CHALMERS

Jämförelse mellan asfalt- och betongbeläggningar, fördjupning mot betong

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

RUDOLF FLIES
LUDWIG LUNDBERG

Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2007
Examensarbete 2007:55

Examensarbete 2007:55

Jämförelse mellan asfalt- och betongbeläggningar, fördjupning mot betong

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

FLIES R. & LUNDBERG L.

Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2007

Comparison between asphalt and concrete roads, Focusing on concrete
RUDOLF FLIES, 1982
LUDWIG LUNDBERG, 1977

© RUDOLF FLIES & LUDWIG LUNDBERG 2007

Diploma thesis 2007:55
Department of Civil and Environmental Engineering
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone + 46 (0)31-772 1000

Omslag:
Bilden visar en oarmerad fogad betongväg i Halland.

Chalmers
Göteborg, Sweden 2007

Sammandrag

Intresset för att ha ett alternativ till asfaltbeläggningar har ökat de senaste åren. Detta beror bland annat mycket på att oljan, som asfalt framställs ifrån, är en ändlig resurs som dessutom enligt många, börjar ta slut. Det behövs också ett alternativt beläggningsmaterial för att konkurrera med asfalten och på så sätt hålla nere prisökningarna.

Betongbeläggningar har många bra egenskaper men är oftast dyrare att anlägga. Det vill säga de direkta kostnaderna vid byggande av en betongbeläggning blir högre än om vägen istället belagt med asfalt.

I Sverige är det mindre än en procent av landets vägar som är betongbeläggningar. Frågan är om och när betongen som vägbeläggning kan vara samhällsekonomisk lönsamt. Syftet med den här rapporten är att få svar på dessa frågor.

Rapporten beskriver även hur betongbeläggningar konstrueras och hur de byggs. Vad som krävs för att underhålla betongbeläggningar och vilka effekter detta ger behandlas också. Under kapitlet miljö behandlas frågor gällande återvinning av betong och bränsleförbrukning hos fordon som färdas på vägen.

Rapporten är till större del en litteraturstudie men även muntliga intervjuerna har används, för att få fram underlag, till den samhällsekonomiska kalkylen.

Vägverket har en kalkylmodell som kallas 2Ö. Denna modell är till för att kunna jämföra två olika vägkonstruktioner med varandra, med avseende på samhällskostnader. Kalkylen används för att räkna fram brytpunkten, det vill säga vid vilken årsdygnstrafik (ÅDT) som samhällets kostnader för betongbeläggningar blir lägre än för asfaltsbeläggningar. Kalkylen tar upp kostnaden som uppstår under användarfasen av en betongbeläggnings livstid.

Resultatet blir två olika ÅDT, beroende på vilken teknik som används vid byggandet av betongväg. Vid en årsdygnstrafik av mer än 13 500 – 14 000 blir betongbeläggningar billigare än asfaltsbeläggningar.

Abstract

The interest to have an alternative to asphalt roads has increased in the last years. This depends among other thing on the fact that oil, which bitumen is manufactured from, is a finite resource, according to many, begins to run out. It is also necessary to have an alternative pavement material which can compete with the asphalt and keeping the cost down.

Concrete roads have many good properties, but they are often more expensive to build. This means that the costs, which appear when constructing a concrete payment, becomes higher than if the road instead was paved with asphalt.

In Sweden, less than one percent of the total road net consists of concrete roads. The main question in this report is to find out if or when concrete as a road pavement can be economically profitable.

The report describes how concrete roads are designed and how they are constructed. It contains what is needed to keep the concrete road maintained and what effects this brings. Furthermore, the thesis also treats environmental issues such as recycling of concrete and fuel consumption.

The report is mainly based on literature studies and also some interviews. The information from the interviews was used in a calculation sheet 2Ö (calculating the society's cost of maintaining roads) provided by the Swedish national road administration. The comparison includes road maintains during the entire life time of the road and investments cost.

This model (2Ö) is used to compare two different road constructions. The calculation sheet was used to find the economical breaking point. The result is given in the value ÅDT (annual day and night traffic intersections) which indicates when it is economically profitable to use concrete pavement.

Innehållsförteckning

Sammandrag III
Abstract IV
Innehållsförteckning V
1. Inledning 1
1.1. Bakgrund 1
1.2. Syfte 1
1.3. Avgränsning 1
1.4. Metod 1
2. Betongvägens konstruktion 2
2.1. Oarmerad fogad betongväg 2
2.2. Kontinuerligt sprickarmerad betongväg 6
2.3. Betongsammansättning 9
2.4. Arbetsutförande 9
3. Dimensionering 14
3.1. Empirisk dimensionering 14
3.2. Teoretisk dimensionering 14
3.2.1. Temperaturlaster 14
3.2.2. Trafiklaster 15
3.2.3. Ny svensk dimensioneringsmetod 15
4. Egenskaper hos betong som vägbeläggning 17
4.1. Permeabilitet 17
4.2. Friktion 17
5. Drift och underhåll 19
5.1. Spårbildning 19
5.2. Mätning av spårbildning 20
5.3. Sprickor 22
5.4. Vägmarkeringar 23
5.5. Störning 24
5.6. Skyltning 24
5.7. Saltning 25
6. Miljö 26
6.1. Återvinning av betong 26
6.2. Bränsleförbrukning 26
6.2.1. IRF Paris 2001 27
6.3. Belysning 28
7. Kalkyljämförelse 30
7.1. Kalkylräntan 30
7.2. Vägverkets kalkylmodell 2Ö 30
7.3. Byggnads- och underhållskostnader 30
7.3.1. Konstruktion 1, Oarmerad fogad betongbeläggning, BÖ 31
7.3.2. Konstruktion 2, Asfaltsbeläggning, GBÖ 33
7.4. Resultat 35
8. Kombinerade beläggningar 39
8.1. Konstruktionsförslag 41
8.2. 2+1 Vägar 43
9. Sammanfattning 44
10. Referenser 46
10.1. Litteratur 46
10.2. Elektroniska källor 47
10.3. Muntliga källor 47

Bilagor:

Bilaga 1 ..... Slitagemätningar på provsträckor.

Bilaga 2 ..... Bränslebesparingsberäkningar.

Bilaga 3 ..... Kalkylblad 2Ö för olika ÅDT.

Bilaga 4 ..... PMS Objekt för kombinerad beläggning.

Bilaga 5 ..... Kalkylblad 2Ö för kombinerad beläggning.

1. Inledning

I Sverige byggs de flesta vägar med asfaltsbeläggning. Den ständiga ökningen av oljepriset medför att asfalten blir allt dyrare. Dessutom är oljan en ändlig resurs vilket bidrar till att det kommer att behövas ett ersättningsmaterial i framtiden. Ett alternativ kan vara att använda betongbeläggningar som ju kan framställas av inhemska råvaror.

Rapporten redovisar en samhällsekonomisk jämförelse mellan betong- och asfaltsbeläggningar. Den fördjupar sig dock i betongkonstruktioner.

