

Bygginnovationen

# Delrapport: VÄG

Datum:2010-10-23



*E4 vid Sävjaån*

*Analysgrupp VÄG*



## Förord

Föreliggande rapport utgör resultatet av ett grupparbete inom forskningsprogrammet Bygginnovationen, fas 1 . Analysgruppen har letts av Mikael Hallgren, Tyréns AB. Övriga medverkande har varit:

Anders Gustavsson, Tyréns AB

Rolf Hörnfeldt, tidigare NCC AB

Per Lindh, Peab AB

Mårten Lindström, More10 AB

Richard Nilsson, Skanska Sverige AB

Håkan Olofsson, Ramböll Sverige AB

Thomas Olofsson, Luleå Tekniska Universitet

Erik Simonsson, Cementa AB

Tomas Winnerholt, Trafikverket

Grupparbetet har genomförts med sex gruppmöten under tidsperioden mars– september 2010 samt med mellanliggande delutredningar, intervjuer och insamling av data från studieobjekt.

Rapporten har sammanställts av Thomas Olofsson med bidrag från gruppens övriga medlemmar.



---

## Innehållsförteckning

Förord .....	iii
Innehållsförteckning .....	v
1. Introduktion.....	1
1.1 Bakgrund och syfte .....	1
1.2 Teknikområde och datainsamling .....	1
1.3 Avgränsningar.....	1
1.3 Definitioner och begrepp .....	1
2 Historik, normer och andra undersökningar .....	3
2.1 Historik .....	3
2.2 Normer och föreskrifter .....	3
2.3 Förnyelse inom anläggningsbranschen – FIA .....	7
2.4 Effektivare planering av vägar och järnvägar - SOU 2010:57 .....	7
3. Förändringar i vägbyggandet under 30 år .....	9
3.1 Ökade krav på den fysiska planeringen.....	9
3.2 Tider.....	9
3.3 Kostnader .....	10
3.4 Produktkvalitet .....	10
3.5 Grundläggning .....	11
3.6 Arbetsmiljö, trafikstörningar .....	12
3.7 Estetik och vägarkitektur .....	13
3.8 Trafiksäkerhet.....	13
3.9 Underhåll, tillståndsanalys och dimensionering av vägar .....	14
3.10 Maskinstyrning och massoptimering .....	15
4 Intervjuer .....	18
4.1 Allmän information.....	18
4.2 Miljö och Arbetsmiljö .....	19

4.3	Masshantering .....	21
4.4	Utsättningsmetoder .....	21
4.5	Vägutformning och vägdimensionering .....	22
4.6	Projektorganisation .....	23
4.7	Slutsatser .....	25
5	Livslängdsberäkningar .....	27
5.1	Allmänna förutsättningar .....	27
5.2	Undersökta vägar .....	27
5.3	Slutsatser .....	28
6	Effektivitetsmått för väg .....	33
6.1	Outputmått .....	33
6.1.1	Primär output: nyttig area .....	33
6.1.2	Framtida energiförbrukning .....	34
6.1.3	Övriga framtida drift- och underhållsinsatser .....	34
6.1.4	Avbrottseffekter .....	34
6.1.5	Riskreduktion .....	35
6.1.6	Komfort för användare .....	35
6.1.7	Arkitektonisk kvalitet .....	35
6.1.8	Samhällseffekter, ej prissatta .....	35
6.2	Inputmått .....	36
6.2.1	Lagtid, maskintid och persontid .....	36
6.2.2	Material .....	36
6.2.3	Energi .....	36
6.2.4	Tjänster .....	36
6.2.5	Miljöeffekter, ej prissatta .....	36
6.3	Exempel på effektivitetsmått .....	37
7	Framtida forsknings och utvecklingsbehov .....	38

Referenser .....	41
Bilaga 1 Intervjumall.....	43
Bilaga 2 Jämförelse av överbyggnadskonstruktioner .....	49





# 1. Introduktion

## 1.1 Bakgrund och syfte

Bygginnovationen är ett VINNOVA-finansierat forsknings- och utvecklingsprogram och syftar i sin helhet till att stärka den svenska byggnäringens konkurrenskraft såväl på den internationella marknaden som på den svenska marknaden genom att fokusera på förbättrad effektivitet. Bygginnovationens fas 1 avser att utveckla effektivitetsmått som ska användas dels för att värdera och styra forskningsinsatser och dels för att mäta effektivitet på bransch-, projekt-, process- eller produktivå. Vidare identifieras kunskapsluckor och forskningsbehov inom olika teknikområden.

## 1.2 Teknikområde och datainsamling

Denna rapport redovisar resultatet av arbetet i analysgruppen för vägbyggnad. Underlaget till rapporten är hämtat ur litteraturstudier, diskussioner i analysgruppen och fallstudier i form av intervjuer med ledande personer från genomförda vägprojekt. Tre projekt från 70-talet och ett nyligen slutfört, se kapitel 3 intervjuer. Dessutom har analysgruppen samlat information från ytterligare fem projekt, tre från tiden kring millenniumskiftet och två ca 25 år äldre, för att kunna göra jämförande beräkningar med avseendet på vägkroppens kvalitet, se kapitel 5 Livslängdsberäkningar och bilaga 2.

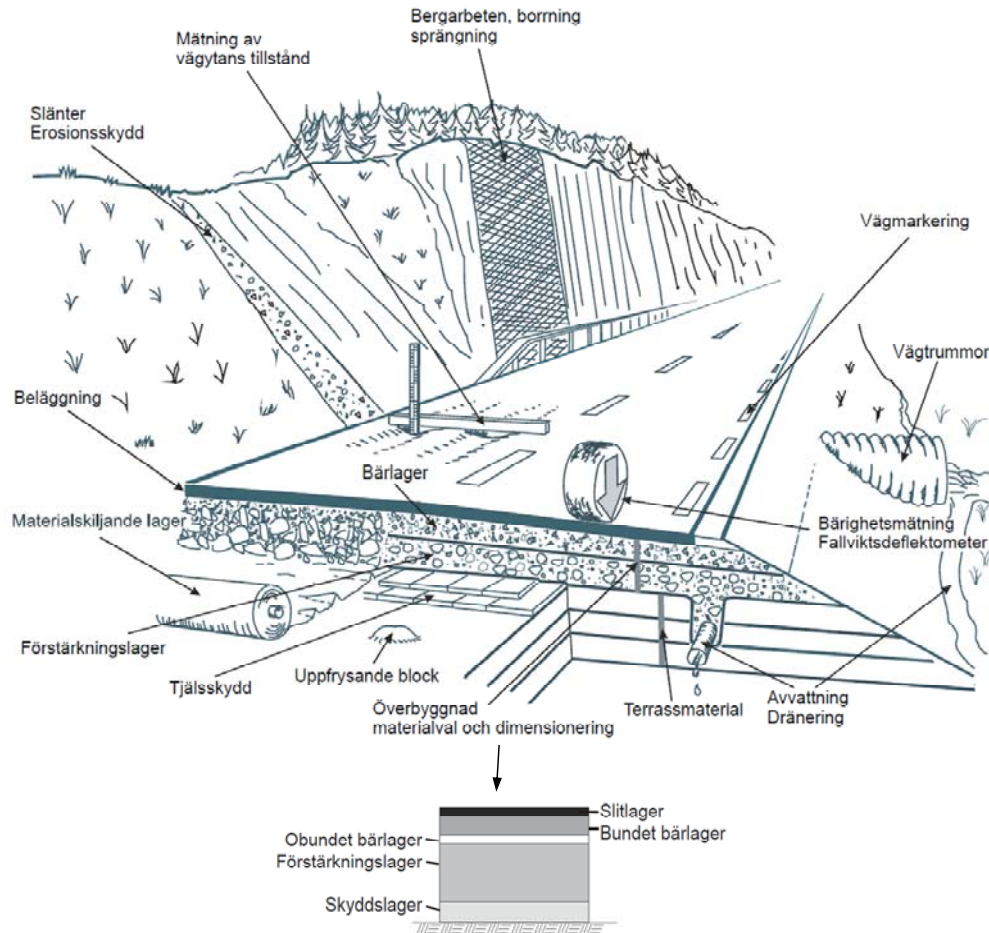
## 1.3 Avgränsningar

Byggande av vägar (och järnvägar) sker i två faser : fysisk planering och realisering. I den fysiska planeringsfasen utvecklas planerna successivt från översiktliga studier till arbetsplan/järnvägsplan där hänsyn till enskilda och allmänna intressen såsom miljöskydd och natur- och kulturmiljö skall tas. I realiseringsfasen omvandlas den s.k. arbetsplanen till bygghandlingar som sedan ligger till grund för produktionen. Litteraturstudien har omfattat båda faserna fysisk planering och realisering, medan intervjustudier och analyserna omfattar konstruktion och produktion av vägen.

## 1.3 Definitioner och begrepp

Vanligt förekommande begrepp inom vägbyggnad är, se Figur 1:

- Beläggning: Slitlager, bindlager eller bärlager som är cement- eller bitumenbundet
- Inner och ytterslänt: Slänter inom och utom vägkroppen i skärning
- Terrassyta: Den yta som bildas genom att planera de i huvudsak naturliga jord och bergmassorna i väglinjen. Terrassytan bildar gräns mellan över- och underbyggnaden eller mellan överbyggnad och undergrund
- Underbyggnad: Del av vägkonstruktion mellan undergrund och terrassyta. I underbyggnad ingår i huvudsak tillförda jord- och bergmassor
- Undergrund: Del av mark till vilken last överförs från grundkonstruktionen för en byggnad, en bro, en vägkropp e d.



Figur 1: Principiell uppbyggnad av vägkonstruktion<sup>1</sup>

- Vägkonstruktion: väggropp med undergrund, diken, avvattningsanordningar, slänter och andra väganordningar.
- Vägkropp: vägunderbyggnad och vägöverbyggnad
- Överbyggnad: Den del av vägkonstruktionen som ligger ovanför terrassytan

<sup>1</sup> VVK Väg 2009 (VV Publ. 2009:120)

## 2 Historik, normer och andra undersökningar

### 2.1 Historik<sup>2</sup>

Skyldigheten att hålla väg vilade på bönder (jordägare) under medeltiden, och i princip ända fram till vägväsendets förstatligande år 1944. År 1734 beslöt Sveriges riksdag att anta en ny lag där vägarna delades in i allmänna vägar, kyrkvägar, kvarnvägar och byvägar. År 1841 inrättades "Kongliga Styrelsen för Allmänna Wäg- och Wattenbyggnader" – det som senare blev Vägverket. Uppgift var från början och långt in på 1900-talet endast att fördela statsbidrag till byggande av vägar, broar och kanaler, samt kontrollera att arbetet hade utförts på ett riktigt sätt. Det var fortfarande böndernas skyldighet att utföra själva byggandet av vägarna och underhålla dessa.

De medeltida landslagarna stadgade att vägbredden för landsväg och tingsväg skulle vara 10 alnar (6 m) och för byväg 6 alnar (3,6 m). 1934 års väglag indelar vägarna i landsväg och ödebygdsväg. Inget stadgas om vägbredder. Samtidigt ger Kungl. väg- och vattenbyggnadsstyrelsen ut normalsektioner för olika vägbredder. Den 1 januari 1944 förstatligades vägarna och väghållningen på landsbygden. Den centrala förvaltningen blev Kungl. väg- och vattenbyggnadsstyrelsen samtidigt som en vägförvaltning inrättas i varje län.

### 2.2 Normer och föreskrifter

Utvecklingen av föreskrifter för i planering, utformning och dimensionering av vägar från 1973 till idag är sammanfattade i tabell 1 och 2

Det har, vilket framgår av nedanstående förteckningar, under åren förekommit flertal dokument för att styra såväl projektering som byggande. Avsikten har varit att anpassa projekteringen och byggandet efter de förhållanden och kunskaper som förelegat under respektive tid. Olika värderingar och inriktningar i samhället har avspeglats i normerna. Generellt kan sägas att under 70 – 90 talet var framkomlighet en viktig parameter som under 2000-talet byts mot trafiksäkerhet och miljö. Annan faktor som blivit än mer viktig vid dagens byggande är sambandet mellan anläggningskostnad och drift- och underhåll.

En annan stor förändring är också att normerna mellan statligt och kommunala byggande blivit samordnade.

---

<sup>2</sup> Montelius J., (2004), Vägen i kulturlandskapet - vägar och trafik före bilismen, Vägverkets publikation 2004:99

Tabell 1: Förteckning över föreskrifter avseende planering och utformning

År	Föreskrift	Innehåll	Huvudsaklig förändring
1973	<b>RIGU</b> Riktlinjer för gators geometriska utformning, TV 117	RIGU skall tillämpas inom detaljplanelagt område eller motsvarande, samt område som inom överblickbar tid avses att detaljplaneläggas.	
1976	<b>TV 124,</b> Trafikleder på landsbygd	De geometriska och tekniska anvisningarna för vägars utformning är utarbetade huvudsakligen under senare delen av 1950-talet och början av 1960-talet. TV 124 ersätter dessa regelverk. Anvisningarna baserar sig på resultat från forsknings- och utvecklingsarbete samt dokumenterad erfarenheter. Kapitlet över typsektioner baseras på ekonomiska ansatser och trafiktekniska mätresultat från 70-talet.	TV 124 beskriver att "norm" anger kvalitetskrav och "anvisningar" anger metod och hjälpmedel för all lösa uppgiften. TV 124 tillämpas utanför detaljplanelagt område samt för vägar i huvudvägnätet där förbindelsen i huvudsak avses kunna upplåtas för trafik med tillåten hastighet av 90 eller 110 km/h.
1982	<b>TRÅD</b>	TRÅD anger råd om avvägningarna mellan olika intressenters samspråk, att rätt avvägning sker mellan olika kvaliteter, att rätt medel och åtgärder väljs för att uppnå rätt nytta. TRÅD anger vissa kvalitetsmått för säkerhet, framkomlighet och miljöskydd. TRÅD skall i ett tidigt skede ge principer för att bestämma trafiknätets struktur och utformning.	TRÅD redovisar gradering i färgkoder; grön god kvalitet vid nybyggnad, gul i besvärliga situationer och i bef miljö och röd som är låg standard och bör undvikas.
1987	<b>ARGUS</b> Handbok med allmänna råd om gators utformning och standard	TRÅD utgör bakgrund och underlag för ARGUS. ARGUS utvecklar formulerade anspråk på gatornas och gc-vägars utformning och dimensionering.	Argus kan användas under alla planeringsskedena; från planerings- till projekteringsprocessen. Innehåller detaljerade mått och anvisningar
1994	<b>VU 94,</b> Vägutformning 94	VU 94 ersätter TV 124, ARGUS, REBEL del 1.	VU 94 är såväl ett styrmedel som ett hjälpmedel för utformning av Vägverkets produkter & tjänster. Skall användas för alla investeringsobjekt.

2004	<b>VGU</b> , Vägars och gators utformning	VGU ersätter ARGUS och VU 94. VGU är ett hjälpmedel för utformning av vägar och gator som ges ut gemensamt av Vägverket och Svenska Kommunförbundet. Målgrupper är projektörer samt beställare i planeringsskedet. Utformningsråden bygger på den funktion som eftersträvas med avseende på tillgänglighet, säkerhet och miljö. VGU används internt inom Vägverket för styrning av vägghållaren – innehåller skallkrav. För kommunala vägghållare är VGU ett rådgivande hjälpmedel och inte tvingande.	VGU används internt inom Vägverket för styrning av vägghållning. Det anges skallkrav. Avsteg från skallkrav skall godkännas. För kommunala vägghållare är VGU ett rådgivande hjälpmedel och inte tvingande. VGU är ett levande dokument som successivt uppdateras .
------	---	--	---

Tabell 2: Förteckning över föreskrifter avseende uppbyggnad och dimensionering

År	Föreskrift	Innehåll	Huvudsaklig förändring
1972	<b>Mark AMA 1972</b> Allmän material- och arbetsbeskrivning för Markarbeten	Den första separata Mark AMA.	
1976	<b>BYA</b> Byggnadstekniska anvisningar	Anvisningar som är upprättade av Vägverket för nationella vägar.	
1983	<b>MarkAMA 83</b>	Nära samarbete med Vägverket i syfte att samordna de tekniska föreskrifterna i Mark AMA 83 med den nyutkommande utgåvan av BYA.	Önskemål om att inarbeta föreskrifter för markbyggnad (främst exploateringsområden) har tillgodosetts i Mark AMA 83. Tillsammans med MarkAMA 83 redovisades Mät- och ersättningsregler, MR 83 Mark.
1994	<b>VÄG 94</b>	Ersätter BYA 84.	Väg 94 beskriver vägens konstruktiva uppbyggnad (terrassering och överbyggnad samt avvattning). VÄG 94 allmän teknisk beskrivning (ATB) som skall användas inom Vägverkets verksamhetsområde. För att kunna åberopa VÄG 94 måste detta anges i förfrågningsunderlaget. Vägöverbyggnad dimensionerad enligt VÄG 94 förväntas få en teknisk livslängd på minst 20

			– 40 år medan underbyggnaden förväntas få en teknisk livslängd på minst 80 år.
1998	<b>Anläggnings AMA 98</b>	AMA 98 med RA 98 är en komplett reviderad utgåva av AMA. AMA 98 omfattar hela anläggningssektorn.	Relevanta delar av Vägverkets ATB:er är inarbetade, i första hand VÄG 94, Bro 94 och Tunnel 95. AMA 98 har strukturerats efter BSAB 96. Utöver nybyggnation omfattar AMA 09 även reparationer och förbättringar.
2007	<b>Anläggnings AMA 07</b>	Uppdatering av Anläggnings AMA 98.	Främsta syftet var att inarbeta de förslag till texter som presenterats i AMA-nytt beskrivningsdel. Därutöver har hänsyn tagits till ny och reviderad standard samt teknisk utveckling som skett inom de områden som AMA Anläggning behandlar. Vägverket och Banverket som nu tillämpar AMA, som grind för upprättande av beskrivningar för förfrågningsunderlag, har aktivt deltagit i arbetet med framtagandet av Anläggnings AMA.
2008	<b>VVTK Väg/ VVTR Väg</b>	Är ett Vägverks dokument som innehåller Vägverkets tekniska krav vid dimensionering och utformning av vägöverbyggnad och avvattnings. Skall användas tillsammans med VVTR Väg samt VVTK Geo	Ersätter ATB VÄG 2005 kapitel C samt delar av D,E,F,G,H TK anger krav. Eventuella avsteg skall meddelas till Vägverket. Krav på material utförande och kontroll återfinns i Anläggnings AMA 07
2008	<b>IFS Väg</b>		Ersätter ATB VÄG 2005 kapitel A
2008	<b>VVTBT Obundna lager</b> <b>VVTBT Bitumenbundna lager</b> <b>VVTBT Tätskikt på broar</b>		Ersätter ATB VÄG 2005 kapitel E Ersätter ATB VÄG 2005 Kapitel F och I Ersätter delar av ATB VÄG 2005 kapitel F och I
2008	<b>VVAMA 07</b>	Vägverks AMA 07	Kompletterar AnläggningsAMA 07
2008	<b>VVMB 302</b>		Ersätter ATB VÄG 2005 kapitel B
2010	<b>AnläggningsAMA 10</b>	Arbetet med reviderad utgåva av AnläggningsAMA pågår. Förslag är utskickat på remiss.	

### 2.3 Förnyelse inom anläggningsbranschen – FIA

FIA<sup>3</sup> skapades på initiativ av generaldirektörerna på Vägverket respektive Banverket i december 2003 där målet är att skapa:

- Högre effektivitet som ger högre kvalitet, lägre kostnader och ökad lönsamhet.
- Bättre samspel och samarbete mellan branschens aktörer
- Bättre incitament för satsning på forskning och kompetensutveckling.
- Effektivare förmedling av den kunskap och kompetens som redan finns.
- Nyrekryteringen säkras genom att förnyelsearbetet ger en mer positiv bild av branschen i allmänhetens ögon.

FIA gruppen har publicerat ett stort antal dokument som ger rekommendationer till anläggningsbranschen aktörer för ett effektivare anläggningsbyggande. FIA har också initierat en ny entreprenadform där entreprenören svarar för projektering och byggande samt därefter drift och underhåll under 10-20 år. Ett pilotprojekt har startats, Norrortsleden, där man skall följa upp resultatet av entreprenadformen under 18 år inräknad upphandling, byggande och förvaltning.

### 2.4 Effektivare planering av vägar och järnvägar - SOU 2010:57

Transportinfrastrukturkommitténs fick i uppdrag att ta fram förslag för att effektivisera planeringsprocessen för transportinfrastruktur. I uppdraget ingick att analysera planeringsprocessen för byggande av transportinfrastruktur och föreslå sådana ändringar i väglagen (1971:948) och banlagen (1995:1649) som gör att ledtiderna fram till färdig anläggning förkortas. Utredningsarbetet omfattade även frågor om miljökonsekvensbeskrivning (MKB) och tillåtlighetsprövning enligt miljöbalken samt frågor om samordning med övrig fysisk planering enligt plan- och bygglagen (1987:10, PBL). I utredningen "Effektivare planering av vägar och järnvägar"<sup>4</sup> föreslås en rad förändringar för att effektivisera och korta ned tiden för den fysiska planeringen av transportinfrastruktur. Bland annat att den fysiska planeringen av vägar och järnvägar inte längre ska innehålla tre skeden, utan utformas som en sammanhållen process. Man föreslår också en rad förenklingar:

- För projekt som inte medför betydande miljöpåverkan skall det inte krävas en MKB beskrivning.
- Samordnad planering av väg och järnväg (om så krävs)
- Begränsa möjligheterna till förlängning av giltighetstid för väg- och järnvägsplan till max 2 år
- Förenklad förfarande skall vara möjligt vid ändring av väg och järnvägsplan, eller av planer av mindre betydelse
- Endast stora och svåra väg- och järnvägsprojekt skall tillåtlighetsprövas av regeringen enligt 17 kap. miljöbalken.
- Minskade möjligheter att överklaga planer.

---

<sup>3</sup> Förnyelse i anläggningsbranschen, FIA, [www.fiasverige.se](http://www.fiasverige.se).

<sup>4</sup> SOU 2010:57: Effektivare planering av vägar och järnvägar

Kommittén bedömer att de lämnade förslagen innebär att planeringstiden minskar med två år jämfört med i dag. Tidsvinster blir särskilt tydliga i mindre väg- och järnvägsprojekt. Planeringskostnaderna för staten kommer att minska med ca 200 miljoner kronor per år samtidigt som den samhällsekonomiska nyttan av att investeringen kan tas i bruk vid en tidigare tidpunkt bedöms bli ca 1,35 miljarder kronor.



