

# Intern rapport

## Intern rapport nr. 2158

Etatsprosjekt:

**SAMFUNNSTJENLIGE  
VEGTUNNELER**

Delprosjekt G:

**Levetidskostnader**

Utvikling av levetidskostnads-  
modell for tunnel, versjon 1

LCC (Life Cycle Cost) - LCP (Life Cycle Profit)



**Statens vegvesen**  
Vegdirektoratet

Mai 2000

Vegteknisk avdeling

# Intern rapport nr. 2158

## Delprosjekt G: Levetidskostnader Utvikling av levetidskostnadsmodell for tunnel, versjon 1 LCC (Life Cycle Cost) – LCP (Life Cycle Profit)

### Sammendrag

Statens vegvesen har gjennom etatssatsingsprosjektet "Samfunnstjenlige vegtunneler" satt fokus på trafikksikkerhet, miljø og langsiktig eierskap innenfor tunnelteknologien. Prosjektet som går over fire år har som målsetting å videreutvikle og forbedre dagens teknologi og gi rom for nytenking ved å utvikle mer kostnadseffektive, bedre, sikrere og mer miljøvennlige tunneler. Etatssatsingsprosjektet er inndelt i flere delprosjekt.

Delprosjekt "Levetidskostnader" har bl.a. som målsetting:

*“å definere, utvikle og prøve ut enkle modeller som beregner levetidskostnader utifra gitte forutsetninger. Slike modeller forutsettes brukt som verktøy til strategisk planlegging utifra kostnadseffektivitet og driftsoptimalisering”*

I en tid hvor det er grunn til å tro at tilgangen til midler til bl.a. drift og vedlikehold ikke blir lettere og hvor kravet til optimalisering av de allerede tilgjengelige midlene stadig blir sterkere, bør derfor all fokus nå rettes mot levetidskostnader som forutsetning for valg av metoder og løsninger.

Det er betydelig kapital som etter hvert er nedlagt i norske vegtunneler. Dersom forvaltningen av denne kapitalen skal skje ut i fra hensynet til det langsiktige eierskapet, er det vanskelig å se hvorledes det kan ivaretaes uten å legge langt sterkere vekt på levetidskostnader både ved investering og drift og vedlikehold.

Man har etter hvert erkjent at kostnadene til drift og vedlikehold i stor grad blir fastsatt gjennom de valg som blir tatt allerede i planfasen. Dette medfører at behovet for å få fram et verktøy hvor man kan fokusere på en samlet driftsoptimalisering blir mer og mer aktuelt.

Emneord: *Tunnel, Etatsprosjekt, Samfunnstjenlige vegtunneler, Levetidskostnader, FoU, Driftsoptimalisering*

Kontor: *Geologi- og tunnelkontoret*

Saksbehandler: *Harald Buvik*

*/HBu*

Dato: *Mai 2000*

## **Innhold**

<b>1. Innledning</b>	<b>4</b>
<b>2. Modellkrav</b>	<b>5</b>
<b>3. Oversikt over hva som er utviklet</b>	<b>7</b>
<b>4. Forutsetninger for bruk av modellen</b>	<b>9</b>
<b>5. Videre arbeid</b>	<b>10</b>

## 1. Innledning

Denne første fasen av delprosjektet har vært konsentrert om å utvikle en todelt levetidskostnadsmodell. I tillegg til den sentrale drifts- og vedlikeholdsdelen som ivaretar en samlet driftsoptimalisering har også modellen tatt hensyn til prosjektets samlede investeringsdel. For å kunne utnytte modellens optimaliseringsfunksjon er det en klar forutsetning at det finnes gode tilgjengelig økonomiske erfaringsdata innenfor de enkelte tunnelement.

Uten slike erfaringsdata vil man gjennom modellen kun oppnå en simuleringseffekt uten forankring i historiske data. Modellen vil dermed ha redusert verdi som et selvstendig strategisk planleggingsverktøy. Den vil likevel kunne ha en viss nytte som beslutningshjelp ved at ulike tiltak kan konsekvensberegnes ut ifra teoretiske forutsetninger.