1.1. Bakgrund

Vid kontakter med Vägverket region Väst visade det sig att det fanns ett intresse för en rapport som jämförde asfalt- och betongbeläggningar. Detta för att Vägverket ska kunna skapa sig en strategi för framtida konstruktion av vägar med styva respektive flexibla beläggningar.

1.2. Syfte

Rapportens syfte är att redovisa vid vilken ÅDT som en betongbeläggning blir lika lönsam som en asfaltsbeläggning. Rapporten undersöker förutsättningar för att bygga vägar med betongbeläggningar i ett långtidsperspektiv på ett så kostnadseffektivt sätt som möjligt. Kostnader som behandlas är främst sådana som uppstår vid byggande av en betongbeläggning och samhällsekonomiska kostnader som tillkommer vid användning av vägen.

1.3. Avgränsning

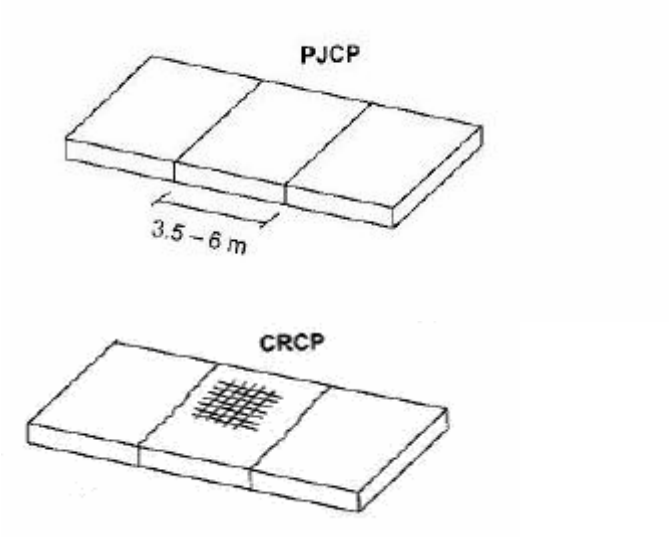
Rapporten behandlar samhällsekonomiska kostnader, såsom underhållskostnader som uppstår på grund av slitage och investeringskostnader för byggande av nya vägar. Vi har inte behandlat underhållskostnader orsakade av bristfälligt utförande.

1.4. Metod

Rapporten är till större del en litteraturstudie med inslag av muntliga intervjuer. De muntliga intervjuerna har vi används för att få fram underlag till den samhällsekonomiska kalkylen. Vi har även haft mailkontakt med en vägingenjör i Tyskland. Information har också hämtats från ett examensarbete som är gjort av Jonas Borg och Emanuel Dagefors Borås Högskola, som fördjupar sig i asfaltsbeläggningar. Det examensarbetet heter ”Jämförelse mellan asfalt- och betongbeläggningar, fördjupning mot asfalt”.

2. Betongvägens konstruktion

Det finns i huvudsak två olika konstruktioner när det gäller betongbeläggningar. Oarmerad fogad betongväg (PJCP) eller kontinuerligt sprickarmerad betongväg (CRCP) (R.Andersson 1992, sid.566). Oarmerad fogad betongväg visas i den övre bilden i figur 2,1. Hur den konstrueras behandlas i kapitel 2.1. Den nedre bilden i figur 2,1 visar en kontinuerligt sprickarmerad betongväg. Denna konstruktion behandlas i kapitel 2.2.



Figur 2,1 *Två olika konstruktioner av betongvägar (J Söderqvist 2006, sid.3).*

2.1. Oarmerad fogad betongväg

Överbyggnaden för en oarmerad fogad betongväg kan se ut på olika sätt beroende på var någonstans i världen som den byggs. I norden är den oftast uppbyggd på följande sätt:

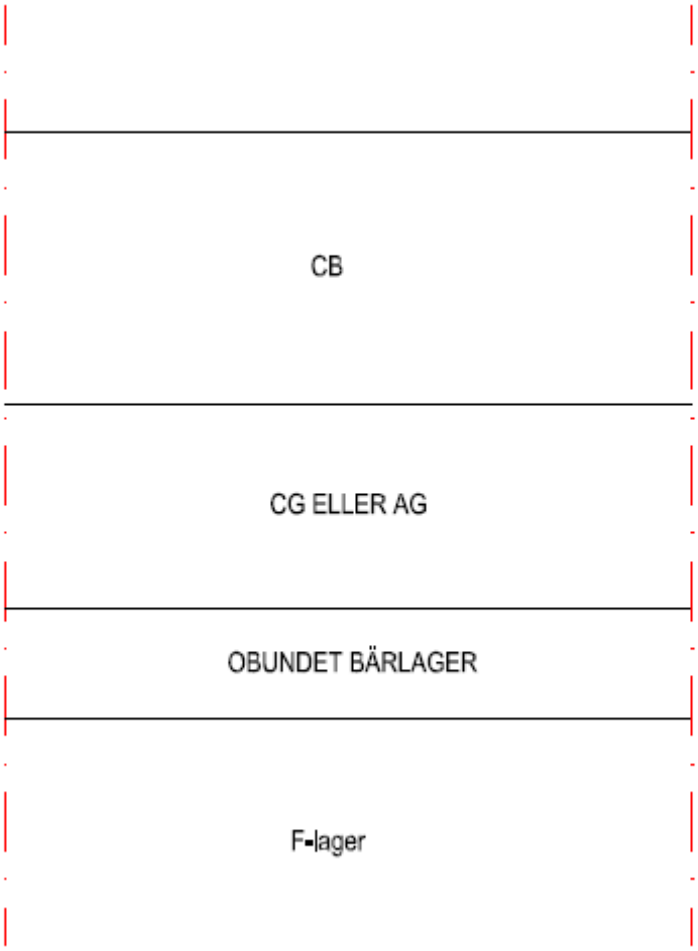
På terrassen läggs ett förstärkningslager (F-lager) som varierar i tjocklek beroende på vad marken som vägen byggs på består av. Det är viktigt att förstärkningslagret är väldränerat ända ner till terrassen och så förblir under hela vägkroppens livstid. Om så ej är fallet finns det risk för tjällyftning vilket kan skada vägbana (A Huvstig 2001, sid.4).

På förstärkningslagret läggs ett obundet bärlager som är 80 mm tjockt. Lagret kan lägas ut med en asfaltläggare för att få ett så jämt lager som möjligt. Se figur 2.1,1.

Ovanpå det obundna bärlagret läggs ett 150 mm tjockt bundet bärlager av cementstabiliserat grus (CG) eller 100 mm asfaltsgrus (AG). Funktionen för detta lager är att minska påkänningar i slitlagret. Lagren har också en annan mycket viktig funktion, nämligen att förhindra vattenpumpning under fogarna i slitlagret.