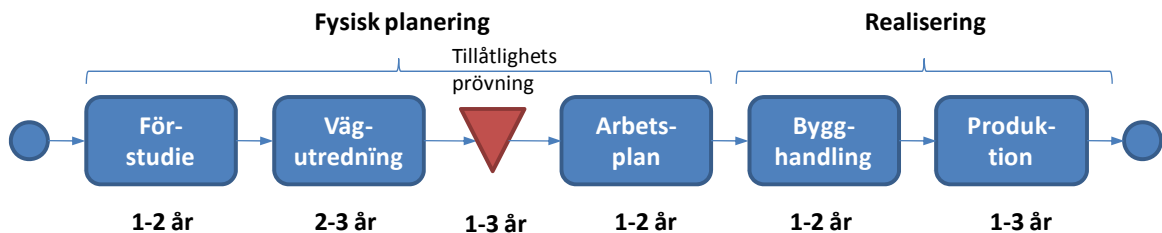
## 3. Förändringar i vägbyggandet under 30 år

### 3.1 Ökade krav på den fysiska planeringen

Den fysiska planeringen delas vanligen upp i en förstudie, en utredningsfas och framtagande av arbets- eller järnvägsplan. Större väg eller järnvägsprojekt tillåtlighetsprövas normalt av regeringen innan man fortsätter att utveckla väganläggningens eller järnvägsanläggningens läge och utformning i detalj. När arbetsplanen utarbetas ska samråd ske med bl.a. berörda fastighetsägare, kommuner och länsstyrelser samt med andra som kan ha ett väsentligt intresse i saken. När arbets-/järnvägsplanen är fastställd realiseras projektet genom att ta fram bygghandlingar som ligger till grund för produktionen av vägen/järnvägen. Tiden från förstudie till färdiga bygghandlingar är ofta lång när det gäller anläggningsprojekt. De långa ledtiderna gör att den samlade processen ofta fragmentiseras. Överväxlingarna mellan olika skeden av planerings- och projekteringsprocessen är långsamma och komplicerade. Återkopplingen mellan skedena är ofta bristfällig, i synnerhet mellan projektering och byggande samt drift.

### 3.2 Tider

Tiden för planeringsprocessen i normalfallet uppskattas av transportinfrastrukturkommittén till 5-10 år beroende på komplexitet och storlek, men det finns exempel på projekt som tagit upp till 15 år att planera. I Figur 2 har tiderna från den fysiska planeringen, (SOU 2010:57) jämförts med ca tider det tar att realisera projektet (bygghandlingar och produktion). Tider för bygghandlingar och produktion av väg- och järnvägsprojekt har uppskattas av analysgruppen.



Figur 2: Planering och realisering av vägprojekt (gäller i princip också järnvägsprojekt), principiell figur.

Ett exempel på ett större järnvägsprojekt som nyligen invigts är Botniabanan mellan Nyland och Umeå (19 mil) där den fysiska planeringen tog ca 10 år (1993-2003) att genomföra. Detaljprojektering och byggande av Botniabanan genomfördes mellan 2000-2010. Som jämförelse kan nämnas att Västra stambanan mellan Göteborg och Stockholm (46 mil) planlades under perioden 1853-55 och var klar 1862. Även om de två projekten inte är direkt jämförbara så kan man nog anta att den totala tiden för att genomföra ett väg eller ett järnvägsprojekt har ökat avsevärt beroende bl. a. på den demokratiska processen som ingår i den fysiska planeringen idag med remisser, samråd, tillåtlighetsprövning enligt miljöbalk, utställelser, överklaganden innan en väg eller järnvägsplan kan fastställas och vinna laga kraft.

Produktionskapaciteten har ökat. Bättre maskiner med högre kapacitet och flexibilitet, införande av maskinstyrning m.m. men samtidigt har kraven på säkerhet och hänsyn till omgivning ökat. Högre krav på utformning har också sannolikt medfört att produktionstider per m<sup>2</sup> väg är relativt oförändrade.

### 3.3 Kostnader

Trafikverkets sammanlagda kostnader för den fysiska planeringsprocessen under 2004-2008 var i genomsnitt mellan 5-10% av den totala investeringskostnaden, eller i kronor ca 1 miljard årligen (SOU 2010:57). Flyberg<sup>5</sup> med fl. (2004) visar att projektimplementeringens tidsutsträckning har en signifikant koppling till kostnadsfördyringar för samtliga typer av infrastrukturprojekt som ingick i hans studie (järnväg, väg, bro och tunnel) och för varje år som går från beslut att bygga till idrifttagande ökar fördyringarna med ca 5 %.

Eftersom tiden för planering ökat, men även krav på utformning, skyltning, räcken m.m. ökad markant kan man nog anta att kostnaden per m<sup>2</sup> väg också har ökat mer än KPI. Det är framförallt tiden för fysisk planering som ökat sedan 1970 talet.

### 3.4 Produktkvalitet

Det finnas ett flertal skillnader mellan nya och gamla konstruktioner. Gamla konstruktioner byggdes vanligtvis inte med krossat förstärknings- och bärlagermaterial, i stället användes naturmaterial. Det är allmänt känt att ett grovt krossat bergmaterial (som är välpackat) vanligtvis har bättre bärighet och motståndskraft mot permanenta deformationer jämför med ett naturmaterial med rundande partiklar. Av samma anledning kräver ett grovt krossat bergmaterial större packningsinsats (större vältrar, fler överfarter etc.) jämfört med ett naturmaterial.

I äldre konstruktioner användes normalt inget bindlager, vilket påverkar spårdjupsutvecklingen negativt. Traditionellt har vi i Sverige använt relativt mjuka bindemedel i asfaltbeläggningar. På senare tid har dock även hårdare kvaliteter och även polymermodifierat bindemedel (PMB) börjat användas. Detta påverkar spårdjupsutvecklingen positivt.

Samtidigt har belastningen på våra vägar ökat dramatiskt, speciellt av tyngre lastbilar som i huvudsak orsakar den strukturella nedbrytningen av våra vägar. 13-metersvägar har byggts om till 2+1-vägar för att förbättra säkerheten men detta ökar också trafikens spårbindenhet och därmed också den årliga spårdjupstillväxten.

Beläggningsslitage på grund av dubbdäck på personbilar är betydande och beräknas kosta mellan 300 och 400 Mkr på de statliga vägarna. Slitage har ökat med cirka 25 % sedan millennieskiftet till följd av att trafiken ökat samtidigt som andelen dubbdäck förblivit konstant<sup>6</sup>. Förutom slitage bidrar dubbdäck också till att öka mängden partiklar i luften.

Trafikverket följer upp vägarnas tillstånd med hjälp av mätningar av i huvudsak spårdjup och måttet IRI, (se kapitel 3.9). Dessa mätningar ger att tillståndet varken har förbättrats eller försämrats. Samtidigt kan man konstatera att antalet missnöjda trafikanterna inte minst yrkesförare ökar vad gäller vägarnas spårbildning och ojämnheter<sup>7</sup>. Kraven på våra vägar ökar, vilket kommer att öka kraven på vägarnas skötsel men även på prognostisering av spårdjupsutveckling och ojämnheter. I kapitel 5 har vi jämfört äldre vägkonstruktioner med nyare vad gäller teoretiskt

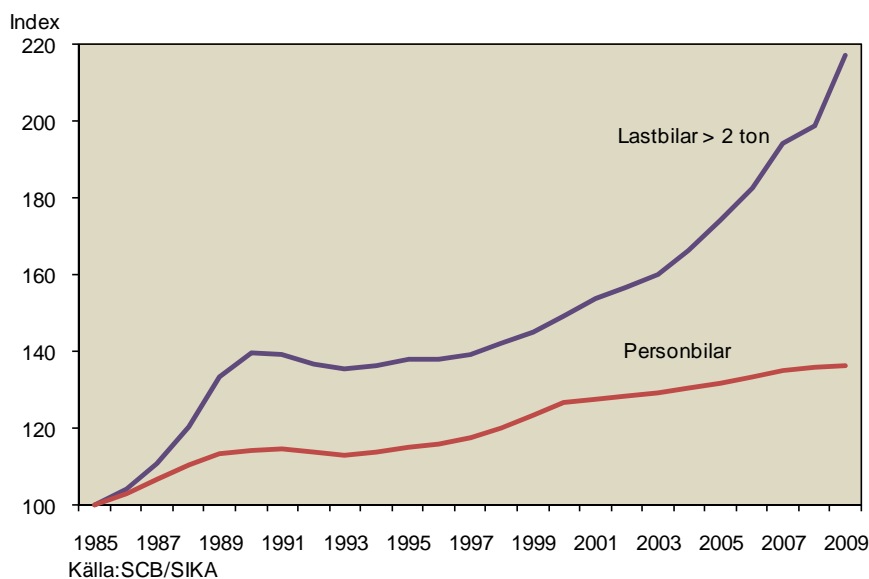
---

<sup>5</sup> Flyvbjerg B., Holm M. K. S., Buhl S. L., (2004). What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, Vol. 24, No. 1, 3–18

<sup>6</sup> Samlad lägesrapport om vinterdäck, N2008/5938/TR, FO 30 A 2008:68231, 2009, Trafikverket

<sup>7</sup> Ihs, A., Öberg, G., Wågberg, L-G., (2007) Trafikanternas krav på vägars tillstånd, VTI notat 18-2007

beräknad spårdjupsutveckling och sprickor överkant beläggning med de beräkningsmetoder som används i branschen idag.



**Figur 3: Nyregistrering av lastbilar (>2ton) och personbilar i Sverige mellan 1985 - 2009. Index 100 satt till år 1985.**

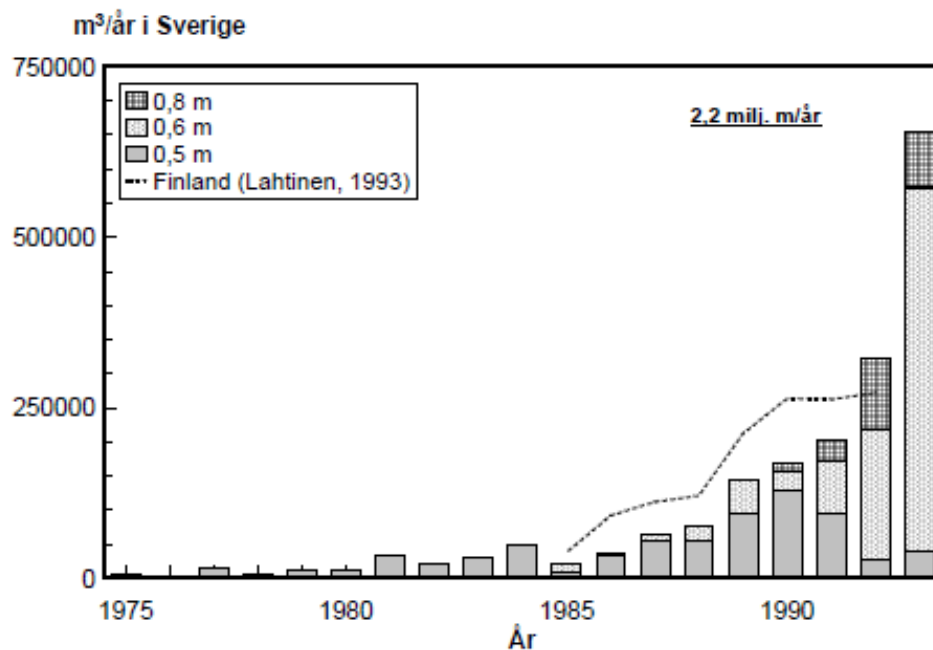
Aktiv design eller "the observational method"<sup>8</sup> är ett annat begrepp som innebär att man under projektering förbereder alternativa designlösningar för att kunna hantera variationer och oförutsägbara förhållanden under byggskedet för att optimera (livscykel)ekonomi utan att säkerheten äventyras. Det finns två typer av observationer som är av vikt i vägbyggnadsprojekt, dels geotekniska data om markförhållanden som kan användas för att optimera utformningen av terrass och överbyggnad men även produktionsdata som kan användas för att följa upp och styra produktionen. SwePave<sup>9</sup> är ett exempel på en utvecklad metod baserad på observationer i fält för utformningen av bärlager. Metoden bygger på att bärlagrets utformning optimeras under produktionsfasen genom laboratieförsök och fälttestprogram i produktionen av vägen.

### 3.5 Grundläggning

Nya grundläggningsmetoderna har utvecklats som förenklat men också gjort det möjligt att stabilisera och förstärka jordar för vägbyggande. Kalkcementpelare (KC-pelare) kan användas bl.a. för att reducera sättningar och för att öka stabiliteten för exempelvis väg- och järnvägsbankar, djupa schakter och ledningsgravar företrädesvis i lera men också i andra jordar. Metoden används i mycket stor omfattning inom infrastrukturbyggandet, ex vis på Mälärbanan, Svealandsbanan, Västkustbanan, E18, E20, och E6. Figur 4 visar hur produktion av KC pelare utvecklades mellan 1973 och 1993. Terrasstabilisering är en annan metod för att styva upp terrassmaterialet genom nedfräsning av ett bindemedel, oftast cement eller kalk. Under vissa omständigheter kan ett alternativ till djupstabilisering med t.ex KC-pelare vara att bygga en vägbank av lättfyllnads-material (t.ex. cellplastblock eller lös lättklinker).

<sup>8</sup> Nicholson, D., Tse, C-M., Penny, C., The Observational Method in ground engineering: principles and applications, CIRIA report, 1999, 214pp, ISBN: 0-86017-497-2

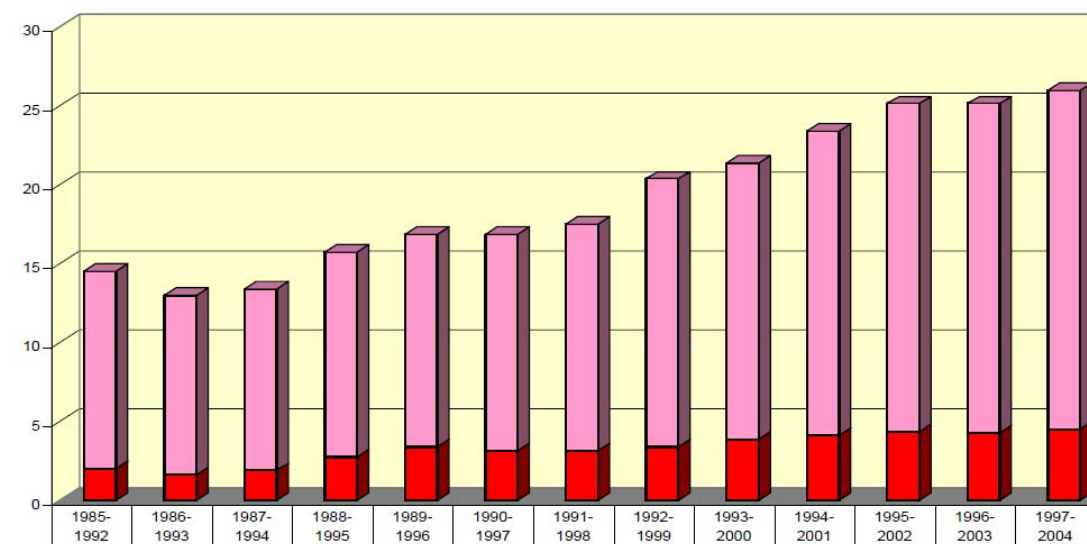
<sup>9</sup> Peab SwePave home page: <http://www.peab.se/Miljo--framtid/Innovativ-teknik/Swepave/>, 2010-09-03,



Figur 4: Produktion av KC pelare under perioden 1975-1993<sup>10</sup>, huvuddelen av KC pelare används för att stabilisering av vägar.

### 3.6 Arbetsmiljö, trafikstörningar

I takt med ökade trafikmängder så har vägarbetsplatsrelaterade trafikolyckor vid underhåll, ombyggnader och reparationer av befintlig infrastruktur ökat dramatiskt, Figur 5.



Figur 5: Vägarbetsplatsrelaterade trafikolyckor, rullande 8 års medelvärden<sup>11</sup>. Röd andel anger antal döda, rosa antal svårt skadade.

<sup>10</sup> Åhnberg, H. Johansson, S-E. Retelius, A. Ljungkrantz, C. Holmqvist, L. Holm, G.. (1995) Rapport No 48. Cement och kalk för djupstabilisering av jord.. SGI.

<sup>11</sup> Arbetsmiljöverkets föreskrift: Byggnads- och anläggningsarbete, AFS 1999:3. och Vägverkets interna föreskrift: Regler för säkerhet vid vägarbete och transporter, VV-IFS 2003:1.

Det har lett till krav på utbildning, trafikanordningar och skyltning vid vägarbete. Om passerande fordonstrafik förekommer skall man i första hand leda om trafiken så att arbetet inte berörs. Om detta inte går ska trafiken ledas så att fordonen passerar på betryggande avstånd och skiljas från arbetsplatsen med trafikanordningar och tvärgående skydd. Skydden ska vara energiupptagande och följas av en buffertzona mellan skyddet och den plats där verksamhet pågår.

Störningar på trafiken speciellt vid genomförandet av större vägprojekt är något som har börjat uppmärksammas. "Merkostnader för trafikanterna och boende längs åtgärdssträckan eller omledningsvägar kan utgöra underlag för ett incitamentprogram till utförande entreprenörer för att reducera dessa merkostnader"<sup>12</sup>.

#### 3.7 Estetik och vägarkitektur

På 1920- och 1930-talen valde statsmakten att satsa en omfattande utbyggnad av vägnätet, de s.k. AK-vägarna, som senare fick kritik för sin stela linjeföring och dålig anpassning till landskapet. Resultatet blev en utveckling som konkret påverkade vägmyndighetens sätt att planera och utforma vägar. År 1958 antogs Sveriges första nationella vägplan av riksdagen som styrde investeringarna på det allmänna vägnätet tio år framåt. Begrepp som vägestetik och klotoider präglade vägprojekteringen med kravet på "mjuk och vacker linjeföring vid vägens sträckning i såväl höjd- som planled". 1970-talet och början av 1980-talet brukar beskrivas som en tid då väghållningen prioriterade ekonomi och renodlat tekniska uppgifter och där förvaltningen av vägnätet stod i fokus på bekostnad av bland annat utformningsfrågorna.

1990-talet inträffade nästa period av intensivt vägbyggande. Ett särskilt råd för kultur och skönhet bildades med fristående experter som fritt fick kritisera verksamheten och delge verksamheten sina synpunkter om kulturella och estetiska spörsmål i samband med vägar. Vidare instiftades tävlingen Vackra vägars pris med rådet som jury. Utöver rådets värdefulla inverkan på vägprojektens utformning stärktes Vägverkets kompetens genom att vi anställde arkitekter centralt och regionalt. I Vägverkets nuvarande strategiska plan (numer Trafikverket) finns följande mål under rubriken vägarkitektur<sup>13</sup>:

- Senast 2010 ska alla vägprojekt på det statliga vägnätet ha landskapsanalys och gestaltungsprogram, samt alla driftområden ha gestaltungsprogram
- Av de inventerade bristerna med avseende på fula och slitna vägmiljöer längs det statliga vägnätet ska de högst prioriterade miljöerna vara åtgärdade under planperioden

#### 3.8 Trafiksäkerhet

Nollvisionen<sup>14</sup> – visionen om noll döda och noll allvarligt skadade i trafiken – antogs 1997 som Riksdagens långsiktiga mål för trafiksäkerheten. Tidigare låg så gott som hela ansvaret på den enskilde trafikanten. Med Nollvisionen delades ansvaret mellan trafikanter, väghållare och bilindustri. Bilindustrin har t.ex. utifrån sitt ansvar bidragit till att utforma säkrare bilar genom anti-

---

<sup>12</sup> Vägverket publikation 2009:131, Åtgärder för ökad framkomlighet och minskade störningar vid vägprojekt i storstad

<sup>13</sup> Fördjupningsdokument för vägarkitektur och vägutformning, 2010-09-03, [http://www.trafikverket.se/PageFiles/20613/fordjupningsdok\\_for\\_vagarkitektur\\_och\\_vagutformning.pdf](http://www.trafikverket.se/PageFiles/20613/fordjupningsdok_for_vagarkitektur_och_vagutformning.pdf)

<sup>14</sup> Prop. 1996/1997:137 Nollvisionen och det trafiksäkra samhället

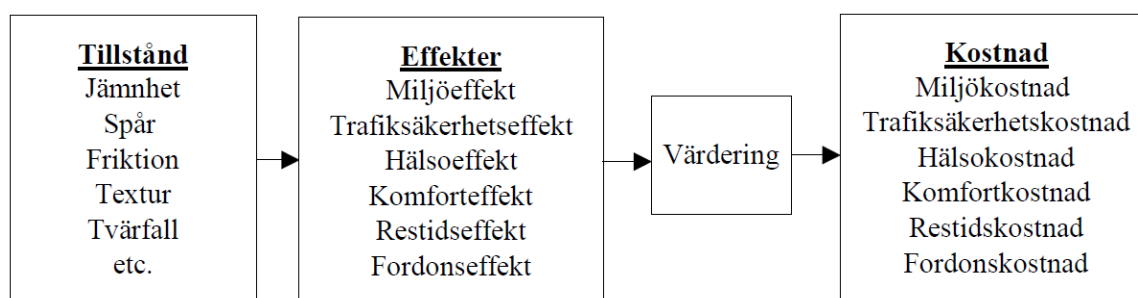
sladdsystem, krockkuddar och andra varningssystem varnar föraren vid halt väglag eller föremål i bilens omedelbara närhet etc. För att öka trafiksäkerheten har normgivning, tillståndsgivning och tillsyn kompletterats med fysiska förändringar i trafikmiljön och trafiksäkerhetskampanjer. Exempel på säkerhetshöjande åtgärder är viltstängsel längs vägarna och cirkulationsplatser (rondeller) i korsningar, framför allt i tätbebyggda områden. Rondeller dämpar trafiken och konsekvenser vid kollisioner blir lindrigare än i en vanlig vägkorsning. De så kallade 2+1-vägarna med mitträcke är en annan påtaglig fysisk förändring i trafikmiljön. Den första 2+1 vägen byggdes på försök 1998 norr om Gävle efter E4 som hade drabbats av många dödsolyckor. Lösningen visade sig förhindra mötesolyckor och utbyggnaden av vägar med mittbarriär har sedan dess accelererat. Stora insatser görs också för att mildra personskadorna när bilar kör av vägen. Räcken sätts upp och sidoområden rensas från farliga föremål som stenblock och träd. Även slänter och anslutningar till tunnlår, broar, sidovägar o dyl skall utformas för att minska personskador vid avåknings. För varje vägprojekt är väghållaren också skyldig att göra en trafiksäkerhetsanalys. Analysen ska innehålla en beskrivning av effekterna på trafiksäkerheten och de överväganden som gjorts.

### 3.9 Underhåll, tillståndsanalys och dimensionering av vägar

Vägunderhåll har varit baserat på historiska värden, dvs. nästa års budget är lika med föregående år justerad med avseende på inflationen. Problemet med ett sådant synsätt är att underhållet inte är baserat på vägarnas verkliga tillstånd. Det och krav på ett mer effektivt utnyttjande av tillgängliga resurser har lett till att väghållare i allt större omfattning börjat använda så kallade Pavement Management Systems, (PMS)<sup>15</sup>. Dessa datorbaserade system omfattar normalt delarna:

1. Insamling av data som beskriver vägens funktionella tillståndet
2. Analys av effekter och kostnader som vägens funktionella tillstånd orsakar
3. Värdering och prioritering av nuvarande och framtida åtgärdsbehov.
4. Beslut om underhåll.

Figur 6 visar principerna för hur effekterna av en vägs tillstånd kan kostnadsuppskattas genom s.k. effektsamband.