I en tid hvor det er grunn til å tro at tilgangen til midler ihvertfall ikke blir lettere og hvor kravet til optimalisering av de allerede tilgjengelige midlene stadig blir sterkere, bør derfor all fokus nå rettes mot levetidskostnader som forutsetning for valg av metoder og løsninger. Det er betydelig kapital som etter hvert er nedlagt i norske vegtunneler. Dersom forvaltningen av denne kapitalen skal skje ut i fra hensynet til det langsiktige eierskapet, er det vanskelig å se hvorledes det kan ivaretaes uten å legge langt sterkere vekt på levetidskostnader både ved investering og drift og vedlikehold.

Man har etter hvert erkjent at kostnadene til drift og vedlikehold i stor grad blir fastsatt gjennom de valg som blir tatt allerede i planfasen. Dette medfører at behovet for å få fram et verktøy hvor man kan fokusere på en samlet driftsoptimalisering blir mer og mer aktuelt.

Denne rapporten beskriver første versjon av modellutviklingen med hovedvekt på samlet driftsoptimalisering.

Prosjektgruppen består av:

Harald Buvik	Vegdirektoratet
Jørund Lien	Telemark
Bjørn Flatekval	Buskerud

## 2. Modellkrav

Utgangspunktet for dette delprosjektet var ønsket om å utvikle en enkel modell for beregning av levetidskostnader for tunneler. En slik modell skulle bidra til å oppfylle etatsprosjektets målsetning om å medvirke til optimalisering av levetidskostnadene gjennom rett valg av utstyr og løsninger. Slike valg blir gjort i en meget tidlig fase av et hvert prosjekt og det er derfor meget viktig at disse valgene blir gjort ut fra de rette forutsetninger og perspektiv som nettopp ivaretar det langsiktige eieransvaret.

Tunnelbyggingen har etter hvert blitt mer knyttet mot trafikkavviklingshensyn i trafikkette områder i motsetning til tidligere hvor det ofte var rene framkommelighetshensyn som var viktigste kriterier. Denne dreiningen mot mer "høytrafikk-tunneler" har også medført flere og mer komplekse anlegg å drifte og vedlikeholde.

Levetidskostnader har tradisjonelt blitt omtalt og demonstrasjonsbrukt i samband med teoretiske regneeksempler. Dette gjelder generelt innenfor vår etat og er ikke spesielt knyttet til drift og vedlikehold av tunneler. Det har imidlertid etter hvert utviklet seg en stadig voksende erkjennelse av at den til tider manglende forutsigbarhet omkring framtidige drifts- og vedlikeholdskostnader for tunneler, har blitt et stadig økende problem.

Valg som påvirker utstyr og løsninger i tunnelene er med på å legge premissene for framtidige kostnader. Denne erkjennelsen har vært avgjørende for ønsket om å få utvikle modell(er) som innehar nødvendig fleksibilitet til å ivareta både konsekvenser av investeringsvalg og av drifts- og vedlikeholdsvalg.

Systematisk bruk av levetidskostnadsberegninger har frem til nå vært svært lite benyttet. Ferdige modeller for slike beregninger har heller ikke vært tilgjengelige.

I startfasen for dette delprosjektet ble det besluttet at vi i tillegg til å beregne rene levetidskostnader (LCC) også skulle bringe inn i modellen begrepet LCP (life cycle profit eller levetidsgevinsten). Begrunnelsen var at man dermed ville kunne beregne den totale verdiskapning og samfunnsnyttens for både prosjektering, bygging og drift av tunneler. Det ble gjort et valg som innebar at tunnelprosjektets "livstidssyklus" ligger til grunn for beregning av levetidskostnader, verdiskapningen og samfunnsnyttens av slike prosjekt.