Fördelen med att använda CG i det bundna bärlagret är att det ger god vidhäftning till slitlagret. CG är också ett starkt material som ger en styvare konstruktion. Styrkan hos materialet kan emellertid skapa oplanerade sprickor i vägbana. Detta beror på att CG kan ha för god vidhäftning till slitlagret och därmed dra sönder vägbanan på grund av krypning och krympning. Det går dock att undvika dessa sprickor genom att skapa sprickanvisningar i CG-lagret, under vägbanans fogar. Alternativt kan CG-lagrets överyta behandlas med en asfaltslösning, eller så läggs en geotextil mellan slitlagret

och det bundna bärlagret, för att på så sätt minska vidhäftningen mellan slitlagret och det bundna bärlagret, vilket medför att det ej uppstår några sprickor i vägbanan (A Huvstig 2001, sid.4).



Figur 2.1,1 *Betongvägens uppbyggnad (L Lundberg 2007 cad illustration)*

AG är ett material som består av bitumenbundet grus. När man använder AG som bundet bärlager, så finns det risk att bindemedlet tvättas ut av instängt vatten. Därför är det viktigt med rätt sammansättning i AG. Bindemedelshalten skall vara minst 4,5 %. Vid användande av AG gäller det också att skapa en så rå överyta, på det bundna lagret, som möjlig för att inte glidning skall uppstå mellan slitlagret och AG lagret. Denna yta skapas lättast genom att trafikera AG - ytan en tid med dubbdäck så att stenmaterialet slits fram (A. Huvstig 2001, sid.4).

Slitlagret består av ett homogent betonglager som är mellan 180-260 tjockt. Tjockleken på slitlagret är beroende av temperaturvariation, trafikbelastning och betonghållfasthet (R Andersson 1992, sid.571).

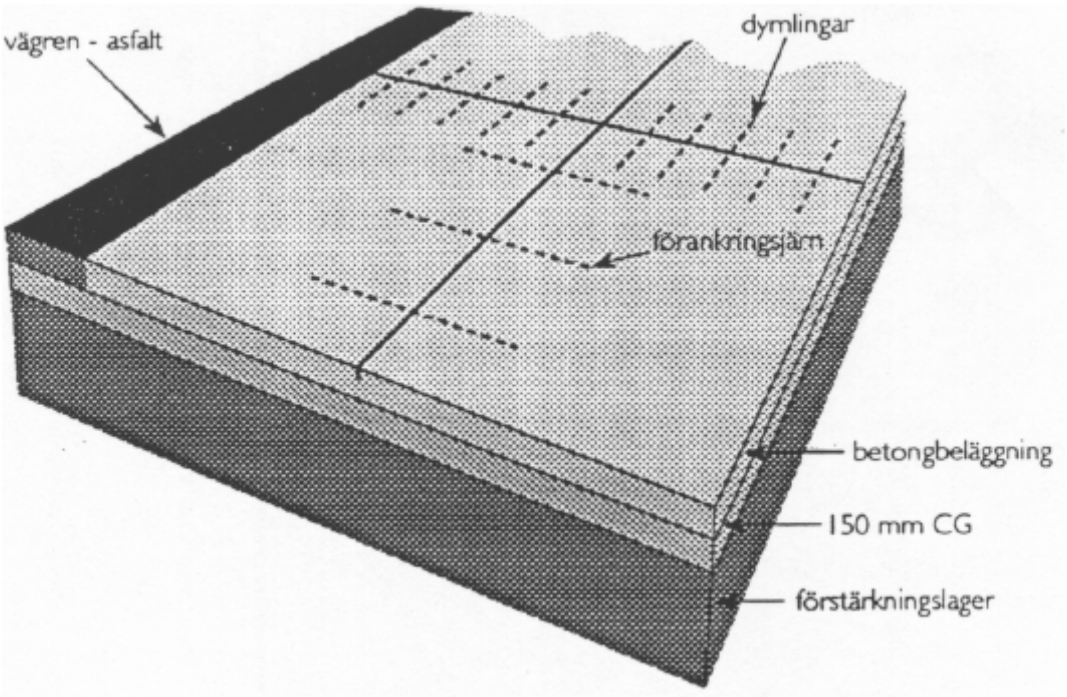
Figur 2.1,2 *Oarmerad fogad betongväg (A. Huvstig 2007)*

När konstruktionen utsätts för olika belastningar vill den röra sig och för att möjliggöra detta sågas fogar upp i slitlagret. Avståndet mellan fogarna beror på tjockleken på slitlagret. Det största avståndet i längdled är 25 gånger tjockleken av slitlagret och i tvärled 4,5 m. Djupet på fogarna och vidhäftningen till underliggande bärlager är också viktiga faktorer att ta hänsyn till när fogarna skapas (A Huvstig 2001, sid.5).

Vid en viss tidpunkt efter att slitlagret hårdnat sågas fogarna upp (se figur 2.1,3). Tidpunkten för sågningen är väldigt viktig eftersom alla fogar skall öppna sig samtidigt för att undvika skador på slitlagret.

Figur 2.1,3 *Uppsågning av fogar i betongbeläggningen* (B Carlsson & B-Å. Hultqvist 2002).

Plattorna som uppstår (se figur 2.1,2) när fogarna sågas, är sammansatta i tvärled med dymlingar och i längs led med förankringsjärn. Dymlingarna säkerställer god lastöverföring mellan plattorna (se figur 2.1,4).



Figur 2.1,4 *Dymlingar och förankringsjärn fogar samman den uppsågade beläggningen (B Carlsson & B-Å. Hultqvist 2002).*

Har vägen flera körfält så erfordras också längsgående fogar. Dessa fogar är till för att begränsa bredden på plattorna som ej bör vara bredare än 5 meter. De sammanfogas med så kallade förankringsjärn bestående av armeringsstänger (se figur 2.1,4), (A Huvstig 2001, sid.5).

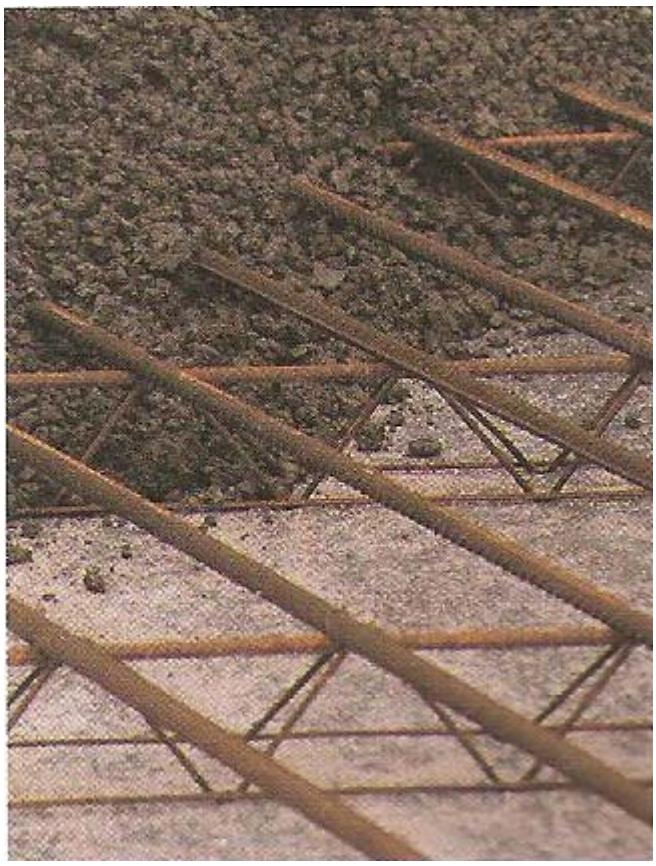
Fogarna tätas med fogmassa eller foglist (se figur 2.1,5). Detta görs dels för att inte material skall tränga ner i fogarna och därmed hindra betongens rörelse. Tätningen förhindrar också att vatten tränger ner till bärlagret och skapar erosion (R Andersson 1992, sid.572).