Figur 6: Principer tillstånd - effekter - kostnader<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Hedström, R., Ihs, A., Sjögren, L. (2005), Funktionsupphandling av väg och banhållning, VTI meddelande 971 2005

<sup>16</sup> Effektsamband för vägtransportssystemet Drift och underhåll - Effektkatalog, Vägverket 2008:08

Tillståndet hos vägnätet förändras under inverkan av trafik, klimat m.m. med ökad ojämnheter, spårbildning och nedsatt bärighet. Brister i det funktionella tillståndet presenteras vanligen som detaljerade beskrivningar av tillståndet såsom sprickor, slaghål, spårbildning, ojämnheter, friktion, etc. De mått som Trafikverket i huvudsak nyttjar idag för att beskriva tillståndet är:

- *IRI* (International Roughness Index) [mm/m] är ett standardiserat mått för beskrivning av ojämnheter i längsled, och är en sammanvägning av de viktigaste ojämnheter som påverkar trafikanten vid körning på väg.
- *Spårdjup* är ojämnheter i tvärled. Det mäts som medelvärdet över 20 m för det maximala spårdjupet från ett antal tvärprofiler. Måttet är en kvantifiering av vägens hjulspår som uppstått genom trafikbelastning
- *Tvärfall* är lutning tvärs färdriktningen och kan bestämmas genom ytlinjemetoden eller regressionslinjemetoden. Ett felaktigt tvärfall ökar olycksrisken och sänker framkomligheten för trafikanten

Mätmetoder har utvecklats för att kunna kontinuerligt samla in data från mätbilar av ovanstående indikatorer men också metoder för att mäta friktion, makrotextur (detektion av sprickor) och bärighet (via nedböjningsmätning av rullande last)<sup>12</sup>. Trots utvecklingen av mättekniker och metoder utgör visuella inspektioner fortfarande ett viktigt moment i bedömningen av vägens tillstånd (t ex potthål, stensläpp, funktion på avvattningsystem). Att hitta indikatorer som beskriver en vägs tillstånd på ett rättvist sätt kommer att vara avgörande för att kunna lägga ut drift och underhåll på s.k. funktionsentreprenader<sup>11</sup>.

När det gäller dimensioneringsmetoder så har ingenjörskonsten inom vägbyggnadsområdet historiskt sett varit mycket empirisk där nya konstruktioner utvärderats genom "trial-and-error" metoden. Idag finns ett stort antal analytisk-empiriska och numeriska vägmekaniska modeller mer eller mindre avancerade som kan modellera nedbrytningsprocesser för livslängdssimulering. PMS Objekt är ett analytisk empiriskt verktyg för analys och design av vägöverbyggnader. Det är en linjärelastisk flerskiktmodell som utvecklats av Trafikverket (Vägverket) och baseras på VVTK Väg (f.d. ATB Väg). PMS objekt kan laddas ner från trafikverkets hemsida.

### 3.10 Maskinstyrning och massoptimering

Ny teknik som GPS, maskinsensor system och maskindatorer har i allt högre grad börjat användas i Svenska anläggningsprojekt. De flesta större väg- och järnvägsprojekt har infört maskinstyrningssystem som grund för schakt och fyllnadsarbeten.

Maskinstyrning är att med hjälp av sensorsystem och positionsgivare (oftast GPS) kunna se maskinens läge i en digital 3D modell av det som skall utföras. Noggrannheten på visningen är ca 10 mm och t ex en grävmaskinist kan se hur skopan förhåller sig till den yta han skall schakta.

Maskinstyrningssystem finns idag för anläggningsmaskiner såsom hjullastare, grävmaskiner, bandschaktare och väghyvlar. Maskinstyrning gör att tiden att starta upp och genomföra projektet minskar. Modeller för hela arbetsprojektet finns ofta inlagt i maskindatorn som gör det möjligt att snabbt flytta och starta upp maskinerna var som helst på bygget. Oavsett om det är mörkt eller snöar så kan maskinisten alltid se vad han skall göra vilket innebär effektivare maskintidsutnyttjande.

Genom införandet av maskinstyrningssystem har inte bara tekniken förändrats, även byggprocessen har anpassats. Tidigare var det vanligt att man undan för undan gjorde utsättning för de moment man just för tillfället arbetade med. Detta betydde också att produktionen genomfördes eftersom och problem som uppkom löstes under tiden. Det som händer idag är att maskinmodellerna måste först skapas innan anläggningsprojektet kan starta. Den tid man tidigare lade ned vid manuell utsättning under hela projektet måste nu användas till att skapa 3D terrängmodeller. Detta betyder också att problemställningar i fråga om utformning och tekniska lösningar måste planeras mera noggrant innan produktionen startar. Dagens maskinstyrda anläggningsprojekt avsätter alltså mer tid innan produktionen startar för att just lösa hanteringen av utformning och tekniska lösningar i samband med 3D modelleringen.



**Figur 7: Exempel på maskinstyrningssystem**

Att kunna se vart man är i en 3D modell och där se hur man skall utföra arbetet är en stor fördel för maskinföraren men även för projektledningen. 3D tekniken har ju använts i många år som verktyg för att genomföra projekteringsunderlag och volymbereäkningar men nu när samma data går att hantera ända ut till maskinerna så kommer 3D terrängmodeller att få en ännu större och viktigare roll i framtidens automatisering av väg- och anläggningsprojekt<sup>17</sup>.

Massoptimering är en annan teknik som fått renässans i och med att nya datorbaserade planeringsmetoder<sup>18</sup> lanserats. Massoptimering är baserad på schakt- och fyllnadsmassornas volymer, lägen och användningsegenskaper. Syftet med massoptimeringsplanen är att minimera kostnaderna för massförflyttningar genom att minimera transportsträckor och mellanlagring av massor. Minimering av kostnader för massförflyttningarna kan göras genom att:<sup>19</sup>

---

<sup>17</sup> Söderström, P. och Olofsson T., 4D - modellering för aktiv design i anläggningsprojekt, SBUF projekt 11842, Teknisk rapport 2009, [www.sbuf.se](http://www.sbuf.se)

<sup>18</sup> Dynaroad homepage: <http://www.dynaroad.fi/pages/index.php>

<sup>19</sup> Johansson, T, Produktionsplanering och 4D modellering av anläggningsprojekt, Examensarbete, Luleå tekniska universitet



- Producera anläggningen med tillgängliga schaktvolymmer. Detta leder till mindre inköpta massor.
- Minimera transporter av schaktvolymmer.
- Schaktvolymmer skall om möjligt användas för att skapa anläggningar i projektet eller gå till försäljning.
- Massoptimering ska utföras på ett sådant sätt att mellanlagringar av massorna minimeras.

## 4 Intervjuer

Intervjuer med produktionsansvariga för tre 70-talsprojektet och med den nyöppnade Norrortsleden som analysgruppen anser väl representerar dagens vägbyggnadsteknik har genomförts med syfte att belysa likheter och skillnader i vägbyggnadsteknik under tre decennier, se Tabell 3.

**Tabell 3: Undersökta vägprojekt**

Vägprojekt	Huvudobjektets typ och längd	Byggår
E4:an delen Valloxen - Uppsala	Motorväg längd 12 km	1970-71
Inre Ringvägen, Malmö	Motortrafikled	Färdig 1975
Väg 74 Värmdöleden Lännersta – Insjön	Motorväg längd 5 km	1976-78
Väg 265 Norrortsleden, Täby Kyrkby-Rosenkälla	Motortrafikled, mötesfri längd 7 km	2005-08

Intervjuerna är sammanställda under rubrikerna allmän information, miljö och arbetsmiljö, masshantering, utsättning, vägutformning och vägdimensionering samt projektorganisation. Sist i kapitlet sammanfattas resultaten av intervjuerna.

### 4.1 Allmän information

Vägprojekt	Kommentar
<b>E4:an delen Valloxen - Uppsala</b>	<p>Byggtid: sommaren 1970 – augusti 1971</p> <p>Vägtyp: (motorväg, 2+1, etc), Motorväg med sektionen V3,0 + K7,0 + V1,5 m</p> <p>Entreprenadform: Utförandeentreprenad och generalentreprenad. Entreprenadsumma 50 Miljoner på 15 månaders byggtid. Huvudentreprenör var Skånska Cementgjuteriet och arbetet utfördes i huvudsak med egen personal och maskiner.</p> <p>Vägsträcka: 12 km med tillhörande broar</p> <p>Byggherre: Vägverket</p> <p>Konsulter: KM projekterade sträckningen redan 1950</p>
<b>Inre Ringvägen. Malmö</b>	<p>Färdigställande: 1975</p> <p>Entreprenadform: Byggdes i egen regi med vissa underentreprenörer, t ex NP Lund för broarna.</p> <p>Finansiering: Statsbidrag.</p>
<b>Väg 74 Värmdöleden delen Lännersta – Insjön</b>	<p>Byggtid: 1976 – 13 december 1978 (klart innan planerad sluttid)</p> <p>Vägtyp: (motorväg, 2+1, etc.)</p> <p>Normalsektion: V 3.0, K 7.0, V 1.5, M 4.0, V 1.5, K 7.0, V 3.0</p>

	<p>Beläggning: Motorväg 150 BG + 80 HAb 16t</p> <p>Maskintimmar: 200 maskiner inkl. transportfordon, 50 yrkesarbetare, 10 div.arb i tre år, lite färre i start och slutskede. 25-30 Al och utsättning.</p> <p>Vägsträcka: 5 km motorväg, 2 tpl och 5 km lokalväg</p> <p>Entreprenadform: Egen regi där huvudentreprenören var Vägverket, Östra byggnadsdistriktet med en arbetsgrupp som hade hållit ihop sedan 1970.</p> <p>Byggherre: Vägverket, Vägförvaltningen i Stockholms Län</p> <p>Konsulter: Vägförvaltningen i B-län, Planeringskontoret, Arbetsplanegruppen och Trafikgruppen. Viak för Va och Geoteknik</p>
<p><b>Väg 265</b>  <b>Norrortsleden, delen</b>  <b>Täby Kyrkby-Rosenkälla</b></p>	<p>Byggtid: 2005 - 2008</p> <p>Vägartyp (motorväg, 2+1, etc), Motortrafikled, mötesfri, bredd 13 m</p> <div data-bbox="432 857 1374 1301" data-label="Diagram"> </div> <p>Maskin-/mantimmar (inkl tjm) 447 000 tim</p> <p>Längd vägsträcka 7 km</p> <p>Entreprenadform: Funktionsentreprenad med helhetsåtagande, projektering, byggande och 15 års drifts- och underhållsansvar . Entreprenör är NCC.</p> <p>Byggherre: Vägverket</p> <p>Konsulter, Grontmij AB projekterade enligt de beställarkrav som togs fram med stöd av internkonsulter inom NCC Teknik och NCC Roads</p>

#### 4.2 Miljö och Arbetsmiljö

Vägprojekt	Kommentar
<p><b>E4 Valloxen-Uppsala</b></p>	<p>Utöver den vackra vägsträckningen som utfördes på ritbordet var den mittskiljande vallen det enda som gjordes åt estetiken och detta med två syften varav det ena var att bli av med avbaningsmassor medan det andra var att det skapades en estetiskt tilltalande vall när växterna så småningom etablerade sig.</p>

	<p>Dessutom uppnåddes skydd mot bländning</p> <p>Arbetsmiljöarbetet var inte så utbrett på 70-talet. Det var nästan svårt att få ut ett par handskar. Hörselskydd, hjälm mm var inte aktuellt. Det var dock inte så mycket olyckor förutom eventuella förslitningsskador och mindre blesyrer förekom märkligt nog endast en olycka med en sprängare som borrarade på en sk dola (kvarvarande dynamit i sprängbotten), vid explosionen fick mannen maskinen i bröstet och fick uppsöka sjukhus. Han var tillbaka efter någon vecka. Materiellt uppstod ett skred vid Sävjaån nattetid då ingen personal var på plats. Detta avhjälpes genom avlastning av åkanterna.</p>
<b>Inre ringvägen</b>	-
<b>Väg 74</b>	<p>Mycket bättre arbetarskydd idag med planer av olika slag för arbetsmiljö, trafiksäkerhet m.m. i jämförelse med detta projekt på 70-talet. Idag råder hjälm-tvång för alla (på detta projektet på 70-talet endast vid arbete under något), bra dammsugare finns för bormaskiner, hörselskydden har utvecklats, maskinhytter är försedda med övertryck osv.</p> <p>Ritningar över trafikanordningar fanns men dagens TA-planer är mycket bättre och mycket mer kraft läggs på detta. Tidigare var det brister i registrering av olyckor och framförallt tillbud, har blivit bättre nu.</p> <p>Även kommunikationen med allmänheten har utvecklats mycket och har en framträdande plats i dagens projekt.</p> <p>Slänter tätades med mellanmakadam och en del jordbelades för att höja estetiken i landskapsmiljön. Detta var ett "tillägg" som beslöt för att man här var i trakter med tät trafik och befolkning. Det var ett första steg som dock på intet vis kan jämföras med hur man idag arbetar med vägområdets utformning.</p>
<b>Väg 265</b>	<p>Miljö- och arbetsmiljöfrågor hanterades enligt rutinerna i NCCs verksamhetsledningssystem. NCC Construction Sveriges och NCC Roads miljöledningssystem är tredjepartscertifierat enligt kraven i ISO 14001.</p> <p>Vägverket bedrev kampanjer inom sina fokusområden för arbetsmiljö och delade ut arbetsmiljöpris.</p> <p>Program för hela vägsträckningen utarbetades av landskaps arkitekt från Grontmij. Detta program präglades av sparsmaksamhet och inga extra utsmyckningar utfördes. Sidan: 20</p> <p>Vägen hade redan i arbetsplanen till stor del projekterats nedsänk för att inte synas. På något ställe där insynen bedömdes för stor byggdes konstgjorda "åkerholmar", vidare kan nämnas att ett driftutrymme i betong utflyttat från tunnel kamouflerades med en typ gabioner för att smälta in i tunnelmynningen. Det utformades även grodpassager i projektet.</p> <p>Veckobrev till närliggande ridskolor, öppet hus för allmänheten rönt stort intresse.</p>

### 4.3 Masshantering

Vägprojekt	Kommentar
<b>E4 Valloxen - Uppsala</b>	Finns inte dokumenterat någon information om volymen massor. Det rådde ett underskott på bergmassor som kompenseras av ett sidotag i anslutning till väglinjen. På denna plats fanns också ett mobilt krossverk. Asfalten levererades från både Stockholm och Uppsala. Överskottsmassorna i motorvägsbyggnationen hanterades genom skapande av en mittskiljande vall.
<b>Inre ringvägen</b>	Massdisposition mellan delarna i begränsad omfattning. Fanns arbetsgrupp som försökte samordna masshanteringen inom och utom objektet. Man beställde bilar med grus – inte m <sup>3</sup> eller ton.
<b>Väg 74</b>	I stort sett rådde massbalans. Krossning skedde med Vägverkets egna 120-kross som "UE" med verkmästare och personal. Man använde grävmaskinssortering och vibroharpor för berget till överbyggnaden. Detta kräver grävmaskinsmot-tagning och duktiga maskinister. 7-800 meter "halv motorväg" per dygn med tre sorterarenheter dvs.cirka 250 meter per maskin.
<b>Väg 265</b>	All jordschakt balanserades inom projektet (bullervallar m.m)  Krossning berg i väglinjen, del av krossat berg såldes, UE Värmdö Schaktmaski-ner.

### 4.4 Utsättningsmetoder

Vägprojekt	Kommentar
<b>E4 Valloxen - Uppsala</b>	Utsättningsmetoden var då enbart fluktutsättning på stakkäppar. Vägen stakades med teodoliter till hjälp. Utsättarchefen tog för hand fram utsättningsdata från koordinatlistor. Facitsnurren gick för högvarv
<b>Inre ringvägen</b>	-
<b>Väg 74</b>	Stakade och satte profiler, utsättarna hade egna program och programmerings-bara handräknare.
<b>Väg 265</b>	Allt maskinarbete för vägen skedde med maskinstyrning. En del traditionell utsättning för diverse kringarbeten. (Bro och tunnel ej beskrivna). En nackdel upplevdes med maskinstyrning. När byggledning och arbetsledning går ut i väglinjen ser man inte vägen som när det sitter profiler överallt.

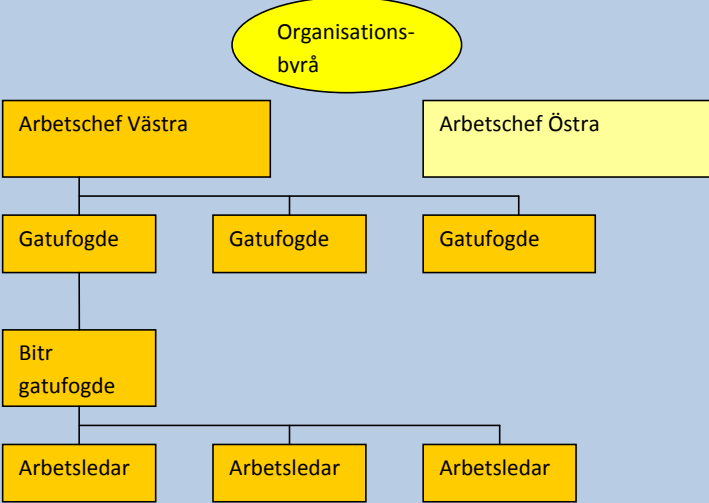
## 4.5 Vägutformning och vägdimensionering

Vägprojekt	Kommentar
<b>E4 Valloxen-Uppsala</b>	<p>Plangeometrin för motorvägen består av enbart cirkelbågar och klotoider. Inte en meter raksträcka byggdes. Vägsektionen enligt följande: innerslänt 1:3 och ytterslänt 1:2 i jord och 5:1 i högre berg. Vid högre bankar utfördes slänt 1:1,5 med räcke.</p> <p>Grundförhållandena var i huvudsak bra men det fanns ett par partier där urgrävning gjordes i lite större omfattning. Urgrävningarna fylldes med bergmassor. Vidare fanns partier där bankpålning utfördes, dels med träpålar och dels med betongpålar. Lättyllning med lättklinker gjordes också på något ställe.</p> <p>Överbyggnaden bestod på den första 2/3-delen av lätt bergbank, tätad och därefter ett grusbärlager, 2x55mm AG och en toppbeläggning om 40 mm. Tjocklek 1 m. På vägrenarna gjordes en ytbehandling Y1 eller liknande. Den sista tredjedelen på gärderna in mot Uppsala utfördes en konventionell grusbiumenöverbyggnad (GBÖ).</p> <p>Beläggningen bestod av 110 mm AG samt 40 mm topp och sparsamt med vägutrustning användes.</p>
<b>Inre ringvägen</b>	Delen mellan Amiralsgatan- Sallerupsvägen utfördes med Kalkstabilisering.
<b>Väg 74</b>	<p>Vägkonstruktionen var en BBÖ enligt BYA där man gjorde en ytindränkning med RMA för att få en bra körbar terrass. (Detta finns inte idag, verkar ha fallit i glömska).</p> <p>Besvärlig urgrävning av myr där man från tidigare etapper lagt på överlast men ej gjort urgrävning före.</p>
<b>Väg 265</b>	<p>Väggroppen utgörs av överbyggnad på antingen, en något förändrad, s.k. lätt bergbank (LBB) eller i skärningar på bergterrass (tätat berg) (BT), se figur nedan.</p> <p>The diagram illustrates two cross-sections of road construction: LBB (Left) and BT (Right). LBB shows a 1000mm high structure with layers of 40, 60, 70, and 80mm. BT shows a similar structure on a base of 40, 60, 70, and 80mm. A legend identifies the layers: VIACOTOP 16 (black), VIACOBIND (grey), VIACOBASE (dark grey), Obundet bärlager (hatched), and SSF i BU (white).</p>

	<p>Utläggning 0-200 70 m/dag justering utläggning bärlager 70m/dag</p> <p>Maskiner under perioden okt 2005 tom maj 2006 då de stora schakterna genomfördes: grävmaskiner 7 st, dumprar 6 st, bandtraktor 1st och 3,5 kollektivanställda. Detta är snittsiffror under perioden. Övriga tider 2-3 grävmaskiner och 1-2 dumprar. Hyvel totalt på projektet 800 tim.</p> <p>En objektsanpassad utförandebeskrivning upprättades för att säkerställa kraven på bärighet och packningsgrad.</p> <p>Utifrån förutsättningarna kunde mäktigheten av den krossade sprängstenen 0-200 mm ökas från 1,0 m till 1,3 m.</p> <p>Packning utfördes enligt packningsprogram.</p>
--	--

#### 4.6 Projektorganisation

Vägprojekt	Kommentar
<b>E4 Valloxen-Uppsala</b>	<p>Inga konsulter. Det fanns inget platskontor för beställaren, utan representanter för denna mötte upp vid mätningar, byggmöten etc. Beställarens projektchef hade hjälp av kontrollanter och tillika mätare. För objektet upprättades ett centralt beläget platskontor tillika lokalkontor för det mellersta vägbygget och för den löpande driften ytterligare två stycken lokalkontor för vägbygget samt ett rullande platskontor för brobyggnationerna.</p> <p>Det centrala platskontoret bemannades av:</p> <p>Platschef, Utsättningschef, 1 central utsättare med pinnpojkar, Kontorist, Mätpersonal, 2 st. Vägbyggnadskontoren (3 st således) bestod av Arbetsledare och Utsättare med pinnpojkar. Bergarbetena administrerades av en Arbetsledare berg.</p> <p>Betongarbetena leddes av en Arbetsledare en Utsättare med pinnpojkar.</p> <p>Kontrollen utfördes okulärt genom besiktning av terrassbottnar, rörläggning, nivåavvägning av terrasser, kontroll av berg innan sprängning osv.</p>
<b>Inre ringvägen</b>	<p>Dålig styrning mellan de olika delarna i organisationen. Varje del i organisationen styrde till stor del sina egna arbeten. Troligtvis utfördes projekteringen i egen regi. VA-arbeten utfördes i en egen organisation och sin egen ekonomi. Motsvarande gatufogde för gatuarbeten var schaktmästare för VA-arbeten. Det kan finnas efterkalkyler. Ingen eller dålig budget. Dålig kostnadsstyrning – bara för Vägverket</p>

	 <pre> graph TD     OB(Organisationsbvrå) --&gt; AV[Arbetschef Västra]     OB --&gt; AO[Arbetschef Östra]     AV --&gt; G1[Gatufogde]     AV --&gt; G2[Gatufogde]     AO --&gt; G3[Gatufogde]     G1 --&gt; BG[Bitr gatufogde]     BG --&gt; A1[Arbetsledar]     BG --&gt; A2[Arbetsledar]     BG --&gt; A3[Arbetsledar] </pre> <p>Figuren visar organisationsstrukturen för inre ringvägen som bestod av två delar (östra och västra) med två arbetschefer som resulterade i dålig styrning mellan det två projekten.</p>
<p><b>Väg 74</b></p>	<p>Arbetet utfördes i egen regi, projektörer vid behov på plats. Traditionell linjeorganisation med Ac och därunder Pc med staber för adm., planering och ekonomi. Under Pc ett antal Al för olika funktioner och utsättningschef (mätning) med utsättare avsnittsvis (geografiskt) fördelade. Totalt var det 25-30 personer med lite färre i början och på slutet. Konsulter var Vägförvaltningen i B-län, Planeringskontoret, Arbetsplanegruppen och Trafikgruppen. Viak för Va och Geoteknik</p> <p>Egenkontroll och UE kontrollerades av huvudentreprenörens organisation (Östra Byggnadsdistriktet). Schaktarbeten och bergarbeten utfördes med inhyrda maskiner, inte som underentreprenader. Borrsvagnar hyrdes dock in "per bormeter".</p> <p>De gemensamma omkostnaderna uppgick till 10 % för arbetsledning, kontor, utsättning, Ac och centraladministration och 10 % för bodar, förråd, verkstad och småmaskiner</p>
<p><b>Väg 265</b></p>	<p>I funktionsentreprenader utgör den hittillsvarande modellen för arbetsplaner en begränsning av möjligheterna som denna entreprenadform kan ge.</p> <p>Svårt få konsulter och underentreprenörer att till fullo förstå vad det innebär att arbeta i en funktionsentreprenad.</p> <p>Projektet var inte ett partneringsprojekt enligt NCCs definition, NCC hade hela ansvaret och fattade alla beslut under produktionstiden. Samarbetet NCC-Vägverket var dock hela tiden mycket bra och den sent uppkomna tilläggslösningen av den planfria korsningen med Arningeleden genomfördes i samverkan/partnering med löpandekostnadsförfarande.</p>



#### 4.7 Slutsatser

Detta avsnitt är ett försök att sammanfatta de skillnader och likheter vi konstaterat när vi diskuterat intervjuresultaten. De tre 70-talsprojektet jämförs med den nyligen öppnade Norrortsleden som analysgruppen anser väl representerar dagens vägbyggnadsteknik.

