sig från övriga och som är väldigt bra men kanske dyrt i något skede. Då kan det vara värt att reflektera över vilka kostnadsposter som verkligen är av vikt för att se om den högre kostnaden är motiverad. Innan beslutsfattande är det också bra att utföra en känslighetsanalys för att se om någon kostnadspost är mer känslig för antaganden som kan ha behövt göras för att summera kostnader över en lång tidshorisont (Sveriges Mekanförbund, 1984).

När resultaten av en LCC skall presenteras är det bra om detta görs med siffror. Siffror är vanligtvis lättare att ta till sig än motiveringar i ord där det lätt kan uppstå meningsskiljaktigheter och missuppfattningar i t.ex. huruvida krav är uppfyllda eller ej. Givetvis är det svårt att kvantifiera alla egenskaper som beaktats i siffror men att göra det så långt som möjligt är rekommenderbart. Det är också en klar fördel att uttrycka sig tydligt och lättförståeligt om man har att göra med allmänhet eller politiker som inte har samma sakkunskap (Sveriges Mekanförbund, 1984).

#### ***4.12 Försäljning utifrån livscykelkostnad***

Vid en upphandling utifrån livscykelkostnadsperspektiv vill beställaren givetvis få så tillförlitlig information om produkten som möjligt. D.v.s. dokumenterad erfarenhet om teknisk prestanda, livslängd, drift- och underhållsskötsel, ekonomisk erfarenhet mm. Detta kan leverantören ofta ge för produkter som är vanliga på marknaden, men för nyutvecklade produkter och egenutvecklade metoder är det mycket svårare att visa erfarenhetsdokumentation. Det tillvägagångssätt som måste till är att göra bra analyser som visar egenskaper hos den nya produkten och som kan användas i livscykelkostnadsanalys. Kan bra livscykelkostnadsanalyser upprättas är det inte bara till ren fördel just i försäljningsskedet utan även för egen produktutveckling, underhållsplanering, marknadsföring och anpassning till beställares långsiktiga tänkande. Genom välarbetade livscykelkostnadsanalyser kan leverantören bygga upp försäljningsargument genom att visa framtida kostnader och vinster, göra jämförelser med andra alternativ och visa fördelarna i ett långsiktigt perspektiv samt visa att en initialkostnad kan tjänas in under drift- och underhållsskedet (Olsson, 1993 och Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, 1985 och Sveriges Mekanförbund, 1984).

## 5 Enkät svar

Frågor i enkätform tilldelades 11 kontaktpersoner inom NVF, där samtliga av de nordiska länderna var representerade. Genom dessa personer sändes enkäten vidare till ytterligare 13 personer som också fick möjlighet att ge sina svar och synpunkter.

Sammanlagt inkom 13 enkät svar, varav 7 från representanter inom NVF. Från samtliga länder inkom svar. Från Sverige, där flest personer givits möjlighet att svara på enkäten, inkom 8 svar, från Danmark 2 och från Finland, Norge, Island vardera 1 svar.

Drygt hälften (62 %) av de svarande arbetade inom statlig sektor, Vägverket och motsvarande, och resterande hade privat arbetsgivare. Från kommunalt håll bedrivs emellertid inget nämnvärt arbete om LCA och LCC varför ingen tillfrågad kommer från denna sektor. Arbetsuppgifterna för de svarande varierade en del men för samtliga var vägfrågor ett naturligt och vardagligt inslag.

Som komplement till enkätformuläret har några av de svarande kontaktats per telefon för mer ingående frågor och svar om framförallt tillvägagångssätt och modeller för LCA- och LCC-arbete. Några frågor har också ställts för att få inblick i projekt där LCA och/eller LCC är använt samt vad som önskas framöver för att arbetet med analysmetoderna skall bli bättre och mer utbrett.

Enkäten i sin helhet finns i Bilaga 1 och i Bilaga 4 finns en sammanställning av samtliga inkomna svar. I Bilaga 2 och 3 finns följebrev till enkäten.

Procentsiffrorna inom parentes i styckena nedan är andel svar som fallit på påståendet i specifik fråga.

### 5.1 Svar – LCA

LCA-begreppet var i stort känt hos samtliga svarande även om det framkom svårigheter med skillnaden gentemot LCC. 6 av 13 svarande hade arbetat med LCA. De projekt där LCA är använt är bl.a. inom vägbyggande och drift och underhåll, men det har också förekommit projekt där syftet varit att utvärdera viss LCA-modell eller metodik. I projekten där LCA är använt är anledningen till detta för att jämföra produkter (36 %), för att utreda i vilka steg i produktens livscykel det finns svagheter/förbättringsmöjligheter (21 %) och för att få minsta miljöpåverkan under produktens livslängd (14 %). Från de svarande framkom skiftande svar om hur arbetet med LCA fungerat. Det svåra har varit att uttrycka miljöeffekter i jämförbara enheter (29 %), ta fram tillförlitlig indata (21 %), bestämma tidshorisont (14 %), hantera risk och osäkerhet (14 %) och bestämma vad som är relevant för analysen (14 %).

Från svarande framkom att det finns och håller på att utvecklas modeller som förhoppningsvis skall fungera för livscykelanalyser. Två modeller är danska ROAD-RES och finska MELI, se kapitel 6.

***Tankarna om framtiden, för både de som idag har arbetat med LCA och de som inte har arbetat med LCA, är att de tror att metodiken blir vanligare framöver när hushållning av både ekonomi, naturresurser och miljö blir allt viktigare. Användningsområden för LCA tror de svarande är vid upphandling planeringskede, vägdragning val av material och att det skall finnas i regelverk.***

## 5.2 Svar – LCC

Samtliga av de svarande kände till begreppet LCC även om det var över hälften (7 av 13) som aldrig själva arbetat med det. De som arbetade eller hade arbetat med LCC svarade att de vanligaste områdena där LCC förekommit var vägbyggande (30%), vägplanering (30 %), vägprojektering (20 %), drift och underhåll (20 %). Det som angavs som de två viktigaste anledningarna till arbete med LCC inom dessa områden var för att jämföra olika produkter (31 %) och för att få lägre totalkostnad (25 %). I de flesta projekt där LCC är använt har någon modell eller viss metod/tillvägagångssätt nyttjats. Några modeller är 2Ö, MNV, EVA och olika lönsamhetskalkyler. De framkomna modellerna och några av projekten presenteras i kapitel 6.

Majoriteten av de tillfrågade med LCC-erfarenhet tyckte att LCC-arbetet fungerat tämligen bra. Det som ansågs utgöra de svaraste bitarna med LCC var att prissätta alla ingående delar (25 %), att bestämma tidshorisont (25 %), att uppskatta framtida kostnader (19 %) och att ta fram tillförlitlig indata (19 %). Från de svarande framkom ingen speciell användning av begreppet årskostnad som särskiljde det gentemot LCC. Det var snarast så att en del av de svarande såg begreppet årskostnad som mycket nära förankrat till, eller till och med synonymt, med LCC. Av denna anledning tycktes användningsområdet för de båda begreppen var desamma.

Flertalet av "LCC-användarna" tror att de framöver kommer att arbeta vidare med LCC som idag eller mer. Bland de utan LCC-erfarenhet rädde det delade meningar om huruvida de trodde att de framöver skulle börja arbeta med LCC. Anledningen som framkom till att dessa idag inte varit inblandade i LCC-arbete var att deras arbetsuppgifter inte var av den art eller att de aldrig stött på efterfrågan i deras arbetsuppgifter.

***Från enkätsvaren framkom att LCC-metodiken skulle kunna användas för upphandling i större utsträckning än vad som görs idag och att detta torde vara den rätta vägen att gå. Något helt nytt användningsområde för LCC framkom emellertid inte.***

## 6 Modeller

Kapitlet presenterar de metoder och modeller för livscykelanalys och livscykelkostnadsanalys som är använda inom olika projekt i Norden. Resultatet utgår helt från enkät svar med efterföljande telefon- och e-postkontakt med personer i de nordiska länderna som arbetat i LCA- och/eller LCC-projekt. Av denna anledning täcker resultatet in de modeller som



framkommit härigenom men utesluter inte att det kan finnas modeller utöver dessa som har använts. Källan och kontaktperson (-er) för respektive modell finns angivna sist efter varje modellbeskrivning.

Kapitlet är uppbyggt med ett avsnitt för modeller som gäller LCA och ett avsnitt för modeller som gäller LCC.

## **6.1 LCA**

Det som framkommit i studien om livscykelanalyser inom vägområdet är att angreppssättet för miljöbedömning inte alls är utbrett. Några ansatser till användning är gjorda men resultatet har varit varierande. Resultaten pekar på att det är Danmark, med viss hjälp från Island, och Finland som gör störst ansträngningar för att arbeta fram fungerande modeller för livscykelanalys. De två LCA-modellerna som redovisas nedan, danska ROAD-RES och finländska MELI, är de två som delgivits genom kontakt med personer i studien. I Sverige har projekt med LCA-tänkande till viss del genomförts, bl.a. rörande materialförbrukning, utsläpp, återanvändning av asfalt, material i viltstängsel och material i snökäppar, men någon specifik modell har inte hittats.

Under 2006 har Byggsektorns Kretsloppsråd kommit ut med en remiss om "Riktlinjer för kretsloppsanpassad avfallshantering vid byggproduktion och vid rivning" i Miljömål 2010. Detta är ett nytt ramdirektiv för avfallshantering där det ingår ett LCA-tänkande (Byggsektorns Kretsloppsråd a, 2006 och Byggsektorns Kretsloppsråd b, 2006).

### **6.1.1 ROAD-RES**

#### Bakgrund

ROAD-RES är en ny dansk modell för livscykelanalys inom vägbyggnadsområdet. Modellen utvecklades som ett led i ett doktorandprojekt vid DTU (Danmarks Tekniske Universitet) i samarbete med det danska Vejdirektoratet, som också finansierat projektet. Projektet startade 2001 och avslutades i slutet av 2005 då man hade en färdig modell som nu ägs gemensamt av projektdeltagarna. Modellen testas av Vejdirektoratet i samband med bedömning av materialval för motorvägssträckan mellan Bording och Funder. Vejdirektoratet vill få mer kunskap om livscykelanalystänkandet och dess användning som ett beslutsverktyg inom den danska vägsektorn. I Danmark har användningen av livscykelanalyser successivt ökat inom bland andra bygg- och anläggningssektorn och avfallssektorn.

#### Modellen

ROAD-RES modellen har två huvudsakliga syften. Det ena är att bedöma potentiell miljöpåverkan och resursförbrukning under vägens livslängd, där antingen naturliga material eller restprodukter kan användas i väggroppen. Det andra är att bedöma och jämföra två bortskaffningsmetoder av restprodukter från avfallsförbränning. Bortskaffning

av restprodukter kan ske genom deponi eller återanvändning av dem inom vägsektorn. Modellen är uppdelad i två delar, en vägbyggnadsdel och en restproduktedel. I vägbyggnadsdelen, som är den mest intressanta för vägsektorn, kan både naturliga material och restprodukter användas. Modellen bygger på den danska UMIP-metoden, som är den danska Miljöstyrelsens metod för livscykelanalys. Till grund för beräkningarna av miljöpåverkan och resursförbrukning i ROAD-RES, finns databaser innehållande in- och utflöden av resurser respektive emissioner för en rad olika material och processer. Miljöpåverkan delas in i de påverkanskategorier som är mer eller mindre standardiserade för livscykelanalyser. Resultaten i varje kategori presenteras i enheten personekvivalent (PE). Enheten relaterar till storleken av en genomsnittlig dansks bidrag till de olika kategorierna under ett år.

Vägbyggnadsdelen i ROAD-RES utvecklades av flera medarbetare på olika avdelningar inom Vejdirektoratet. De tog bl.a. fram lämpliga parametrar till modelleringen av inflöden och utflöden i vägens livscykel. I vägbyggnadsdelen finns det möjlighet att göra modelleringar för fem fördefinierade vägtyper, vilka sträcker sig från motorväg till grusväg, samt för parkeringsplatser. En vägs livscykel kan delas in i tre faser; anläggningsfas, driftfas och avvecklingsfas. Varje fas består av några huvudaktiviteter. I anläggningsfasen definieras både vägens design (fastställande av vägens utformning och de ingående materialen) och själva anläggningprocessen (markarbeten, transport, utläggning av material mm.). Data om material och energiförbrukning för olika processer i anläggningsfasen är hämtade från entreprenörer och från andra nordiska livscykelanalyser inom vägbyggnad.

Driftfasen kan delas in i allmän drift, vinterväghållning och underhåll av beläggningar. I denna del av vägens livscykel är det också möjligt att modellera eventuellt läckage från delar av vägbyggnadsmaterialet till omgivningen. Detta är särskilt viktigt då restprodukter används som vägbyggnadsmaterial. Vejdirektoratet har tillhandahållit data för allmän drift- och vinterväghållning. Vid underhåll av beläggningar är det möjligt att modellera både större och mindre underhållsåtgärder.

Avvecklingsfasen delas in i två huvudaktiviteter; uppbrytning av vägmaterialet och bortskaffande av dem samt återställning av marken där vägen legat. Denna fas kan utelämnas ur modelleringen, om brukaren så önskar. Avvecklingsfasen kan dock vara betydelsefull vid bedömningen av bortskaffandet av olika material, speciellt då restprodukter används eftersom dessa kan vara mer förorenade än traditionella material. I Danmark har man ingen större erfarenhet av att bryta upp vägar och därför finns det för närvarande inte mycket data för aktiviteter som ingår i avvecklingsfasen. Dock pågår insamling av data för in- och utflöden i avvecklingsfasen i samband med nedläggningen av en motorvägssträcka vid Holbæk.

#### Projekt

För att pröva ROAD-RES modellen i praktiken har danska Vejdirektoratet valt en elva kilometer lång motorvägssträcka mellan Bording och Funder som just nu är i projekteringsfasen. Livscykelanalysen är i detta fall begränsad till att omfatta vägmaterialet. Påverkan på miljön från exempelvis trafikanter är inte medräknad. Utgångspunkten är att utreda vilken miljöpåverkan 5-7 typiska överbyggnader har över en 100-årsperiod. Bl.a. asfalt- och betongbeläggningar ingår i utredningen. När man genomför en LCA är det

nödvändigt att samla in en mängd data från produktionen av materialen; energidata, resursförbrukning, transportavstånd, miljöpåverkan etc. Dessa data hämtas från leverantörer, entreprenörer, producenter, transportörer m.fl. Mycket data finns redan i offentliga rapporter och register, men en del uppgifter måste tas fram för första gången. När dessa väl är framtagna kan de ofta användas igen som mer eller mindre generella parametrar i efterföljande analyser tills de blir förbättrade. Vejdirektoratets mål är att genomföra livscykelanalysen och därefter utvärdera om resultaten är betydelsefulla vid valet av överbyggnad. Sedan ska en utvärdering av användningen av ROAD-RES modellen ske, där man vill ta reda på om modellen uppfyller sitt syfte och om det finns delar som behöver justeras, förenklas eller byggas om. LCA-projektet samt bedömningen av modellens lämplighet inom vägområdet, beräknas av Vejdirektoratet vara färdigt 2007.