Figur 2.1,5 *Foglist i betongväg (Phonenix AG2007).*

2.2. Kontinuerligt sprickarmerad betongväg

En kontinuerligt sprickarmerad betongvägs överbyggnad byggs upp på samma sätt som en oarmerad fogad betongvägs överbyggnad. Det som skiljer de olika typerna åt är slitlagret. Kontinuerligt sprickarmerad betongväg saknar tvärgående fogar. Slitlagret armeras i stället med cirka 0,70 % längsgående armering (se figur 2.2,1). När det gäller den tvärgående armeringen så används en något mindre mängd. Det är viktigt att den tvärgående armeringen placeras i 30° vinkel i förhållande till vägens tvärriktning (se figur 2.2,2), för att inte vinkelräta sprickor skall kunna följa armeringen ner i konstruktionen (A Huvstig 2001, sid.6).

Figur 2.2,1 *Längsgående armering ligger ovanpå den tvärgående armeringen (Wilman Leif G, Carlsson Håkan, Viman Leif, Hultqvist Bengt-Åke 2005).*



Figur 2.2,2 *Den tvärgående armeringens placering i förhållande till den längsgående armeringen (Wilman Leif G, Carlsson Håkan, Viman Leif, Hultqvist Bengt-Åke 2005).*

Armeringen dimensioneras så att det uppstår tvärgående sprickor med 0,5-1,0 meters mellanrum (se figur 2.2,3). I Belgien accepteras sprickbredder på upp till ca 0,5 mm, men i Sverige är maximel sprickbredd satt till 0,2 mm (R Andersson 1992, sid.572).

Figur 2.2,3 *Förtydligad sprickbildning på en kontinuerlig sprickarmerad betongväg (Wilman Leif G, Carlsson Håkan, Viman Leif, Hultqvist Bengt-Åke 2005).*

Det bundna bärlagret som används under slitlagret på en kontinuerligt sprickarmerad betongbeläggning skall ha relativt låg och jämn vidhäftning för att få en jämn uppsprickning i slitlagret. Det är därför lämpligt att använda AG som bundet bärlager vid en sådan här vägkonstruktion (A Huvstig 2001, sid.6).

2.3. Betongsammansättning

Betongen som används i slitlagret på en betongväg skall uppfylla krav enligt ATB VÄG. Där står det bland annat att betongen skall vara i hållfasthetsklasserna T3,5 eller T4,5. T-värdet talar om vilken draghållfasthet som betongen måste klara, mätt i MPa. Dessa värden motsvarar betongklasserna C50/60 och C70/85.

Betongen skall vara frostbeständig enligt exponeringsklass XF4 och ha ett vattencement-tal som är 0,40 eller lägre (ATB Väg 2005).

Ballasten som används skall vara motståndkraftig mot nötning från dubbdäck. Största storlek på ballasten är begränsad till 16 mm i Sverige. Denna gräns beror på att större storlek på ballasten ger upphov till ökat buller från bildäcken som färdas över beläggningen.

2.4. Arbetsutförande

I detta avsnitt behandlas enbart arbetsutförandet vid byggandet av oarmerad fogad betongväg på grund av att denna beläggning är den enda som används i Sverige. Dock är arbetsutförandet vid konstruktion av sprickarmerad betongväg liknade.

Det vanligaste sättet att lägga ut betongen är att använda sig av en så kallad glidformsläggare (se figur 2.4,1). Glidformsläggaren är bandgående och rör sig i ca 0,8 – 1,2 m/min. Läggaren styrs av förspända trådar som är uppspända på sidan av vägen (R Andersson 1992, sid.575).

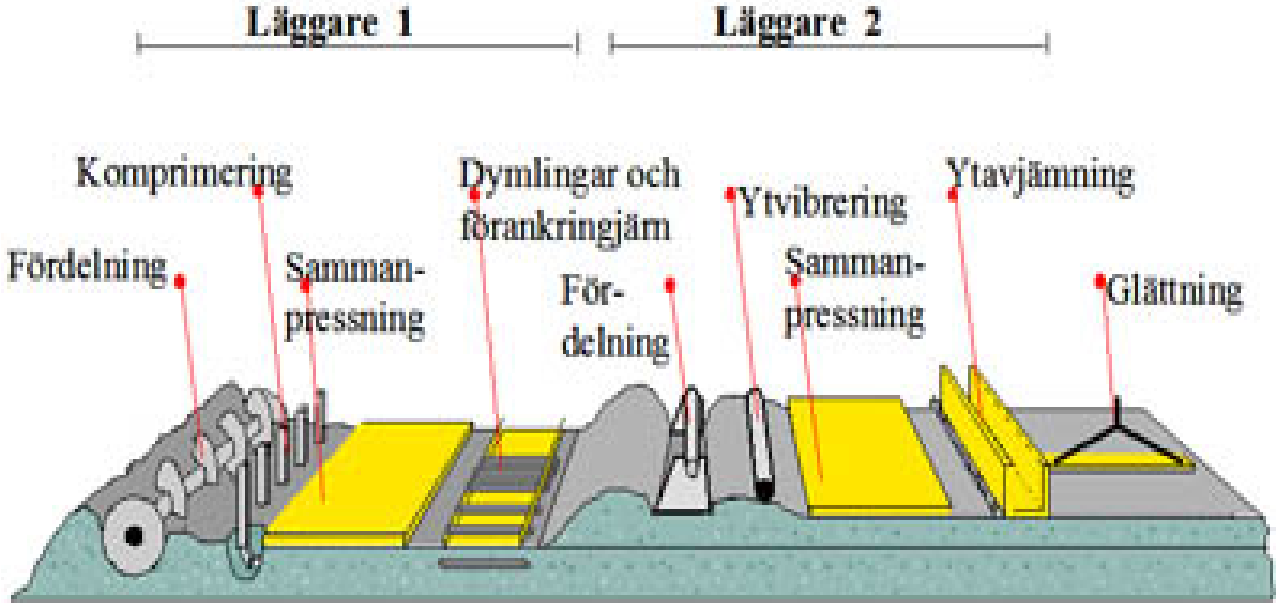
Figur 2.4,1 Glidformsläggare (J Söderqvist 2006, sid.4).