Den versjonen av LCC-LCP modellen for vegtunneler som nå foreligger skal kunne brukes som verktøy i flere sammenhenger, bl.a. ved planlegging av nye tunneler, drift av tunneler og ved opprusting av gamle. Gjennom bruk av modellen kan valg av alternative tekniske løsninger, utstyr og materialvalg vurderes og sammenlignes før beslutninger fattes.

Modellen har i utgangspunktet en beregningsmessig driftstidshorisont på 40 år. Dette er imidlertid en ren teoretisk satt maksimaltid for å gi et visst perspektiv i modellenytten. Denne "livslengden" kan derfor settes fritt ut fra de ønsker man har til tidsperspektiv for analysen.

Følgende hovedkrav til analysemodellen ble fastlagt:

- \* Må beregne LCC for hvert år og i den tidshorisont vi ønsker
- \* Må beregne verdiskapningen LCP for hvert år og i den tidshorisont vi ønsker
- \* Modellen må beregne den årlige «samfunnsnytt» basert på nytte-kostnad.
- \* Det pengemessige avkastningskravet (internrenten) må være med. Dette kravet er fastsatt sentralt og er p.t. 7 %
- \* Prosjektets totale investeringssum må være med, enten samlet eller enkeltvis for hvert hovedelement
- \* I tunnelens driftsperiode må modellen kunne beregne de årlige driftskostnadene for tunnelens hovedelementer.  
Driftskostnadene oppdeles foreløpig slik :
  - ⇒ Driftskostnader eks. strøm
  - ⇒ Vedlikeholdskostnader
  - ⇒ Strømkostnader(Strømkostnadene er pr. definisjon en del av driftskostnadene, men etter som dette er en særlig stor del av tunnelkostnadene, har vi valgt å skille de ut som en egen del).
- \* Det skal også beregnes forsinkelseskostnader ved hel eller delvis stengning av tunnelen.
- \* For større, kostbare tekniske installasjoner skal det beregnes :
  - ⇒ optimale økonomiske levetider
  - ⇒ optimale vedlikeholdsfrekvenser
- \* Det skal også legges inn i modellen muligheter for å foreta simuleringer, spesielt på kostnadsfaktorene.  
Dette for å kunne beregne :  
***Hva er de økonomiske konsekvensene av de ulike valg som gjøres ?***

### 3. Oversikt over hva som er utviklet

LCC - LCP modellen har nå vært ute ca 3 måneder i 5 forskjellige fylker for testing. Disse fylkene er : Akershus, Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal.

Følgende erfaringer er gjort i testfasen :

- Positive synspunkter :  
-Stor interesse for en slik modell  
-Behovet for en slik modell er tilstede  
-Virker grei, mulighetene for simuleringer er nyttige.
- Negative synspunkter :  
-For stor detaljeringsgrad  
-Lite oversiktlig når en skal skrive ut enkelte skjermbilder  
-Modellen er laget i Excel - regneark. Stort sett bra, men noen mente den burde lages i ett annet program- språk.  
Modellen vil bli lettere å bruke for de som ikke bruker den så ofte.
- Andre synspunkter :  
Savner beregning av levetider på tekniske installasjoner.  
Det er vanlig at ved både prosjektering, under innkjøpsprosessen og de første årene av tunnelen driftsfase, er det lett for å oppstå diskusjoner mellom tunneleier og leverandører av de tekniske installasjoner. Diskusjonene går ofte ut på materialvalg, pris og teknisk levetid. Leverandørene oppgir en levetid, men kan ikke gi noen god garanti. Vegvesenets erfaring er i mange tilfelle at den tekniske levetida som er oppgitt ikke holder.

Derfor ønsker vegvesenets personell en LCC - modell som kan beregne slike økonomiske, tekniske optimaliserte levetider.

Forutsetningen for at modellen skal kunne beregne levetidskostnadene (LCC), verdiskapningen (LCP) og samfunnsnyttien, er at investeringskostnad og erfaringsdata for drifts- og vedlikeholdskostnader og trafikkmengde legges inn. Samtidig vil modellen kunne beregne framtidige årlige prognoser for både drifts- og vedlikeholdskostnadene.

