



# LCC-analyser för vattenavledning och bergförstärkning

Magnus Eriksson, Statens Geotekniska Institut

Martin Edelman, Ramböll Sverige AB



BeFo rapport 134, 2014



# Sammanfattning

Livscykelkostnader (LCC) är en metod som används vid investeringsbedömningar och som syftar till att väga in samtliga kostnader som uppstår under en produkts hela livscykel.

I föreliggande rapport studeras tillämpning av LCC vid val av vattenavlednings- och förstärkningssystem vid tunnelbyggnad. Studien avser att väga in samtliga kostnader vilket omfattar investeringskostnader och kostnader för underhåll samt indirekta kostnader som påverkar samhället, i detta fall påverkan på trafik. Utgående från dessa studeras ett antal fall med olika tekniska system, tunnelmiljöer och trafikintensitet. Studien har gjorts på en övergripande nivå med syftet att visa vilka faktorer som är viktiga att inkludera i en LCC-analys.

Avseende tekniska system så analyseras 5 olika tekniska system avseende livslängd, underhållsbehov samt förknippade kostnader med detta. De tekniska systemen är dimensionerade för 4 olika tunnelmiljöer med avseende på bergkvalitet och vattenförhållanden vilka valts för att spegla huvuddelen av de tunnelmiljöer som återfinns i Sverige. Avseende trafikintensitet så har en högtrafik- och en lågtrafiksituation valts för studien. I Excel har sedan simulerats vilka LCC-kostnader som uppstår i samtliga fall. Diskonteringen av framtida kostnader har gjorts baserat på en kalkylränta enligt rekommendationer som ges av ASEK (Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkyl- och analysmetoder inom transportområdet). En betydande del av de framtida kostnaderna uppkommer av indirekta kostnader för den störning som uppstår på person- och godstrafik.

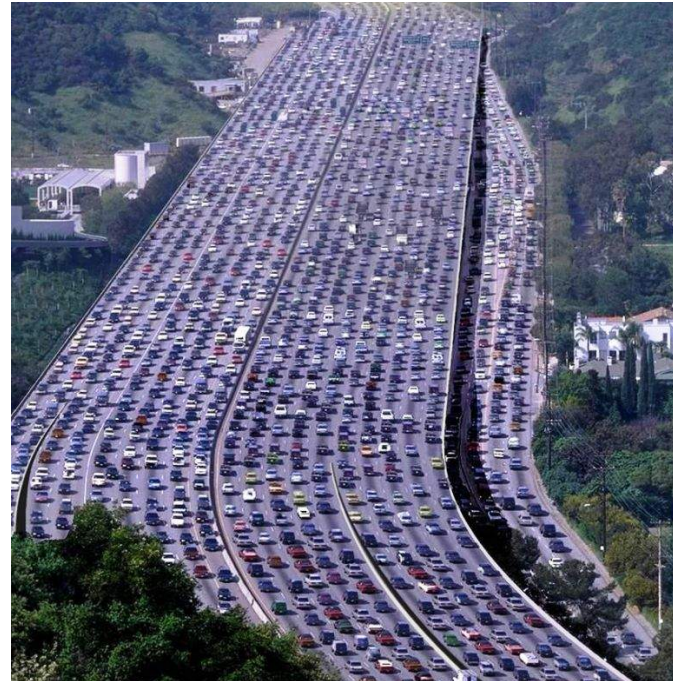
Resultaten av studien visar att kostnader som tillkommer i samband med underhåll, dels direkta underhållskostnader, dels indirekta kostnader för trafikomläggning kan bli lika stora eller större än investeringskostnaden.

Studien visar att investeringskostnaden enskilt inte bör vara grund för val av tekniskt system utan underhållskostnader och påverkan på trafiken bör vägas in, och då specifikt för tunnlar med hög trafikintensitet. Studien visar också att, inom de val av tunnelmiljöer som beaktats, är inte bergets egenskaper styrande i hög grad. En analys på system för vattenavledning och förstärkning kan därför göras tidigt i processen även om systemen inte är fullt dimensionerade.

Sammanfattningsvis görs bedömningen att vid val av vattenavlednings- och förstärkningssystem bör systemets totala kostnadsbild beaktas i en LCC-studie. Det bedöms samtidigt att det vore fördelaktigt att utveckla en enklare modell för detta som kan tillämpas i projekten. Ett förslag i rapporten är att bygga en sådan modell baserat på AHP (Analytical Hierarchy Process).