Oftast så läggs det två lager samtidigt. För att lägga två lager används två glidformsläggare som går efter varandra (se figur 2.4,2), eller en läggare som kan lägga två lager samtidigt. Detta görs för att det första lagret betong innehåller en stensort av sämre kvalitet som finns i närheten av vägarbetsområdet. Det blir billigare att använda material som inte behöver fraktas så långt. I det översta lagret används en mer slitstark stensort eftersom detta lager måste vara nötningståligt. Denna sten är dyrare att använda eftersom den oftast behöver fraktas längre sträckor. Lagren läggs i varandra ”vått i vått” (B-Å Hultqvist, B Carlsson 2002, sid.12).

Efter läggarna kommer en maskin (se figur 2.4,2) som sprutar ut en retader på betongen och sedan täcker betongen med en plastfolie (se figur 2.4,4). Retardern fördröjer härdningen av betongens överyta och plastfolien förhindra betongen från uttorkning och regn. Efter ett dygn tas plastfolien bort och en traktor frilägger (se figur 2.4,5) topparna av stenarna i betongen med hjälp av borstar och vatten. Friläggningen av stenen sker för att det skapar bättre friktion på ytan och minska bullret som uppstår mellan bildäcken och betongytan. Det minskar också risken för vattenplaning (B-Å Hultqvist, B Carlsson 2002, sid.16).

Figur 2.4,2. *Läggartåg med två glidformsläggare, följt av en maskin som sprutar ut en retader och en som täcker betongen med plastfolie (B Carlsson & B-Å Hultqvist 2002).*

Betongen tippas framför respektive läggare. Läggaren fördelar sedan ut betongen över hela vägens bredd. Sedan pressas betongen under läggarens så kallade formplatta. Samtidigt som detta sker vibreras betongen av stavvibratorier som sitter på läggaren. Där det skall bli en tvärgående skarv vibreras dymlingar ner och i den längsgående skarven vibreras förankringsjärn ner. Slutligen så glättas ytan av en arm som löper fram och tillbaka bakom läggaren (se figur 2.4,3). Vid utläggning med en sådan här läggare används inga formar, utan kanterna står av sig själv efter läggaren (B-Å Hultqvist, B Carlsson 2002, sid.13).



Figur 2.4,3 *Läggartågets arbetsgång (Vägverkets hemsida 2007).*

Figur 2.4,4 *Plastinklädnad av betongbeläggningen (Svensk byggtjänst, Cementa 2002, sid.245).*

Figur 2.4,5 *Friläggning av stentopparna i beläggningens yta (B Carlsson & B-Å Hultqvist 2002).*

Vid läggning av en 4,5 m bredd väg går det åt ca 50-80 m^3/h och vid en 9 m bredd går det ca 100-160 m^3/h. Eftersom det går åt så stora mängder med betong sätts oftast mobila betongstationer (se figur 2.4,6) upp i närheten av vägbygget. Fabrikerna består för det mesta av flera blandare för att klara av den höga kapaciteten (R Andersson 1992, sid.575).

Figur 2.4,6 *Mobil betongstation med flera betongblandare (B Carlsson & B-Å Hultqvist 2002).*

3. Dimensionering

Det finns två grundprinciper som används för dimensionering av betongvägar. De grundar sig på empiriska metoder eller teoretiska beräkningar.

Följande dimensioneringar behandlar enbart oarmerade betongbeläggningar eftersom det är den vanligaste konstruktionen av betongväg i Sverige.

3.1. Empirisk dimensionering

En av principerna är den så kallade Empiriska, som bygger på erfarenheter från fullskaliga försök. Det betyder att det har byggts testvägar på olika håll i världen. Från dessa vägar har sedan data samlats in för att kunna användas vid dimensionering av nya vägar. Många utav testvägarna är byggda i USA. Informationen som samlats in från dessa kan inte användas vid empirisk dimensionering i Europa, eftersom det råder skilda krav och klimatförhållanden mellan kontinenterna (R Andersson 1992, sid.567).

Därför har många europiska länder varit tvungna att bygga egna teststräckor och från dessa skapat sig egna empiriska värden som kunnat utnyttjas för byggande av nya betongvägar.

3.2. Teoretisk dimensionering

Den andra principen baserar sig på olika teoretiska beräkningar. Dessa beräkningar tar bland annat hänsyn till påkänningar av trafikbelastning och temperaturvariationer. Dessa jämförs sedan med betongens böjdraghållfasthet.

När det gäller oarmerade fogade betongbeläggningar dimensioneras de vanligen enligt elasticitetsteorin (R Andersson 1992, sid.566).

3.2.1. Temperaturlaster

Temperaturlaster har stor betydelse vid dimensionering av betongbeläggningar. De uppkommer genom att det är olika temperatur i betongskiktets över- respektive underyta. Denna faktor, även kallad temperaturgradient ger upphov till välvningspåkänningar i betongvägen (konstruktionen vill böja sig). Temperaturen kan också ge upphov till stora spänningar i betongplattan. Detta sker när betongplattan belastas av en positiv temperaturlast, det vill säga när betongplattans översida är mycket varmare än dess undersida, samtidigt som betongplattans egenvikt vill trycka ner plattans mitt. Det här sker när solen snabbt värmer upp översidan av vägen efter en kall natt. Om detta dessutom sker vid en tidpunkt då det är rusningstrafik, skapas ännu större spänningar i betongplattan (J Söderqvist 2006, sid.8).

Vid beräkning av välvningspåkänningarna används en linjär temperaturgradient som är angiven till 0,06 ˚C/mm som används för 5 % av året och 0,04 ˚C/mm som används för 20 % av året. För övriga året antas en temperaturgradient på 0 ˚C/mm (R Andersson 1992, sid.568).

I den nuvarande dimensioneringsmetoden som utnyttjas i Sverige, används de temperaturgradienter som nämnts ovan. Det har upptäckts att dessa gradienter är förenklade och därmed missvisande. I

den nya metoden för dimensionering av betongbeläggningar (behandlas i kapitel 3.2.3) används nya gradienter. Dessa gradienter grundar sig på en ny metod för att mäta temperaturen i vägbanan.

Den nya temperaturmätningen sker genom att kvadratiska betongprismor (se figur 3.2.1,1) installeras i vägbanans ytskikt, så att överkanten på prisman är i samma nivå som vägbanan. I prismorna finns fyra sensorer som mäter temperaturen på djupen 25 mm, 75 mm, 170 mm och 200 mm. Sensorerna mäter både linjära och icke linjära temperaturer med avseende på dess storlek och varaktighet. Att kunna analysera den icke linjära gradienten är viktigt, för de kan ge information om hur spänningar påverkar betongplattan i överkant eller underkant. Det kan också visa hur mycket temperaturen påverkar uppbyggnaden av betongvägkroppen (J Söderqvist 2006, sid.21).