Vad beträffar den allmänna delen kan man se att för 30 år sedan var det vanligt att vägprojekt utfördes i egenregi. I dag sker allt vägbyggande i full konkurrens. Maskiner för schakt och transport var endera egna eller inhyrda medan det idag huvudsakligen handlar om olika underentreprenader.

Miljö och arbetsmiljö är något som idag har en högre prioritering. Utvecklingen allmänt i samhället och den kraftigt ökade trafikintensiteten har varit starkt pådrivande. Estetikfrågorna har numera en framträdande roll i vägprojekteringen medan det för 30 år sedan mera var en fråga om att finna en trafiktekniskt bra lösning.

Hanteringen av jord och bergmassor har alltid handlat om att finna massbalans. Det som skiljer är att det numera finns större möjligheter att klara detta även när oväntade förändringar uppstår i utförandeskedet. Digitala terrängmodeller, maskinstyrning med hjälp av GPS och överhuvudtaget de möjligheter dagens datorer erbjuder gör att man nu kan fatta bra underbyggda beslut allteftersom arbetet framskrider.

Ett område där det kanske har skett de största förändringarna är metoderna för utsättning och stakning av vägen. Visserligen hade i början av 70-talet mätpersonalen börjat ta hjälp av programmeringsbara räkneapparater men användandet av maskinstyrning där maskinförarna kan arbeta direkt i terrängmodellen är något av en revolution.

Vägarnas utformning och dimensionering styrs fortfarande av regelverkens krav. Dessa har hela tiden utvecklats inte minst stödda av de allt bättre metoder som tagits fram för att hämta in data från trafikens påverkan på vägytan. Hela dagens datautveckling har dessutom gett ökade möjligheter att inte bara följa tabeller utan numera verkligen räkna på bärighet och livslängder.

Projektorganisationerna präglas av att det på 70-talet handlade om att styra alla maskiner och få fram stakning och profiler åt dem. I dag handlar det mycket om att styra underentreprenörer och att med egenkontroll säkerställa att vägen får avsedd utformning och livslängd. Inte minst gäller det för den ökande andelen funktionsentreprenader med långårigt underhållsansvar.



## 5 Livslängdsberäkningar

### 5.1 Allmänna förutsättningar

Syftet med beräkningarna som redovisas i denna rapport är att jämföra livslängderna för gamla vägkonstruktioner med nya konstruktioner och därefter försöka bestämma om det finns några avgörande skillnader. För att kunna göra en rättvis jämförelse bör även tiden mellan underhålls-åtgärderna jämföras. I dagsläget finns dock inga uppgifter om detta, vilket gör jämförelserna ofullständiga.

Med hjälp av normalsektioner samt intervjuer med personer som var med i byggskedet har lagertjocklekar samt typ av material kunnat bestämmas. Val av bindemedelstyp har uppskattats i de fall det inte finns redovisat på normalsektionerna.

Trafikdata har uppskattats med hjälp av data från Trafikverkets klickbara karta (TIKK), från data som finns redovisad på Öresundsbronns hemsida samt från Malmö Stads trafikmätningar. I de flesta fall har trafiken inte delats upp i K1 resp. K2, vilket normalt bör göras. Detta påverkar främst nötningsberäkningarna men eftersom samma metodik har använts i samtliga fall bör en relativ jämförelse ändå vara möjlig.

Beräkningarna har utförts enligt metodiken beskriven i Vägverkets Krav Väg (VVK VÄG), dvs. konventionell vägdimensioneringsmetodik som används i Sverige. Lasten har i samtliga fall bestått av en 10-tons standardaxel med parmonterade däck. Materialdata (styvhetsmoduler) för de använda materialen har också hämtats från VVK VÄG. Undantaget är materialdata för den kalkstabiliserade terrassen, som hämtats från litteraturen, Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (M-E PDG). Om dessa data är relevanta för svenska förhållanden är inte känt, vilket ökar osäkerheten i beräkningarna.

Livslängden för en vägkonstruktion bestäms vanligtvis med hjälp av livslängdskriterier, ett för bundna material och ett för terrassen (i detta fall hämtade från VVK VÄG). Eftersom en väg bryts ner gradvis är livslängden ett något flytande begrepp som styrs bl.a. av både tekniska och ekonomiska hänsynstaganden. Livslängdskriterierna som används i Sverige har kalibrerats och validerats så att tidpunkten för första åtgärd i genomsnitt inträffar efter ca 14 år. D.v.s. en viss mängd spår och sprickor accepteras innan vägen åtgärdas.

Spårutvecklingen har beräknats med VTI:s nötningsmodell. I samtliga fall har en motorvägssektion ( $K=4.0$  m) använts. Kulkvarnsvärde 7 har ansatts i samtliga beräkningar. Övrig spår- och sprickbildning har uppskattats med hjälp av modellerna i (M-E PDG). Resultaten ska ses som en relativ jämförelse eftersom de amerikanska modellerna ännu inte har kalibrerats och validerade för svenska förhållanden.

### 5.2 Undersökta vägar

Undersökta vägsträckor visas i Tabell 4. Samtliga beräkningar finns redovisade i bilaga 2.

Tabell 4: Undersökta vägsträckor

Benämning	Vägsträcka	Byggt år
E6Yttre	E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)	1998 - 1999
E6Bro	E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie	1997 - 2000
Inre	Inre Ringvägen, Malmö	1973 - 1975
E22Förbi	E22, Förbifart Bromölla	2001

En sammanställning av resultatet som visas i Tabell 5, består av uppskattade värden på spår-  
djupsutveckling (mm) och sprickutveckling (m/km) efter 20 års drift.

Tabell 5: Beräknat spår djup och sprickutveckling överkant beläggning efter 20 år drift (Terrass)

Väg	Utveckling av	
	Spår djup /10 <sup>6</sup> std axlar (mm)	Sprickor (m/km)
E6Yttre	1,4	1664
E6Bro <sup>1</sup>	2,8	39-98
Inre <sup>2</sup>	2,7	100-150
E22Förbi <sup>3</sup>	2,4-4,5	10-100

1) Terrass kalkstabiliserad eller ej, 2) Terrass stabiliserad eller ej, 3) Alternativa utformningar

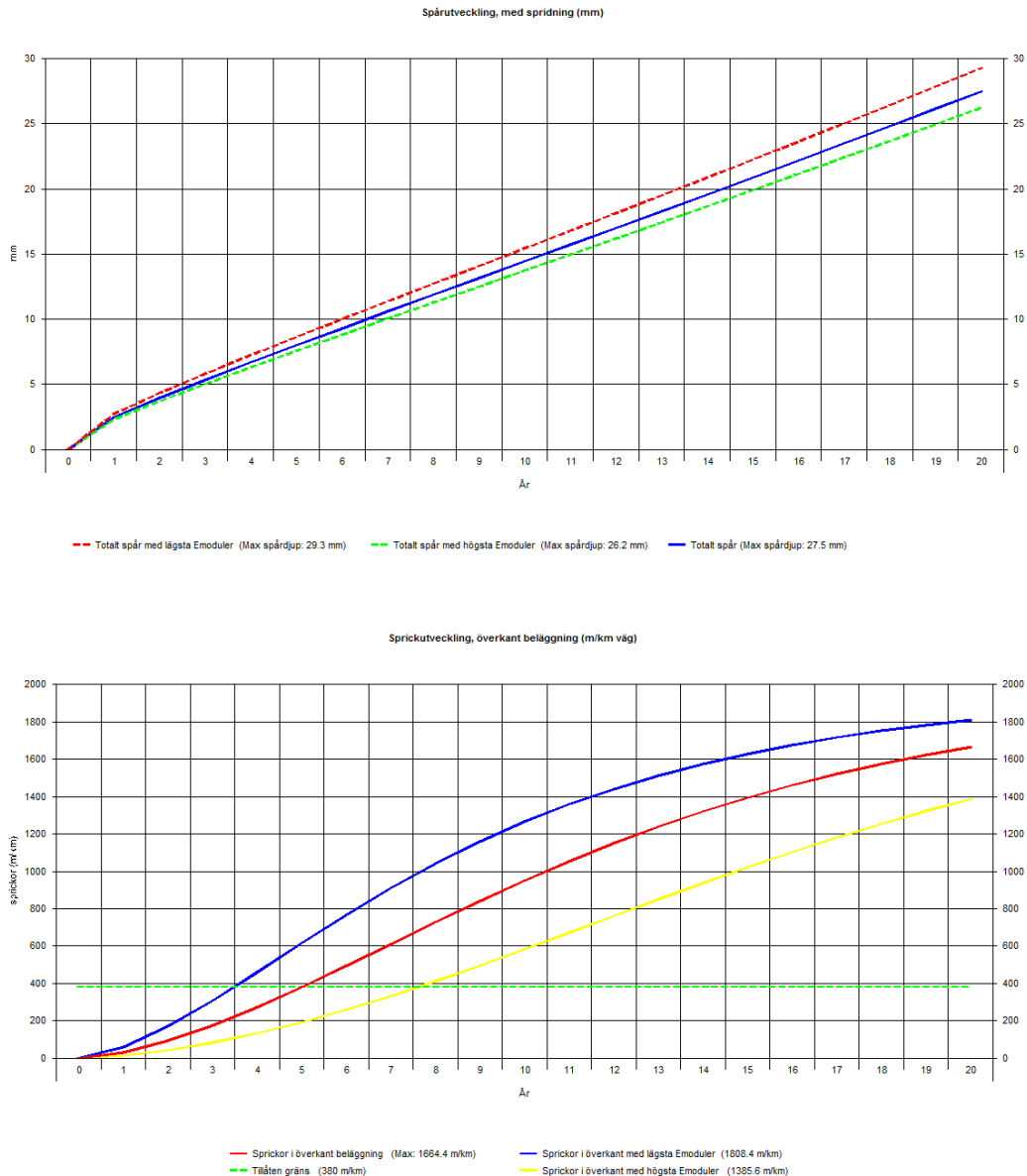
Figur 8 visar exempel på spår djups- och sprickutvecklingskurvor som funktion av tid för olika värden på E-modul för yttre ringvägen i Malmö.

### 5.3 Slutsatser

Livslängden för en vägkonstruktion bestäms vanligtvis med hjälp av livslängdskriterier, ett för bundna material och ett för terrassen. Eftersom en väg bryts ner gradvis är livslängden ett något flytande begrepp som bl.a. styrs av både tekniska och ekonomiska hänsynstaganden. Livslängdskriterierna som används i Sverige har kalibrerats och validerats så att tidpunkten för första åtgärd i genomsnitt inträffar efter ca 14 år. D.v.s. en viss mängd spår och sprickor accepteras innan vägen åtgärdas.

Genomgående för både de gamla och nya vägkonstruktionerna är att dimensioneringen har utförts med viss säkerhetsmarginal. Det finns dock en osäkerhet i den dimensionerande trafikens storlek eftersom trafikuppgifterna som användes i samband med projekteringen inte fanns tillgängliga. Detta kan påverka bedömningen något. Det är sannolikt även så att konstruktionerna har dimensionerats med hjälp av tabeller och erfarenhetsvärden, PMS Objekt har således inte använts, vilket i någon mån kan påverka lagertjocklekarna.

Med tanke på de undersökta vägarnas dignitet (Europavägar, större ringleder osv.) är det en fullt relevant strategi. Konsekvenserna, för både brukare och samhället, blir betydande om oförutsedda skador uppstår och därför bör riskerna minimeras så långt det är ekonomiskt försvarbart. Resultaten väcker dock frågan om det är nödvändigt att införa någon form av reliabilitetsnivåer för olika typer av vägar, i dagens vägdimensioneringsregler finns inga sådana regler eller råd.



**Figur 8: Spår djupsutveckling (övre) och sprickutveckling (nedre) som funktion av tid för E6 yttre ringvägen.**

I takt med att analytiskt-empiriska dimensioneringsmetoder används allt mer finns därmed också möjlighet att optimera konstruktionerna i allt större utsträckning, dvs. säkerhetsmarginaler och lagertjocklekar reduceras. Detta kan få konsekvenser i ett senare skede. Idag används allt mer tunnskiktbeläggningar vid underhåll av vägarna. Denna typ av beläggning kräver ett stabilt underlag eftersom bidraget till bärigheten i konstruktionen är begränsad. Om det inte finns någon inbyggd säkerhetsmarginal i dimensioneringen från början resulterar det i ökade underhållsåtgärder i stället. D.v.s. vägen behöver kanske förstärkas med ett bindlager innan ett nytt slitlager kan läggas ut. Det man vinner på investeringssidan går förlorat på underhållssidan. Det är därför önskvärt att ett livscykelperspektiv används vid överbyggnadsdimensioneringen i stället för att till störst del fokusera på en låg investeringskostnad.

Den teoretiska livslängden för en vägkonstruktion, dvs. hur många miljoner standardaxlar (msa) vägkonstruktionen klarar av att bära säger inte allt. I fallet E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg används ett cementstabiliserat bärlager (CG) i stället för ett konventionellt AG-lager. Livslängdsberäkningarna visar att den teoretiska livslängden är fullt tillräcklig för att bära den dimensionerande trafiken. Trots detta börjar vägen spricka kraftigt efter endast ett fåtal år, vilket även indikeras av sprickberäkningen. Det behövs således även kunskap om material, receptering, utförande, val av konstruktionstyp etc. för att erhålla väl fungerande vägkonstruktion. I fallet med Yttre Ringvägen har utredningar bl.a. visat att cementmängden i CG-lagret var för hög, vilket ledde till ett för styvt material som sedan sprack. På en del av sträckorna sågades ej heller sprickanvisningar som föreskrivs i senare versioner av vägnormerna.

Som nämnts sker nedbrytningen av en väg gradvis. De flesta modeller (undantag finns) som används för vägdimensionering idag beskriver de initiala förhållandena samt tillståndet när vägen har gått till "brott", ingenting om vad som händer däremellan. För att kunna prediktera den gradvisa nedbrytningen (hur spår, sprickor, IRI etc. utvecklas som funktion av tid och trafikbelastning) krävs att dimensioneringsmetodikerna förfinas. Inom detta område finns ett stort forskningsbehov samt en stor potential för förbättringar.

Antas att gränsen för tillåtet spårdjup är 17 mm betyder det att de nya konstruktionerna måste åtgärdas med avseende på spårdjup efter ca 13-14 år. Detta stämmer även överens relativt väl med Trafikverkets uppgifter om att det tar ca 14 år (i genomsnitt) till första åtgärd. Den enda gamla konstruktionen (Inre Ringvägen i Malmö) som utvärderats måste åtgärdas redan efter ca 5-6 år. Eftersom data för underhållsintervall saknas i dagsläget är det svårt att veta hur realistiska siffrorna är.

Då Inre Ringvägen i Malmö har relativt hög trafikmängd, vilket påverkar spårdjupsutvecklingen negativt, är det i stället mera rättvisande att studera spårdjup som funktion av antal passerade standardaxlar. Görs denna jämförelse blir slutsatsen att samtliga GBÖ-konstruktioner (både gamla och nya) har ungefär likvärdig spårdjupsutveckling. Det finns en tendens att GBÖ-konstruktionen vid Förbifart Bromölla har något mindre spårdjupstillväxt jämfört med de övriga konstruktionerna. Den mest sannolika förklaringen till detta är att terrassen i detta fall består av bättre material samt att trafikmängden är relativt låg.

Beräkningarna indikerar också att en kalkstabiliserad terrass inte har någon avgörande inverkan på spårdjupsutvecklingen. Detta är ett något tveksamt resultat. En stabiliserad terrass utgör en stabil grund att bygga vidare på jämfört med exempelvis en lerterrass. Terrasstabiliseringen påverkar packningen av ovanliggande lager på ett positivt sätt då det "svarar" på ett helt annat sätt jämfört med lerterrassen, som sviktar betydligt mera.

CBÖ-konstruktionen uppvisar som väntat minst spårdjup som funktion av antal passerade standardaxlar. CG-lagret är inte temperaturkänsligt och därmed uppstår endast försumbar spårbildning i detta lager. Å andra sidan är CG-beläggningen känslig för sprickbildning, vilket blir dimensionerande för när underhållsåtgärder måste sättas in. För GBÖ-konstruktionerna är det vanligtvis spårbildningen som blir dimensionerande.

Det finnas ett flertal skillnader mellan de nya konstruktionerna respektive den gamla konstruktionen. Gamla konstruktioner byggdes vanligtvis inte med krossat förstärknings- och bärlagerma-

terial, i stället användes naturmaterial. Det är allmänt känt att ett grovt krossat bergmaterial (som är välpackat) vanligtvis har bättre bärighet och motståndskraft mot permanenta deformationer jämför med ett naturmaterial med rundande partiklar. Av samma anledning kräver ett grovt krossat bergmaterial större packningsinsats (större vältar, fler överfarter etc.) jämfört med ett naturmaterial.

I den gamla konstruktionen användes inget bindlager, vilket påverkar spårdjupsutvecklingen negativt. Traditionellt har vi i Sverige använt relativt mjuka bindemedel i asfaltbeläggningar. På senare tid har dock även hårdare kvaliteter och även polymermodifierat bindemedel (PMB) börjat användas. Detta påverkar spårdjupsutvecklingen positivt.

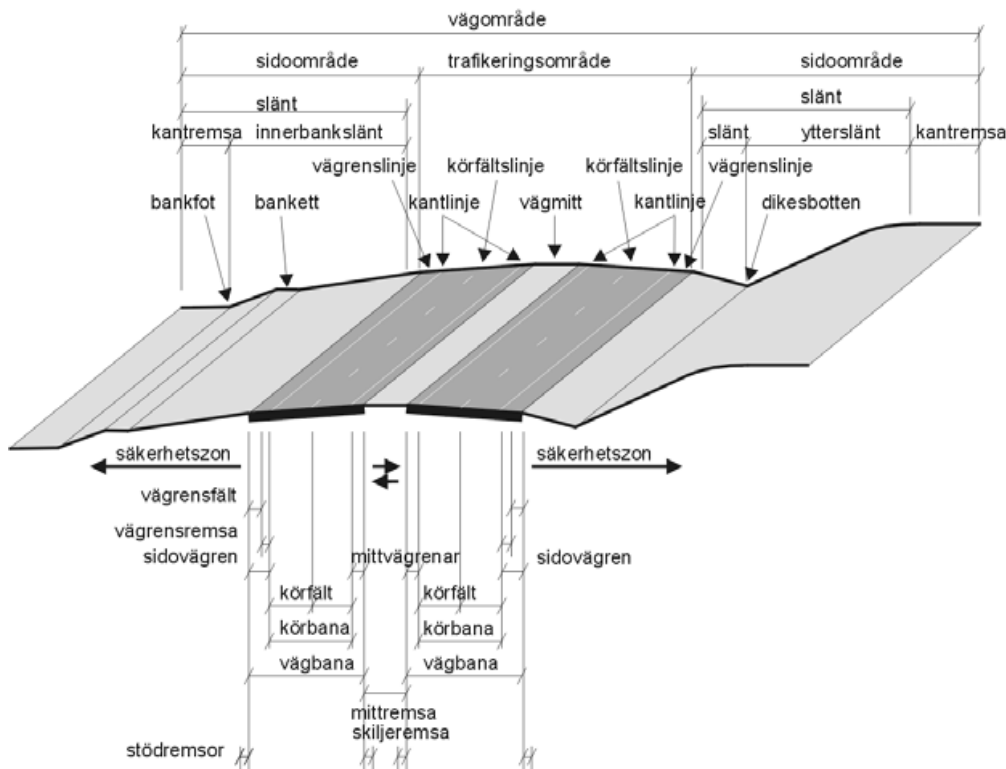




## 6 Effektivitetsmått för väg

Avsnittet tar först upp outputmått, sedan inputmått och slutligen kvoter mellan output- och inputmått. Traditionellt arbetar man inom byggföretag ofta med begrepp som volymtider, dvs kvot mellan en inputvariabel och en outputvariabel. För vägprojekt är utgångspunkten här att måtten i första hand ska tillämpas på olika typvägar (motorväg, 2+1 väg etc) för att vara användbara som stöd för identifiering, prioritering och uppföljning av forsknings- och innovationsnivå. I Figur 9 är mått för vägens olika delar exemplifierad för en motorväg.

### Motorväg



Figur 9: Definition av olika mått för vägtyp motorväg<sup>20</sup>

### 6.1 Outputmått

Outputmåtten utgörs av ett primärt outputmått och åtta kategorier av sekundära outputmått.

#### 6.1.1 Primär output: nyttig area

För broar och vägar föreslås den belagda delen eller "vägbanan" vara det primära outputmättet. För vägar tolkas det som

$$VBA = 1 \cdot \sum \text{vägbana} \text{ [m}^2\text{/m]}$$

och motsvarar BOA för bostäder och lokaler. Observera att måttet är definierat som m<sup>2</sup> vägbana per meter väg och gäller för en viss typ av väg eftersom ett vägprojekt kan innehålla flera vägty-

<sup>20</sup> Vägars och gators utformning, VV Publikation 2004:80

per men också korsningar och konstbyggnader. Vi skulle också kunna hitta en motsvarighet till BTA (Bruttoarea) i vägområdesarea:

$$VOA = 1 \cdot \text{vägområde} \text{ [m}^2\text{/m]}$$

VBA/VOA skulle motsvara effektivitetsmättet BOA/BTA.

VBA bör korrigeras för vägar med en koefficient  $k_1$  som motsvarar geotekniska och klimatmässiga förutsättningar, en koefficient  $k_2$  som motsvarar bärighetsklass och ÅDT (årsdygnstrafik) samt en koefficient  $k_3$  som återspeglar tätort eller landsbygd.

Det primära outputmått kan även behöva korrigeras uppåt för att motsvara framtida möjligheter att expandera eller förändra nyttig area, alltså ett slags flexibilitet eller robusthet inför nya användarkrav. I fråga om vägar är det framtida bärighetsreserven som avses, dvs att vägen kan komma att ingå i ett trafiknät med högre klassningslast eller att man kan senare öka VBA på ett enkelt sätt.

### 6.1.2 Framtida energiförbrukning

Mäts som tekniska förutsättningar för reduktion av framtida energiförbrukning. För en väg motsvarar det lägre bränsleförbrukning som beror i huvudsak på rullmotståndet som i sin tur beror på vägegenskaper som textur och längsgående ojämnheter. Textur mäts i MPD (Mean Profile Depth) och längsgående ojämnheter i IRI (International Roughness Index) och det finns uppsatta samband så att man kan relatera bränsleförbrukning för en väg med IRI och MPD i jämförelse med en referensväg ( $IRI_{ref}$ ) belagd med en referens beläggning ( $MPD_{ref}$ )<sup>14</sup>.