Källa ROAD-RES: "Life cycle assessment model for road construction and use of residues from waste incineration" av Harpa Birgisdóttir, 2005  
E-postkontakt med Harpa Birgisdóttir, Línuhönnun, Island  
E-postkontakt med Knud A. Pihl, Vejdirektoratet, Danmark

### **6.1.2 MELI**

#### Bakgrund

I Finland har ett projekt med livscykelanalys inom vägkonstruktion och markarbete gjorts med avsikt att utveckla en metod för livscykelbedömning av vägkonstruktioner. Projektet utgjorde en del av en större finsk undersökningsstudie där det stora syftet var att bedöma användningen av restprodukter från tillverkningsprocesser eller återvunnet material i markarbeten. Resultatet av metodutvecklingen blev en excel-baserad modell kallad MELI. Med MELI är det möjligt att göra jämförelser och beräkningar av miljöbelastning för olika konstruktionsalternativ. Förkortningen MELI är finska för Maarakentamisen ELInkaariarviointi, som betyder livscykelbedömning för markkonstruktioner.

Studien gjordes av VTT (the Technical Research Centre of Finland), som är en opartisk expertorganisation som utför tekniskt och tekniskekonomiskt forsknings- och utvecklingsarbete, tillsammans med Finnra (the Finnish Road Administration). Studien samfinansierades av Tekes, Lohja Rudus Oy AB, Helsingin Energia, SKJ-Yhtiöt och Finnra.

#### Inledning

Målet med studien var att skapa ett enkelt och användbart tillvägagångssätt för bedömning av miljöbelastningar under livscykeln hos vägkonstruktioner och för jämförelse av olika konstruktionslösningar. Förhoppningen var att användbarheten skulle vara så enkel och tydlig att även personer som inte är fullt insatta i LCA-metodiken framöver skulle kunna göra bedömningarna. Det var också viktigt att bedömningsprocessen skulle beakta de speciella egenskaper som finns hos just vägkonstruktioner.

Analysen skulle täcka konstruktionens olika livscykelfaser samt hantera de mest betydelsefulla miljöbelastningarna. I och med att huvudsyftet i studien låg på jämförelser mellan olika konstruktionsmaterial utelämnades sista steget i livscykelanalysen – analys och värdering av förbättringsmöjligheter. Förhoppningen med studien var också att kunna nyttja metodiken för andra konstruktionsändamål än vägar.

#### Tillvägagångssätt

Studien gjordes i två steg. I första steget utvecklades ett tillvägagångssätt för jämförelse och utvärdering av väg- och markkonstruktioner. Det gjordes genom att förslag på hur man på ett lämpligt sätt skulle gå till väga för att göra en livscykelbedömning av miljöbelastningarna från ett visst material lades fram. För att bedöma tillämpligheten på tillvägagångssättet utfördes tre fallstudier där restprodukter från tillverkningsprocesser användes i vägkonstruktioner. Restmaterialet, som var olika i de tre studierna, jämfördes med konventionellt konstruktionsmaterial från naturen för samma användning. All behövlig data samlades in och för varje arbetssteg fördes data in i ett excelformulär. På så sätt skapades en databas innehållande miljöbelastningarna från de vanligast förekommande konstruktionsmaterialen och hur dess enheter skall hanteras.

I studiens andra steg överfördes insamlad data från steg ett till användning i en modell för att skapa ett inventeringsanalysprogram för vanliga vägkonstruktionsmaterial. Med kända uppgifter om material, lagertjocklekar och transportavstånd är det med programmet möjligt att beräkna och jämföra miljöbelastningar för olika konstruktioner.

#### Systemgränser / Omfattning

I analysmodellen innefattas samtliga steg i livscykeln som är av vikt för att täcka materialproduktion, materialtransport och användning av materialet. Däremot innefattas inte avfalls- eller sluthantering då uppfattningen är att materialet ofta förblir på plats även då vägen slutat brukas. Miljöbelastningarna har begränsats till dem som anses vara av störst vikt, bl.a. energianvändning, utsläpp av koldioxid, kväveoxid, svaveloxid, kolväten, partiklar, damm och buller. I ett första skede gjordes ansatsen att också ta med bl.a. vatten- och landanvändning samt olycksrisker i analysen, men man fann att detta var svårt då indata i somliga fall var otillräcklig.

Programmet bygger således på att göra jämförelser mellan olika material med avseende på miljöbelastningar. Programmet är därmed inte lämpligt för att utvärdera förbättringsmöjligheter eller för att ge svar i absoluta siffror.

#### Indata

Påverkan på miljö från vägkonstruktioner sker på många sätt lokalt på platsen. Av denna anledning användes lokalspecifik och materialspecifik indata i studien. Med MELI kan analyser av konstruktioner med vanligt förekommande konstruktionsmaterial göras, men det kan också utökas med andra material om så är önskvärt. Den mest nödvändiga beräkningsdatan finns i grunden i MELI men kan kompletteras med ytterligare data genom att länka excelblad. Det som behöver kompletteras för att utföra beräkningarna är konstruktionsuppbyggnad, material, lagertjocklekar och transportavstånd.

## Resultat

Resultatet från MELI kan presenteras antingen i siffror eller i olika typer av diagram/grafar. Resultatet från fallstudierna pekade på att produktion och transport av vägbyggnadsmaterialet bidrog till de största miljöbelastningarna.

## Osäkerhet

För miljöbedömning görs många antaganden, förenklingar och avgränsningar varför osäkerhet och spridning i resultaten blir förhållandevis stora. Dock har man i studien gjort samma antaganden och använt samma indata på det som inte skiljer mellan olika materialalternativ, vilket gör att trovärdigheten för resultaten förbättras. Det innebär också att antaganden och osäkra indata får störst effekt på det absoluta resultatet men mindre på jämförelsen mellan olika alternativ där antaganden är desamma.

Källa MELI: "Life cycle assessment of road construction", Finnra Reports 17/2000  
E-postkontakt med Paula Eskola, VTT (Technical Research Centre of Finland), Finland

## 6.2 LCC

Det som presenteras nedan baseras på de modeller och projekt som vi kommit i kontakt med genom kontaktpersonerna. Det har visat sig att användningen av livscykelkostnader är relativt utbredd men att det inte finns någon typisk modell som företrädesvis används vid arbetsgången med LCC. Det är vanligt med modeller uppbyggda i Excel, men bakomliggande beräkningssamband och ingående parametrar skiljer sig till viss del. Beroende på att den största andelen av svaren på livscykelkostnadsfrågorna i enkäten kommer ifrån personer i Sverige samt att livscykelkostnadstänkandet är mest spritt i Sverige är de beskrivna modellerna i kapitlet svenska, med ett undantag. I Norge har ett försök genomförts där man, utifrån utveckling av spårdjup och IRI, d.v.s. en vägs ojämnhets i längsled, beräknat förväntade beläggningstidslängder. Resultaten av försöket presenteras sist i kapitlet.

### 6.2.1 2Ö

#### Beskrivning

2Ö står för "två överbyggnader". Det är en modell som är utvecklad för att beräkna kostnadsskillnaden mellan två olika överbyggnadstyper. I modellen tas hänsyn till de planerade underhållsinsatser som kommer att utföras under konstruktionens tekniska livslängd, samt de trafikant- och olyckskostnader som uppkommer då underhållet utförs. Beräkningen görs för direkta kostnader, nuvärdeskostnader och årskostnader. Kostnaderna redovisas dels som summor dels som kostnader per kvadratmeter. Beräkningarna innefattar också väghyra, d.v.s. den samhällskostnad som uppstår vid underhållsåtgärder på grund av tidsförlust och ökade olycksrisker för trafikanterna, och redovisas separat. Som följd av

angiven trafikutveckling redovisas också trafikflöde för åren då åtgärder utförs. Modellen är uppbyggd i Excel och består av 6 kalkylblad.

Modellen syftar till att jämföra de långsiktiga effekterna av två tekniskt olika konstruktionslösningar. Tillverknings- och återvinningsprocesser beaktas inte, utan det är endast effekterna av livslängden samt trafikant- och omgivningspåverkan som finns med. Restvärden för konstruktionerna vid den tekniska livslängdens slut kan tas med då underhållsstrategi läggs upp. Sista underhållsinsatsen ger konstruktionen en viss ytterligare livslängd och passerar denna kalkylerad livslängd ger de extra levnadsåren restvärdet. Beräkningarna som görs i modellen bygger på ATB Väg.

Indata för beräkning

Vägdata: väglängd (km), slitlagerbredd (m), skyltad hastighet (km/h), skyltad hastighet vid vägarbete (km/h), livslängd (antal år), kalkylränta (%)

Trafikdata: ÅDT<sub>tot</sub> (fordon/dygn), andel personbil (%), andel tung trafik (%), trafikutveckling (%), fördelning per körfält K1, K2 (%), trafikklassberäkning (VÄG 94 3.4.1.1 A och B), konstruktionstyp Konstruktion 1, Konstruktion 2 (t. ex. GBÖ, BBÖ, CBÖ, GÖ etc.)

Trafikkostnader: restidskostnad personbil (kr/tim), restidskostnad lastbil (kr/tim), vägarbetslängd (km), olyckskvot vid vägarbete (olyckor/Mfkm), kostnad för olycka (kr/olycka)

Underhåll: åtgärd anges och för respektive åtgärd gäller

- kostnad (kr/enhet)
- kapacitet (enhet/skift)
- mängd (enhet)
- tidsåtgång (skift)
- år (antal år efter öppningsår för åtgärden)

Utdata

Huvudsyftet med modellen är att jämföra kostnaderna mellan två överbyggnadsalternativ. Jämförelsen redovisas i både tabellform och diagramform. Jämförelsen innehåller direkta kostnader, nuvärdeskostnader och årskostnad över livslängden för båda alternativen samt uträknad differens de emellan. Jämförelsen görs både med och utan samhällskostnader.

Projekt/Referensobjekt

År 2003 gjordes en översiktlig livscykelkostnadsanalys för att se skillnaden mellan en traditionell överbyggnadskonstruktion enligt ATB Väg och en överbyggnadskonstruktion med ett av PEAB utvecklat vägbyggnadskoncept, SWEPAVE. Studieobjekt för analysen var väg E4 Markaryd och analysperioden löpte över 40 år. Vägverket som stod för den traditionella överbyggnadskonstruktionen tillhandahöll analysmodellen 2Ö.

Analysen, som syftade till att se de långsiktiga effekterna av en alternativ teknisk konstruktionslösning, beaktade inte tillverknings- och återvinningsprocesser utan endast

effekter av förlängd teknisk livslängd samt trafikant- och omgivningspåverkan. Analysen hade begränsade tidsresurser varför känslighetsanalyser uteblev.

Vägens öppningsår var satt till 2004 och simuleringen gjordes för körfält 1 (K1). I analysen ingick de samhällsekonomiska kostnaderna för restidsförändring och olyckor som följd av vägarbete. Till detta gjordes restvärdesbedömning och i kalkylen sattes kalkylräntan till 0 %.

Källa 2 Ö: "Översyn betongvägsalternativ (Reviderad utgåva)" Vägverket Publikation 1997:126  
Telefon- och e-postkontakt med Carl-Gösta Enocksson, Vägverket Region Väst

### 6.2.2 MNV

Beskrivning

MNV står för "Modell för Nuvärdesberäkning" och är ett hjälpmedel för att beräkna totalkostnaden för ett vägobjekt. Modellen togs fram i början av 90-talet i syfte att studera hur betongvägar/betongslitlager stod sig gentemot asfaltslitlager. Effektsamband avseende slitlager och mall för en totalekonomisk värdering skulle rymmas i modellen.

I "Modell för nuvärdesberäkning av en vägs funktionstidskostnad" står det att modellens huvudsyften är

- "att utifrån ett totalekonomiskt synsätt ge beslutsunderlag för val av vägkonstruktion, framförallt avseende kvalitetsnivå för slitlagret, och val av underhållsmetod (spårlagning, eventuellt slipmån för betongslitlager mm)."
- "att ge underlag för krav och bonusnivå (för olika funktionsparametrar) vid funktionsupphandling av slitlager (både vid investering och underhåll)."

Modellen kan användas som ett verktyg för att på enskilda objekt bl.a. välja rätt/mest lönsam underhållsmetod och för att se till att kvaliteten på slitlagret blir den mest önskvärda i det specifika fallet. Vid framtagandet av modellen såg man stort användningsområde vid diskussion om funktionsupphandling istället för produktspecifik upphandling.

Modellen bygger på faktorer där dess kostnader varierar med körbanans ytstruktur, materialegenskaper, konstruktion mm.

Modellen skapades i Excel 3.0 och är flexibel så till vida att den kan användas för olika typer av vägkonstruktioner och slitlager.

Omfattning

I MNV ingår:

Väghållarkostnader

- planering (projektering, konstruktion, produktionsplanering mm.)
- investeringskostnader (under- och överbyggnad, slitlager, bro, belysning mm.)
- underhållskostnader (reparation, omläggning, väglinjemarkering mm.)
- driftkostnader (vinterväghållning, belysning, renhållning mm.)
- restvärde

Samhällskostnader

- trafikantkostnader (olyckor, restid, fordon och inre buller/komfort)
- yttre miljö (stoft, avgasemissioner, yttre buller mm.)
- arbetsmiljökostnader (olyckor, toxiska produkter, ergonomi, komfort mm.)

Överväganden för kostnaderna på både kort och lång sikt och beräkning för direkta kostnader och nuvärdeskostnader som summor.

Förändringar av jämnhet i längsled, IRI, ryms inte i modellen och modellen är inte tillämpbar i tätortstrafik där hastigheten varierar mycket.

Modellen bygger på en del förenklingar, antaganden och hypoteser som i vissa fall saknar djupare forskning. Dock anses dessa vara tillräckligt tillförlitliga för att användas istället för att helt bortses från.

Indata för beräkning

Modellen har två beräkningsmoduler, en som gäller för betongvägar och en som gäller för asfaltvägar, och varje modul är uppbyggd av nio olika huvudblock. Det är möjligt att göra beräkningar med olika "bra" indata och för många av faktorerna i programmet finns defaultvärden (förinställda rekommenderade värden) som kan användas.

Indata för modellen är bl.a.

- Vägdata: väglängd (km), vägtyp (13 m=1, ML=2, MV=3), slitlagerbredd (m), skyltad hastighet (km/h), skyltad hastighet vid vägarbete (km/h), livslängd (antal år), kalkylränta (%), prisnivå (år), öppningsår (år)
- Trafikdata:  $\text{ÅDT}_{\text{tot}}$  (fordon/dygn), trafiksammansättning (%), andel dubbdäck (%), fördelning per körfält K1, K2 (%), trafikutveckling (%) etc.
- Byggekostnad: för överbyggnads- och slitlagerkostnader finns det två sätt att beräkna anläggningskostnaden. Antingen görs en detaljerad kostnadsberäkning utifrån konstruktionsuppgifter på arbetsplan och bygghandlingar som sedan prissätts, eller görs en schablonmässig beräkning efter given



modell som finns i byggblocket som bygger på å-priser för ingående byggnadsdelar. För kostnader för underbyggnad, konstbyggnader, trafikordningar, trafikbelysning etc. görs en generell bedömning.