Ved behov beregnes også prognoser på strømkostnadene. Selv om disse kostnadene er en naturlig del av driftskostnadene har vi valgt å skille de ut. Dette fordi at disse kostnadene ofte er betydelige i tunneler og det kan derfor være nødvendig å fokusere på disse med tanke på kostnadsreduksjon og energiøkonomisering.

Testversjonen av modellen er laget slik at man kan utføre beregninger med 1- års intervall. Avklaring av hvor omfattende modellen skulle være med hensyn til å beregne verdien av samfunnets/trafikanterens kostnader var ikke definert ved prosjektstart. Det foreliggende utkast til beregningsmodell går trolig noe lenger enn det en tenkte seg i utgangspunktet da modellen beregner hele prosjekter, inklusive konsekvenser av endringer i transportavstand og tid (transportkostnader), og også LCP eller prosjektets verdiskapning, jfr. kap.2.

Life Cycle Profit (Verdiskapningen) er en videre utvikling av LCC - begrepet, der en tar hensyn til mulige inntekter for samfunnet. Når det gjelder tunneler, vil disse vanligvis «skape» en positiv verdi for transportarbeidet (trafikkmengden) for samfunnet. Det er også sider ved LCC - analyser hvor det er viktig å ta med verdiskapningen LCP. Det er nødvendig dersom vi skal optimalisere for eks. vedlikeholdskostnadene og samtidig optimalisere den økonomiske, eller den tekniske levetiden på komponenter. Da må denne optimalisering styres via verdiskapningen LCP. Dette er noe vi kommer tilbake til når vi skal bygge «optimaliserings-modellen», samtidig som vi skal beregne det optimale utskiftnings- tidspunkt for enkeltkomponenter.

Dessuten kan en for hvert år gjøre forskjellige simuleringer for å beregne konsekvensene av de beslutningene en tar innenfor utvalgte kostnadskrevende tunnelement.

Modellen skiller mellom beregninger av drifts- og vedlikeholdskostnader i forhold til driftsoptimalisering.

Denne første versjonen av levetidsmodellen kan ikke beregne optimale levetider og/eller optimale vedlikeholdsfrekvenser. Dette forutsettes medtatt i neste fase i utviklingsarbeidet som omhandler en ren LCC modell for enkeltkomponenter.

#### Beskrivelse av verdiskapningen LCP og betydningen av denne i tunnelsammenheng.

LCP (life cycle profit) betyr gevinsten (overskuddet) for en prosjektinvestering over hele prosjektets (tunnelens) levetid under forutsetning av et bestemt avkastningskrav. For vegvesenets del er dette kravet som er sentralt bestemt, satt til 7 % på den totale pengeinnsatsen .

For å få fram verdiskapningen benyttes en metode som på fagspråket kalles nåverdimetoden. Denne matematiske metode beregner et prosjekts nåverdi. Dersom dette overføres til et tunnelprosjekt med en beregnet levetid på f.eks. 40 år og der det er beregnet en positiv nåverdi som innebærer at  $LCP > 0$ , vil beregninger vise den økonomiske verdiskapning for samfunnet som oppnås ved å velge dette prosjektet.

Forutsetningen for dette er altså at LCP er større enn null. Er LCP negativ er investeringen ut i fra bedriftsøkonomiske betraktninger ulønnsom. Er LCP positiv er prosjektet ut i fra de samme forutsetninger en investering som gjennom sin livslengd gir en verdiskapning for samfunnet.

Vanligvis er avkastningskravet for offentlige prosjekter 7 %. I spesielle tilfeller kan dette fravikes noe. Ved endring av avkastningskravet vil både verdiskapningen og diskonteringsfaktoren endres, og dermed nåverdien. Ved økende avkastningskrav minker verdiskapningen og ved minkende avkastningskrav øker verdiskapningen.