Figur 3.2.1,1 *Prisma för mätning av temperaturen i vägbanan (J Söderqvist 2006, sid.22).*

3.2.2. Trafiklaster

När det gäller trafiklaster på betongbeläggning, så är det som på de flesta beläggningar, den tunga trafiken som är dimensionerande. Däcken från ett tungt fordon sprider spänningar igenom vägens olika lager. Vägkroppen dimensioneras efter en standardaxel, som i Sverige för över en last på 100 kN till vägen. Denna last beräknas passera vägen 1,3 gånger per varje tungt fordon. Ett tungt fordon definieras som ett fordon vars vikt är större än 3,5 ton. För att beräkna spänningarna som uppstår på grund utav den tunga trafiken, används i dag i Sverige ett datorprogram som heter GIPI. Detta program kan beräkna upp till fem lager i vägen samtidigt. Dessa lager kan ges olika egenskaper i form av elasticitet och tjocklek (J Söderqvist 2006, sid.8)

3.2.3. Ny svensk dimensioneringsmetod

Den nuvarande metoden som används för att dimensionera betongbeläggningar i Sverige är mycket förenklad och därav inte tillräckligt flexibel. Detta medför att det är svårt att få betongbeläggningar som ett konkurrenskraftigt alternativ till asfaltsbeläggningar i Sverige. Den nuvarande metoden är helt enkelt inte tillräckligt optimal för att ta till vara på betongen egenskaper (J Söderqvist 2006, sid.25).

En ny modell för dimensionering av betongbeläggningar är under utveckling. Denna metod skall kunna användas vid dimensionering av olika konstruktioner av betongbeläggningar. Dessutom skall

metoden kunna köras i en programvara som heter PMS Objekt, som i dag används för dimensionering av statliga bitumenbundna vägar (J Söderqvist 2006, sid.V)

Den nya dimensioneringsmetoden grundar sig på tillämpandet av den finita elementmetoden (FEM). FEM- metoden innebär i stora drag att konstruktionen delas in i små delar. Sedan studeras hur dessa delar påverkas av en last som verkar på en viss punkt i konstruktionen.

Vid beräkning med FEM-metoden används ett datorprogram. Datorprogrammet behöver ett så kallat k-värde, även kallat bäddmodulen, för att kunna genomföra beräkningarna. Bäddmodulens värde beror på vilka material vägens underlag består av och vilken tjocklek som betongplattan har. Bäddmodulen påverkas också av relationen mellan elastisitetsmodulerna för betongplattan respektive vägens underlag (J. Söderqvist 2006, sid.25).

K-värdet går att beräkna med till exempel datorprogrammet GIPI. Värdet som fås fram, kan sedan användas i ett FEM-program, för att beräkna spänningarna som uppkommer i betongplattan på grund av trafiklaster. Det går också att göra beräkningar för inverkan av olika storlekar och placeringar av trafiklasten (J Söderqvist 2006, sid.26).

Vid användning av ett dataprogram som heter ISLAB2000, för sina FEM beräkningar, så finns möjligheten att beräkna temperatur- och trafiklaster samtidigt. Detta datorprogram är speciellt konstruerat för att beräkna påkänningar i betongvägsplattor (J Söderqvist 2006, sid.27).

I den nya dimensioneringmetoden kan man också beräkna utmattning av vägmaterialet. Trafiklasten kan placeras där den ger upphov till störst utmattning av vägen. Störst påfrestning i botten av betongplattan fås när lasten placeras i mitten, medans störst påfrestning uppstår i toppen av plattan då lasten placeras nära ett hörn eller en kant (J Söderqvist 2006, sid.27)

4. Egenskaper hos betong som vägbeläggning

Platsgjuten betong har många olika egenskaper som gör den fördelaktig att använda vid byggandet av vägar. Stor bärförmåga och hög slitstyrka är två av dessa. Att betongen är slitstark gör att betongvägen har en lång livslängd med små underhållsbehov.

Egenskaper hos betongbeläggningar:

- Stor bärförmåga
- Hög slitstyrka
- Lång livslängd
- Betongen har låg permeabilitet det vill säga genomsläpplighet som leder i sin tur mot hög resistans mot kemiska angrepp (vid lågt VCT).
- Ljus yta som kräver mindre belysning (cirka 20 – 30% ljusare än asfalt).
- Betongen har stor formbarhet som gör det lättare att lösa komplicerade sektioner.

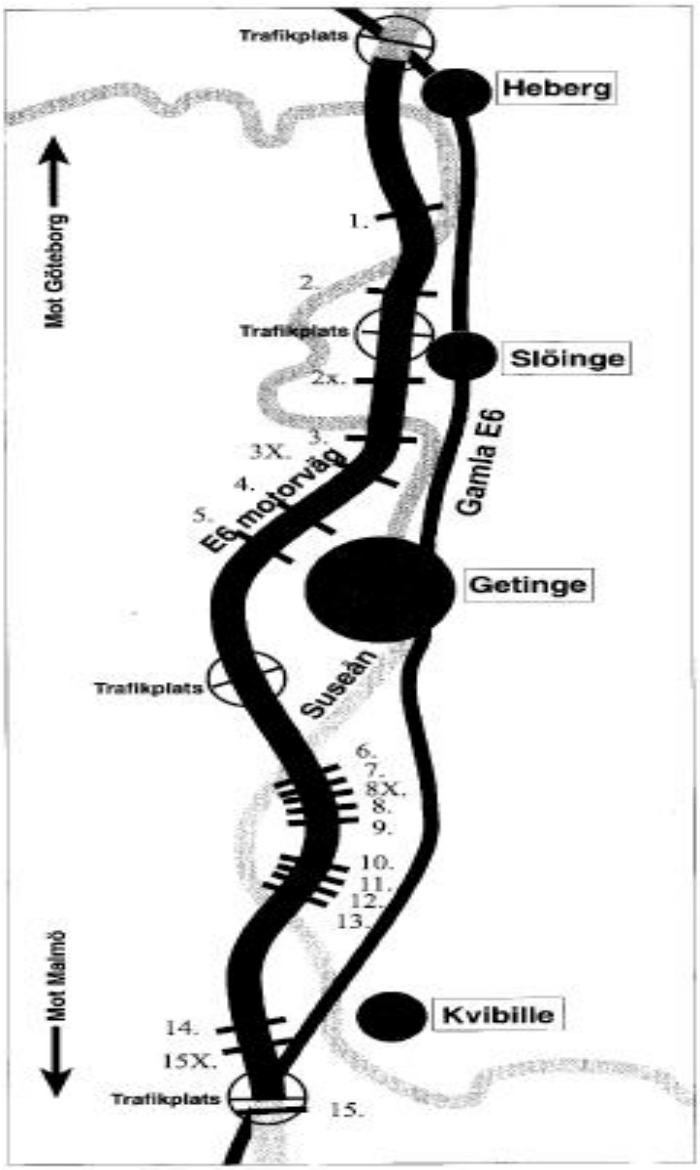
4.1. Permeabilitet

Betong betraktas som ett icke brännbart material. Vid en ihärdig brand är risken för spjälkning, framförallt för höghållfasthet betong, stor. Det beror på att ångan som bildas i den täta betongen får svårt att tränga ut. Även vid kemiska utsläpp på betong visar betongen på hög resistans då betong är såpass tät och dess kemiska sammansättning ger den en hög motståndskraft mot sådana olyckor (L Granhage 2007).