- Underhållskostnad:** som underhållskostnad räknas åtgärder som syftar till att återge vägen sin ursprungliga standard, helt eller delvis. För åtgärderna skall det anges när (antal år efter öppning) de utförs samt hur lång tid utförandet tar. Tiden för utförandet är av betydelse för trafikantkostnader som uppstår som följd av störning vid åtgärdsutförandet. För att uppskatta en rimlig tidpunkt för åtgärdsutförandet används en modell som beräknar spårdjup tillväxt baserat på materialparametrar, hastighet, trafikflöde mm.
- Driftskostnad:** utgörs av kostnader som följd av regelbundna/återkommande årliga åtgärder. Å-priser anges för exempelvis vinterväghållning, renhållning, mindre lagningar, tvätt av vägmärken och vägbelysning.
- Trafikantkostnad:** kostnader som följd av den tid en trafikant förbrukar då denna färdas på vägnätet. I modellen ingår dels den tid det tar under normala förhållanden för trafikanten att färdas en viss sträcka dels den extra tid det tar vid underhåll- eller driftåtgärdsutförande.
- Fordonskostnad:** består av drivmedelkostnader, däck, slitage, skador mm. De beror till viss del på vägkonstruktionens och framförallt slitlagrets betingelser. Kopplingen däremellan är dock svår att göra.
- Olyckskostnad:** innefattar dels "rena" olyckor för trafikanter, som också ingår i total trafikantkostnad, dels olyckor som uppstår i samband med vägarbete. En annan del i olyckskostnaden är den osäkerhet som upplevs av vägarbetare som står i nära kontakt med passerande trafik. Värderingen av osäkerhetskänslan är dock svår att göra.
- Miljökostnad:** hur vägen påverkar omgivningen samt hur arbetsmiljön för vägarbetare är. Faktorer av betydelse är buller, avgaser, stoft, salt mm. Varken värdering av komfort och känsla inne i fordon, exempelvis buller, jämnhet, IRI etc. eller av miljöpåverkan och energiförbrukning från tillverknings- och avfallsprocess görs.

#### Utdata

I slutlig sammanställning visas samtliga kostnadsposter var för sig och summerade. De redovisas både totalt över livslängden och som nuvärden.

#### Projekt/Referensobjekt

Modellen har använts vid genomförandet av Arlandaprojektet som är en anslutningsväg (Arlandavägen) mellan Arlanda flygplats och väg E4. Vägen byggdes som betongväg och var den första betongvägen som byggdes på 90-talet. Arlandavägen var innan ombyggnad

utformad som motortrafikled med två körfält. Efter ombyggnad fick vägen motorvägsstandard med två nya körfält. Syftet med MNV i projektet var att välja rätt kvalitetsnivå på betongen ur dubbdäcksslitage, underhållsnivå och för att fastställa lämplig bonusnivå för funktionsupphandling. För läsning om projektet hänvisas till VTI notat 35-2000 "Betongväg vid Arlanda, Tillståndet efter 10 års trafik".

Utvärdering med MNV har också gjorts för väg E20 Eskilstuna – Arphus där en betongöverbyggnad valdes. För läsning hänvisas till VTI notat 57-2002, "Betongväg på E 20 vid Eskilstuna, Byggnads- och uppföljningsrapport för delen Eskilstuna – Arphus".

Källa MNV: "Modell för nuvärdesberäkning av en vägs funktionstidskostnad" Vägverket Publikation 1991:053  
"Översyn betongvägsalternativ (Reviderad utgåva)" Vägverket Publikation 1997:126  
E-postkontakt med Tomas Winnerholt, Vägverket Stev  
Telefon- och e-postkontakt med Carl-Gösta Enocksson, Vägverket Region Väst

### 6.2.3 "Olofsson"

#### Beskrivning

"Olofsson" är en beräkningsmodell som utifrån beräknad uppskattad livslängd på viss beläggning kan beräkna årskostnaden för konstruktionen. Olofsson är uppbyggd i Excel och består av ett kalkylblad där ett antal parametrar förs in och via en "beräkningssnurra" trillar en årskostnad ut. Namnet Olofsson är taget från en av de delaktiga personerna i projektet där modellen utarbetades.

I Olofsson används PMS Objekt för att beräkna livslängden hos beläggningstypen ABS (asfaltbetong, stenrik). Livslängden på ABS är sedan vad vald/övriga beläggningstyp/-er relateras till när livslängden på den/dessa skall bestämmas. Med PMS Objekt beräknas också livslängd på terrass.

I grunden för modell Olofsson ligger värderingar gjorda av Vägverket över hur prioriterad en viss egenskap hos beläggningen är. För respektive objekt viktas prioriteten för 9 egenskaper hos beläggningen, däribland nötningsresistans, vattentäthet, åldringsresistans och lågbullrande egenskaper. Egenskaperna tilldelas ett värde mellan 0,0 och 1,0, där 1,0 är en prioriterad egenskap och 0 en icke prioriterad. För ett visst projekt är viktningen angiven i dokument Teknisk Beskrivning Väg (TBV). Till var och en av egenskaperna är ett kvalitetsvärde kopplat. Detta är specifikt för en viss beläggningstyp och skall ställas i relation till kvalitetsvärdet för samma egenskap hos en annan beläggningstyp men kan inte jämföras olika egenskaper emellan. Ett kvalitetsvärde på 1,0 eller högre visar att beläggningens egenskap är väldigt god. Ett kvalitetsvärde mellan 0,6 och 0,9 antyder att egenskapen har någon svaghet och ett värde på 0,5 eller lägre säger att egenskapen är dålig. Kvaliteten på respektive egenskap för den av entreprenören valda beläggningstypen multipliceras med prioriteten för samma egenskap för att slutligen ge ett viktat

kvalitetsmedelvärde för samtliga egenskaper. Kvalitetsmedelvärdet för vald beläggningstyp divideras med kvalitetsmedelvärdet för ABS-beläggningen som är "referensbeläggningen". Kvoten mellan de bägge medelvärdena multipliceras med den från PMS Objekt beräknade livslängden för ABS-beläggningen. Produkten är svaret på uppskattad livslängd hos den valda beläggningstypen.

Beräkning av årskostnad i excelberäkningen är uppdelad på en årskostnad för anbudet och en årskostnad per m<sup>2</sup> väg. För beräkningen anges anbudssumman och för att beräkna ett årligt m<sup>2</sup>-pris på vägen anges ett å-pris per m<sup>2</sup> väg.

#### Omfattning

Grunden i Olofsson är Vägverkets publika program PMS Objekt 2000. Olofsson hanterar därmed material och parametrar som finns beskrivna i ATB Väg men därutöver måste parametrar, från fall till fall, godkännas för att tillämpas i PMS Objekt. På samma sätt gäller det att i specifika projekt för ofta förekommande material som inte kan hanteras i PMS Objekt ges rekommendationer för hantering. Det krävs också att avgränsningar för vad som inte får förekomma görs. Exempel på det är att vägbyggnadsmaterial som sällan förekommer inte innefattas och att konstbyggnader utesluts.

#### Indata för beräkning

För att beräkningen i Olofsson skall fungera krävs några indata. Vägverkets prioriteringar av beläggningens egenskaper för objektet måste föras in, kvalitetsvärdena finns redan. Från PMS Objekt behövs den beräknade livslängden hos ABS-beläggningen och den beräknade livslängden för terrassen.

Vald beläggningstyp måste anges, och likaså anbudssumma och å-pris per m<sup>2</sup> väg.

#### Utdata

Genom beskriven procedur ovan beräknas uppskattad livslängd hos den valda beläggningstypen.

Anbudssumman divideras med livslängden för beläggningen och ger årskostnaden för anbudssumman och årligt m<sup>2</sup>-pris för vägen ges av å-pris dividerat med livslängd.

#### Projekt/Referensobjekt

År 2002 gjorde Vägverket i Sverige i ett specifikt projekt försök med upphandling på årskostnadsbasis för fyra olika vägsträckor. Syftet med projektet var att se över möjligheten att välja ett kvalitetsmässigt bättre utförandealternativ med högre anbudssumma än programenligt förslag, men där ekonomin på lång sikt blir bättre. För att kunna beakta livscykelkostnaden i projektet där alternativa utföranden värderas krävdes att en utvärderingsmodell utarbetades. Från entreprenörerna önskades att utvärderingsmodellen skulle vara helt neutral och publik för att upphandling enligt årskostnadskalkyl skulle göras. Resultatet från detta blev modell Olofsson.

Målet med modell Olofsson var att den skulle fungera för upphandling enligt årskostnadskalkyl, vara entydig och kunna erbjudas anbudslämnarna som ett verktyg.

Utvärdering av livslängd skulle kunna göras för dels programförslag, dels alternativa utföranden. I projektet sågs alternativa utföranden som sidoanbud till det programliga förslaget.

För att inte komplicera de ekonomiska beräkningarna valdes rak avskrivning och det bestämdes att ingen hänsyn till restvärde skulle tas och därmed inte heller användning av kalkylränta, detta kom dock att ändras för två objekt. Den ekonomiska modellen var enkel,  $y = x \cdot (1 + r/100)^n$ , där y är diskonterad summa, x är anbudssumma, r är kalkylräntan i procent och n är antal år. Årskostnaden ges genom att den diskonterade summan y divideras med antal år. Allt detta hade entreprenörerna tillgång till.

Det sattes upp ramar för vad som gällde som acceptabel livslängd. Kortare livslängd än 10 år accepterades inte och som längst 25 år. För eventuellt längre livslängd sattes beräkningsvärdet till 25. Definitionen av livslängd bestämdas till att konstruktionens svagaste parti blev avgörande. Alltså även om endast en liten del av vägsträckan hade kort livslängd skulle denna få fälla avgörandet. För terrassen gällde att dennas livslängd skulle vara minst 10 år längre än beläggningsen, ett krav som skulle visa sig inte kunna uppfyllas för samtliga objekt.

Fyra objekt valdes ut för upphandling:

Rv 95 Merkenes-Riksgränsen

Väg 664 Älvsbyn-Nystrand

Väg 353 Orrböle-Nyåker

Väg 831 Kålmis-Svannäs

Gemensamt för samtliga projekt var att det för alla utförts ganska omfattande undersökningar i projekteringsfasen.

Från projektet och de fyra studieobjekten framkom att det skulle vara bra om man redan i projekteringsfasen förbereder för upphandling med årskostnad. T.ex. är det i detta fall en fördel om konsulten som upprättar handlingar utgår från PMS Objekt. Från objekten visade det sig att det är en hel del som måste göras objektsspecifikt för att vitt skilda förutsättningar råder. Känslan innan hade varit att mer arbete kan göras övergripande. Frågor om beläggning, varma och kalla massor samt huruvida stabilisering behandlas på ett bra sätt är också något att titta närmare på. För objekten där kalkylränta användes såg man att denna var av stor betydelse och att den måste inarbetas på ett bättre sätt framöver. Vid användning av kalkylränta måste även konstruktionens restvärde behandlas. I projekten finns stora fasta kostnadsposter som är oberoende av livslängden, bl.a. etableringskostnader på platser som ligger lite avlägset. Att i dessa fall förlänga livslängden med några år kostar inte mycket i lagertjocklekar. Detta gör att modellen starkt premierar långa livslängder, något som är tänkvärt.

I stort kan sägas att entreprenörerna som varit med och räknat på anbud är nöjda och har accepterat modellen. Dock framkom önskemål om att det skulle vara möjligt för dem att ändra vissa gränser för olika åtgärder. I detta projekt var fallet att entreprenörerna inte fick ändra på det som beställaren fastställt. Det var också önskvärt att det tydligare skulle framgå i förfrågningsunderlaget att vissa tekniska lösningar ej var godtagbara. Detsamma gäller för

bitar i objekten som undantagits av olika orsaker. Entreprenörerna som funnits med i projektet har varit de stora entreprenörerna som brukar vara med och räkna samt några mindre. Samtliga av de stora har inkommit med sidoanbud enligt årskostnadsmodellen. Från beställarhållet och projektledare på Vägverket (VN) har resultatet bedömts som bra.

Utfallet med att tillåta sidoanbud som i projektet har gjort att dessa i samtliga fall funnits mer lönsamma än de traditionella utförandena. Även om viss variation förekom så ökade livslängden i alla fyra objekten. Som mest var ökningen 14 år och som minst 2 år, en variation mellan +13 % och +127 %. I tre av fallen ökade totalkostnaderna och i ett minskade desamma, variationen låg mellan -1,2 miljoner och +3,6 miljoner, eller i procent från -6,5 % till +21 %. Som medeltal kan sägas 60 % ökad livslängd och 8 % ökade kostnader. På grund av geografiskt läge, för i alla fall två objekt, har det varit extra positivt med långa livslängder för att etableringskostnaderna på platserna varit höga.

Mellan anbuden har det visat sig mindre spridning i livslängd när sidoanbud har jämförts gentemot "vanliga" anbud.

Källa "Olofsson": Telefon- och e-postkontakt med Johan Ullberg, Vägverket Region Norr

#### **6.2.4 Lönsamhetskalkyl – provväg E6**

##### Bakgrund

I slutet av 1980-talet fattades beslut av svenska Vägverket att betongvägskonstruktioner skulle uppföras. Bakgrunden till ställningstagandet var att trafiklasterna ständigt ökade och att det under en tid bara uppförts asfaltkonstruktioner. Nu ville man se hur betongkonstruktioner fungerar.

Väg E6 vid Falkenberg, sträckan Heberg – Fastarp, och Arlandavägen mellan Arlanda flygplats och väg E4 är två objekt som efter beslut uppfördes som betongkonstruktioner. Sträckan Heberg – Fastarp beslutade man att utföra som provväg där en del skulle byggas med betongöverbyggnad och en annan del med asfaltöverbyggnad. Anledningen till detta var att man såg möjligheten att kunna jämföra konstruktionerna i ett längre perspektiv. Sträckan Heberg – Fastarp var färdigställd 1996.

##### Omfattning

På sträckan Heberg – Fastarp testades tre olika sträckor med olika överbyggnader. Utgångspunkten, referenssträckan, var en grusbitumenöverbyggnad, GBÖ, som jämfördes med en betongöverbyggnad och en förändrad GBÖ. På den förändrade GBÖ:n ställdes krav från Föreningen för Asfaltbeläggningar i Sverige, FAS, varför överbyggnadskonceptet kallas FAS. Varje konstruktionstyp bedöms utifrån en optimistisk och en pessimistisk synvinkel med avseende på livslängd och underhållsintervall. Utgångspunkten för en optimistisk respektive pessimistisk synvinkel är huruvida utförandet är av bra kvalitet. Det

optimistiska synsättet motsvarar att god kvalitet uppnås i alla steg och för det pessimistiska att det förekommer några brister.

Indata för beräkning

I lönsamhetskalkylen, som är uppbyggd i Excel, beaktas investeringskostnad, underhållskostnad, trafikantkostnad vid underhållsarbete och kostnad för lägre åkkomfort jämfört med nylagd väg. Kalkylen sträcker sig över en 40-års period med kalkylräntan satt till 4 %.