# Motiv till studien

- Trafikinfrastruktur kostar mycket
- Underhåll av tunnlar ökar samtidigt som tillgängligheten minskar
- Utreda hur indirekta samhälls-ekonomiska kostnader kan beaktas
- Hur fattar man välmotiverade och dokumenterade beslut?





# Analysmetodik

- Utgångspunkten är att bedöma vilka faktorer som är betydelsefulla och kalkylerbara
- Tre faktorer studeras i förhållande till Livscykelkostnaden:
  - Investeringskostnaden
  - Kostnader för drift och underhåll
  - Påverkan på trafiksituationen
- Analysen har utförts som en nuvärdesberäkning där framtida kostnader diskonteras till nuvärdet
- Kostnader för trafikpåverkan beräknas utgående från rekommendationer i ASEK



# Analysmetodik



- Typfall
  - Tunnelmiljö – 4 fall
  - Trafiksituation – 2 fall
  - Tekniska system – 5 fall
- Design
  - Bergförstärkning
  - Injektering
- Övrigt
  - Kalkylränta

Kombinationer  
av dessa visar  
hur olika  
faktorer  
inverkar



# Analysmetodik – Typfall

## Tunnelmiljö

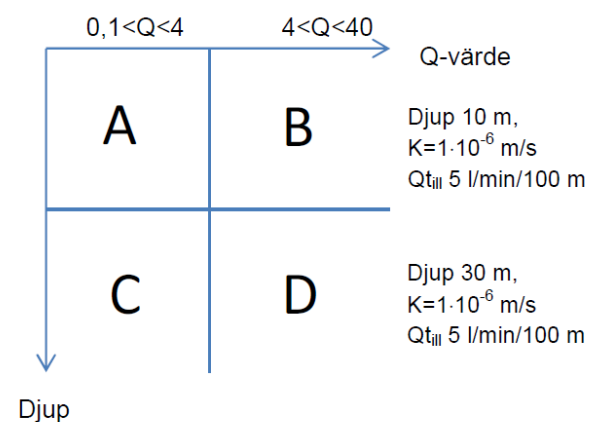
### Tunnelmiljö

**Tunnelmiljö A** förväntas ha ett lågt vattentryck och litet tätningsbehov, och befinner sig i en sämre bergmassa.

**Tunnelmiljö B** förväntas ha ett lågt vattentryck och litet tätningsbehov, men befinner sig i en bättre bergmassa.

**Tunnelmiljö C** har ett högre vattentryck och större tätningsbehov, och befinner sig i en sämre bergmassa.