4.2. Friktion

Friktionen är som högst när vägen är ny men efter cirka ett till två år minskar den till ett normal värde som sedan varierar med årstiderna. Friktionen i betongbeläggningen är till större del beroende av ballasten storlek och vilken typ av sten som använts i vägytan. Mindre storlek på ballasten ger fler kontaktpunkter med däcket som leder till ett högre friktionsvärde. Mätningar som har gjorts på sträckan Fastarp – Heberg visar att betongbeläggningen har ett friktionsvärde som ligger runt 0,65 (M Löfsjögård 2003, sid.39).

Även valet av stentyp kan leda till problem som till exempel teststräckan 3x med porfyrsten (se figur 4.2,1). Friktionsmätningar på teststräckan med porfyrsten har visat att på hösten är friktionen väldig nära 0.5. Det har även uppmätts till under 0,5 gränsen under en av mätningarna vilket kan förklaras med att sommarens odubbade däck har polerat porfyren. 0,5 i friktionsvärde är den undre gränsen för vad kravet är enligt ATB Väg 2005. Under vinterhalvåret så ruggas ytan upp igen av dubbdäck till ett friktionsvärde strax under 0,7. Detta förlopp gäller även för asfaltsbeläggningar (L Wiman, H Carlsson, L Viman, B Hultqvist 2005, sid. 29)



Figur 4.2,1 *Teststräckornas läge (VTI Resultatrapport 7års uppföljning 2003, sid.16)*

5. Drift och underhåll

Det här kapitlet innehåller olika underhållsposter som uppkommer vid användandet av betongbeläggningen. Det som behandlas är spårbildning, sprickbildning, vägmarkeringar, skyltning, saltning och konsekvensen av störningen i trafiken av underhållet.

5.1. Spårbildning

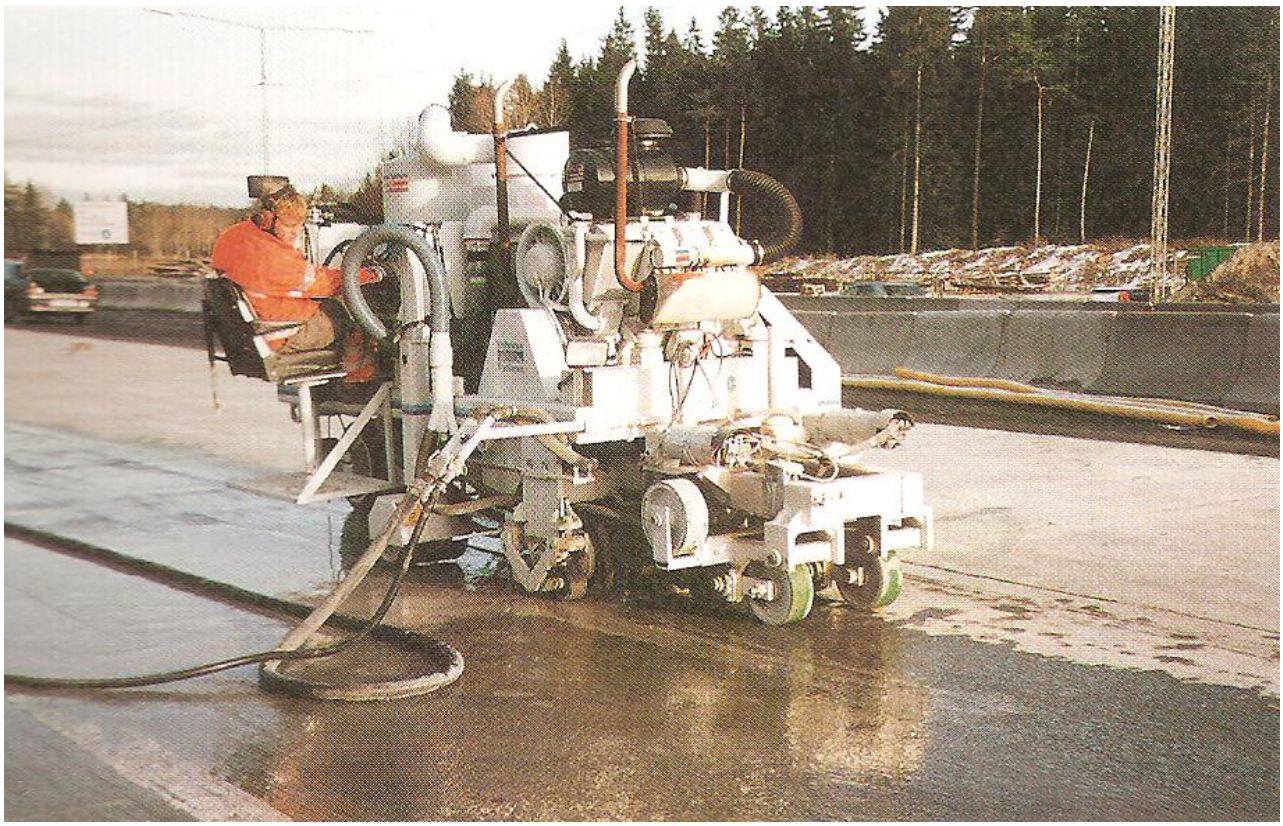
Spårbildning i betongbeläggningar uppkommer främst av dubbdäcksslitage från personbilar. Spårbildning på grund av frostskador i bärlagret och i betongbeläggningen kan uppstå men det är väldigt ovanligt.

Tung trafik på betongbeläggningar ger inte upphov till spårdeformationer. Detta kan förklaras med betongens egenskaper så som dess styvhet och lastspridande kapacitet. Spårbildningen påverkas mer av trafikintensitet, mängden dubbdäck, däcktyper, dubbtyper, klimat och hur trafiken kanaliseras på vägen. Även betongbeläggningens utförande och materialinnehåll är viktiga faktorer då de gäller spårbildning, det vill säga hur hård betongbeläggning är och hur hårt stenmaterialet är, har betydelse.