**Investeringskostnad:** anges som å-priser per m<sup>2</sup> för ingående lager och totalt för respektive konstruktion.

**Underhållskostnad:** underhållskostnaden för långsamfältet (K1) anges med samma å-priser som för investering, medan för snabbfältet (K2) antas ett tunnare slitlager varför underhållskostnaden blir något lägre än vid investering. Kostnaderna för underhållet under kalkylperioden diskonteras till år "noll" med hjälp av nuvärdesfaktorn,  $1/(1+r)^n$  (**Kapitel 4.9.1**). För år 40 sätts att standarden på vägytan skall vara i "nyskick".

Restvärdet behandlas egentligen inte, utan för underhållsätgård som inträffar efter år 40 beräknas hur stor kostnadsandel som gäller fram till år 40 från senaste åtgärd och denna del diskonteras därefter till år "noll".

Efter 40 år betraktas konstruktionerna som slut och därefter får man göra en ny motsvarande "investerings-" eller "renoveringskalkyl". Då hänsyn tas till kalkylränta på 4 % gör denna att kostnader 40 år framåt i tiden får liten inverkan på kalkylen.

I lönsamhetskalkylen ingår ingen bärighetsrehabilitering under uppsatt kalkylperiod. Vad som ingår i asfaltkonstruktionerna är ett nytt AG-lager vart 20-30:e år i långsamfältet (K1).

**Trafikantkostnad:** för kostnadsposten gäller uppkomna kostnader vid underhållsarbete på väg. De ingående delarna är tids-, fordons-, olycks- och miljökostnader. Indata för att göra trafikantkostnadsberäkningen är ÅDT, fördelning per körfält, underhållsarbetets längdsträckning och varaktighet, hastighetsskyltning normalt respektive vid underhållsarbete, tids- och fordonskostnad från effektkataloger, accelerations- och retardationskostnader samt olycksfrekvens och olyckskostnad. Miljökostnaden tas schablonmässigt, i detta fall motsvarande vad som används för trafikantkostnad vid olika ytstandard i "Kommunikationsplan 1998-2007".

**Spårslitage:** beräknas för att få fram vid vilka tidpunkter underhåll är aktuellt. För lagren ansätts initialspår samt en årlig spårdjupsökning. Spårdjupsökning består av nötning och deformation var för sig.

**Kostnad, åkkomfort:** kostnad för att köra på en "åldrad" väg gentemot en nylagd väg. I modellen betraktas detta som trafikantkostnad vid olika ytstandarder på samma sätt som ovan enligt "Kommunikationsplan 1998-2007".

I modellen beaktas att extra fordonskostnad uppstår i slutet av livslängden av varje underhållscykel. Medelkostnaden diskonteras till nuvärde.

#### Utdata

Då samtliga konstruktionstyper bedöms både utifrån ett optimistiskt och ett pessimistiskt synsätt är det möjligt att det gap som uppstår mellan den optimistiska och pessimistiska bedömningen är där totalkostnadsnivån för respektive konstruktionstyp hamnar. Visar det sig att trafikprognosen är något felaktig är det rimligt att anta att vid större trafikmängder närmar man sig det pessimistiska synsättet och vid mindre trafikmängder det optimistiska synsättet.

**Källa Provväg E6:** Telefon- och e-postkontakt med Carl-Gösta Enocksson, Vägverket Region Väst

### ***6.2.5 Lönsamhetskalkyl – drift och underhåll***

#### Beskrivning

Kalkylmodellen, som är en excelmodell, är utvecklad av Vägverket och är en samhällsekonomisk beräkningsmodell för drift- och underhållsåtgärder. Den kan användas för antingen enskilda åtgärder eller strategier. I modellen kan väghållar- och trafikantkostnader för tio olika drift- och underhållsåtgärder för en given vägsträcka beräknas och jämföras. Varje åtgärdsförslag finns på ett separat kalkylblad i modellen liksom att ett kalkylblad finns för sammanställning och jämförelse av samtliga åtgärder.

#### Omfattning

Beräkningen sker över 40 år och tar hänsyn till väghållar- och trafikantkostnader. Det maximalt tillåtna IRI-värdet anger gräns för när en underhållsåtgärd är oundviklig. Innebörden i detta är att om ingen åtgärd görs krävs rekonstruktion av vägen och kostnaden blir således högre än ett regelbundet underhåll.

De åtgärder som är möjliga att välja bland finns angivna i modellen med en viss åtgärdskod. Det finns fyra åtgärds kategorier att välja bland, vilka är ytskikt, avvattning, jämnhet och bärighet. För "rutinmässigt" underhåll beräknas kostnaden genom en funktion av tiden sen den senaste underhållsåtgärden. Var den senaste underhållsåtgärden en normal underhållsåtgärd med full effekt på vägytan återgår tiden till år "noll". Om åtgärden

däremot var en enkel ytbehandling blir kostnaden för rutinunderhållet högre fram tills dess att en åtgärd med full effekt utförs.

IRI och spårdjup förändras med tiden och påverkar trafikantkostnaden till att bli högre. Sätts åtgärd in som minskar IRI och spårdjup minskar trafikantkostnaden. Andra ytrelaterade skador, exempelvis sprickor, hanteras inte i beräkningen. Det finns inte heller några kostnader relaterade till störmoment i samband med åtgärdsutförande utöver att det är möjligt att ange ett högre pris för åtgärden i fråga än det ursprungliga.

Indata för beräkning

För att beräkning skall kunna genomföras krävs några indata.

Vägdata: väglängd (m) och vägbredd (m), IRI-värde och spårdjup för år "noll", maximalt tillåten IRI och maximalt tillåtet spårdjup, nedbrytningsfaktor för IRI och spårdjup per år

Trafikdata: trafikflöde (fordon/dygn), trafiktillväxt, lastbilsandel

Kostnadsdata: kostnadsindex som korrigerar för prisnivån 1990 i formlerna, diskonteringsränta, skattefaktor I och II, olyckskostnad för genomsnittsolycka

Underhåll: åtgärder (åtgärds kod) och tidpunkter för desamma.

Utdata

I kalkylsammanställningen finns väghållarkostnader respektive trafikantkostnader summerade, dels var för sig och dels tillsammans. Underhållsåtgärderna är i sammanställningen rangordnade efter en kostnadsminimeringsprincip, där åtgärden med lägst samhällskostnad tilldelas värdet 10 och därefter i fallande ordning till värdet 1 för den åtgärden med högst samhällskostnad. Två grafer följer med automatik med i sammanställningen. De visar samtliga åtgärdsalternativ med tillhörande väghållar- och trafikantkostnader, den ena med komfortberäkning i trafikantkostnadsberäkningen och den andra utan.

I kalkylsammanställningen är det också möjligt att svara på frågan när det är mest lämpligt att utföra en viss åtgärd. Är det mest lämpligt nu, om ett år eller om två år osv. Det sker också en matchning i modellen som visar hur olika åtgärder förhåller sig till varandra vad gäller förutsättningar, kostnader och när vinster och förluster uppstår.

Källa Lönsamhetskalkyl – drift och underhåll: Telefon- och e-postkontakt med Johan Lang, Vägverket Borlänge



## 6.2.6 EVA

### Beskrivning

EVA, "Effektbedömningar vid VägAnalyser", är ett datorprogram som används som ett analysverktyg för långsiktig planering. Konsekvenserna av ett investeringsalternativ kan med EVAs hjälp identifieras, skattas och värderas. I beräkningarna jämförs ett investeringsalternativ med nollalternativet vid tre olika tidpunkter (basåret, prognosår 1 och prognosår 2). De uppkomna effekterna kvantifieras och värderas vid de nämnda tidpunkterna och skillnaden mellan effekterna för investeringsalternativet respektive nollalternativet räknas ut. Nuvärdena över hela kalkylperioden beräknas med diskontering för investeringsalternativet och nollalternativet samt differensen mellan de båda. Differensen jämförs med investeringen för att få ett mått på åtgärdens lönsamhet. Till grund för kalkylerna ligger de effektmodeller som finns med i Vägverkets publikationsserie Effektsamband 2000.

### Omfattning

EVA-programmet kan behandla såväl det statliga som det kommunala vägnätet. Analyser med EVA kan göras både på objekts- och systemnivå, d.v.s. för mindre vägobjekt samt för större vägnät. Programmet är uppbyggt av fyra effektmodeller, en restidsmodell, en fordonskonsumtionsmodell, en trafiksäkerhetsmodell samt en drift- och underhållsmodell. Modellerna beräknar uppkomna effekter på väglänkar och i noder (korsningar). Dessutom innehåller programmet en värderingsmodell för värdering av effekterna och en ekonomimodell som räknar ut lönsamheten. EVA tar dock inte hänsyn till nygenererad trafik eller överflyttningseffekter mellan transportslag beroende på att den bygger på en OD-matris (engelska; Origin-Destination) med fasta start- och målpunkter. Effekter av nygenererad trafik kan emellertid erhållas då flera körningar i EVA-programmet görs.

### Indata för beräkning

EVA-programmet hämtar indata om vägnätet från Vägdatabanken (VDB). De data som hämtas härifrån handlar om trafik, vägstandard, vägfunktion etc. Vissa uppgifter som inte finns med i VDB behövs för analysen och måste därför läggas till manuellt. Indata till effektmodellerna, och förutsättningar för beräkningar, utgörs av bl.a. värderingar, prognosår och kalkylränta. Värden på dessa parametrar bestäms centralt inför varje ny planeringsomgång.

### Utdata

Effekterna som fås från EVA-programmet uttrycks både i ursprungsenheten (kg, tim, etc.) samt i värderad form (kronor). Från de olika effektmodellerna fås följande resultat:

- Restidsmodellen: restidsförbrukning
- Fordonskonsumtionsmodellen: fordonskostnader, avgasemissioner (NO<sub>x</sub>, VOC, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> och partiklar) och drivmedelsförbrukning
- Trafiksäkerhetsmodellen: antal olyckor, antal skadade och antal viltolyckor
- Drift- och underhållsmodellen: normal drift- och underhållskostnad och restidstillägg på grund av halt väglag

Effekterna värderas i värderingsmodellen och i den ekonomiska modellen sammanvägs de under kalkylperioden uppkomna effekterna. En beräkning av åtgärdens samhällsekonomiska lönsamhet, i form av nettonuvärdeskvot eller annat mått på kostnadseffektivitet, görs.

Projekt/Referensobjekt

EVA-kalkyler har gjorts för en del olika projekt. En av dem har gjorts av Vägverket Region Mitt för väg E4 söder om Sundsvall. Den aktuella vägsträckan (22 km) är olycksdrabbad och miljöbelastningen är hög. Åtgärdsförslaget innebär att vägsträckan får en ny dragning. Från beräkningen i EVA-programmet erhöles en nettonuvärdeskvot på 0,9. Minskningen av restid och olyckor gav de största nyttorna. Den enda värderbara effekten som resulterade i en ökad kostnad var drift- och underhåll. Projektet finns med i den nationella planen för vägtransportssystemet med byggstart år 2015.

Källa EVA: "Effektsamband 2000", Vägverket b, 2006  
E-postkontakt med Peter Palholmen, Vägverket Borlänge

### ***6.2.6 Livslängdsprognoser för beläggningar***

Bakgrund

I Norge pågår ett projekt som handlar om vägbeläggnings livslängd och som gränsar till livscykelkostnadsstänkande. I Handbok 018, som är ett regelverk i Norge, används livslängden på beläggningen som en viktig parameter för utvärdering om förstärkningsbehov är nödvändigt. Av denna anledning vill norska Statens Vegvesen i Region öst dokumentera vilka normala livslängder man kan förvänta sig för olika trafikflöden hos olika beläggningstyper. Förhoppningen är att utifrån studien kunna skapa en handbok för "bästa beläggningsval".

SINTEF (Stiftelsen for industriell og teknisk forskning ved Norges Tekniske Högskola, NTH) fick uppdraget av Statens Vegvesen i Region Öst att göra analyser av vilka normala beläggning livslängder man kan förvänta sig i regionen, baserat på existerande data i Vägdatabanken (VDB). Analyserna ger prognostiserade beläggning livslängder som beräknas utifrån ett PM-system (Pavement Management System). PM-system används vanligtvis av de olika regionerna och vägdistrikten till att planera beläggningsunderhåll.

Omfattning

I projektet ser man ganska "enkelt" på livscykelkostnadsbegreppet. Bl.a. utlämnas kostnader för drift- och underhåll, trafikanter och miljö och fokus ligger uteslutande på just beläggningars livslängd.

I projektet definieras livslängden hos beläggningen som tiden från nylagd beläggning till dess att den når visst uppsatt krav för spår och IRI, som är bestämt enligt drift och underhållsstandarden. Andra parametrar som har med ytstandard att göra, såsom friktion,

tvärfall, sprickor och hål, berörs inte i analysen varför livslängden inte gäller med avseende på dessa parametrar.

I regionernas PM-system används enkla modeller för att framskriva spår- och IRI-utveckling. I projektet vill man försäkra sig om att mätdata baseras på senaste utförda mätningar med bra metoder och tolkningsalgoritmer, varför man valt att inte nyttja tillståndsdata från mätningar utförda innan år 1999. I projektet använder man sig av första och sista tillståndsmätningen efter utförd åtgärd, dock minst två år mellan mätningarna, för att skapa ett linjärt samband för spår- och IRI-utvecklingen.

Beläggningen som studeras i PM-systemet måste utgöra 90 % av beläggningen för den delsträcka som PM-systemet är uppbyggt för. Detta krav ställs för att den uppskattade livslängden skall vara så representativ som möjligt för beläggningen i fråga. På detta sätt undviks också att felaktigheter som beror på att delsträckan består av en stor andel annan beläggning skall få genomslagskraft.

I vissa PM-system är det ofta väldigt enkelt att få långa livslängder på beläggningar. Av denna anledning ställs kravet att den beräknade livslängden på beläggningen skall ligga i intervallet 1 - 30 år. Att övre gränsen sätts till 30 år beror på att vid högre ålder än så skulle andra parametrar än spår och IRI kunna nå kritiska värden, samt att vid genomgång av beläggningar som ligger idag finns nästan inga med högre ålder än 30 år.

#### Resultat

Resultaten från studien är prognoser för beläggningar på vissa utvalda riksvägar som får representera samtliga riksvägar.

I studien presenteras livslängden i olika tabeller och diagram. Det som presenteras är andel väglängd med viss livslängd med avseende på olika parametrar. Detta gäller livslängd utifrån olika trafikflöden, livslängd utifrån typ av beläggningssmassa och trafikflöde, livslängd med hänsyn till maximal stenstorlek och trafikflöde, livslängd med hänsyn taget till maximal stenstorlek för viss beläggningssmassa och trafikflöde och det sista som finns är en analys över samband mellan omfattning på åtgärd och förväntad livslängd inom olika trafikflödesintervaller.

#### Osäkerhet

Analysresultaten är prognoser/beräkningar från ett PM-system av förväntad livslängd på en viss beläggning och bygger alltså inte på registrerade livstider. En fördel med detta kan vara att prognoserna därmed bygger på dagens teknologi med dagens förhållanden och förutsättningar och inte på hur det har varit. Dock är tillståndsutvecklingen ett resultat av ett enkelt linjärt samband mellan två åtgärdsinsatser, vilket kan behöva studeras närmare. Analyserna behandlar också bara spår- och IRI-utveckling och beaktar inte inverkan av andra effekter. När resultatet presenteras bör man ha i åtanke att analyserna är utförda för vissa utvalda vägar men att dessa får representera samtliga riksvägar. För studien har också dataunderlaget till analysen varit begränsat på grund av de hårda kriterier som satts för ingående data.