**Tunnelmiljö D** har ett högre vattentryck och större tätningsbehov, men befinner sig i en bättre bergmassa.



# Analysmetodik – Typfall

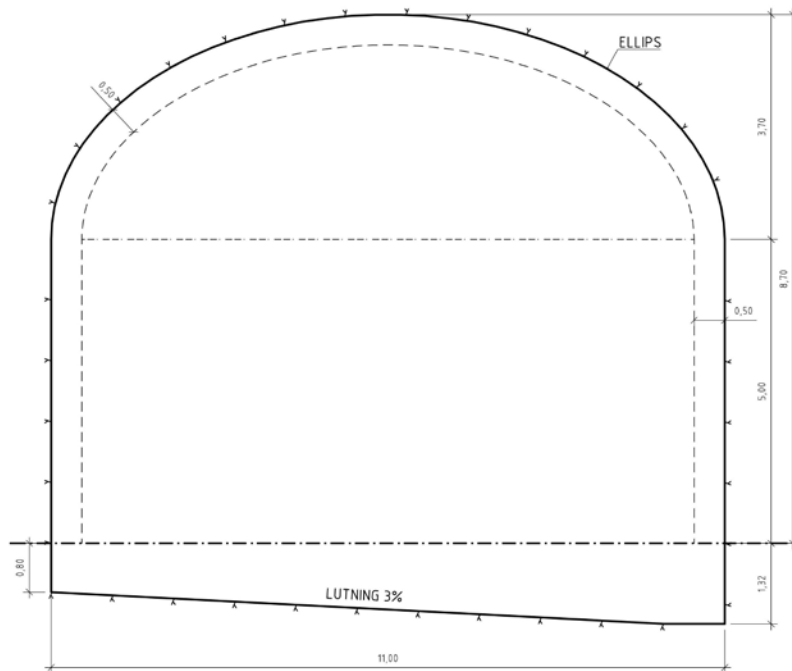
## Trafiksituation

### Trafiksituation

Scenario	Transport typ	Medeltrafik (ÅMD)	Kostnad per timme	Bedömd medeltrafik natt
Stor (hög trafikintensitet)	Personresor med bil, privat och tjänsteresor	100 000	300	10 000
	Varutransporter, bil eller lastbil	2 000	500	1 000
Liten (låg trafikintensitet)	Personresor med bil, privat och tjänsteresor	0	300	0
	Varutransporter, bil eller lastbil	0	500	0

# Analysmetodik – Typfall

## Tekniska system



### System 1

Injektering, bult, sprutbetong, selektiva isolerade dräner

### System 2

Injektering, bult, sprutbetong, helinklädnad med tunnelduk

### System 3

Injektering, bult, sprutbetong, helinklädnad med kanalnät

### System 4

Injektering, dränerad betonginklädnad

### System 5

Odränerad betonginklädnad (ingen eller begränsad injektering)

System

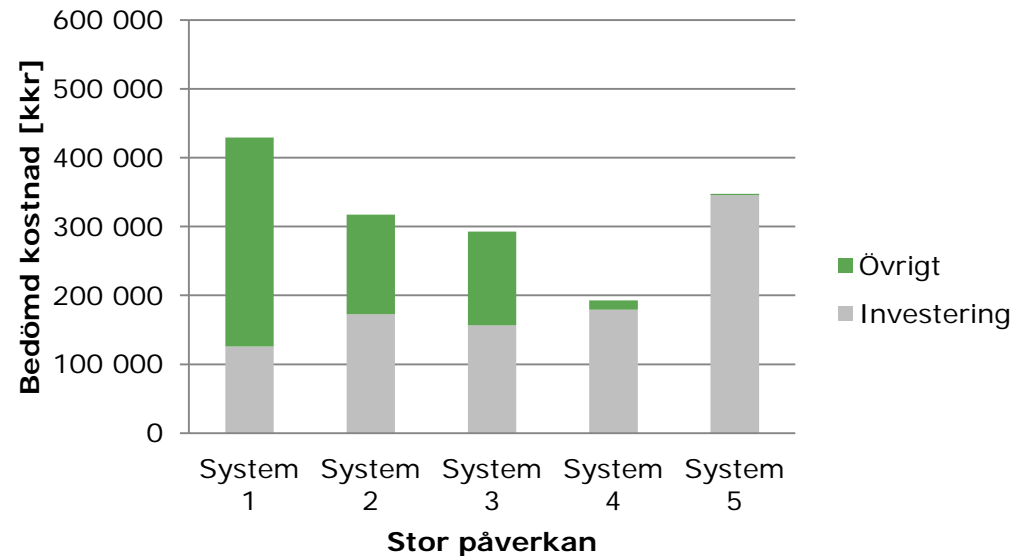


# Resultat och slutsatser i korthet

## Övriga kostnader

- Övriga kostnader kan i vissa fall vara lika stora eller större än den direkta investeringskostnaden.
- Övrigt inkluderar här indirekta kostnader för trafikpåverkan, underhåll och ersättning
- Vid investeringsbedömningen bör därför LCC kostnaden beaktas.