Måttet omvandlas till [kWh], diskonterat över överbyggnadens livscykel (20 år) och anta värdet noll om byggnadsverket är utformat så att det motsvarar referensvägen (=myndighetsreglernas aktuella minimikrav). Energiåtgång för bilarnas däckslitage, reservdelsförbrukning som beror på IRI och MPD samt energi för underhållsinsatser som framtida underhållsbeläggning tillkommer.

*Kräver vidare utredning och expertpanelbedömning eftersom en vägkonstruktions framtida nedbrytning beroende på aktuell belastning mätt i IRI och MPD måste värderas. Man kan också diskutera om måttet skall multipliceras med ÅDT för att ta hänsyn till trafikbelastningen.*

### 6.1.3 Övriga framtida drift- och underhållsinsatser

Mäts som tekniska förutsättningar för reduktion av framtida resursförbrukning för drift och underhåll med undantag för energi (täcks av 6.1.2). Utbytbart hos delar ingår här. Vissa problem med gränsdragning gentemot riskreduktion (6.1.5), men här under 6.1.3 avses medvetna val av lägre eller högre standard eller kvalitet. Kan baseras prognostiserat underhållsbehov från livslängdsberäkningar av spårdjup och sprickutbredning med vald konstruktion och ÅDT i förhållande till referensväg.

*Kräver vidare utredning och expertbedömning av nuvärdeseffekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensteknik.*

### 6.1.4 Avbrottseffekter

Mäts som tekniska förutsättningar för reduktion av avbrottskostnader som drabbar den verksamhet som byggnadsverket är avsett att stödja. Detta gäller både vid reparation, om och nybyggnad. Trafikverket har uttryckt detta som att: "Merkostnader för trafikanterna och boende längs åtgärdssträckan eller omledningsvägar kan utgöra underlag för ett incitamentprogram till utförande entreprenörer för att reducera dessa merkostnader"<sup>10</sup>.

*Kräver vidare utredning och expertbedömning av effekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensteknik.*

### 6.1.5 Riskreduktion

Mäts som tekniska förutsättningar för reduktion av risker som i första hand kan påverka användningen av byggnadsverket, t. ex. bättre dimensionering av trummor, diken för att minska risken för översvämning. I andra fall påverkas output även av risker som materialiseras under byggskedet, t.ex. oklar geoteknik som försenar färdigställandet (jmf Hallandsåsen). Best Practice Tool<sup>21</sup> kan också vara ett verktyg som kan användas av byggherren för att reducera projektrisikerna.

Vägytan har också en effekt på trafiksäkerheten men sambandet är inte så tydligt; eftersom å ena sidan en ojämn väg kan göra så att trafikanten sänker hastigheten å andra sidan långvarig körning på ojämn väg kan vara tröttande.

*Kräver vidare utredning och expertbedömning av effekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensteknik.*

### 6.1.6 Komfort för användare

Avser komfort (eller tekniska möjligheter att skapa god komfort under användning) för framtida infrastrukturanvändare (trafikanter m.fl.). Även tillgänglighet i viss utsträckning (det finns betalningsvilja för hissar). Åk komfort är i huvudsak en fråga om fordonsegenskaper, ljusförhållanden, vägtyp, väglag, linjeföring samt vägytans tillstånd. Studier<sup>14</sup> har gjorts för att kvantifiera relation mellan ojämnheter IRI (mm/m) och upplevd åk komfort.

*Kräver vidare utredning och expertbedömning av effekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensteknik.*

### 6.1.7 Arkitektonisk kvalitet

Arkitektonisk kvalitet i bred traditionell mening omfattar även inslag av nyttor. Här avses närmast det Vitruvius betecknade som skönhet (*venustas*). Helhetsbedömning framstår som nödvändig. För vägar och broar kan man möjligen skilja på effekter på landskapsbild och på kulturmiljö, se vidare kapitel 3.7.

*Expertbedömning av effekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensarkitektur. Effekten kan bestå av ett antal bedömningskriterier som experterna bedömer som sedan viktas.*

### 6.1.8 Samhällseffekter, ej prissatta

De ej prissatta samhällseffekterna återfinns främst i form av normkrav, men det finns ett antal miljöeffekter som varken är prissatta eller reglerade<sup>22</sup>:

- Emissioner av framtida trafik, växthusgaser (CO<sub>2e</sub>), kolväten, partiklar. Effekten prissätts i de samhällsekonomiska analyserna som föregår investeringsbeslut.
- Trafikbuller, kan prissättas om åtgärder sätts in typ bullervallar, ljudreducerande beläggning
- Påverkan på landsbygd, tätort eller naturområden, s.k. intrångseffekter

<sup>21</sup> BQR (2010) *Best Practice Tool*. Nätbaserad modell. Rådet för Byggkvalitet, [<http://www.bqr-bestpractice.se>]

<sup>22</sup> Effektsamband för vägtransportsystemet, VV publ: 2009:150

- Återvinning av avfall för anläggningsändamål. Naturvårdsverket har nyligen publicerat en handbok<sup>23</sup> i syfte att öka andelen avfall som kan återvinnas utan risk för skadliga miljö- och hälsoeffekter

Andra effekter kan också bedömas som arbetsmarknad p g a en regionförstoring m m.

*Expertbedömning av effekt (% av primärt outputvärde) i förhållande till referensteknik.*

## 6.2 Inputmått

Erfarenheter från analysgrupperna visar att det genomgående saknas detaljerade inputdata från underentreprenörer.

### 6.2.1 Lagtid, maskintid och persontid

Arbete mäts som *maskintid* och *persontid* för anställda inom Byggverksamhet, vilket kräver data även från samma näringsgrens underentreprenörer om man vill ha mått som gäller näringsgrensnivån. Även tjänstemannatid ingår. Maskintid ( $mt_i$ ) är summa maskintimmar som utförs för en viss aktivitet  $i$ . Persontid ( $pt_i$ ) är summa mantimmar som utförs för en viss aktivitet  $i$ . Lagtid ( $lt_i$ ) är summan av persontid och maskintid för en viss aktivitet  $i$ . Om maskinerna kontinuerligt kräver en förare räknas ofta förarens tid in i maskintid. Man hyr helt enkelt maskin + förare i projektet.

Tiden (lag-, maskin- och persontid) kan nu mätas för produktion av väggkroppens olika delar (terrassering, överbyggnad, beläggning) eller hela väggkroppen över en viss sträcka  $l$  som summan av alla aktiviteter som ingår. Tiderna uttrycks lämpligen per längdenhet.

$$MT = \frac{\sum_{i=1..n} mt_i}{l}; PT = \frac{\sum_{i=1..m} pt_i}{l}; LT = MT + PT \text{ [h/m]}$$

### 6.2.2 Material

Materialmängder mäts huvudsakligen i  $m^3$  (schakt och fyll) men kan även anges i ton,  $m^2$  för specifika objekt (byggdelar).

### 6.2.3 Energi

Här avses energiförbrukning [kWh] för t.ex. drivmedel för anläggningsmaskiner, tillverkning av asfalt men även el till bodar. Energiförbrukning kan delas upp på var de förekommer (maskiner, annat) eller efter aktivitet p s s som tid,  $ME$  (Energiförbrukning),  $PE$  (annan förbrukning som ej kan hänföras till maskiner) och  $LE$  (summa  $ME$  och  $PE$  för en viss aktivitet, byggdel eller väg per meter).

### 6.2.4 Tjänster

Företag inom Byggverksamhet mottar input från Arkitekt- och teknisk konsultverksamhet, köper transporter, underentreprenader och hyr hjälpmedel och maskiner från andra företag inom tjänstesektorn. Företagen köper också avfallshantering. När det gäller output från teknikkonsulter så sker en övergång från ritningar till modeller, speciellt när det gäller maskinstyrning där 3D underlag skall tas fram och användas i produktionen. Andra mått än monetära kan ju vara antalet köpta projekteringstimmar.

### 6.2.5 Miljöeffekter, ej prissatta

Exempel på idag ej prissatta miljöeffekter är

---

<sup>23</sup> Naturvårdsverket (2010), Återvinning av avfall i anläggningsarbeten, Handbok 2010:1

- Emissioner under produktionstiden från maskiner och från trafikstörningar p g a köer och omledningsvägar, växthusgaser (CO<sub>2e</sub>), kolväten, partiklar. Effekten kan prissättas med samma system som används i de samhällsekonomiska analyserna som föregår investeringsbeslut.
- Sänkning eller kontaminering av grundvatten under produktionen
- Störande buller från produktionen i tätbebyggda områden

### 6.3 Exempel på effektivitetsmått

När det gäller effektivitetsmått bör man koncentrera på att mäta realiseringen av projektet eftersom effekten av projektet utvärderas i de samhällsekonomiska analyserna som föregår investeringsbeslutet.

Exempel på tidsmässiga effektivitetsmått för produktionen är:

$$\frac{VBA}{MT}; \frac{VBA}{PT}; \frac{VBA}{LT} \text{ [m}^2\text{/h]}$$

Relationen mellan de olika tiderna MT, PT och LT ger också en indikation av projektets eller de olika byggdelarnas mekaniseringsgrad.

På samma sätt kan effektivitetsmått relaterad till förbrukad energi hanteras

$$\frac{VBA}{ME}; \frac{VBA}{PE}; \frac{VBA}{LE} \text{ [m}^2\text{/kWh]}$$

## 7 Framtida forsknings och utvecklingsbehov

Följande lista ger exempel på forsknings och utvecklingsbehov som framkommit vid diskussionerna i analysgruppen.

Behovet är att kunna göra säkrare prognoser avseende livslängd och framtida underhållsinsatser genom att:

- Anpassa geotekniska undersökningar till dimensioneringsverktygen, t ex PMS, Swepave, DIM 4. Olika moduler skall anges som underlag.
- Bättre koppling mellan dimensioneringsprogram och livstidsberäkning. Nedbrytningsfunktion. Spår, sprickor, deformationer.

Det finns också ett behov att hitta områden för återvinning av avfall samtidigt som det finns behov att finna alternativa överbyggnadsmaterial till krossat bergmaterial; t. ex. betong, slaggprodukter m.m.

Regler om vägutformning blir mer och mer omfattande och detaljerad, tappar vi innovationsförmågan? Exempel på områden att studera:

- Sidoområden: Vägarna förses ofta med onödigt? stora sidoområden (sikt, estetik, säkerhet, slentrian?) som man kanske kan ifrågasätta.
- Säkerhet: Är t.ex siktkraven rätt utformade. Man skall kunna se ett väldigt litet föremål på vägbanan, långt fram. Men är det såna olyckor vi har?
- Vägrenar: Varför bygger vi vägrenar, som ingen egentligen skall använda, samt dessutom flacka slänter som klarar biluppställning?
- Hastighet: Varför strävar vi mot högre hastighet på landsbygden men mot lägre hastighet i städerna. Hög hastighet medför dyrare vägar.
- Estetik: Läggas det för mycket pengar på estetik? Har satsningarna på vägestetik gett trafiksäkrare vägar - är en vacker väg mer trafiksäker?
- Bulleråtgärder: Åtgärder av fordonsparken i stället för att bygga bullerskydd, bullerdämpande beläggning
- Har vi rätt åtgärder för rening av Vägdagvatten? Rätt gränsvärden?
- Räcken: Arbetar vi optimalt vid utformning, med/utan räcken? Räckestyper?

Hur kan masshanteringen göras effektivare:

- Framtagande och vidareutveckling av massoptimering och planeringsverktyg av typen DynaRoad.
- Implementering hos beställare, entreprenörer och konsulter.

- Masshanteringsanalyser i tidiga skeden, i utveckling av arbetsplaner och entreprenad-områden.
- Utveckla regional masshantering.

Effektivare planering av vägar och järnvägar, (SOU 2010:57), identifierade att den formella handläggningen förändrats som påverkat handläggningstid, byggnadstiden och kostnader. Ökad samordning bättre integration i den fysiska planeringen och med den senare realiseringsfasen ses som viktiga områden att förbättra:

- Hur har nya krav påverkat handläggningstiden, byggnadstiden och anläggningskostnaden
- BIM för anläggningsprojekt. BIM ses som ett viktigt verktyg att öka samordning och integration av olika discipliner inom husbyggnad. På samma sätt finns en oänd potential att mer proaktivt använda visualisering av olika teknikdiscipliner som samordningsverktyg redan i den fysiska planeringen. I slutändan kommer det ändå att behövas 3D modeller för maskinstyrningen.

Aktiv design, eller "the observational method", är ett annat område med stor potential. Med dagens maskinguidning där digitala modeller av den projekterade vägen styr utformningen är steget mellan design och utförande redan etablerat. Frågan är bara hur skall man utnyttja den möjligheten att ändra designen, material eller produktionsmetoder när förutsättningarna förändras (geoteknisk eller produktionsmässigt):

- Koppling mellan investeringskostnad och drift/underhållskostnad. Självklart är att lägre investering ger högre underhållskostnad, men kan man finna någon beräkningsformel för detta? Program för LCC kalkyler för att stödja beslutsprocessen i fält.
- Hur påverkas kostnaden om byggtiden kan förlängas, t ex ökade liggtider, ger bättre kvalitet på terrassen, ger mindre underhållskostnad. Möjlighet att nyttja sämre fyllnadsmassor.
- Hur skall man anpassa produktionen och minimera trafikstörningar, kostnadsmodeller för trafikstörningar med koppling till investering och drift.
- Vem tar ansvar för partneringfattade beslut under driftstiden - det kanske behövs en kontraktstyp för Partnering AB
- Se också under behovet att göra säkrare prognoser avseende livslängd och framtida underhållsinsatser





---

## Referenser

- Arbetsmiljöverkets föreskrift: Byggnads- och anläggningsarbete, AFS 1999:3. och Vägverkets interna föreskrift: Regler för säkerhet vid vägarbete och transporter, VV-IFS 2003:1.
- BQR, Best Practice Tool. Nätbaserad modell. Rådet för Byggkvalitet, <http://www.bqr-bestpractice.se>, 2010-09-03
- DIM4 – Skanskas vägdimensioneringsprogram för dimensionering av vägars bärighet, analys av en vägs tjällyftning samt utvärdering av spår och sprickor.
- Dynaroad homepage: <http://www.dynaroad.fi/pages/index.php>, 2010-09-03
- Effektsamband för vägtransportsystemet Drift och underhåll - Effektkatalog, Vägverket 2008:08
- Effektsamband för vägtransportsystemet, VV publikation: 2009:150
- FIA, Förnyelse i anläggningsbranschen, FIA, [www.fiasverige.se](http://www.fiasverige.se), 2010-09-01
- Flyvbjerg B., Holm M. K. S, Buhl S. L., What causes cost overrun in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 2004, Vol. 24, No. 1, 3–18
- Fördjupningsdokument för vägarkitektur och vägutformning, 2010-09-03, [http://www.trafikverket.se/PageFiles/20613/fordjupningsdok\\_for\\_vagarkitektur\\_och\\_vagutformning.pdf](http://www.trafikverket.se/PageFiles/20613/fordjupningsdok_for_vagarkitektur_och_vagutformning.pdf)
- Hedström, R., Ihs, A., Sjögren, L., Funktionsupphandling av väg och banhållning, VTI meddelande 971 2005
- Huang, Yang H., "*Pavement Analysis and Design*", University of Kentucky, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993, ISBN 0-13-655275-7.
- Ihs, A., Öberg, G., Wågberg, L-G., (2007) Trafikanternas krav på vägars tillstånd, VTI notat 18-2007
- Johansson, T, Produktionsplanering och 4D modellering av anläggningsprojekt, Examensarbete, Luleå tekniska universitet
- Malmö Stad – Trafikinformation. <http://www.malmo.se/Medborgare/Stadsplanering--trafik/Trafik-hallbart-resande/Trafikmangder.html> (2010-07-12).
- Montelius J., Vägen i kulturlandskapet - vägar och trafik före bilismen, Vägverkets publikation 2004:99
- Naturvårdsverket, Återvinning av avfall i anläggningsarbeten, Handbok 2010:1
- NCHRP – "*Guide for the Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures*", NCHRP report 1 37A, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., 2004

Nicholson, D., Tse, C-M., Penny, C., The Observational Method in ground engineering: principles and applications, CIRIA report, 1999, 214pp, ISBN: 0-86017-497-2

Peab SwePave home page: <http://www.peab.se/Miljo--framtid/Innovativ-teknik/Swepave/>, 2010-09-03

PMS Objekt ver. 4.2.0. PMS Objekt är ett beräkningshjälpmedel för dimensionering av vägars bärighet samt analys av en vägs tjällyftning.

Prop. 1996/1997:137 Nollvisionen och det trafiksäkra samhället

Samlad lägesrapport om vinterdäck, N2008/5938/TR, FO 30 A 2008:68231, 2009, Trafikverket

SOU 2010:57: Effektivare planering av vägar och järnvägar

Söderström, P. och Olofsson T., 4D - modellering för aktiv design i anläggningsprojekt, SBUF projekt 11842, Teknisk rapport 2009, [www.sbuf.se](http://www.sbuf.se)

TIKK – Klickbar karta med trafikinformation. <http://gis.vv.se/tfk2/tfk/indextikk.aspx?config=tikk> (2010-07-12)

Ullidtz – *“Modelling Flexible Pavement Response and Performance”*, Polyteknisk Forlag, Copenhagen, 1998

VGU 2004, Vägars och gators utformning, VV Publikation 2004:80

VVK VÄG 2009 – VVK Väg (VV Publ. 2009:120) är ett vägverksdokument som innehåller Vägverkets tekniska krav vid dimensionering och utformning av vägöverbyggnad och avvattning. ISSN: 1401-9612. Borlänge september 2009.

Vägverket publikation 2009:131, Åtgärder för ökad framkomlighet och minskade störningar vid vägprojekt i storstad.

Åhnberg, H. Johansson, S-E. Retelius, A. Ljungkrantz, C. Holmqvist, L. Holm, G.. (1995) Rapport No 48. Cement och kalk för djupstabilisering av jord. SGI.

Öresundsbron – Trafikinformation. <http://se.oresundsbron.com/page/1874> (2010-07-12)

## Bilaga 1 Intervjumall

### GRUNDLÄGGANDE FAKTA

Bro (benämning, läge)

Brotyp

Byggår (från- till-)

Entreprenadform

Byggherre

Konsulter

Huvudentreprenör:

Underentreprenörer:

Mängder

Form	m <sup>2</sup>		
Ställning (typ och mängd)			
Armering,			
Slak	ton		
spänn	ton		
Betong			
UV	m <sup>3</sup>		
Stöd	m <sup>3</sup>		
Överbyggnad	m <sup>3</sup>		
Stål för konstruktion	ton		
Stål för spont och liknande	ton		
Pålar	m	antal	typ
Schakt	m <sup>3</sup>		
Muddring	m <sup>3</sup>		
Fyllning	m <sup>3</sup>		
Övrigt			

FRÅGOR	SVAR
<p>Organisation:</p> <p>Tjm hos beställaren på platsen</p> <p>Tjm hos entreprenören</p> <p>Konsulter</p> <p>Hur sköttes kontrollen?</p> <p>Viktigaste underentreprenörer</p>	
<p>Omkostnader:</p> <p>Om procentsiffror, vad ingår i det gemensamma?</p> <p>Bodar</p> <p>Kranar</p> <p>Andra maskiner</p>	
<p>Grundläggning:</p> <p>Under vatten</p>	

<p>Pålar, m/tim (slagning e.dyl)</p> <p>Platta, schakt, spont</p> <p>Ev. kassun eller liknande</p> <p>Över vatten (på land), schakt, spont</p>	
<p>Underbyggnad:</p> <p>Pelare, tvärbalkar m.m. kort beskrivning av ev. speciella omständigheter</p>	
<p>Form och Ställning:</p> <p>Typ av ställning</p> <p>Typ av form</p> <p>Formsättning underbyggnad m<sup>2</sup>/tim</p> <p>Formsättning överbyggnad m<sup>2</sup>/tim</p>	

Armering, slak:  Klippt och bockat, mängd      ton  Platstillverkning, mängd      ton  Inläggning tim/ton om möjligt uppdelat På t.ex. plattor, pelare och överbyggnad	
Armering, spänn:  Inläggning, tim/ton  Uppspänning tim/ton  Injektering tim/ton	
Gjutning:  Gjutmetoder, kran pump m.m.  Plattor  Landfästen  Pelare	

Överbyggnad	
Kapaciteter m <sup>3</sup> /tim	
Plattor	
Landfästen	
Pelare	
Överbyggnad	
Komplettering:	
Isolering	
Beläggning	
Räcken	
Belysning	
Gjordes något särskilt för estetiken?	
Trafikomläggningar m.m.?	

<p>Sjöanordningar:</p> <p>Ponton</p> <p>Åtgärder för sjöfart</p> <p>Transport personal, material m.m.</p>	
<p>Övriga frågor</p>	



## Bilaga 2 Jämförelse av överbyggnadskonstruktioner

# JÄMFÖRELSE AV ÖVERBYGGNADS- KONSTRUKTIONER INOM RAMEN FÖR BYGGINNOVATIONEN

## Innehållsförteckning

<b>JÄMFÖRELSE AV ÖVERBYGGNADS-KONSTRUKTIONER INOM RAMEN FÖR BYGGINNOVATIONEN</b>	<b>1</b>
<b>Allmänna förutsättningar</b>	<b>3</b>
<b>E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)</b>	<b>5</b>
Uppskattning av trafikmängd för E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)	6
Indata vid livslängdsberäkning för E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)	8
Redovisning av livslängdsberäkning för E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)	9
Predikterad spår- och sprickutveckling för E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)	10
<b>E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp)</b>	<b>12</b>
Uppskattning av trafikmängd för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron	13
Indata vid livslängdsberäkning för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp)	14
Redovisning av livslängdsberäkning för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp)	15
Predikterad spår- och sprickutveckling för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp)	17
<b>Inre Ringvägen, Malmö</b>	<b>20</b>
Uppskattning av trafikmängd för Inre Ringvägen, Malmö	21
Indata vid livslängdsberäkning för Inre Ringvägen, Malmö	22
Redovisning av livslängdsberäkning för Inre Ringvägen, Malmö	23
Predikterad spår- och sprickutveckling för Inre Ringvägen, Malmö	24
<b>E22, Förbifart Bromölla</b>	<b>27</b>
Uppskattning av trafikmängd för E22, Förbifart Bromölla	28
Indata vid livslängdsberäkning för E22, Förbifart Bromölla	30

Redovisning av livslängdsberäkning för E22, Förbifart Bromölla	31
Predikterad spår- och sprickutveckling för E22, Förbifart Bromölla	32
<b>Slutsatser</b>	<b>35</b>
<b>Referenser</b>	<b>38</b>

## Allmänna förutsättningar

Syftet med beräkningarna som redovisas i denna rapport är att jämföra livslängderna för gamla vägkonstruktioner med nya konstruktioner och därefter försöka bestämma om det finns några avgörande skillnader. För att kunna göra en rättvis jämförelse bör även tiden mellan underhållsåtgärderna jämföras. I dagsläget finns dock inga uppgifter om detta, vilket gör jämförelserna ofullständiga.

Med hjälp av normalsektioner samt intervjuer med personer som var med i byggskedet har lagertjocklekar samt typ av material kunnat bestämmas. Val av bindemedelstyp har uppskattats i de fall det inte finns redovisat på normalsektionerna.

Trafikdata har uppskattats med hjälp av data från Trafikverkets klickbara karta (TIKK), från data som finns redovisad på Öresundsbrons hemsida samt från Malmö Stads trafikmätningar. I de flesta fall har trafiken inte delats upp i K1 resp. K2, vilket normalt bör göras. Detta påverkar främst nötningsberäkningarna men eftersom samma metodik har använts i samtliga fall bör en relativ jämförelse ändå vara möjlig.