Källa Livslängdsprognoser: E-postkontakt med Geir Refsdal, Statens Vegvesen, Norge

## *7 Analys och diskussion*

Genom kontakt med personer som i sin vardag arbetar med vägfrågor har det framkommit att begreppen LCA och LCC är kända även om det finns tveksamheter i hur de används och vad som skiljer de åt. LCA-metodiken syftar till att beskriva en produkts liv från vaggan till graven och utgöra en samlad bedömning av samtliga miljöaspekter av vikt. För en väg som är en väldigt komplex produkt innebär livscykelanalysen en del svårigheter. Hur bestäms omfattningen av analysen? Skall allt ingående material följas från vaggan till graven, skall maskiner och hjälpmedel tas med, hur länge lever en väg – **30, 40, 60 år?**, eller är det så att en väg inte har något slut? Det är många frågor som kräver svar för att göra en fullständig LCA. Frågan är om det är möjligt att göra analysen småskalig, förenkla eller använda schabloner för att göra hanteringen enklare.

Med LCC-tekniken har man ett verktyg för att under en produkts livslängd påverka totalkostnaden. Men på samma sätt som för LCA finns det många frågor som kräver svar. Livscykeln eller livslängden kan vara den faktiska livslängden men för en väg med väldigt lång livslängd kan det vara enklare att i förväg bestämma ett visst antal år som analysen skall täcka. En överblickbar tid där användandet av produkten och kostnadsutvecklingen är förutsägbar kan vara ett sätt att avgränsa studien. Just kostnadsutveckling, inflation och hantering av ränta är intressant för att kunna jämföra med en alternativ investering och dess avkastning. Det krävs också att kunna förutse bl.a. trafikutveckling och drift- och underhållsinsatser.

### *7.1 LCA*

Miljöproblem, miljöfrågor, hushållning med naturresurser och landanvändning är idag heta diskussionsämnen. Det poängteras ofta att i synnerhet vägtrafik är starkt bidragande till växthuseffekt och utsläpp av föroreningar till naturen. Framst orsakas detta av fordon på vägarna men det gäller även effekter för resursutnyttjande, byggnation, drift och underhåll, sluthantering och återvinning av konstruktionsmassor.

Erfarenheterna av att utföra livscykelanalyser i samband med vägfrågor är mycket begränsade. Det har gjorts några försök att i vägprojekt använda LCA för miljöbedömning, men trots detta har inte angreppssättet slagit igenom och man kan fråga sig varför? Rimligtvis skulle LCA kunna vara det rätta verktyget för att göra en samlad miljöbedömning men någonstans har problem uppstått som begränsat utbredningen. Anledningen verkar ligga i att miljöbedömning i sig är ett brett och komplext begrepp och att det finns många bitar som måste ses över. På samma sätt är en väg väldigt komplex i sin natur och skiljer sig från många andra produkter. Bl.a. finns stora variationer mellan olika vägar med avseende på samspelet med natur, miljö, terräng, klimat och trafiksituation på olika platser. Detta gör att uppbyggnad, materialinnehåll och materialåtgång blir olika för olika vägar. Dessutom brukas en väg under väldigt lång tid vilket gör det svårt att tala om

ett visst slut. Beroende på alla dessa faktorer är det svårt att skapa en modell som fungerar genomgående för alla vägar, och troligen är avsaknaden av användbara modeller och grunddata skäl till att användningen av LCA är begränsad.

Att erfarenheterna av livscykelanalyser för väg är små har tydligt framgått vid kontakt med personer som i vardagen arbetar med vägfrågor. I de försök som är gjorda med LCA-inblandning har utfallet varit skiftande. Trots detta ställer sig många positiva till tankegången och tycker att det borde finnas potential för LCA i vägfrågor, framförallt i takt med att hushållning av både ekonomi, naturresurser och miljö blir allt viktigare. Men gemensamt är också uppfattningen att det ännu saknas en del för att arbetet skall bli mer utbrett.

Vid utförandet av livscykelanalyser har en del svårigheter förekommit. Detta är egentligen ganska naturligt med tanke på att någon generell grundmodell inte existerar. Vid varje ny ansats att utföra en LCA för ett vägprojekt krävs omfattande arbete och bara vetskapen om en krävande arbetsinsats kan göra att uppgiften blir övermäktig oavsett hur god vilja som än finns. Det kan också vara så att det saknas kunskap om LCA i organisationerna och att det krävs utbildning för att öka användningen.

Från enkätundersökningen har det framkommit att det finns svårigheter med att uttrycka miljöeffekter i jämförbara enheter. Att göra det är svårt men också viktigt för att få en samlad bild av en produkts belastning på miljön. Syftet med en livscykelanalys är just att göra en samlad bedömning genom hela livscykeln och gärna att även kunna utröna i vilken omfattning en viss miljöeffekt bidrar till den sammanlagda belastningen. Detta gör det nödvändigt att kunna relatera olika effekters bidrag till varandra och för det krävs enheter som är jämförbara. Idag relateras effektbidragen till en viss ekvivalent för ett visst miljöproblem för att jämföra olika bidrag inom den specifika miljöeffektkategorin. Att uttrycka miljöeffekter i viss ekvivalent utgör oftast inget större problem men däremot är jämförelsen mellan två helt skilda miljöeffektgrupper svårare att göra. Bedömningen eller jämförelsen mellan olika miljöeffektgrupper görs utifrån subjektiva värderingar och de politiska målsättningar man har i projektet. Subjektiva värderingar kan innebära en risk att bedömningar blir olika från fall till fall. Av denna anledning vore det önskvärt att finna jämförelsemetoder som baseras på naturvetenskapliga grunder som ger objektiva resultat, men att göra detta är idag inte möjligt. Emellertid är det viktiga att resultaten redovisas och att anledningen till ett visst ställningstagande förklaras. Görs detta på ett bra vis är ändamålet med livscykelanalysen uppfyllt och konsekvensen av ett visst handlande kan tolkas. Vilket val som görs därefter ligger hos beslutsfattaren. Hur som helst är en bidragande anledning till begränsad LCA-användning att resultaten inte är fullt jämförbara utifrån ett objektiva synsätt.

Nästa svåra bit i en livscykelanalys är att ta fram tillförlitlig indata. Processen för detta är tidsödande och förekomsten av bra datakällor verkar vara liten. För att förenkla arbetet skulle det vara bra om mer data samlades in och normalvärden för olika parametrar togs fram. Det skulle påskynda arbetet och analyser kan utföras även där en del specifik indata saknas. Det skulle så klart inte medföra att indata blir mer tillförlitlig än vad fallet är där indata tas fram för det specifika fallet. Men eventuellt kan det bli mer attraktivt att utföra livscykelanalyser och i kombination med känslighetsanalyser kan "normalvärdena"

allteftersom förbättras. I livscykelanalyser finns nästan alltid en hel del antaganden, förenklingar och avgränsningar som gör att utfallet inte är hundra procent säkert. Av denna anledning borde användning av schablon- eller normalvärden inte förändra situationen avsevärt. Det som också framkommit genom kontaktpersoner är att vissa företag vill hålla vissa data hemligt. Kanske kan man till viss del få ta del av uppgifter genom att se ett slutresultat eller liknande men konkurrensfördelar släpps ogärna. Fallet kan också vara att företag är villiga att lämna ut uppgifter men inte att deras namn omnämns. Detta gör också att det blir svårt att hålla en öppen diskussion och hjälpas åt i metodikutvecklingen.

Hur man sätter upp gränser och bestämmer omfattning av analysen är också ett moment som kan vålla problem. Omfattningen måste vara sådan att det som skall belysas ryms i analysen och likaså det som har betydelse för utfallet. I fall där det handlar om att jämföra olika produkter är egentligen bara det som skiljer mellan de båda relevant att belysa. I de situationerna spelar det mindre roll hur antaganden och förenklingar, och eventuella schablonvärden väljs, så länge det görs på samma sätt för de olika produkterna som jämförs. Görs analysen i jämförande syfte av exempelvis två eller flera vägar/konstruktioner kan det också vara möjligt att förutsätta att vissa moment är desamma för alternativen och därmed bortse från dem.

Känslan som framkommit genom kontakt med personer i frågan är att omfattning och innehåll i analyserna blivit för stort och att det varit svårt att sätta gränser samt svårt att få fram jämförbara resultat. Styrkan med en livscykelanalys är just att den skall innefatta en hel process och allt som kan hänföras till densamma. Självklart kan analysen då få enorm omfattning och uppgiften blir övermäktig. Om starten istället blir i liten skala i försöksprojekt kan det vara möjligt att utarbeta tillvägagångssätt och "mall" för LCA-arbete. I ett sådant projekt skulle tydliga avgränsningar och mål som är möjliga att nå sättas upp. Allt arbete som läggs ner dokumenteras och projektet följs sedan upp för att finna vad som varit bra och vad som varit mindre bra. I nästa steg kan ett större projekt med utökade gränser ligga som grund men där samma mall som för det mindre projektet följs. Det viktiga är att börja i liten skala för att arbetet inte skall kännas alltför svårkontrollerat, och därefter successivt utöka omfattningen. I omvänd ordning är det lätt att erfarenheterna blir negativa och sätter stopp för nya försök.

Att tro att en analysmodell skall kunna appliceras på samtliga vägars hela livscykel är troligtvis en väl optimistisk tanke. Det är snarare en nödvändighet att bryta ner livscykeln i delprocesser och studera olika delar var för sig. Kan metod och tillvägagångssätt hittas för vissa delar är det bättre än att ge sig i kast med att finna metoder som skall täcka hela livscykler. Det som kan vålla problem inom vägbyggnad om hela processer bryts ner i delprocesser är att helheten i vägkonstruktionen går förlorad. Ofta är de ingående komponenterna i konstruktionen beroende av varandra vilket innebär att om något förändras någonstans i uppbyggnaden ger det effekter någon annanstans i strukturen. För vägar som normalt har väldigt långa livslängder och i praktiken ofta inget riktigt slut är ett stort problem att upprätta analyser som skall behandla hela livscykeln. Ansatsen är att ändå sätta en gräns där man kan anta att inget eller bara väldigt lite av den ursprungliga konstruktionen finns kvar. I skedet därefter får en ny analys utföras.

Det är viktigt att betona tillvägagångssättet i LCA-processen. I första steget, målbeskrivningen, skall måldefinition och omfattning framgå. För utförandet av livscykelanalysen är det viktigt att detta görs på ett riktigt vis. Det skall framgå varför studien görs och vad som skall uppnås och det krävs att det tänks igenom vilka resultat man vill ha och vilka man kan få. Görs inte detta är det lätt hänt att när man väl når resultatet blir det en överraskning. Det kan vara så att man knappt vet vad resultatet är och inte kan tolka det. Så återigen betonas att steg 1 är ytterst viktigt. Det är helt avgörande för hur omfattande studien måste vara och hur gränser sätts upp. Egentligen kan man säga att en livscykelanalys utförs "bakifrån". Man börjar med resultatet och jobbar därefter fram ett tillvägagångssätt för att nå dit. Kanske är det så att livscykelanalysen har sin största potential på ett principiellt stadium. Att metodiken kan nyttjas i tidiga projektskeden för att ge en fingervisning om att en vägkonstruktion, ett visst material eller förfarande kan rekommenderas ur miljöhänseende men utan att för den sakens skull utgöra ett exakt svar. Vid sådan användning skulle det inte heller krävas exakt indata.

***För att få LCA-användning att slå igenom skulle det eventuellt vara bra om en tredje part utförde analysen i specifikt projekt. En oberoende "tredje part" skulle utgöras av någon som verkligen behärskar och är kunnig på LCA-metodiken. Bedömningen blir då helt objektiv och problemet att LCA-kunskapen måste finnas i alla organisationer undviks***

Vad som också kan var värt att nämna är att det finns en programvara som har utvecklats för att beräkna energianvändning för olika typer av vägar som heter JOULESAVE. Programvaran utvecklades som en del i EU-projektet IERD (Integration of the Measurement of Energy Usage into Road Design) där Tjeckien, Frankrike, Nederländerna, Irland, Portugal, Storbritannien och Sverige deltog, och är alltså inte specifik för Norden. JOULESAVE är utvecklat för att kombineras med programmen MXROAD som är ett vägutförningsprogram utvecklat av Bentley (Storbritannien) och används i Europa, och VETO som VTI (Sverige) har utvecklat och som används för att beräkna vägtrafikemissioner. Med JOULESAVE är det möjligt att beräkna energianvändning både vid vägkonstruktion och vid brukandet under hela vägens livslängd. Energianvändningen vid konstruktion beräknas dels för utvinning och produktion av ingående material och dels för arbetet som krävs för att få dem på plats. För att beräkna energianvändningen för samtliga fordon som brukar vägen under dess livstid analyseras väggeometrin, som har betydelse för bränsleförbrukningen, i JOULESAVE och förs in i VETO där man anger trafikmängd och trafiksammansättning. Än har JOULESAVE inte använts i något projekt.

Några synpunkter, med viss omskrivning och översättning, som getts genom kontakt via enkätundersökning och telefon är:

"Problemet med LCA är att det inte finns någon etablerad teknik för att utvärdera resultatet. Det slutar att man får svar med olika storheter som inte går att jämföra."

"Det är svårt att finna tillförlitliga indata och ofta kan det vara ojämn kvalitet på indata. Detta ger i sin tur osäkra svar och också risk för subjektiva svar."

"LCA är en bra metod för att värdera miljöeffekter i samband med väg."

”LCA borde vara ett bra verktyg för planering, materialval och drift och underhåll.”

”Det behövs rutiner/metodik för att LCA skall få genomslag. För byggande, drift och underhåll av vägar handlar det om resurshushållning, återvinning och materialval och hur det ska bedömas/värderas.”

”Det är för många parametrar som inte kan prissättas, skulle kunna kombinera mjuka parametrar med LCC som start.”

”Använder inte LCA för att det inte efterfrågats av kund.”

”Borde kunna användas i tidiga skeden för att göra totalbedömningar av kostnaderna för vägval, resursutnyttjande och miljöpåverkan.”

”Komplext och begränsad efterfrågan.”

”Saknar kunskap om fungerande beräkningsmodeller.”

”Jag vet inte skillnaden på LCA gentemot LCC varför jag avstår att svara på LCA.”