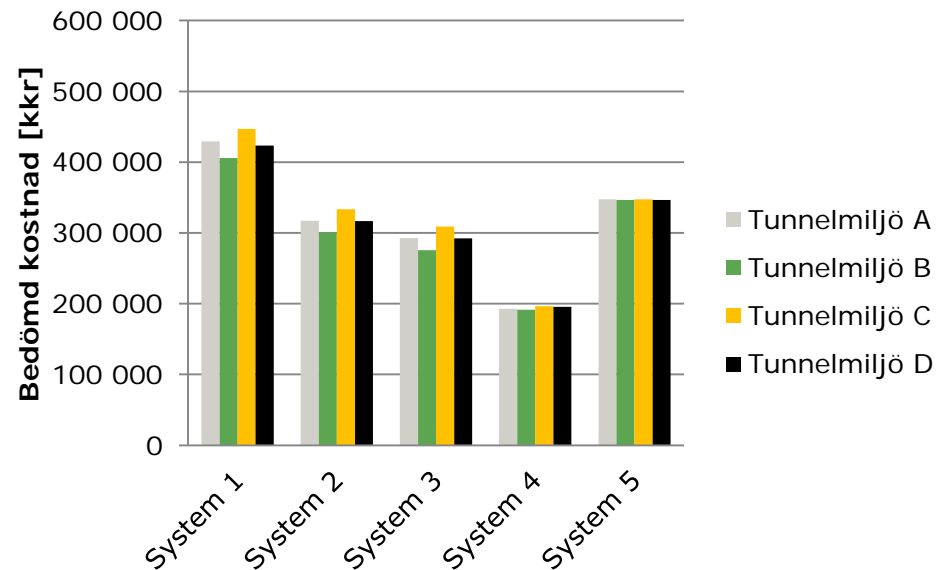
### Exempel Tunnelmiljö A



# Resultat och slutsatser i korthet

## Skillnader mellan tekniska system vs skillnader i bergförhållanden

- Skillnaden mellan olika tekniska system bedöms betydligt större än skillnaden som uppkommer av olika bergförhållanden.
- Resultaten omfattar även indirekta kostnader för trafikpåverkan.
- Val av tekniskt system kan därför i de flesta fall göras tidigt i processen.

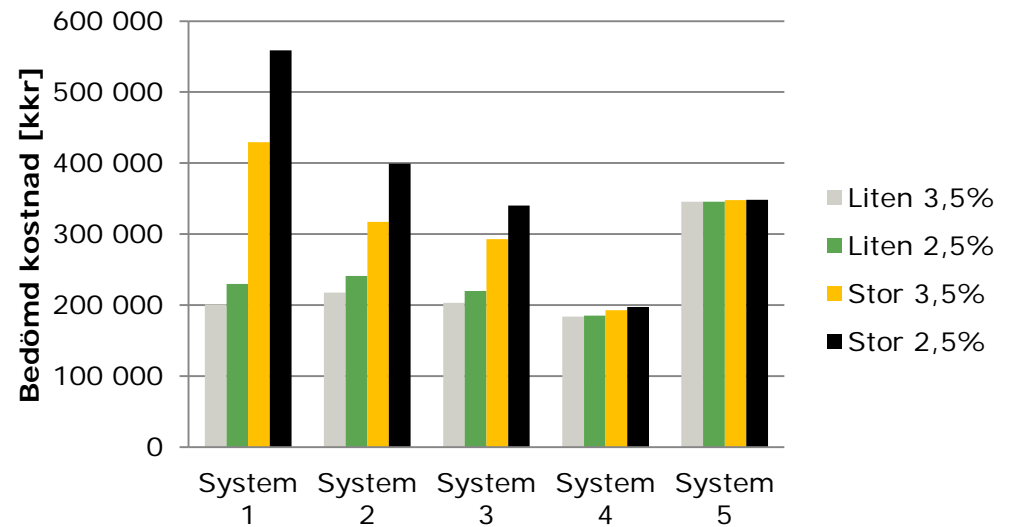


# Resultat och slutsatser i korthet

## Stor respektive lite trafikpåverkan och kalkylräntans betydelse

- Kostnader för trafikstörningar kan analyseras baserat på restidsförlängning och en trafikantkostnad.
- Stor skillnad erhålls mellan tunnlar med "stor" och "liten" trafikpåverkan.
- Indirekta samhällskostnader för trafik bör bedömas.

### Tunnelmiljö A





# Resultat och slutsatser i korthet

- Den totala kostnaden för olika system påverkas betydligt av framtida kostnader och en LCC-analys bör därför tillämpas. Att välja system uteslutande baserat på investeringskostnaden kan leda till en suboptimering.
- LCC analyser baserade på nuvärdesmetoden är komplicerade och bygger på många osäkra faktorer.
- Vi föreslår att utveckla ett enklare system för att bedöma LCC-kostnaden. Som grund för detta system ser vi AHP-modellen (Analytical Hierarchy Process) som lämplig vilket dock behöver utredas vidare.