Beräkningarna har utförts enligt metodiken beskriven i Vägverkets Krav Väg (VVK VÄG), dvs. konventionell vägdimensioneringsmetodik som används i Sverige. Lasten har i samtliga fall bestått av en 10-tons standardaxel med parmonterade däck. Materialdata (styvhetsmoduler) för de använda materialen har också hämtats från VVK VÄG. Undantaget är materialdata för den kalkstabiliserade terrassen, som hämtats från litteraturen, Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (M-E PDG). Om dessa data är relevanta för svenska förhållanden är inte känt, vilket ökar osäkerheten i beräkningarna.

Livslängden för en vägkonstruktion bestäms vanligtvis med hjälp av livslängdskriterier, ett för bundna material och ett för terrassen (i detta fall hämtade från VVK VÄG). Eftersom en väg bryts ner gradvis är livslängden ett något flytande begrepp som styrs bl.a. av både tekniska och ekonomiska hänsynstaganden. Livslängdskriterierna som används i Sverige har kalibrerats och validerats så att tidpunkten för första åtgärd i genomsnitt inträffar efter ca 14 år. D.v.s. en viss mängd spår och sprickor accepteras innan vägen åtgärdas.

Spårutvecklingen har beräknats med VTI:s nötningsmodell. I samtliga fall har en motorvägssektion ( $K=4.0$  m) använts. Kulkvarnsvärde 7 har ansatts i samtliga beräkningar. Övrig spår- och sprickbildning har uppskattats med hjälp av modellerna i (M-E PDG). Resultaten ska ses som en relativ jämförelse eftersom de amerikanska modellerna ännu inte har kalibrerats och validerade för svenska förhållanden.

## E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)

**Byggtid 1998 – 1999**

**Entreprenör NCC**

**Beställare Vägverket**

Vägen projekterades från början med överbyggnadstyp GBÖ. Under anbudsskedet reviderades handlingarna till CBÖ. Den totala överbyggnadstjockleken ändrades då från 1000 till 925 mm.

- Normalsektion A med överbyggnadstyp J är den som representera huvudvägen.

Beläggning	ABS16	40 mm
Bindlager	ABS22	50 mm (Borde det inte vara ABb22?)
Stab bärlager	CG	240 mm
Obundet bärlager	0-50	80 mm
Förstärkningslager	0-100	220 mm
Skyddslager		<u>295 mm</u> (har ersatts med förstärkningslager)
<b>Totalt</b>		<b>925 mm</b>

Till historien hör att entreprenören, NCC, önskade byta ut CG mot GBÖ då man beförde sprickbildningar i framtiden. Man erbjöd sig att göra detta till en merkostnad av 800 000:-. Vägverket vidhöll dock att överbyggnaden skulle utföras med CG (man ville hålla press mot asfaltindustrin ...). Med facit i hand kan man konstatera att det blev problem med sprickbildning.

De senaste 2-3 åren har större delen av Yttre Ringvägen (delen med CG) åtgärdats genom att ett nytt slitlager bestående av gummi-asfalt lagts ut. Erfarenheter från USA visar att gummi-asfalt, där bindemedlet är modifierat med gummigranulat, har hög bindemedelshalt och är mycket flexibel, står emot reflektionssprickor på ett bra sätt. Om utfallet blir så även i Sverige återstår att se.

## Uppskattning av trafikmängd för E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)



Avsnitt: 2210129 Län: M Vägnummer: 6

### Presentation av årsmedeldygnstrafik

Avsnitt	Fr o m	Till	Mätkod	Mätår	Mätriktning	ÅDT(OS) Fordon	ÅDT(OS) Lastbilar	ÅDT(OS) Axelpar
2210129	2000-09-21	2002-01-01	3	2002	1	9890	1280	11000
2210129	2000-09-21	2002-01-01	3	2002	2	9560	1240	10700
2210129	2002-01-01	2006-01-01	2	2002	1	10200±(6%)	1260±(8%)	11500±(6%)
2210129	2002-01-01	2006-01-01	2	2002	2	9800±(6%)	1180±(8%)	10980±(6%)
2210129	2006-01-01	9999-12-31	2	2006	1	15530±(6%)	1860±(7%)	17340±(6%)
2210129	2006-01-01	9999-12-31	2	2006	2	15160±(6%)	1750±(7%)	16860±(6%)

Fältförklaring

### Beräkning av medelantal axlar för lastbilar

Mätår: 2006

	Riktning 1	Riktning 2	Totalt
Antal lastbilsaxlar tvåaxliga dragbilar	5316	4952	10267
Antal lastbilsaxlar treaxliga dragbilar	1564	1559	3122
Antal lastbilar utan släp	803	780	1582
Antal lastbilar med släp	1062	967	2029
Medelantal axlar för lastbilar	3,7	3,7	3,7

**Figur 1 Trafikinformation för E6, Yttre Ringvägen avsnitt 2210129 (Källa: Trafikverket TIKK Klickbar karta)**



Avsnitt: 2210133 Län: M Vägnummer: 6

### Presentation av årsmedeldygnstrafik

Avsnitt	Fr o m	Till	Mätkod	Mätår	Mätriktning	ÅDT(OS) Fordon	ÅDT(OS) Lastbilar	ÅDT(OS) Axelpar
2210133	2000-09-21	2002-01-01	3	2002	1	9290	1210	10400
2210133	2000-09-21	2002-01-01	3	2002	2	9060	1180	10200
2210133	2002-01-01	2006-01-01	2	2002	1	9730±(6%)	1200±(8%)	11000±(6%)
2210133	2002-01-01	2006-01-01	2	2002	2	9390±(6%)	1140±(8%)	10550±(6%)
2210133	2006-01-01	9999-12-31	2	2006	1	14620±(6%)	1680±(7%)	16290±(6%)
2210133	2006-01-01	9999-12-31	2	2006	2	14060±(6%)	1640±(7%)	15710±(6%)

Fältförklaring

### Beräkning av medelantal axlar för lastbilar

Mätår: 2006

	Riktning 1	Riktning 2	Totalt
Antal lastbilsaxlar tvåaxliga dragbilar	4739	4646	9385
Antal lastbilsaxlar treaxliga dragbilar	1543	1548	3091
Antal lastbilar utan släp	728	706	1435
Antal lastbilar med släp	948	931	1879
Medelantal axlar för lastbilar	3,7	3,8	3,8

**Figur 2 Trafikinformation för E6, Yttre Ringvägen avsnitt 2210133 (Källa: Trafikverket TIKK Klickbar karta)**



## Indata vid livslängdsberäkning för E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)

Motorvägssektion		
Parameter	Totalt	Anm.
Klimatzon	1	
Län	Skåne, Malmö	
VVIS station/vinter	1203, säsong 95/96	
Tillåten tjällyftning	20 mm	Antaget.
ÅDT <sub>k</sub> (år 2000)	7000	ÅDT ≈ 14000
Andel tung trafik	12.3 %	
Trafikökning/år	7.5 %	Sannolikt något högt
Standardaxlar per tungt fordon	1.3	
Terrassmaterial	4b	
<b>Beräknad trafikbelastning under 20 år (bundet)</b>	<b>19.019 msa</b>	
<b>Beräknad trafikbelastning under 40 år (terrass)</b>	<b>38.038 msa</b>	OBS! Årlig trafikökning för år 21-40 är ej beaktad.
Referenshastighet	110 km/h	
Dubbandel under vinterperioden	50 %	1 oktober – 15 april (7 mån.). Saltad väg.
Beräknad ÅDT <sub>k just</sub> Formel 7.1-1	ÅDT <sub>k just</sub> = 7000 x 0.85 x 1.30 x 1.10 x 1.00 = 8509 fordon	Kkv ≤ 7 för 8509 fordon ÅDT <sub>k just</sub> > 7000
ÅDT <sub>k tung</sub> Formel 7.1-2	861 fordon Krav Dynamisk krypstabilitet ABb = 21 000 µε.	861 fordon => ÅDT <sub>k tung</sub> = 500-999 fordon enligt VVK Väg kapitel 7.1.10.2.

$$\text{ÅDT}_{k, \text{just}} = 7000 \times 0.85 \times 1.30 \times 1.10 \times 1.00 = \mathbf{8509}.$$

## Redovisning av livslängdsberäkning för E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)

	<b>Materialtyp 4b</b>
ABS16, 70/100, $kkv \leq 7$ <sup>1)</sup>	40
ABb22, 70/100	50
CG	240
BL (krossat)	80
FL (krossat)	515
Skyddslager	-
Fiberduk	Ja
<b>Bunden tjocklek (mm)</b>	<b>330</b>
<b>Total tjocklek (mm)</b>	<b>925</b>
Max tjällyftning (mm)	0
Max tjäldjup (mm)	684
Livslängd bundet (msa)	44.036
Livslängd terrass (msa)	1139.539

<sup>1)</sup> I beräkningarna har slitlagrets tjocklek reducerats med 20 mm.

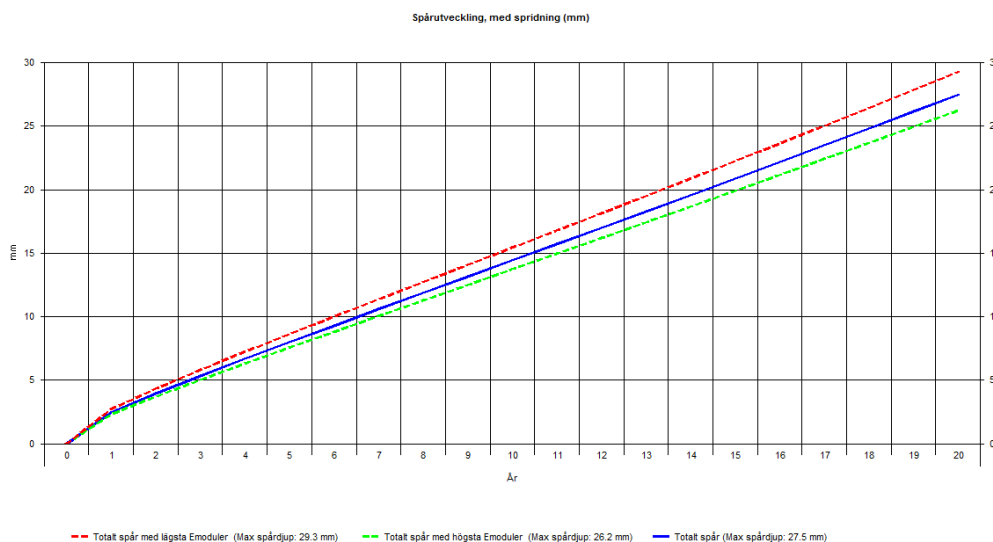
## Predikterad spår- och sprickutveckling för E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)

I Figur 3 och Figur 4 redovisas predikterad spår- och sprickutveckling för CBÖ-konstruktionen som användes vid byggandet av Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg.

För att lättare kunna jämföra de olika konstruktionerna som utvärderats i denna studie redovisas även spårdjupsutvecklingen som funktion av passerat antal standardaxlar, se Tabell 1.

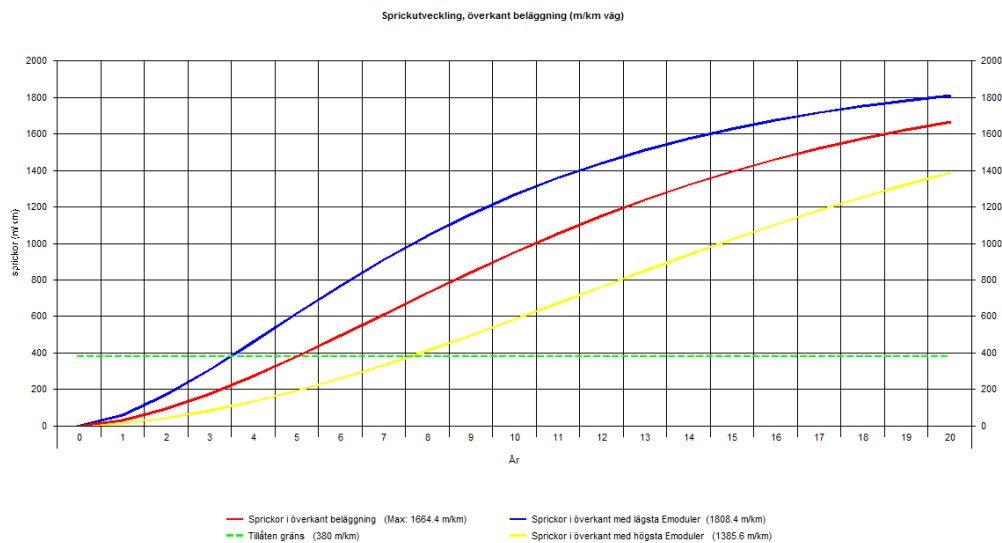
Tabell 1 Spårdjup som funktion av passerat antal standardaxlar

År	Spårdjup/10 <sup>6</sup> std.axlar (mm)
5	3.1
10	2.3
15	1.8
20	1.4



Figur 3 Predikterad spårutveckling för E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)

Det är intressant att predikterad sprickutveckling ("top-down") för CBÖ-konstruktionen indikerar att en relativt kraftig sprickbildning uppstår redan efter några år och att tillväxten sedan accelererar. Detta överensstämmer även med vad som observerats på den aktuella sträckan.



**Figur 4 Predikterad sprickutveckling ("top-down") för E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg (km 11/300 – 12/900)**

## E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp)

**Byggtid 1997 – 2000**

**Entreprenör Peab**

**Beställare SVEDAB**

Detta projekt är svenska landanslutningen till Öresundsbron som SVEDAB var beställare för. Man kan också säga att detta är första delen av Yttre Ringvägen.

Det finns olika överbyggnadstyper men den totala överbyggnadstjockleken var 1000 mm och typ GBÖ.

- Bifogar normalsektioner för olika typer:

Slitlager	ABS 16	40 mm
Bindlager	ABb 22	50 mm
Bitumenbundet bärlager	AG22 (50)+AG32 (70)	120 mm
Obundet bärlager	Krossat 0-50	80 mm
Förstärkningslager	Krossat 0-100	420 mm
Skyddslager		290 mm
Stabilisering	Kalkstab. lermorän	300 mm

Kalkstabiliseringen ingår inte i överbyggnadstjockleken. Är inte utförd generellt.

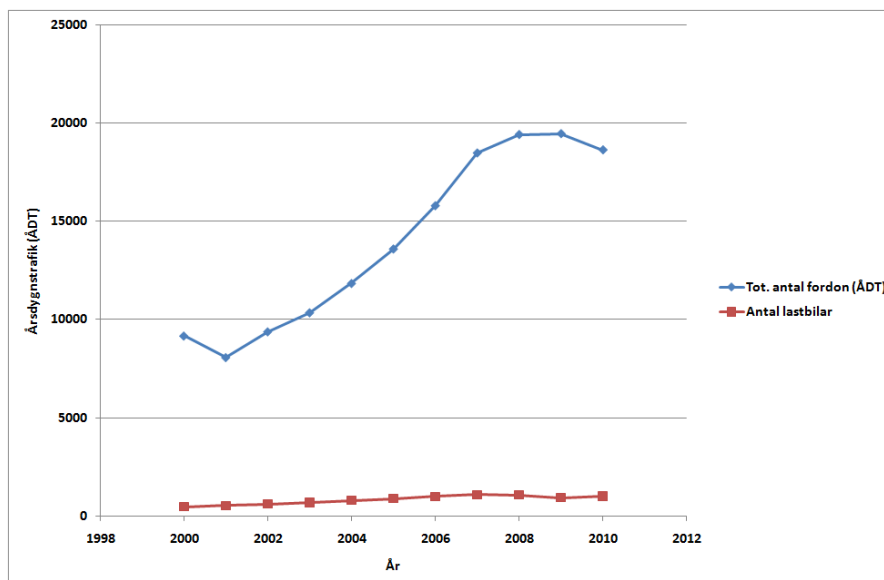
- Bifogar också normalsektion som visar sandwichkonstruktion med 300 mm dränlager.

## Uppskattning av trafikmängd för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron

Trafikuppgifter för avsnittet E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron har hämtats från Öresundsbroförbindelsens hemsida och sedan sammanställt i Tabell 2. I kategorin tung trafik har bussar och lastbilar räknats in. I siffrorna ingår även enstaka passager med motorcykel, dessa är försumbara i sammanhanget.

Tabell 2 Trafikmängder för Öresundsbron mellan år 2000 och 2010 (Källa: Öresundsbron)

År	ÅDT	ÅDT <sub>tung</sub>	%-ÅDT <sub>tung</sub>
2000 (juli-december)	9178	473	5.2
2001	8085	524	6.5
2002	9393	609	6.5
2003	10360	684	6.6
2004	11848	791	6.7
2005	13602	892	6.6
2006	15801	1000	6.3
2007	18482	1081	5.8
2008	19420	1066	5.5
2009	19462	934	4.8
2010 (januari-juni)	18640	1009	5.4



Figur 5 Trafikmängder för Öresundsbron mellan år 2000 och 2010 (Källa: Öresundsbron)

## Indata vid livslängdsberäkning för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp)

Motorvägssektion		
Parameter	Totalt	Anm.
Klimatzon	1	
Län	Skåne, Malmö	
VVIS station/vinter	1203, säsong 95/96	
Tillåten tjällyftning	20 mm	Antaget.
ÅDT <sub>k</sub> (år 2000)	4500	ÅDT ≈ 9000
Andel tung trafik	6.5 %	
Trafikökning/år	10.0 %	Sannolikt något högt
Standardaxlar per tungt fordon	1.3	
Terrassmaterial	4b samt Kalkstabiliserad	
<b>Beräknad trafikbelastning under 20 år (bundet)</b>	<b>8.744 msa</b>	
<b>Beräknad trafikbelastning under 40 år (terrass)</b>	<b>17.488 msa</b>	OBS! Årlig trafikökning för år 21-40 är ej beaktad.
Referenshastighet	110 km/h	
Dubbandel under vinterperioden		1 oktober – 15 april (7 mån.). Saltad väg.
Beräknad ÅDT <sub>k just</sub> Formel 7.1-1	ÅDT <sub>k just</sub> = 4500 x 0.85 x 1.30 x 1.10 x 1.00 = 5470 fordon	Kkv ≤ 10 för 5470 fordon ÅDT <sub>k just</sub> = 3500-7000
ÅDT <sub>k tung</sub> Formel 7.1-2	293 fordon Krav Dynamisk krypstabilitet ABb = 25 000 µε.	293 fordon => ÅDT <sub>k tung</sub> = 100-499 fordon enligt VVK Väg kapitel 7.1.10.2.

$$\text{ÅDT}_{k, \text{just}} = 4500 \times 0.85 \times 1.30 \times 1.10 \times 1.00 = \mathbf{5470}.$$

## Redovisning av livslängdsberäkning för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp)

Tabell 3 Normalsektion utan terrasstabilisering

	Materialtyp 4b
ABS16, 70/100, $kkv \leq 7$ <sup>1)</sup>	40
ABb22, 70/100	50
AG22, 160/220	50
AG32, 160/220	70
BL (krossat)	80
FL (krossat)	420
Skyddslager	290
Fiberduk	Ja
<b>Asfalttjocklek (mm)</b>	<b>210</b>
<b>Total tjocklek (mm)</b>	<b>1000</b>
Max tjällyftning (mm)	0
Max tjäldjup (mm)	641
Livslängd bundet (msa)	41.084
Livslängd terrass (msa)	148.201

<sup>1)</sup> I beräkningarna har slitlagrets tjocklek reducerats med 20 mm.



**Tabell 4 Normalsektion med terrasstablisering**

	<b>Materialtyp 4b</b>
ABS16, 70/100, $kkv \leq 7$ <sup>1)</sup>	40
ABb22, 70/100	50
AG22, 160/220	50
AG32, 160/220	70
BL (krossat)	80
FL (krossat)	420
Skyddslager	290
Kalkstabiliserad lermorän	300
<b>Asfalttjocklek (mm)</b>	<b>210</b>
<b>Total tjocklek (mm)</b>	<b>1300</b>
Max tjällyftning (mm)	0
Max tjäldjup (mm)	654
Livslängd bundet (msa)	43.223
Livslängd terrass (msa)	775.150

<sup>1)</sup> I beräkningarna har slitlagrets tjocklek reducerats med 20 mm.

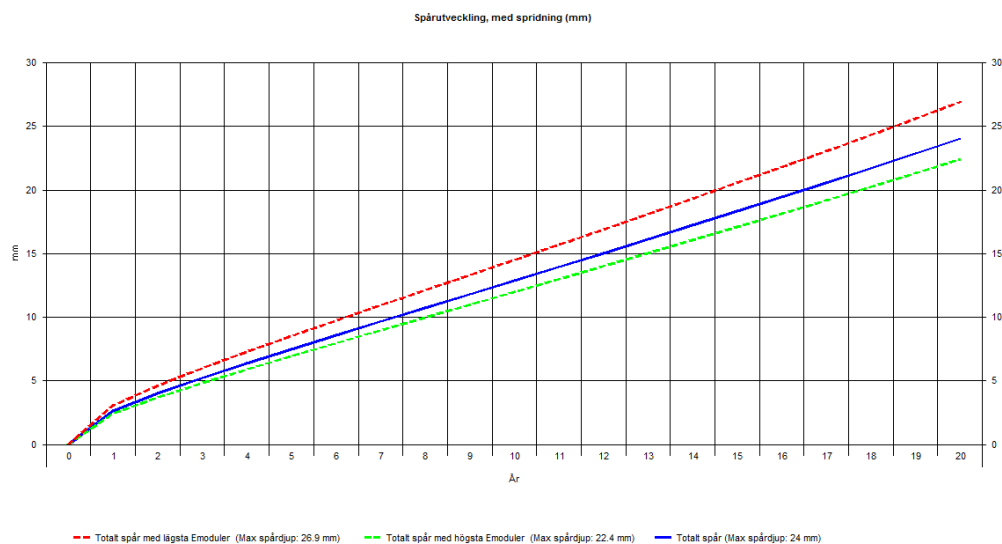
## Predikterad spår- och sprickutveckling för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp)

I Figur 6 till Figur 9 redovisas predikterad spår- och sprickutveckling för GBÖ-konstruktionen som användes vid byggandet av Yttre Ringvägen, Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp)

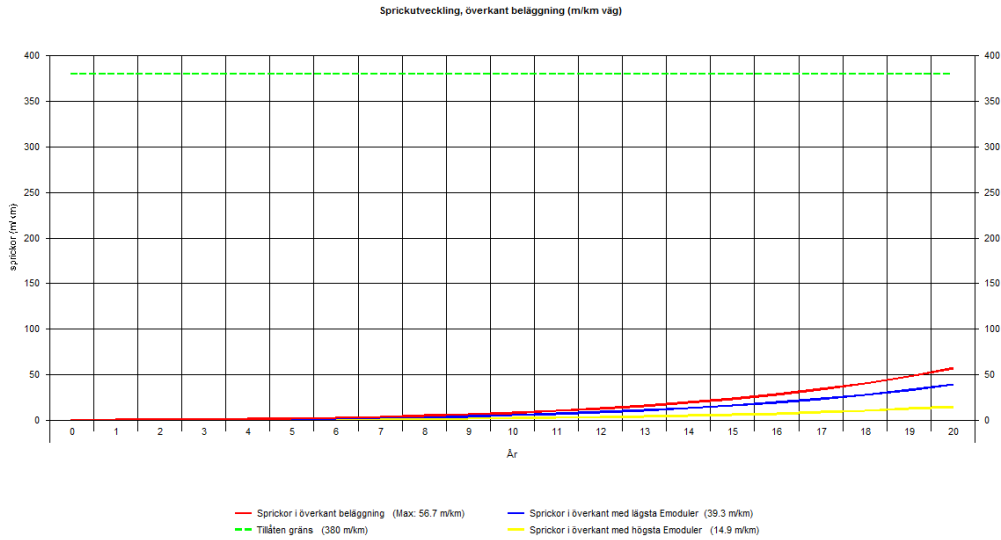
För att lättare kunna jämföra de olika konstruktionerna som utvärderats i denna studie redovisas även spårdjupsutvecklingen som funktion av passerat antal standardaxlar, se Tabell 5.