## **7.2 LCC**

Vid arbetsgången med livscykelkostnader finns få standardiserade modeller och förfaringssätt. Ofta testas nya tillvägagångssätt och modeller inom varje projekt, vartefter modellprototyper emellanåt utvecklas. Samhällskostnader i form av trafikant- och miljökostnader är representerade i varierande grad i de olika modellerna. Dessa tillhör de svåraste att uppskatta i en livscykelkostnadsanalys vilket verkar speglas i modellerna. Tydligare och mer precisa modeller kan vara en god start för att öka användningen av LCC. Om beställare även tydligt betonar att de värdesätter anbud med ett livslängdsperspektiv så kan efterfrågan öka ytterligare. Mycket ansvar ligger alltså hos beställare för att driva igenom en förändring inom branschen. Om det från beställarens sida ställs krav på att använda livscykelkostnader tvingas entreprenören anpassa sig till detta och på så vis skapas incitament för denne att satsa på mer långsiktiga lösningar. Som läget är idag värderas anbud allt som oftast efter lägsta pris och mindre hänsyn tas till vad den faktiska årskostnaden blir. Om de beräkningsmodeller som finns kan få tydligare definitioner och bli mer allmänt tillgängliga kan bruket underlättas för entreprenörer och anbuden blir lättare att ta ställning till för beställare. Då många olika typer av modeller används är det svårt att jämföra olika alternativ, och kanske speciellt nya tekniska lösningar eftersom modellerna inte alltid är anpassade för dem. Då entreprenören tillhandahåller en ny, tidigare oprövad lösning, och inte använder någon känd beräkningsmodell är det många gånger extremt svårt att sälja in sin lösning hos beställare. I Sverige finns idag redan en mängd modeller, varför man inte behöver börja från grunden för att skapa tydliga, väl avgränsade modeller. Det gäller snarare att vidareutveckla de befintliga och i många fall göra de mer användarvänliga.



Från enkätsvaren och genom ytterligare kontakter framgår att ett problem idag är att det finns stora frågetecken kring hur tillförlitliga indata till modellerna skall väljas. Många parametrar är behäftade med stora osäkerheter varför resultatet av analysen också blir osäkert. T.ex. så är kunskapen om olika materials livslängder ej väl dokumenterad, vilket gör att detta antagande till stor del grundas på åsikter och uppfattningar istället för verkligheten. Så även om beställare efterfrågar livscykelresonemang i anbuden så återstår stora svårigheter för konsult/entreprenör att ta fram bra indata. Av beställare hävdas detta vara en stor anledning till att implementeringen av livscykelkostnadsanalyser inte kommit längre och att efterfrågan är begränsad.

***Att utföra känslighetsanalyser kan vara ett led i utvecklingen att ta fram bättre anpassade indata.***

Att söka indata till LCC-analyser genom att ta mätdata från befintliga konstruktioner gör det svårt att föra utvecklingen framåt. Mätdata är svår att applicera på nya material och konstruktionslösningar. I LCC-projekt kan det ofta vara eftersträvansvärt att arbeta med nya material och lösningar för anbuds konkurrens, och att prognostisera framtiden med hjälp av befintlig mätdata för detta ändamål är inte lämpligt.

Även om LCC-begreppet är förhållandevis inarbetat, åtminstone i Sverige, kan utbildning och information inom området verka för en ökad användning. Motvillighet till och rädsla för att pröva nya sätt att jobba bottnar ofta i brist på kunskap. Vad det än gäller så är det alltid enklare att fortsätta jobba på det sätt man brukar än att pröva annorlunda tillvägagångssätt. Att det jobbas på så pass olika sätt med livscykelkostnads konceptet kan också bidra till att de som inte har någon kunskap om LCC uppfattar det som rörigt och svårt, och därför känner sig ovilliga till att lära sig mer om det. Det faktum att livscykelkostnadsbedömningar till viss del görs utifrån erfarenhet kan också fungera som en bromskloss för att fler skall bli delaktiga i livscykelkostnadsarbetet. Dessutom är vägbyggnadsbranschen väldigt traditionell och konservativ vilket gör att det tar tid innan förändringar och nya angreppssätt slår igenom.

En förutsättning för att bruket av livscykelkostnader ska kunna utvecklas är att uppföljning ingår som en naturlig del i LCC-arbetet. Ett problem är att vägkonstruktioner tar mycket lång tid att utvärdera på grund av den långa livslängden, vilket var en av de svårigheter som framhölls i enkätundersökningen och vid annan kontakt med involverade personer. Den långa livslängden gör det svårt att skapa en analys som täcker hela livscykeln och, på samma sätt som i fallet för LCA, gäller att det sätts en gräns där man kan anta att inget eller bara väldigt lite av den ursprungliga konstruktionen finns kvar. För en LCC är det lämpligt att tidshorisonten väljs till en överblickbar tid där kostnader, kostnadsutveckling och prisuppgifter kan förutses. Just prissättning av ingående delar och uppskattning av framtida kostnader är också något som de tillfrågade ansåg utgöra svårigheter i LCC-arbetet. För entreprenörer är det också svårt att göra egna uppföljningar då de endast ansvarar för konstruktionen under en begränsad tid. Ett ökat nyttjande av funktionsentreprenader skulle kunna ge entreprenör ökad kontroll över utvecklingen och därmed möjligheter till bättre uppföljning, samtidigt som produktutveckling stimuleras.

Några synpunkter, med viss omskrivning och översättning, som getts genom kontakt via enkätundersökning och telefon är:

”Ont om pengar gör att vi alltid måste ställa kostnad mot nytta”

”Jag tror att man är rädd för att göra fel när man utvärderar anbud. Att bara välja utifrån lägsta pris är lätt och riskfritt, men att välja rätt är dock inte alltid lätt.”

”LCC kan användas mer i arbete med underhållsstrategier och för att värdera potential i nya produkter med utlovade egenskaper.”

”Det är särskilt vid värdering av alternativa material som det kan vara intressant att upprätta en LCC-analys”

”Jag tror inte det finns något direkt annat användningsområde. Jag tror att man måste våga mer från beställarhåll för att få entreprenörer att haka på. Idag är det lägsta pris som gäller men en tydlig markering och preciserade modeller vore en bra start!”

”Har inte träffat på någon kund som begärt att få LCC till sitt beslutsunderlag.”

”Har en känsla av att om LCC beaktas i regelverk så har man kommit långt. För övrigt tror jag att vi jobbar med livscykelkostnader mer eller mindre hela tiden utan att vi direkt tänker på det. Så fort vi jobbar med lite längre tidsperspektiv innebär det LCC utan att det känns som det.”

”Jag tror att LCA och LCC kan användas i samband med beslutsfattande vid planering av vägprojekt. Självklart beräknas omkostnader när vägprojekt planeras men jag tror att dessa beräkningar ofta har för korta tidshorisonter och ofta bara beaktar anläggningsfasen och inte det längre perspektivet.”

## ***8 Slutsats***

Studien har visat att LCA och LCC är begrepp som förekommer, har använts och kan användas inom såväl vägkonstruktion som annan infrastruktur. Det finns användning genom hela kedjan från planering via byggnation och drift och underhåll till avfallshantering och återvinning. För användning av både LCA och LCC finns det modeller och tillvägagångssätt men det ser ut som det saknas djupare inarbetning av begreppen. Det saknas också en tydlig grundmodell för respektive område och det är snarast så att vid varje nytt försök till livscykelräkning görs ny ansats att skapa en helt ny modell för ändamålet. Detta till trots ges intrycket av dem som har arbetat med framförallt LCC att dessa är nöjda med utfallen och hoppas kunna nyttja metodiken i större utsträckning framöver. Erfarenheterna av LCA är emellertid mer varierande, men gemensamt är tron på att det blir vanligare och än mer viktigt i framtiden med beaktande av hela livscykeln. Det finns alltså en positiv, om än något försiktig, inställning till livscykelräkning och detta är viktigt för det framtida arbetet. LCA och LCC är också en förutsättning för att utveckla funktionsentreprenader där krav skall kunna ställas som sträcker över en längre tidsperiod.

Med lite mer arbete och kraftansträngning för framtagande av metoder och modeller som förenklar hantering och skapar förståelse för LCA och LCC skulle de båda begreppen sannolikt kunna nyttjas i stor utsträckning och med förtjänst inom samtliga steg i byggprocessen och för material- och produktutveckling. Det är av naturliga skäl väldigt svårt att skapa **en** modell som kan hantera samtliga bitar varför förenklingar, avgränsningar och **olika** modeller är nödvändigt. Hur man bestämmer vad som skall ingå i en specifik modell och hur man väljer struktur och uppbyggnad är helt beroende av vilket syftet är med densamma. Det är alltså svårt att svara på vad som generellt skall ingå i en LCA-respektive LCC-modell. Emellertid är några viktiga inslag teknisk livslängd, drift- och underhållsintervall och tillhörande åtgärder, miljöaspekter samt hantering av kostnader och restvärde. Fler bitar än dessa är givetvis nödvändiga men beror till stor del på syftet med modellen. Det som annars är mycket centralt är att redovisa vilka antaganden och avgränsningar som ligger bakom modellen i fråga, eller kort sagt att berätta vad som inte ingår i modellen.

Helt klart är emellertid att när utmaningen för väghållare inte bara ligger i att tillhandahålla infrastruktur utan också att sköta och driva hela trafikrörelsen så är både LCA och LCC användbara verktyg. Det behövs att metoder utvecklas för att funktionsupphandling skall kunna slå igenom och att anbud där entreprenörer åtar sig ansvar och risker kan värderas. LCA och LCC kan också ligga till grund för planering av drift- och underhållsstrategier. Strategier som inte uteslutande syftar till att ge bra vägar utan också till att minska antal vägvästängningar och tiden för avstängningarna, samt till att göra åtgärdsarbetena så säkra som möjligt för både trafikanter och vägarbetare.

Studien har gett en bild av hur dagens situation ser ut i Norden vad det gäller användning av LCA och LCC för vägändamål. Dock är underlaget, avseende kontaktpersoner som varit delaktiga i LCA- respektive LCC-arbete, förhållandevis begränsat vilket bör beaktas. Endast 13 enkätsvar erhöles och merparten av dem (8 st.) kom från Sverige. Det begränsade underlaget är en självklar följd av att projekt med LCA- respektive LCC-inblandning inte är utbredda. Kontaktpersonerna är emellertid personer som har efarenhet, om än något begränsad, av LCA- och LCC-arbete och besitter stor kunskap om vägfrågor. Kontaktpersonerna har också välvilligt kunnat uttrycka sina synpunkter i ämnet. Studien skall kunna utgöra ett fundament för fortsatt arbete med livscykelperspektivet. Ett mål för kommande arbete kan vara att skapa generella och allmänt accepterade grundmodeller för LCA och LCC. För detta ändamål krävs emellertid ytterligare arbetsinsatser.

## Referenser

### Skriftliga källor

- Baumann et al., 2004 – Baumann H. & Tillman A M., *"The Hitch Hiker's Guide to LCA"*, Studentlitteratur, Lund, Sverige
- Birgisdóttir, 2005 – Birgisdóttir H., *"Life cycle assessment model for road construction and use of residues from waste incineration"*, Institute of Environment & Resources, Technical University of Denmark
- Boverket, 1989 – *"Ekonomiska kalkyler"*, Lund, Sverige
- DNV, 1996 – *"Livsløpsvurderinger i transportsektoren"*, Det Norske Veritas, Rapport Nr. 95-3697, Høvik, Norge
- Ekdahl, 2000 – Ekdahl P., *"Deterioration Models and Road Capital as Tools in Performance Contracts for Pavement Maintenance"*, Doctoral Thesis, Bulletin 12, Lunds Universitet, Sverige
- FNRA, 2000 – *"Life cycle assessment of road construction"*, Finnra Reports 17/2000, Helsinki, Finland
- Huvstig, 2000 – Huvstig A., *"Livscykelkostnader, teorier och användningsområden"*, Vägverket, Region Väst, NVF 34, Via Nordica 2000
- KFB, 1999 – *"Nya metoder för finansiering av vägar En vision för 2000-talet och det första steget"*, Kommunikationsforskningsberedningen, Västervik, Sverige
- Moberg et al., 1999 – Moberg Å, Finnveden G, Johansson J & Steen P, *"Miljösystemanalytiska verktyg – en introduktion med koppling till beslutssituationer"*, AFR-REPORT 251, Naturvårdsverket, Stockholm, Sverige
- Naturvårdsverket, 1996 – *"Vägledning för Livscykelanalyser LCA"*, Rapport 4537, Naturvårdsverket, Stockholm, Sverige
- NCHRP 122, 1985 – *"Life-cycle cost assessment of pavements"* - A Synthesis of Highway Practice", NCHRP Synthesis 122, Transportation Research Board, Washington D.C., USA
- Nilsson et al., 1993 – Nilsson S Å., & Persson I., *"Investeringsbedömning"*, Liber-Hermods, Malmö, Sverige
- Nord, 1995 – *"Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment"*, Nord 1995:20, Århus 1999, Danmark
- NVF, 1996 – *"Miniseminar om livscykelanalyser"*
- Olsson, 1993 – Olsson U., *"Funktionsentreprenad för drift och underhåll av vägar och gator"*, Doktorsavhandling 1993:135 D, Tekniska Högskolan i Luleå, Sverige
- Rydh et al., 2002 – Rydh C J., Lindahl M & Tingström J., *"Livscykelanalys – en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster"*, Studentlitteratur, Lund, Sverige
- Schaub, 1990 – Schaub M., *"LCC-kalkyl – ett sätt att kunna värdera och jämföra olika investeringars livstidskostnad"*, IVF-resultat 89634, Ord & Forum AB, Uppsala, Sverige
- SIKA a, 2005 – *"Kalkylvärden och kalkylmetoder (ASEK) En sammanfattning av Verksgruppens rekommendationer 2005"*, SIKA PM 2005:16, Stockholm, Sverige
- SIKA b, 2005 – *"Den samhällsekonomiska kalkylen – en introduktion för den nyfikne"*, SIKA Rapport 2005:5, Stockholm, Sverige
- Stripple, 1995 – Stripple H., *"Livscykelanalys av väg En modellstudie för inventering"*, IVL-Rapport B 1210, IVL Institutet för vatten- och luftvårdsforskning, Göteborg, Sverige

- Sund, 1996 – Sund E.K., *“Life-cycle cost assessment of road pavements”*, Doktor ingenjöravhandling 1996:100, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Veg- og jernbanebygging, Meddelelse 27, Trondheim, Norge
- Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, 1985 – *“Funktionsentreprenad vägar och gator”*, Rapport nr 36, Motala, Sverige
- Svenska Kommunförbundet, 2001 – *“Funktionskrav på beläggning – Ett nytt sätt att upphandla gatubeläggning”*, Svenska Kommunförbundet och SBUF, Stockholm, Sverige
- Sveriges Mekanförbund, 1984 – *“LCC En teknik att påverka totalkostnaden under en produkts livslängd”*, Sveriges Mekanförbund, Stockholm, Sverige
- Sveriges Mekanförbund, 1991 – *“Miljötålighet Livslängd Livscykelkostnad (LCC)”*, SEES – seminarium nr 5, Swedish Environmental Engineering Society, Stockholm, Sverige
- Transportforskningsberedningen, 1986 – *“Lönsamhetsbedömningar av investeringar i transportsektorn”*, Rapport 1986:21, Transportforskningsberedningen, Stockholm, Sverige
- Vägverket, 1997 – *“Översyn betongvägsalternativ (Reviderad utgåva)”* Vägverket Publikation 1997:126, Borlänge, Sverige
- Vägverket, 1991 – *“Modell för nuvärdesberäkning av en vägs funktionstidskostnad”* Vägverket Publikation 1991:053, Borlänge, Sverige
- Walls et al., 1998 – Walls J. & Smith M.R., *“Life-cycle cost assessment in pavement design”*, Interim technical bulletin, Publication No. FHWA-SA-98-079, Federal Highway Administration, Washington D.C., USA
- Wittenfelt, 2004 – Wittenfelt K., *“Livscykelkostnadsmodeller i generell och praktisk tillämpning – Citytunnelprojektet i Malmö”*, Examensarbete, Lunds Universitet, Sverige
- Wrisberg et al., 2002 – Wrisberg N & Udo de Haes H, *“Analytical Tools for Environmental Design and Management in a Systems Perspective”*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Nederländerna