Det gjøres spesielt oppmerksom på at modellens beregning av “samfunnsnytte totalt” ikke omfatter alle elementer som kan bli trukket inn i en prosjektvurdering. Til nå har vi med i beregningen innspart reisetid og pengestrømmen omkring dette. Arbeidet med LCP-beregninger er gjort utelukkende i samsvar med gjeldende prinsipper for konsekvensutredning.



#### **4. Forutsetninger for bruk av modellen**

LCC-LCP modellen for vegtunneler kan brukes som verktøy i flere sammenhenger, bl.a. ved planlegging av nye tunneler, drift av tunneler og ved opprusting av gamle. Gjennom bruk av modellen kan valg av alternative tekniske løsninger, utstyr og materialvalg vurderes og sammenlignes før beslutninger fattes.

Forutsetningen for prosjektet var å utvikle et verktøy for beregning av levetidskostnadene ved vurdering og valg av ulike elementløsninger og tekniske installasjoner i tunneler. Et viktig poeng for en levetidsbetraktning er å finne de totale kostnader for prosjektering, investering, drift- og vedlikehold i hele elementets/løsningens levetid.

Når det gjelder tilgang på historiske data fra drift og vedlikehold i tunneler er hovedinntrykket at slike data enten er vanskelig tilgjengelige eller ikke er konsistente. Den tekniske utviklingen av utstyr og løsninger gjør at det ikke alltid er relevant å sammenligne gamle erfaringer med nye alternativer som vi ikke vet hvordan vil fungere. Likevel vil det være ønskelig å følge opp de valg som tidligere er gjort for å kunne tilbakeføre noe kunnskaper til nye prosjekter.

Selve tenkingen som ligger bak bruken av slike modeller for driftsoptimalisering, bygger på kravet om bruk av erfaringsdata. Det er erfaringsdataene som kan fortelle noe om den historiske kostnadsutviklingen innenfor vedlikeholdet, både elementvis og samlet. Når denne utviklingen holdes opp i mot valgt standard kan den samtidig si noe om forutsetninger for kostnadseffektivisering.

Erfaringsdataene er således det parameter som er helt avgjørende for å kunne måle en historisk utvikling opp i mot framtidige krav og samtidig fortelle noe om potensial for optimalisering. Det betinger imidlertid at det gjøres definerte valg for hvilke nivåer som skal danne basis for ulike erfaringsdata. I modellen er det gjort et slikt valg hvor en del typiske og ikke minst kostnadskrevende tunnelement er utvalgt.

Det er ikke gitt at disse valgene er de mest hensiktsmessige. Valgene er likevel gjort ut i fra det faktum at detaljeringsgraden ikke skal være for stor og modellen dermed blir uhåndterlig, samtidig som tilstrekkelige elementer blir tatt med for å ivareta fleksibiliteten i tunnelvedlikeholdet.

## 5. Videre arbeid

Dette delprosjektet vil gjennom sin basistenking også være premissgivende for øvrige delprosjekter; "drift og vedlikehold" og "tekniske installasjoner" hvor fokus på levetidskostnader vil være sentralt både i forhold til kostnadseffektivitet og driftsoptimalisering.

Delprosjektets videre arbeid og framdrift:

- **Fase I:** samlet driftsoptimalisering for tunnel  
Versjon 1 av en slik modell er utviklet og beskrevet gjennom denne rapporten. Videre justering og evt. feilretting uten endringer i hovedstrukturen.
- **Fase II:** ren levetidskostnadsmodell for tekniske enkeltkomponenter.  
Dette arbeidet forventes ferdig innen 1. september 2000.
- **Fase III:** videreutvikle enkeltkomponentmodellen med hensyn til metode for beregning av optimale utskiftingstidspunkt.  
Ved hjelp av statistiske feilratemodeller for teknisk tilstand blir det en målsetting å beregne optimale utskiftingstidspunkt for slikt utstyr. Dette innbefatter et komplisert utviklingsarbeid. Det vil foregå i et visst samarbeid med Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk ved NTNU. Forventes avsluttet våren 2001