Tabell 5 Spårdjup som funktion av passerat antal standardaxlar

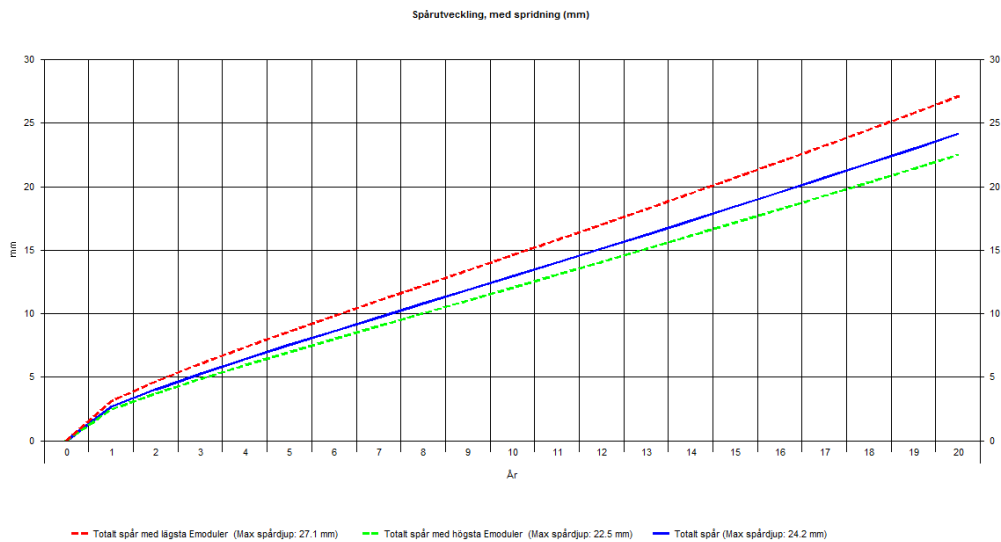
	Ej stabiliserad terrass	Stabiliserad terrass
År	Spårdjup/10 <sup>6</sup> std.axlar (mm)	Spårdjup/10 <sup>6</sup> std.axlar (mm)
5	8.0	8.1
10	5.3	5.3
15	3.8	3.8
20	2.7	2.8



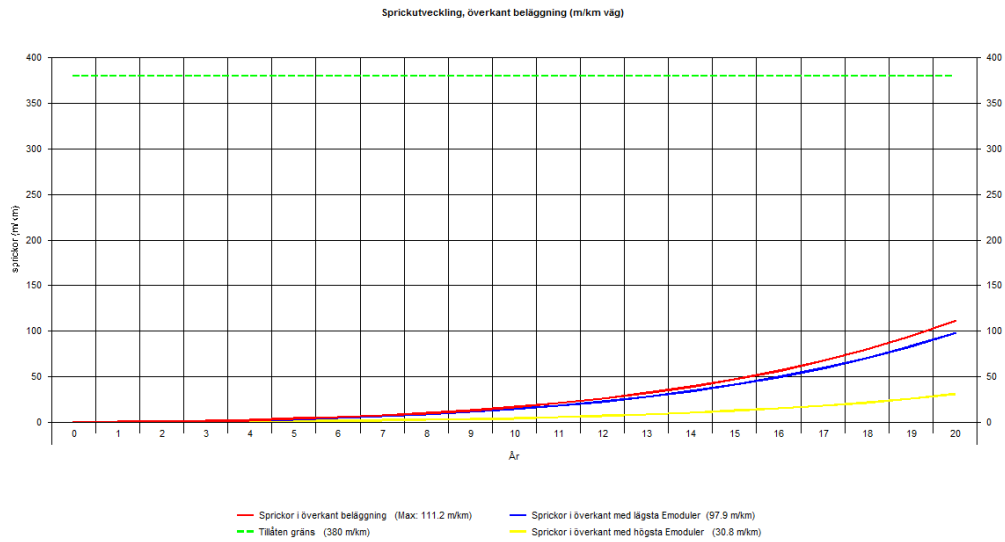
Figur 6 Predikterad spårutveckling för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp), ej kalkstabiliserad terrass



**Figur 7 Predikterad sprickutveckling ("top-down") för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp), ej kalkstabiliserad terrass**



**Figur 8 Predikterad spårutveckling för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp), kalkstabiliserad terrass**



**Figur 9** Predikterad sprickutveckling ("top-down") för E6, Svenska Landanslutningen till Öresundsbron, delen Bron – Fosie (Lockarp), kalkstabiliserad terrass

## Inre Ringvägen, Malmö

**Byggtid 1973 - 1975**

**Entreprenör Egen regi Malmö Stad**

**Beställare Malmö Stad**

**4 fältig stadsmotorväg.**

Kalkstabilisering delen Amiralsgatan – Sallerupsvägen

Sämre mark vid Fosie. Grundförstärkning?

Massdisposition mellan delarna begränsad omfattning. Fanns ”fyllegrupp” som försökte samordna masshanteringen inom och utom objektet.

Kapaciteter?

Man beställde bilar med grus – inte m<sup>3</sup> eller ton.

Lite av ”ett hantverk” vid byggnationen.

### **Normalsektion**

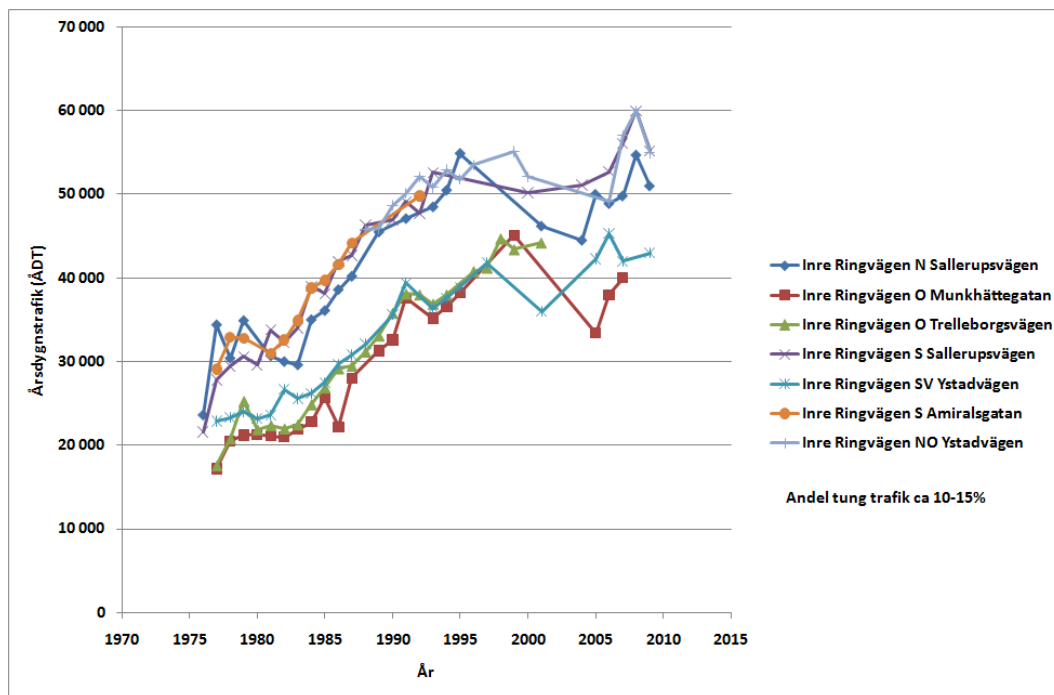
Överbyggnadstjocklek 1000 mm

- |                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| ○ 80 Topeka + BS med 20 % Luxovit | 64 mm  |
| ○ 440 BG                          | 200 mm |
| ○ Bärlager, krossat               | 100 mm |
| ○ Förstärkningslager, grus        | 200 mm |
| ○ Förstärkningslager, sand        | 440 mm |

## Uppskattning av trafikmängd för Inre Ringvägen, Malmö

Trafikuppgifter för Inre Ringvägen i Malmö har hämtats från Malmö Stads hemsida. Beroende på vilken delstrecka som studeras varierar trafikmängderna något. Målet har varit att välja så realistiska delsträckor som möjligt.

Studeras diagrammet i Figur 10 kan den dimensionerande trafikmängden vid byggnationen (1973-1975) uppskattas till ca 18000–20000 fordon per dygn (ÅDT). Uppgifterna om andel tung trafik är något knapphändiga men i de fall det finns data tillgängligt ligger andelen tung trafik i intervallet 10-15%. Den årliga trafikökningen har beräknats till ca 2.7 % (varierar något beroende på vilken delsträcka som används).



Figur 10 Trafikmängder för Inre Ringvägen i Malmö (Källa: Malmö Stads hemsida)

## Indata vid livslängdsberäkning för Inre Ringvägen, Malmö

4-fältig stadsmotorväg		
Parameter	Totalt	Anm.
Klimatzon	1	
Län	Skåne, Malmö	
VVIS station/vinter	1203, säsong 95/96	
Tillåten tjällyftning	20 mm	Antaget.
ÅDT <sub>k</sub>	10000	ÅDT ≈ 20000
Andel tung trafik	12.5 %	
Trafikökning/år	2.7 %	
Standardaxlar per tungt fordon	1.3	
Terrassmaterial	4b samt Kalkstabiliserad	
<b>Beräknad trafikbelastning under 20 år (bundet)</b>	<b>15.877 msa</b>	
<b>Beräknad trafikbelastning under 40 år (terrass)</b>	<b>31.754 msa</b>	OBS! Årlig trafikökning för år 21-40 är ej beaktad.
Referenshastighet	90 km/h	
Dubbandel under vinterperioden	50 %	1 oktober – 15 april (7 mån.). Saltad väg.
Beräknad ÅDT <sub>k just</sub> Formel 7.1-1	ÅDT <sub>k just</sub> = 10000 x 0.85 x 1.00 x 1.10 x 1.00 = 9350 fordon	Kkv ≤ 7 för 9350 fordon ÅDT <sub>k just</sub> > 7000
ÅDT <sub>k tung</sub> Formel 7.1-2	1250 fordon Krav Dynamisk krypstabilitet ABb = 18 000 µε.	1250 fordon => ÅDT <sub>k tung</sub> = 1000-1999 fordon enligt VVK Väg kapitel 7.1.10.2.

$$\text{ÅDT}_{k, \text{just}} = 10000 \times 0.85 \times 1.00 \times 1.10 \times 1.00 = \mathbf{9350}.$$

## Redovisning av livslängdsberäkning för Inre Ringvägen, Malmö

**Tabell 6 Normalsektion utan terrasstabilisering**

	Materialtyp 4b
80 Topeka + BS med 20 % Luxovit, $kkv \leq 7$ <sup>1)</sup>	64
440 BG	200
BL (krossat)	100
Förstärkningslager, grus	200
Förstärkningslager, sand (skyddslager?)	440
Fiberduk	Nej
<b>Asfalttjocklek (mm)</b>	<b>264</b>
<b>Total tjocklek (mm)</b>	<b>1004</b>
Max tjällyftning (mm)	0
Max tjäldjup (mm)	581
Livslängd bundet (msa)	67.574
Livslängd terrass (msa)	100.482

<sup>1)</sup> I beräkningarna har slitlagrets tjocklek reducerats med 20 mm.

**Tabell 7 Normalsektion med terrasstabilisering**

	Materialtyp 4b
80 Topeka + BS med 20 % Luxovit, $kkv \leq 7$ <sup>1)</sup>	64
440 BG	200
BL (krossat)	100
Förstärkningslager, grus (äldre FL)	200
Förstärkningslager, sand (skyddslager?)	440
Kalkstabiliserad lermorän	300
<b>Asfalttjocklek (mm)</b>	<b>264</b>
<b>Total tjocklek (mm)</b>	<b>1304</b>
Max tjällyftning (mm)	0
Max tjäldjup (mm)	589
Livslängd bundet (msa)	76.758
Livslängd terrass (msa)	552.051

<sup>1)</sup> I beräkningarna har slitlagrets tjocklek reducerats med 20 mm.



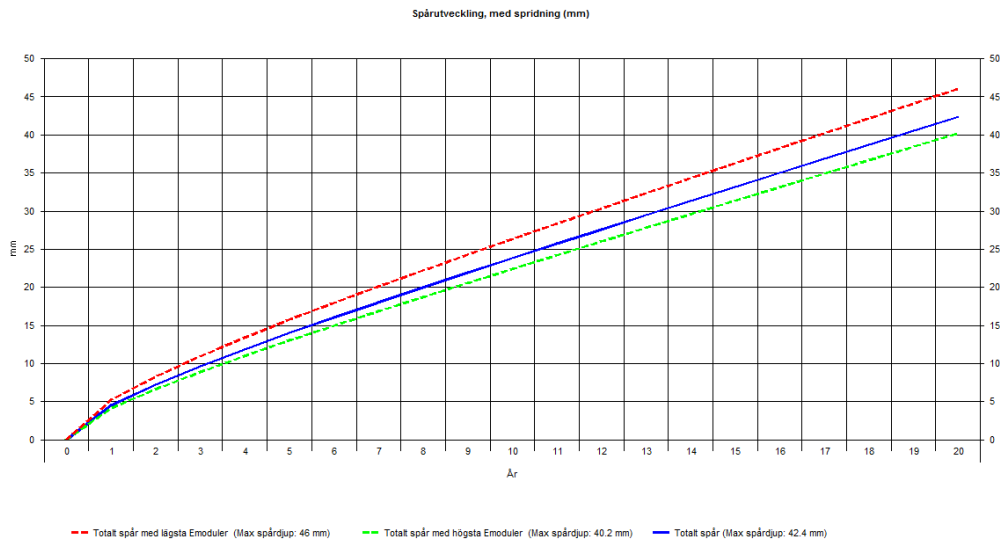
## Predikterad spår- och sprickutveckling för Inre Ringvägen, Malmö

I Figur 11 till Figur 14 redovisas predikterad spår- och sprickutveckling för GBÖ-konstruktionen som användes vid byggandet av Inre Ringvägen, Malmö.

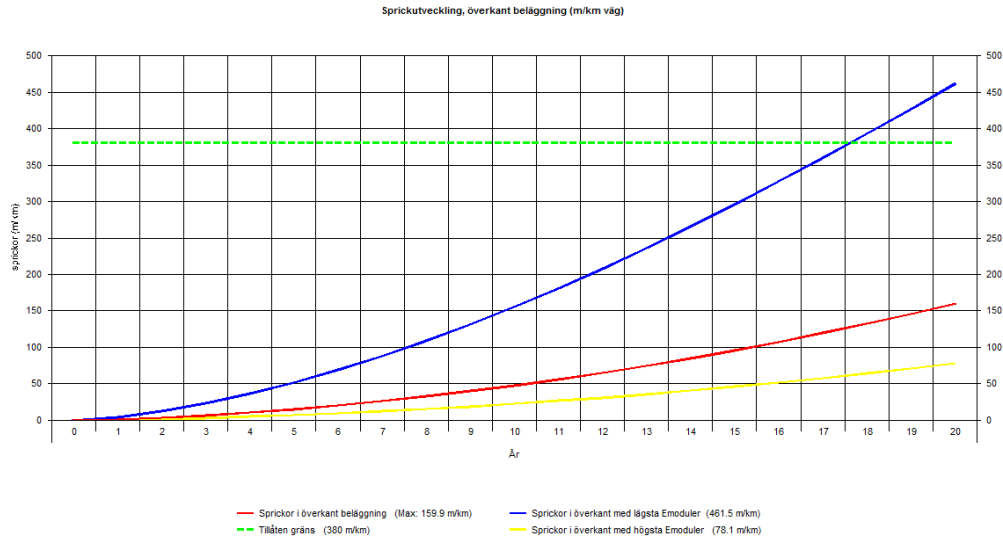
För att lättare kunna jämföra de olika konstruktionerna som utvärderats i denna studie redovisas även spårdjupsutvecklingen som funktion av passerat antal standardaxlar, se Tabell 8.

**Tabell 8 Spårdjup som funktion av passerat antal standardaxlar**

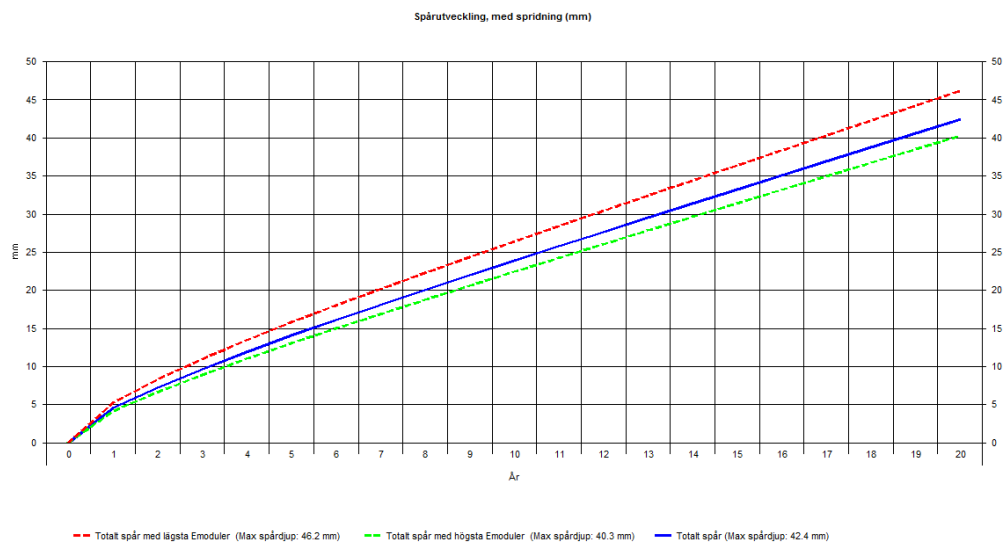
	<b>Ej stabiliserad terrass</b>	<b>Stabiliserad terrass</b>
<b>År</b>	<b>Spårdjup/10<sup>6</sup> std.axlar (mm)</b>	<b>Spårdjup/10<sup>6</sup> std.axlar (mm)</b>
5	4.4	4.4
10	3.5	3.5
15	3.0	3.0
20	2.7	2.7



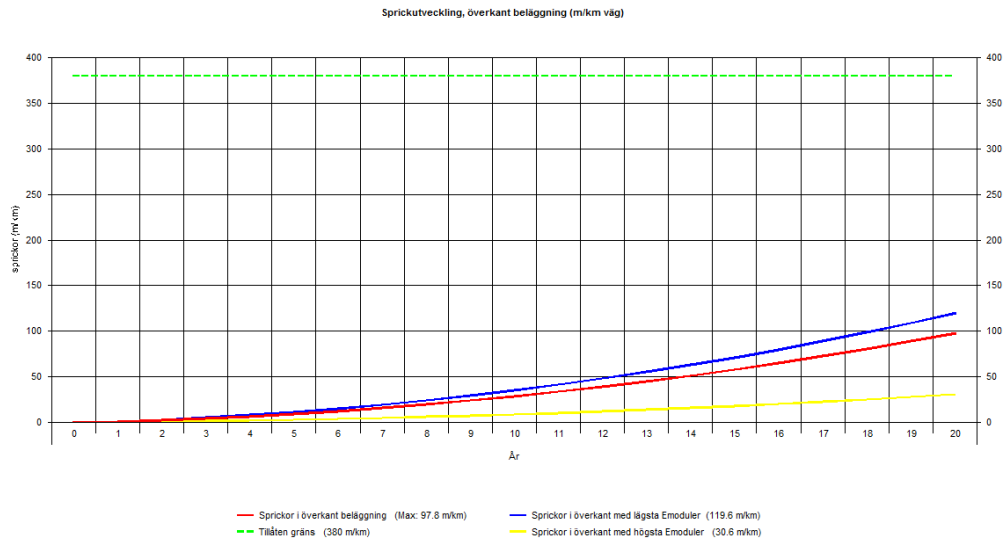
**Figur 11 Predikterad spårutveckling för Inre Ringvägen, Malmö (ej stabiliserad terrass)**



**Figur 12** Predikerad sprickutveckling ("top-down") för Inre Ringvägen, Malmö (ej stabiliserad terrass)



**Figur 13** Predikerad spårutveckling för Inre Ringvägen, Malmö (stabiliserad terrass)



**Figur 14** Predikterad sprickutveckling ("top-down") för Inre Ringvägen, Malmö (stabiliserad terrass)

## E22, Förbifart Bromölla

**Byggtid 2001**

**Entreprenör ?**

**Beställare Vägverket**

- Normalsektion för K1

Beläggning	ABS16	40 mm
Bindlager	ABb 22	50 mm
Bundet bärlager	AG 22	50 mm
Bundet bärlager	AG 32	70 mm
Bärlager	0-50	80 mm
Förstärkningslager	0-100	<u>420 mm</u>
		<b>710 mm</b>

- Normalsektion för K2

Beläggning	ABS16	40 mm
Bindlager	ABb 22	50 mm
Bundet bärlager	AG 22	50 mm
Bärlager	0-50	150 mm
Förstärkningslager	0-100	<u>420 mm</u>
		<b>710 mm</b>

## Uppskattning av trafikmängd för E22, Förbifart Bromölla



Avsnitt: 3410122 Län: M Vägnummer: 22

### Presentation av årsmedeldygnstrafik

Avsnitt	Fr o m	Till	Mätkod	Mätår	Mätriktning	ÅDT(OS) Fordon	ÅDT(OS) Lastbilar	ÅDT(OS) Axelpar
3410122	1995-11-17	1998-01-01	3	1996	0	8970	1140	10730
3410122	1995-11-17	1998-01-01	3	1996	1	4470	550	5340
3410122	1995-11-17	1998-01-01	3	1996	2	4500	590	5390
3410122	1998-01-01	2002-01-01	2	1998	0	9180±(6%)	1080±(8%)	10640±(6%)
3410122	1998-01-01	2002-01-01	2	1998	1	4550±(9%)	540±(11%)	5250±(9%)
3410122	1998-01-01	2002-01-01	2	1998	2	4630±(9%)	550±(11%)	5390±(9%)
3410122	2002-01-01	2004-06-22	2	2002	1	5470±(8%)	610±(10%)	6220±(8%)
3410122	2002-01-01	2004-06-22	2	2002	2	5480±(13%)	620±(12%)	6280±(13%)
3410122	2004-06-22	2006-01-01	3	2004	1	5700	650	6500
3410122	2004-06-22	2006-01-01	3	2004	2	5500	550	6300
3410122	2006-01-01	9999-12-31	2	2006	1	6060±(9%)	760±(10%)	6940±(9%)
3410122	2006-01-01	9999-12-31	2	2006	2	6390±(14%)	760±(13%)	7300±(14%)

Fältförklaring

### Beräkning av medelantal axlar för lastbilar

Mätår: 2006

	Riktning 1	Riktning 2	Totalt
Antal lastbilsaxlar tvåaxliga dragbilar	1839	1565	3404
Antal lastbilsaxlar treaxliga dragbilar	1201	1658	2858
Antal lastbilar utan släp	335	338	674
Antal lastbilar med släp	420	426	847
Medelantal axlar för lastbilar	4	4,2	4,1