### Internetkällor

#### Byggsektorns Kretsloppsrad a, 2006

[http://www.kretsloppsradet.com/Byggsektorns\\_miljoprogram\\_2003.asp](http://www.kretsloppsradet.com/Byggsektorns_miljoprogram_2003.asp)

Hämtat 2006-11-15)

#### Byggsektorns Kretsloppsrad b, 2006

[http://www.kretsloppsradet.com/Kretsloppsradets\\_remissvar.asp#Remisser%202006](http://www.kretsloppsradet.com/Kretsloppsradets_remissvar.asp#Remisser%202006)

Hämtat 2006-11-15

#### Federal Highway Administration, 2006

<http://www.fhwa.dot.gov/ppp/options.htm>

Hämtat 2006-08-29

#### FIA, 2005

<http://www.fiasverige.se/files/fileArchive/Projekt//Funktionskrav%20för%20underhållsbeläggningar/FIA%20Funktionskrav%20underhållsbeläggningar%20-%20%20uppföljningsrapport.pdf>

Hämtat 2006-12-07

#### Sveriges kommuner och landsting, 2006

[http://www.webor.se/ws\\_top.php?wsNode=\\$34053](http://www.webor.se/ws_top.php?wsNode=$34053)

Hämtat 2006-08-29

**Vägverket a, 2006**

[http://www.vv.se/filer/publikationer/arsredov\\_2005.pdf](http://www.vv.se/filer/publikationer/arsredov_2005.pdf)

Hämtat 2006-08-25

**Vägverket b, 2006**

[http://www.vv.se/templates/page3\\_\\_\\_\\_3571.aspx](http://www.vv.se/templates/page3____3571.aspx)

Hämtat 2006-11-06

## **Bilagor**

### **Bilaga 1: Enkät**

- A1. Namn?
- A2. Arbetsgivare? (privat/kommunalt/statligt, stad, land)
- A3. Huvudsakliga arbetsuppgifter?

#### Frågorna B1-B17 handlar om LCC

- B1. Har Ni arbetat med LCC (livscykelkostnader)? JA / NEJ  
Om JA, svara på frågorna B2-B12 annars svara på frågorna B13-B17.

---

#### **För Er som svarat JA på fråga B1**

- B2. Inom vilket område/typ av projekt har Ni arbetat med LCC? (Vägplanering, vägprojektering, vägbyggande, drift- och underhållsfrågor, annat)
- B3. Hur anser Ni att arbetet med LCC har fungerat? (Mycket bra, bra, mindre bra, dåligt)
- B4. Finns det någon speciell anledning till Ert svar i fråga B3?
- B5. Har Ni en viss metod/tillvägagångssätt som används genomgående med LCC-arbete?  
JA / NEJ
- B6. Använder Ni något/några hjälpmedel (exempelvis modeller), vid arbetsgången med LCC? JA / NEJ
- B7. Anser Ni att resultaten av de LCC-analyser ni gjort stämmer överens med de ni önskat/förväntat Er? JA / NEJ
- B8. Ange de viktigaste anledningarna (max tre stycken) till att Ni använder LCC i Ert arbete?
  - För att jämföra olika alternativ/produkter
  - För att få bra kvalitet på slutprodukten
  - För att få lägre totalkostnader över livslängden
  - För att förlänga livslängden
  - För att planera drift- och underhåll
  - För projektstyrning och budgetplanering
  - För att stimulera material- och teknikutveckling inom branschen
  - Politisk styrning
  - Annat, ange vad (flera anledningar går bra)
- B9. Anser Ni att det finns några svårigheter med att arbeta med LCC? Om JA, ange de viktigaste (max tre stycken).
  - Att prissätta samtliga delar som har betydelse för livscykelkostnaderna
  - Att bestämma tidshorisonten/livslängden
  - Uppskatta framtida kostnader
  - Hantera ränta och inflation
  - Hantera risk och osäkerhet

Att ta fram tillförlitlig indata  
Annat, ange vad (flera svårigheter går bra)

- B10. I vilken utsträckning tror Ni att Ni i framtiden kommer att använda Er av LCC?  
(Mer, som idag, mindre)
- B11. Använder Ni begreppet årskostnad i samband med LCC-arbete eller vid annat tillfälle? I så fall när?
- B12. Finns det enligt Er mening någon speciell situation där LCC-metodiken skulle kunna nyttjas men inte gör det idag? I så fall när?

---

***För Er som svarat NEJ på fråga B1***

- B13. Känner Ni till LCC-begreppet? JA / NEJ
- B14. Finns det någon speciell anledning till att Ni inte arbetar med LCC? Om JA, ange vad.
- B15. Tror Ni att Ni i framtiden kommer att använda Er av LCC? JA / NEJ
- B16. Använder Ni begreppet årskostnader? JA / NEJ Om JA, när?
- B17. Finns det enligt Er mening någon speciell situation där LCC-metodiken skulle kunna nyttjas men inte gör det idag? I så fall när?

---

**Frågorna C1-C15 handlar om LCA**

- C1. Har Ni arbetat med LCA (livscykelanalys)? JA / NEJ  
Om JA, svara på frågorna C2-C11 annars svara på frågorna C12-C15.

---

***För Er som svarat JA på fråga C1***

- C2. Inom vilket område/typ av projekt har Ni arbetat med LCA? (Vägplanering, vägprojektering, vägbyggande, drift- och underhållsfrågor, annat)
- C3. Hur anser Ni att arbetet med LCA har fungerat? (Mycket bra, bra, mindre bra, dåligt)
- C4. Finns det någon speciell anledning till Ert svar i fråga C3?
- C5. Har Ni en viss metod/tillvägagångssätt som används genomgående med LCA-arbete?  
JA / NEJ
- C6. Använder Ni något/några hjälpmedel (exempelvis modeller), vid arbetsgången med LCA? JA / NEJ
- C7. Anser Ni att resultaten av de LCA-analyser ni gjort stämmer överens med de ni önskat/förväntat Er? JA / NEJ
- C8. Ange de viktigaste anledningarna (max tre stycken) till att Ni använder LCA i Ert arbete?

För att jämföra olika alternativ/produkter  
För att få minsta möjliga miljöpåverkan under produktens livslängd  
För att utreda vilket/vilka steg i produktens livscykel som har störst påverkan på miljön samt var svagheter/förbättringsmöjligheter finns  
För att bedöma hur en förändring i processen eller ett materialbyte skulle verka på miljön



- Får att få ökad kunskap om produkten  
Politisk styrning  
Annat, ange vad (flera anledningar går bra)
- C9. Anser Ni att det finns några svårigheter med att arbeta med LCA? Om JA, ange de viktigaste (max tre stycken).  
Att bestämma vad som är relevant att ta med i analysen  
Att bedöma vilka miljöaspekter som ska studeras  
Att uttrycka miljöeffekterna i enheter som är jämförbara  
Att bestämma tidshorisonten  
Hantera risk och osäkerhet  
Att ta fram tillförlitlig indata  
Annat, ange vad (flera svårigheter går bra)
- C10. I vilken utsträckning tror Ni att Ni i framtiden kommer att använda Er av LCA?  
(Mer, som idag, mindre)
- C11. Finns det enligt Er mening någon speciell situation där LCA-metodiken skulle kunna nyttjas men inte gör det idag? I så fall när?

---

***För Er som svarat NEJ på fråga C1***

- C12. Känner Ni till LCA-begreppet? JA / NEJ
- C13. Finns det någon speciell anledning till att Ni inte arbetar med LCA? Om JA, ange vad.
- C14. Tror Ni att Ni i framtiden kommer att använda Er av LCA? JA / NEJ
- C15. Finns det enligt Er mening någon speciell situation där LCA-metodiken skulle kunna nyttjas men inte gör det idag? I så fall när?

## *Bilaga 2: Följebrev till enkät*

Hej!

Vi heter Nina Holmvik och Hampus Wallin och är två studenter från Lunds Tekniska Högskola. Vi läser sista terminen på Väg- och Vattenbyggnadsprogrammet och skriver nu examensarbete. Examensarbetet handleds av Peter Ekdahl (Ramböll RST) och skrivs i samarbete med Ramböll och Nordiska Vägtekniska Förbundet, NVF. Arbetet handlar i stort om livscykelkostnader (LCC) och livscykelanalys (LCA) för vägkonstruktioner och syftar till att kartlägga vilka metoder, verktyg och modeller som används för arbete med LCC och LCA i Norden idag.

Fram till nu har vi satt oss in i ämnet och tagit del av litteratur på området. För att gå vidare med arbetet och för att få veta hur det arbetas och har arbetats, och vilka kunskaper och erfarenheter som finns med LCC och LCA i de nordiska länderna skulle vi gärna vilja ha Er hjälp. Nedan finns en enkät med några enkla frågor som vi vore tacksamma för om Ni ville ta Er tid att svara på. Första delen i enkäten handlar om LCC och andra delen om LCA. Känner Ni Er osäkra på vad vi menar med LCC respektive LCA så titta gärna sist i enkäten där innebörden av dessa förklaras. Förhoppningsvis ger svaren ge oss en första uppfattning om vilken information som finns att tillgå på området och inom vilka projekt det finns erfarenhet med LCC och LCA. Enkäten är alltså vår första kontakt med Er men vi hoppas att det är möjligt att vi kan få kontakta Er efter inkomna svar för att ställa ytterligare frågor. Svar på enkäten önskar vi gärna innan 19 oktober. I enkäten finner Ni också en lista med namn och tillhörande mailadresser till de personer som fått detta utskick. Tror Ni att det finns andra personer som har möjlighet och kan vara intresserade av att ge svar på enkäten så får Ni mer än gärna vidarebefordra mailet.

Har Ni frågor, undrar över något eller vill delge något annat är Ni varmt välkomna att höra av Er. Ni når oss:

### Examensarbetare

Nina Holmvik	ninaholmvik@hotmail.com	+46 70 924 2514
Hampus Wallin	hampuswallin@hotmail.com	+46 70 309 2178

### Handledare

Peter Ekdahl	peter.ekdahl@ramboll.se	+46 70 661 7826
--------------	-------------------------	-----------------

Stort Tack för Er medverkan!

(Malmö 2006-10-05)

### ***Bilaga 3: Följebrev till enkät***

#### **Definition LCC**

LCC står för engelskans Life Cycle Cost och i svensk översättning livscykelkostnad. LCC-tekniken kan användas för att under en produkts livslängd påverka totalkostnaden. Alla kostnader av betydelse som kommer att påverkas eller uppstå då en investering görs tas med i beräkningen av totalkostnaden. Livscykeln eller livslängden kan vara den faktiska livslängden för produkten i fråga, men kan också vara ett i förväg bestämt antal år. T.ex. så kan en överblickbar tid väljas där användandet av produkten och kostnadsutvecklingen är förutsägbar.

För att kunna tillämpa LCC behövs en modell som på något sätt speglar totalkostnaden för produkten. Eftersom modeller kan skilja sig åt är det viktigt att alltid, då man talar om LCC, visa vilken modell som ligger bakom.

LCC är framförallt ett viktigt redskap för att påverka det slutgiltiga utförandet av ett framtida projekt i ett tidigt skede. Genom att hänsyn till livscykelkostnader tas redan i projekteringsstadiet kan besparingar göras i produktions- och driftfasen, även om de initiala kostnaderna kan bli högre.

#### **Definition LCA**

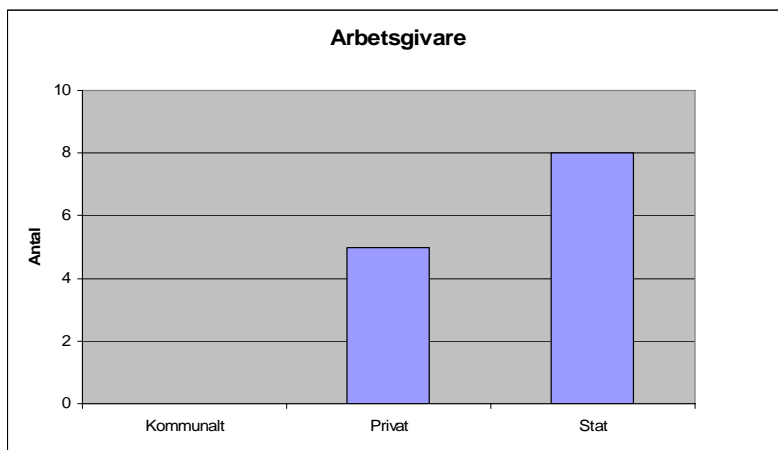
LCA står för livscykelanalys eller livscykelbedömning (engelska; assessment). Den rätta benämningen borde vara bedömning då en LCA innehåller subjektiva bedömningar, men för att undvika förvirring med förkortningen LCA används begreppet livscykelanalys här.

En produkts livscykelanalys beskriver produktens liv från vaggan till graven. Det börjar med energi- och materialutvinning från naturen och slutar då produkten är uttjänt och återförs till naturen genom förbränning eller kompostering, alternativt att produkten deponeras eller återvinns till andra produkter. Mellan dessa steg är fasen då produkten nyttjas, alltså ändamålet med framställningen. Under samtliga steg i livscykeln finns faktorer som bör beaktas redan då man står inför valet att välja en produkt framför en annan.

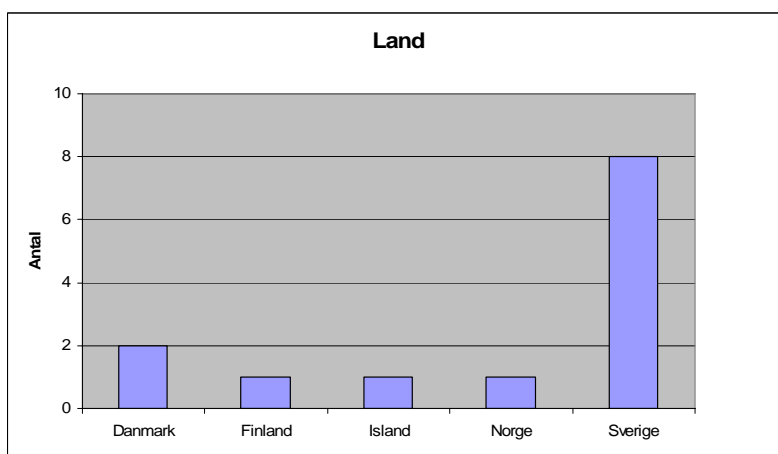
Syftet med livscykelanalys är att ge en så fullständig bild som möjligt av samspelet mellan en produkt och miljön. En livscykelanalys analyserar just miljöpåverkan från ett system, d.v.s. ekologiska effekter, hälsoeffekter och resursförbrukning, men tar inte hänsyn till ekonomiska eller sociala aspekter.