**Figur 15 Trafikinformation för E22, Förbifart Bromölla avsnitt 3410211 (Källa: Trafikverket TIKK Klickbar karta)**



Avsnitt: 3410205 Län: M Vägnummer: 22

### Presentation av årsmedeldygnstrafik

Avsnitt	Fr o m	Till	Mätkod	Mätår	Mätriktning	ÅDT(OS) Fordon	ÅDT(OS) Lastbilar	ÅDT(OS) Axelpar
3410205	2004-06-22	2006-01-01	2	2004	0	13770±(10%)	1620±(10%)	15870±(10%)
3410205	2004-06-22	2006-01-01	2	2004	1	6950±(12%)	800±(13%)	7970±(12%)
3410205	2004-06-22	2006-01-01	2	2004	2	6820±(12%)	820±(13%)	7900±(12%)
3410205	2006-01-01	9999-12-31	2	2006	1	6810±(9%)	910±(9%)	7920±(9%)
3410205	2006-01-01	9999-12-31	2	2006	2	7200±(13%)	870±(12%)	8260±(13%)

Fältförklaring

### Beräkning av medelantal axlar för lastbilar

Mätår: 2006

	Riktning 1	Riktning 2	Totalt
Antal lastbilsaxlar tvåaxliga dragbilar	2079	1820	3898
Antal lastbilsaxlar treaxliga dragbilar	1731	1886	3618
Antal lastbilar utan släp	382	370	752
Antal lastbilar med släp	525	499	1025
Medelantal axlar för lastbilar	4,2	4,3	4,2

Figur 16 Trafikinformation för E22, Förbifart Bromölla avsnitt 3410205 (Källa: Trafikverket TIKK Klickbar karta)



Avsnitt: 3410206 Län: M Vägnummer: 22

### Presentation av årsmedeldygnstrafik

Avsnitt	Fr o m	Till	Mätkod	Mätår	Mätriktning	ÅDT(OS) Fordon	ÅDT(OS) Lastbilar	ÅDT(OS) Axelpar
3410206	2004-06-22	2006-01-01	2	2004	0	9950±(10%)	1280±(10%)	11670±(10%)
3410206	2004-06-22	2006-01-01	2	2004	1	5050±(14%)	630±(15%)	5890±(14%)
3410206	2004-06-22	2006-01-01	2	2004	2	4900±(14%)	650±(15%)	5780±(14%)
3410206	2006-01-01	9999-12-31	2	2006	1	5040±(16%)	700±(13%)	5890±(16%)
3410206	2006-01-01	9999-12-31	2	2006	2	5050±(16%)	680±(14%)	5880±(16%)

Fältförklaring

### Beräkning av medelantal axlar för lastbilar

Mätår: 2006

	Riktning 1	Riktning 2	Totalt
Antal lastbilsaxlar tvåaxliga dragbilar	1659	1514	3173
Antal lastbilsaxlar treaxliga dragbilar	1303	1403	2705
Antal lastbilar utan släp	280	274	554
Antal lastbilar med släp	420	405	826
Medelantal axlar för lastbilar	4,2	4,3	4,3

Figur 17 Trafikinformation för E22, Förbifart Bromölla avsnitt 3410206 (Källa: Trafikverket TIKK Klickbar karta)

## Indata vid livslängdsberäkning för E22, Förbifart Bromölla

Motorvägssektion		
Parameter	Totalt	Anm.
Klimatzon	1	
Län	Skåne, Kristianstad	
VVIS station/vinter	1120, säsong 95/96	
Tillåten tjällyftning	20 mm	Antaget.
ÅDT <sub>k</sub> (ca år 2000)	5100 (K1:an) 1275 (K2:an) => 25 % av K1	ÅDT ≈ 10200
Andel tung trafik	12.2 % (K1:an), 10.0 % (K2:an)	
Trafikökning/år	4.0 %	
Standardaxlar per tungt fordon	1.4	
Terrassmaterial	3b	
<b>Beräknad trafikbelastning under 20 år (bundet)</b>	<b>9.846 msa (K1:an)</b> <b>2.018 msa (K2:an)</b>	
<b>Beräknad trafikbelastning under 40 år (terrass)</b>	<b>19.692 msa (K1:an)</b> <b>4.036 msa (K2:an)</b>	OBS! Årlig trafikökning för år 21-40 är ej beaktad.
Referenshastighet	110 km/h	
Dubbandel under vinterperioden	50 %	1 oktober – 15 april (7 mån.). Saltad väg.
Beräknad ÅDT <sub>k just</sub> Formel 7.1-1	ÅDT <sub>k just</sub> = 5100 x 0.85 x 1.30 x 1.10 x 1.00 = 6200 fordon	Kkv ≤ 10 för 6200 fordon ÅDT <sub>k just</sub> = 3500-7000
ÅDT <sub>k tung</sub> Formel 7.1-2	622 fordon Krav Dynamisk krypstabilitet ABb = 21 000 µε.	622 fordon => ÅDT <sub>k tung</sub> = 500-999 fordon enligt VVK Väg kapitel 7.1.10.2.

$$\text{ÅDT}_{k, \text{just}} = 5100 \times 0.85 \times 1.30 \times 1.10 \times 1.00 = \mathbf{6200}.$$

## Redovisning av livslängdsberäkning för E22, Förbifart Bromölla

**Tabell 9 Normalsektion för K1:an**

	Materialtyp 3b
ABS16, 70/100, $kkv \leq 7$ <sup>1)</sup>	40
ABb22, 70/100	50
AG22, 160/220	50
AG32, 160/220	70
BL (krossat)	80
FL (krossat)	420
Skyddslager	-
Fiberduk	Nej?
<b>Asfalttjocklek (mm)</b>	<b>210</b>
<b>Total tjocklek (mm)</b>	<b>710</b>
Max tjällyftning (mm)	3
Max tjäldjup (mm)	715
Livslängd bundet (msa)	41.322
Livslängd terrass (msa)	91.976

<sup>1)</sup> I beräkningarna har slitlagrets tjocklek reducerats med 20 mm.

**Tabell 10 Normalsektion för K2:an (trapetskonstruktion)**

	Materialtyp 3b
ABS16, 70/100, $kkv \leq 7$ <sup>1)</sup>	40
ABb22, 70/100	50
AG22, 160/220	50
BL (krossat)	150
FL (krossat)	420
Skyddslager	-
Fiberduk	Nej?
<b>Asfalttjocklek (mm)</b>	<b>140</b>
<b>Total tjocklek (mm)</b>	<b>710</b>
Max tjällyftning (mm)	2
Max tjäldjup (mm)	711
Livslängd bundet (msa)	6.658
Livslängd terrass (msa)	49.609

<sup>1)</sup> I beräkningarna har slitlagrets tjocklek reducerats med 20 mm.



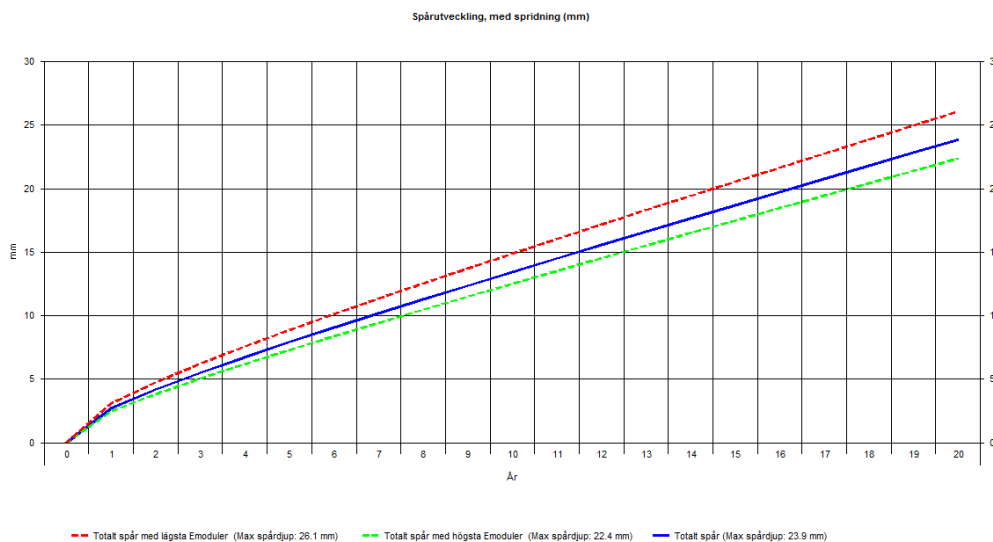
## Predikterad spår- och sprickutveckling för E22, Förbifart Bromölla

I Figur 18 till Figur 21 redovisas predikterad spår- och sprickutveckling för GBÖ-konstruktionen som användes vid byggandet av E22, Förbifart Bromölla.

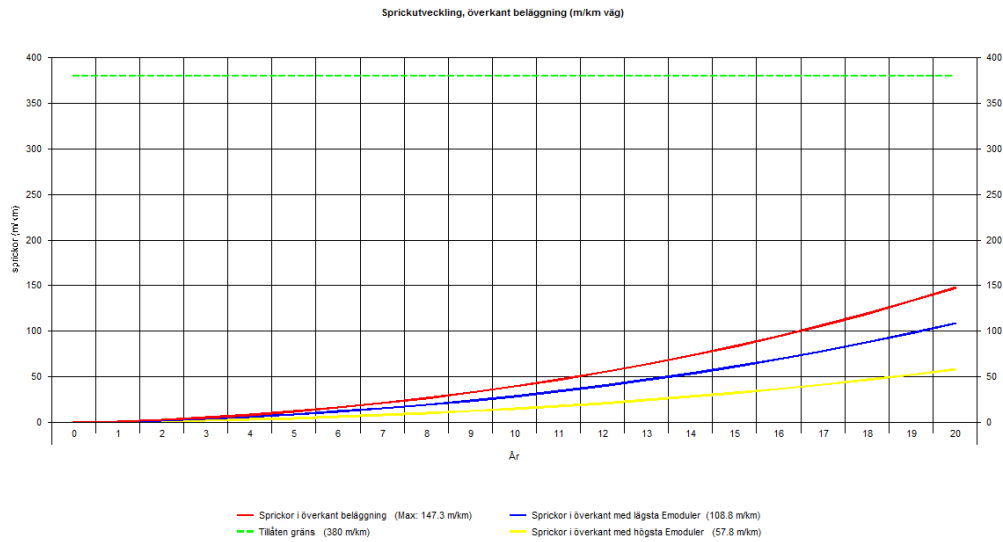
För att lättare kunna jämföra de olika konstruktionerna som utvärderats i denna studie redovisas även spårdjupsutvecklingen som funktion av passerat antal standardaxlar, se Tabell 11.

**Tabell 11 Spårdjup som funktion av passerat antal standardaxlar**

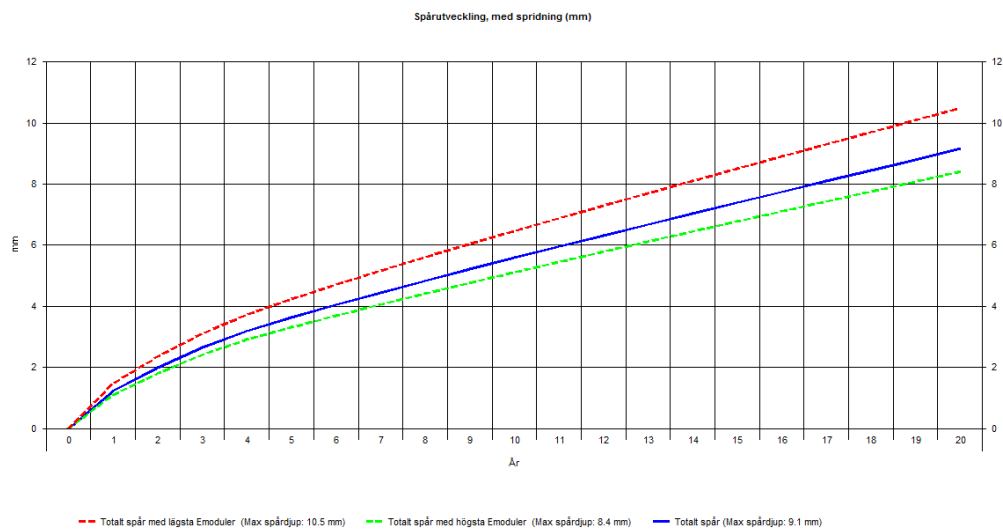
	<b>K2:an</b>	<b>K1:an</b>
<b>År</b>	<b>Spårdjup/10<sup>6</sup> std.axlar (mm)</b>	<b>Spårdjup/10<sup>6</sup> std.axlar (mm)</b>
5	9.9	4.4
10	6.9	3.4
15	5.4	2.8
20	4.5	2.4



**Figur 18 Predikterad spårutveckling för E22, Förbifart Bromölla, K1:an**



Figur 19 Predikterad sprickutveckling ("top-down") för E22, Förbifart Bromölla, K1:an



Figur 20 Predikterad spårutveckling för E22, Förbifart Bromölla, K2:an

Bygginnovationen

Handläggare

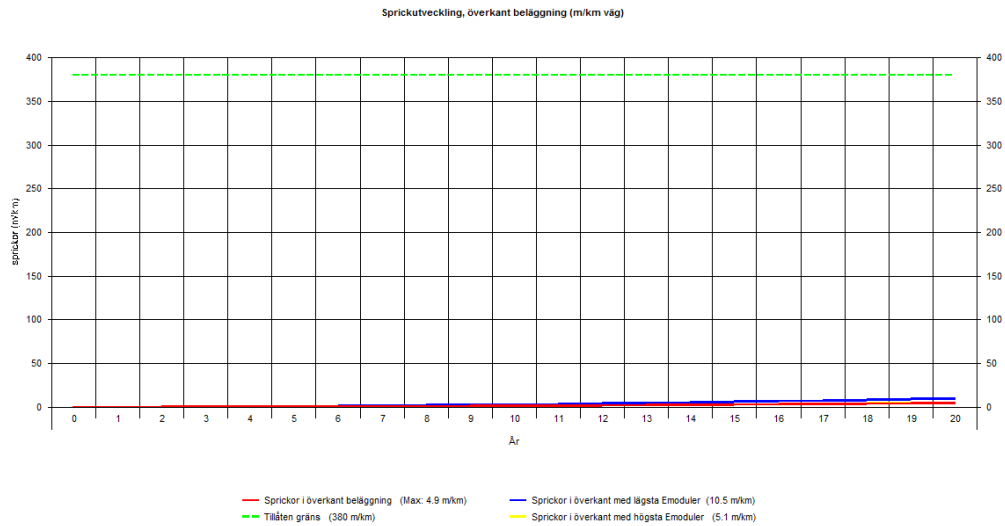
Richard Nilsson

Anders Gustavsson, Tyréns

Datum

2010-10-21

Rev. 01



**Figur 21** Predikterad sprickutveckling ("top-down") för E22, Förbifart Bromölla, K2:an

## Slutsatser

Livslängden för en vägkonstruktion bestäms vanligtvis med hjälp av livslängdskriterier, ett för bundna material och ett för terrassen. Eftersom en väg bryts ner gradvis är livslängden ett något flytande begrepp som bl.a. styrs av både tekniska och ekonomiska hänsynstaganden. Livslängdskriterierna som används i Sverige har kalibrerats och validerats så att tidpunkten för första åtgärd i genomsnitt inträffar efter ca 14 år. D.v.s. en viss mängd spår och sprickor accepteras innan vägen åtgärdas.

Genomgående för både de gamla och nya vägkonstruktionerna är att dimensioneringen har utförts med viss säkerhetsmarginal. Det finns dock en osäkerhet i den dimensionerande trafikens storlek eftersom trafikuppgifterna som användes i samband med projekteringen inte fanns tillgängliga. Detta kan påverka bedömningen något. Det är sannolikt även så att konstruktionerna har dimensionerats med hjälp av tabeller och erfarenhetsvärden, PMS Objekt har således inte använts, vilket i någon mån kan påverka lagertjocklekarna.

Med tanke på de undersökta vägarnas dignitet (Europavägar, större ringleder osv.) är det en fullt relevant strategi. Konsekvenserna, för både brukare och samhället, blir betydande om oförutsedda skador uppstår och därför bör riskerna minimeras så långt det är ekonomiskt försvarbart. Resultaten väcker dock frågan om det är nödvändigt att införa någon form av reliabilitetsnivåer för olika typer av vägar. I dagens vägdimensioneringsregler finns inga sådana regler eller råd.

I takt med att analytiskt-empiriska dimensioneringsmetoder används allt mer finns därmed också möjlighet att optimera konstruktionerna i allt större utsträckning, dvs. säkerhetsmarginaler och lagertjocklekar reduceras. Detta kan få konsekvenser i ett senare skede. Idag används allt mer tunnskiktbeläggningar vid underhåll av vägarna. Denna typ av beläggning kräver ett stabilt underlag eftersom bidraget till bärigheten i konstruktionen är begränsad. Om det inte finns någon inbyggd säkerhetsmarginal i dimensioneringen från början resulterar det i ökade underhållsåtgärder i stället. D.v.s. vägen behöver kanske förstärkas med ett bindlager innan ett nytt slitlager kan läggas ut. Det man vinner på investeringssidan går förlorat på underhållssidan. Det är därför önskvärt att ett livscykelperspektiv används vid överbyggnadsdimensioneringen i stället för att till störst del fokusera på en låg investeringskostnad.

Den teoretiska livslängden för en vägkonstruktion, dvs. hur många miljoner standardaxlar (msa) vägkonstruktionen klarar av att bära säger inte allt. I fallet E6, Yttre Ringvägen, delen Lockarp – Fredriksberg används ett cementstabiliserat bärlager (CG) i stället för ett konventionellt AG-lager. Livslängdsberäkningarna visar att den teoretiska livslängden är fullt tillräcklig för att bära den dimensionerande trafiken Trots detta börjar vägen spricka kraftigt efter endast ett fåtal år, vilket även indikeras av sprickberäkningen. Det behövs således även kunskap om material, receptering, utförande, val av konstruktionstyp etc. för att erhålla väl fungerande vägkonstruktion. I fallet med Yttre Ringvägen har utredningar bl.a. visat att cementmängden i CG-lagret var för hög, vilket ledde till ett för styvt material som sedan sprack. På en del av sträckorna sågades ej heller sprickanvisningar som föreskrivs i senare versioner av vägnormerna.

Som nämnts sker nedbrytningen av en väg gradvis. De flesta modeller (undantag finns) som används för vägdimensionering idag beskriver de initiala förhållandena samt tillståndet när vägen har gått till ”brott”, ingenting om vad som händer däremellan. För att kunna prediktera den gradvisa nedbrytningen (hur spår, sprickor, IRI etc. utvecklas som funktion av tid och trafikbelastning) krävs att dimensioneringsmetodikerna förfinas. Inom detta område finns ett stort forskningsbehov samt en stor potential för förbättringar.

Antas att gränsen för tillåtet spår djup är 17 mm betyder det att de nya konstruktionerna måste åtgärdas med avseende på spår djup efter ca 13-14 år. Detta stämmer även överens relativt väl med Trafikverkets uppgifter om att det tar ca 14 år (i genomsnitt) till första åtgärd. Den enda gamla konstruktionen (Inre Ringvägen i Malmö) som utvärderats måste åtgärdas redan efter ca 5-6 år. Eftersom data för underhållsintervall saknas i dagsläget är det svårt att veta hur realistiska siffrorna är.

Då Inre Ringvägen i Malmö har relativt hög trafikmängd, vilket påverkar spår djupsutvecklingen negativt, är det i stället mera rättvisande att studera spår djup som funktion av antal passerade standardaxlar. Görs denna jämförelse blir slutsatsen att samtliga GBÖ-konstruktioner (både gamla och nya) har ungefär likvärdig spår djupsutveckling. Det finns en tendens att GBÖ-konstruktionen vid Förbifart Bromölla har något mindre spår djupstillväxt jämfört med de övriga konstruktionerna. Den mest sannolika förklaringen till detta är att terrassen i detta fall består av bättre material samt att trafikmängden är relativt låg.

Beräkningarna indikerar också att en kalkstabiliserad terrass inte har någon avgörande inverkan på spår djupsutvecklingen. Detta är ett något tveksamt

resultat. En stabiliserad terrass utgör en stabil grund att bygga vidare på jämfört med exempelvis en lerterrass. Terrassstabiliseringen påverkar packningen av ovanliggande lager på ett positivt sätt då det ”svarar” på ett helt annat sätt jämfört med lerterrassen, som sviktar betydligt mera.

CBÖ-konstruktionen uppvisar som väntat minst spårdjup som funktion av antal passerade standardaxlar. CG-lagret är inte temperaturkänsligt och därmed uppstår endast försumbar spårbildning i detta lager. Å andra sidan är CG-beläggningen känslig för sprickbildning, vilket blir dimensionerande för när underhållsåtgärder måste sättas in. För GBÖ-konstruktionerna är det vanligtvis spårbildningen som blir dimensionerande.

Det finns ett flertal skillnader mellan de nya konstruktionerna respektive den gamla konstruktionen. Gamla konstruktioner byggdes vanligtvis inte med krossat förstärknings- och bärlagermaterial, i stället användes naturmaterial. Det är allmänt känt att ett grovt krossat bergmaterial (som är välpackat) vanligtvis har bättre bärighet och motståndskraft mot permanenta deformationer jämför med ett naturmaterial med rundande partiklar. Av samma anledning kräver ett grovt krossat bergmaterial större packningsinsats (större vältar, fler överfarter etc.) jämfört med ett naturmaterial.

I den gamla konstruktionen användes inget bindlager, vilket påverkar spårdjupsutvecklingen negativt. Traditionellt har vi i Sverige använt relativt mjuka bindemedel i asfaltbeläggningar. På senare tid har dock även hårdare kvaliteter och även polymermodifierat bindemedel (PMB) börjat användas. Detta påverkar spårdjupsutvecklingen positivt.

## Referenser

**DIM4** – Skanskas vägdimensioneringsprogram för dimensionering av vägars bärighet, analys av en vägs tjällyftning samt utvärdering av spår och sprickor.

**Huang (1993)** – Huang, Yang H., “*Pavement Analysis and Design*”, University of Kentucky, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993, ISBN 0-13-655275-7.

**Malmö Stad** – Trafikinformation.

<http://www.malmo.se/Medborgare/Stadsplanering--trafik/Trafik--hallbart-resande/Trafikmangder.html> (2010-07-12).

**NCHRP** – “*Guide for the Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures*”, NCHRP report 1 37A, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., 2004

**Öresundsbron** – Trafikinformation. <http://se.oresundsbron.com/page/1874> (2010-07-12)

**PMS Objekt** – PMS Objekt ver. 4.2.0. PMS Objekt är ett beräkningshjälpmedel för dimensionering av vägars bärighet samt analys av en vägs tjällyftning.

**TIKK** – Klickbar karta med trafikinformation.

<http://gis.vv.se/tfk2/tfk/indextikk.aspx?config=tikk> (2010-07-12)

**Ullidtz (1998)** – “*Modelling Flexible Pavement Response and Performance*”, Polyteknisk Forlag, Copenhagen, 1998

**VVK VÄG 2009** – VVK Väg (VV Publ. 2009:120) är ett vägverksdokument som innehåller Vägverkets tekniska krav vid dimensionering och utformning av vägöverbyggnad och avvattnings. ISSN: 1401-9612. Borlänge september 2009.