**Bilaga 4: Sammanställning enkätsvar**

A2.



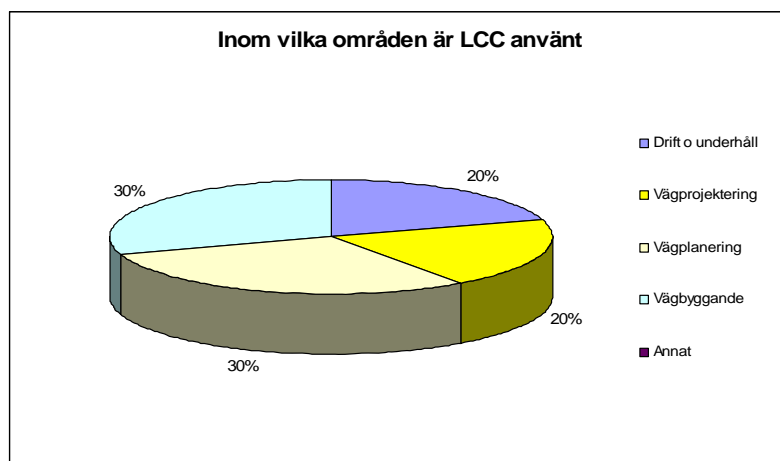
A3.



LCC

B1. JA, 6 svar  
NEJ, 7 svar

B2.



B3. Mycket bra, 1 svar  
Bra, 4 svar  
Mindre bra, 1 svar  
Dåligt, 0 svar

B4. Lite olika svar har inkommit, ingen sammanställning gjord.

Några svar med viss omskrivning är:

”Ont om pengar gör att vi alltid måste ställa kostnad mot nyttan”

”Vi ansvarar inte för hela konstruktionen utan bara levererar en delprodukt i den färdiga asfalten”

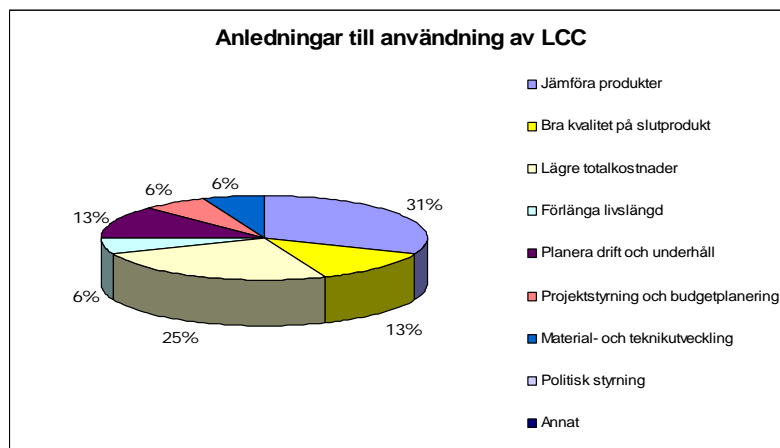
”Jag tror att man är rädd för att göra fel när man utvärderar anbud. Att bara välja utifrån lägsta pris är lätt och riskfritt, men att välja rätt är dock inte alltid lätt.”

B5. JA, 4 svar  
NEJ, 2 svar

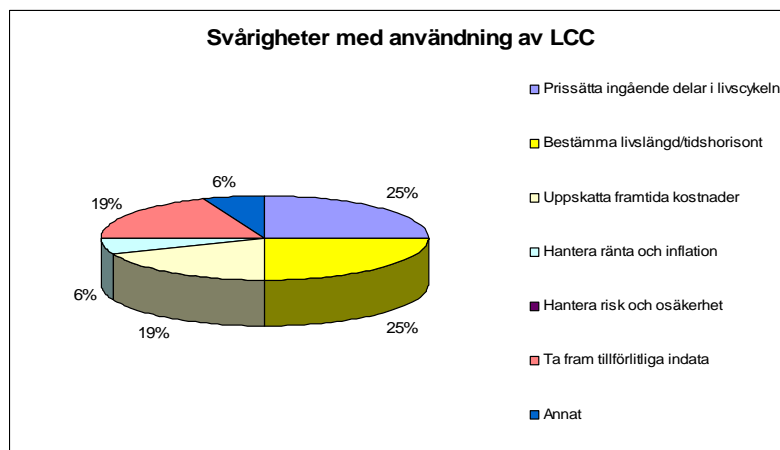
B6. JA, 4 svar  
NEJ, 2 svar

B7. JA, 5 svar  
NEJ, 0 svar  
(VET EJ, 1 svar)

B8.



B9.



Kommentar: Annat innefattar material- och produktionsutveckling

B10. Mer, 2 svar  
Som idag, 3 svar  
Mindre, 0 svar  
(Vet ej, 1 svar)

B11. Lite olika svar har inkommit, ingen sammanställning gjord. Någon speciell användning av begreppet årskostnad har emellertid inte framkommit. Två av de sex svarande i denna del av enkäten uppger att de likställer begreppen livscykelkostnader och årskostnader.

- B12. Något nytt användningsområde har inte framkommit. Däremot betonas användning för att utvärdera produkter och material.

Några andra svar med viss omskrivning som inkommit är:

"LCC kan användas mer i arbete med underhållsstrategier och för att värdera potential i nya produkter med utlovade egenskaper."

"Det er särskilt vid värdering av alternativa material som det kan vara intressant att upprätta en LCC-analys"

"Jag tror inte det finns något direkt annat användningsområde. Jag tror att man måste våga mer från beställarhall för att få entreprenörer att haka på. Idag är det lägsta pris som gäller men en tydlig markering och preciserade modeller vore en bra start!"

---

- B13. JA, 7 svar  
NEJ, 0 svar

- B14. Lite olika svar har inkommit, ingen sammanställning gjord.

Några svar med viss omskrivning är:

"Jag har mest koncentrerat mig på LCA men kan se att det är relevant att titta på LCA-resultat tillsammans med LCC. Därför är jag positiv till att arbeta med LCC när LCA-studie görs för väg."

"Har inte träffat på någon kund som begärt att få LCC till sitt beslutsunderlag."

"Har ej ingått i mina arbetsuppgifter"

"Har ingenting att göra med det"

"Har en känsla av att om LCC beaktas i regelverk så har man kommit långt. För övrigt tror jag att vi jobbar med livscykelkostnader mer eller mindre hela tiden utan att vi direkt tänker på det. Så fort vi jobbar med lite längre tidsperspektiv innebär det LCC utan att det känns som det."

- B15. JA, 3 svar  
NEJ, 1 svar  
(Vet ej, 3 svar)

- B16. JA, 4 svar (funktionsentreprenader, finansiering, planering, uppföljning)  
NEJ, 2 svar  
(Vet ej, 1 svar)

Några svar med viss omskrivning är:

"När vi talar om investeringskostnadens finansiering."

"I diskussioner om olika åtgärders kostnadseffektivitet."

"Planering, uppföljning och diverse bedömningar som kräver kostnadssättning."

"I samband med funktionsupphandling för asfaltbeläggning där anbudsvärdering görs på årskostnadsbasis."

B17. Eventuellt i kombination med LCA. Något annat nytt användningsområde har inte framkommit.

Några svar med viss omskrivning är:

”Jag tror att LCA och LCC kan användas i samband med beslutsfattande vid planering av vägprojekt. Självklart beräknas omkostnader när vägprojekt planeras men jag tror att dessa beräkningar ofta har för korta tidshorisonter och ofta bara beaktar anläggningsfasen och inte det längre perspektivet.”

”När man skall jämföra olika projekts totala kostnad/intäkt under sin livstid. Det ger den totalt mest ekonomiska lösningen.”

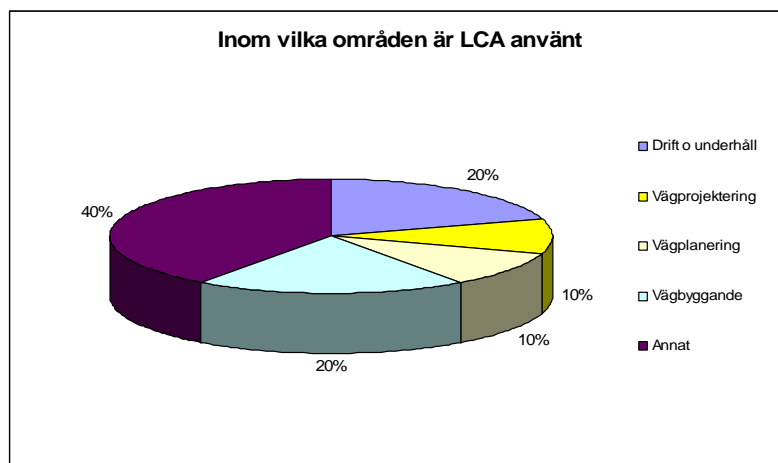
”Vid upphandlingar av nybyggnad, förstärkning och underhåll av vägar där upphandlingen kunde ske på minsta årskostnad istället för lägsta pris. (det har nyttjas någon enstaka gång).”

---

LCA

C1. JA, 6 svar  
NEJ, 7 svar

C2.



Kommentar: Annat innefattar användning inom utredningar, forskning och utveckling och materialleverans

C3. Mycket bra, 1 svar  
Bra, 3 svar  
Mindre bra, 2 svar  
Dåligt, 0 svar



C4. Lite olika svar har inkommit, ingen sammanställning gjord.

Några svar med viss omskrivning är:

”Det finns ingen etablerad teknik att utvärdera resultatet. Det slutar att man får ett svar som med olika storheter som inte går att jämföra.”

”Svårt finna tillförlitliga indata, ojämn kvalitet på indata ger osäkra svar. Risk för subjektiva svar.”

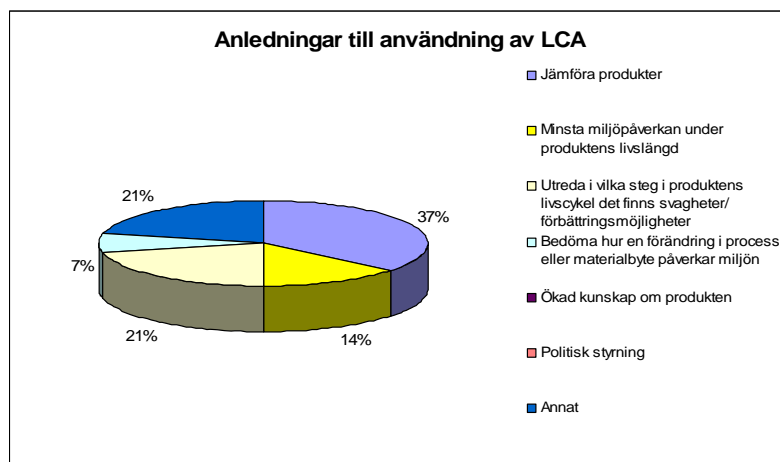
C5. JA, 2 svar  
NEJ, 4 svar

C6. JA, 4 svar  
NEJ, 1 svar  
(Vet ej, 1 svar)

C7. JA, 5 svar  
NEJ, 1 svar  
(Vet ej, 1 svar)

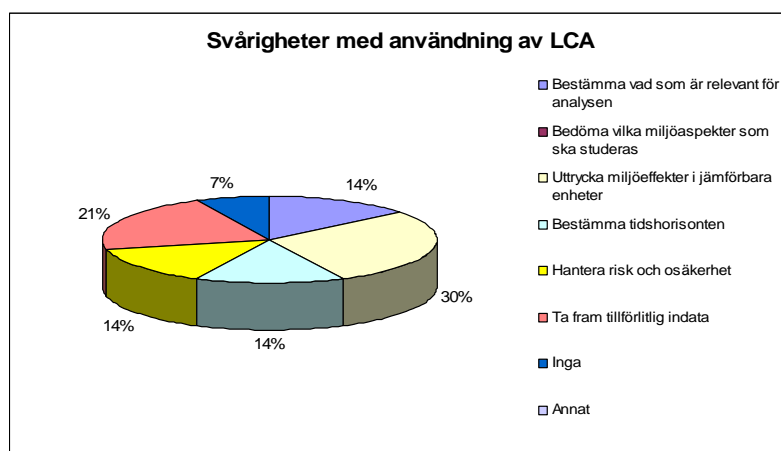
Kommentar: 1 person har svarat både JA och NEJ

C8.



Kommentar: Annat innefattar utveckling av modell och för att skaffa sig erfarenhet om LCA

C9.



C10. Mer, 2 svar  
Som idag, 2 svar  
Mindre, 1 svar  
(Vet ej, 1 svar)

C11. Användning bl.a. för jämförelse av produkter, för materialval, vid planering och i kombination med LCC. Inget annat *speciellt* användningsområde har framkommit.

Några svar med viss omskrivning är:

"Jag tror att LCA kan användas i vägsektorn på olika sätt:

1. Vid trafik- och transportplanering generellt (nationellt och regionalt)
2. Vid val av vägsträckning (vägutredning) för att jämföra olika miljöpåverkningar och resursförbrukning vid olika linjeföring. Här kan LCA indgå i MKB
3. Vid val av material, både i enstaka vägprojek men också för att utveckla generella riktlinjer för väghållningsmyndighet.
4. Vid planering av drift- och underhållsstrategier för vägar"

"För att jämföra två olika produkter principiellt men ej objektspecifikt. För att få en riktlinje om vilket material eller förfarande som kan rekommenderas."

"I anbudstävlingar i försökssyfte, för att testa och utveckla metodiken."

"Nya ramdirektivet för avfall kommer ha ett miljömål formulerat kring LCA-tänkande. Här behövs rutiner/metodik för att det ska få genomslag. För byggande, drift och underhåll av vägar rör det resurshushållning, återvinning och materialval och hur det ska bedömas/värderas."

"I samband med MKB i vägutredning, och för exempelvis materialval och produktval i projekteringsfas."

---

C12. JA, 5 svar  
NEJ, 0 svar

Kommentar: 2 stycken som ej arbetat med LCA har avstått från att svara på LCA-frågorna.

C13. JA, 4 svar  
NEJ, 1 svar

Några svar med viss omskrivning är:

"Saknar kunskap om fungerande beräkningsmodeller."

"Komplext och begränsad efterfrågan."

"Har inte efterfrågats av kund."

"Det är helt enkelt för många parametrar som man inte kan prissätta. Jag tycker att LCC tillsammans med andra parametrar i någon form av mjuka delar skulle kunna fungera till en början. Jag vet att det kommer att bli problem att utvärdera men man måste öppna för det och visa lite vilja."

C14. JA, 4 svar  
NEJ, 1 svar

C15. JA, 3 svar  
NEJ, 2 svar

Några svar med viss omskrivning är:

"I tidiga skeden för att göra totalbedömningar av kostnaderna för vägval, resursutnyttjande, miljöpåverkan."

"Eventuellt i ATB-arbetet (tekniska beskrivningar / regelverk för t ex nybyggnad) samt vid frågor om att använda nya produkter (t ex produkt med bättre egenskaper - som i vissa avseenden är gynnsamt ekonomiskt och delvis miljömässigt - men med andra tvivelaktigare miljöpåverkansdelar)."

"Vid bedömning av grundläggning och överbyggnadsdimensionering."