Slitaget på betongbeläggningar är som störst de två första åren efter det att vägen tas i bruk. Slitaget kan på dessa två år ge 1-3 mm spårdjup. Efter de två första åren ligger det årliga slitaget mellan 0.2 – 0.6 mm/år. Detta slitage gäller de så kallade moderna betongbeläggningarna som vi har i Sverige, det vill säga de betongbeläggningar som byggts efter år 1990. De gamla betongbeläggningar gjorda runt 1970 har ett årligt slitage på mellan 0.8 – 1.0 mm/år. Underlag för bedömning av spårslitage är VTI:s mätningar på provsträckor. Den redovisas i Bilaga 1.

Årligt slitage är mest beroende av vilken stensort som används, men också av storleken på stenen och betongens kvalitet. Används en stor stenstorlek så ger det mindre slitage. Att använda sig av en sten med hög kvalitet ger också mindre slitage, men en för hög kvalitet på stenen kan leda till polering av stenen, som i sin tur ger en lägre friktion mellan däcket och vägen (M Löfsjögård 2003, sid. 34-36).

För att underhåll betongytor mot spårbildning så finns det flera metoder, men den vanligaste är diamantslipning (se figur 5.1,1) eller tunnpågjutning.



Figur 5.1,1 *Diamantslipning av betongbeläggning (Svensk byggtjänst, Cementa 2002, sid.245).*

Den svenska ATB Väg 2005 säger att spårdjupet får maximalt vara 17 mm. Det skulle innebära att spårslitaget på betongvägen vid Fastarp inte behövs åtgärdas förrän om 30 - 76 år. Den stora tidsvariationen beror på att delsträckorna har varierande material och utförande. Vi har här räknat med de slitage som uppmätts på teststräckorna.

Att använda sig av 17 mm som maxgräns är diskutabelt, eftersom spårdjup på mer än 10 mm börjar påverka trafiksäkerheten. Med 10 mm som gräns skulle vägen på Fastarp delen, behöva slipas efter cirka 16 – 39 år. Enligt vissa så är det är dags att göra något åt spårbildningen då den överstiger 13 mm, vilket innebär att vägen behöver slipas om efter 22 – 53 år beroende på vilken teststräcka som studeras (ATB Väg 2005), (M Löfsjögård 2003, sid.39).

5.2. Mätning av spårbildning

Vid mätning av spårbildning på svenska vägar, finns det främst två olika tekniker, Primal och RST som tillämpas. Spårdjupet mäts tvärs mot vägen.

PRIMAL är namnet på ett av mätinstrumenten som används för kontroll av spårdjupet. Mätningen går till så att på sträckan som skall mätas väljs minst 9 tvärprofilslinjer. Dessa skall vara 4 m långa (se figur 5.2,1). Instrumentet som innehåller en laser förs över tvärprofilslinjen och mäter spårdjupet (L Wiman,H Carlsson, B-Å Hultqvist 2005, s.17).

Figur 5.2,1 *Mätning med PRIMAL- tekniken (Carlsson. B & B-Å. Hultqvist 2002).*

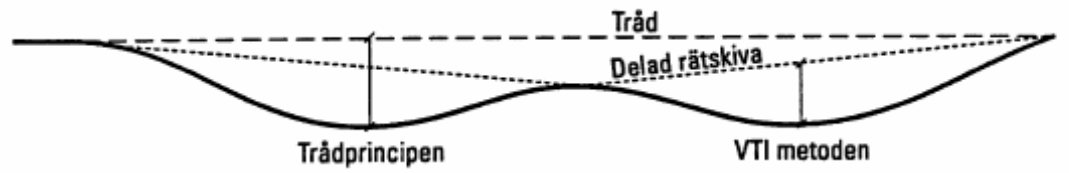
RST-bil är den andra metoden som används (se figur 5.2,2). Även denna metod använder sig av laser för mätningarna. Skillnaden är att mätningsutrustning sitter monterad på en bil som körs fram över vägsträckan. Det innebär att spårdjupet blir mätt över hela vägavsnittet med en bredd på 3,2 m (B-Å Hultqvist,B Carlsson 2002, s.10).

Figur 5.2,2 *RST-bil (B Carlsson & B-Å. Hultqvist 2002).*

Mätningen kan ske efter antingen Trådprincipen eller VTI-metoden:

Trådprincipen fungerar kortfattat som ett snöre som spänns över vägen och avståndet från snöret och ner till botten av spåren mäts (se figur 5.2,3).

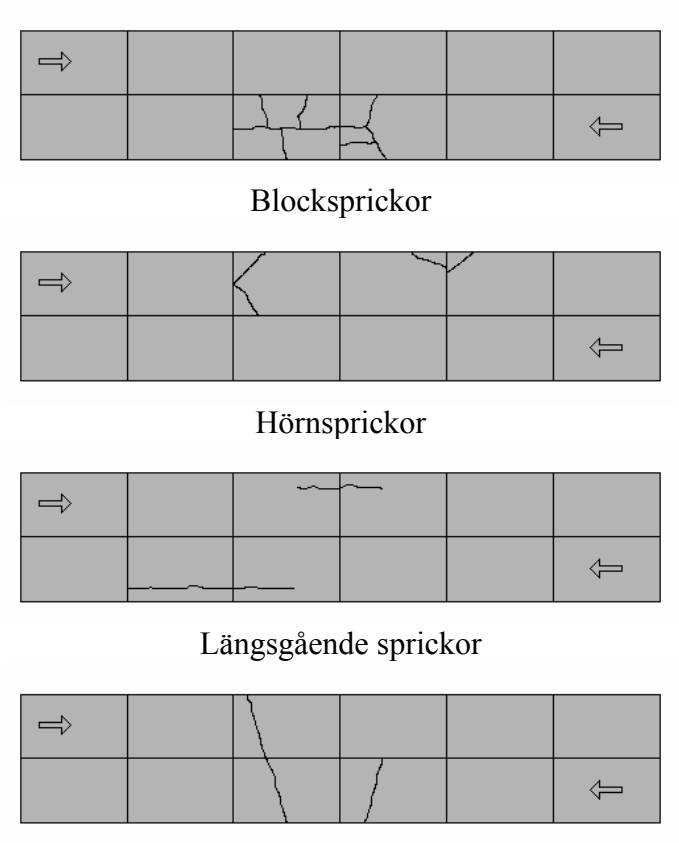
VTI-metoden innebär att mätningen sker med en delad rätskiva (se figur 5.2,3). En rätskiva läggs över ett spår i taget (B-Å Hultqvist,B Carlsson 2002, s.11)



Figur 5.2,3 *Trådprincipen repektive VTI-metoden (B Carlsson & B-Å. Hultqvist 2002).*

5.3. Sprickor

Det finns huvudsakligen fyra typer av sprickbildningar i betongbeläggningar: längsgående, tvärgående, hörn- samt blocksprickor. Dessa brukar uppstå på grund utav för sen sågning, för stort fogavstånd eller olämpligt fogutformning. Sättning kan också ge upphov till sprickor.



Figur 5.3,1 *Sprickbildning i betongytor (Svensk byggtjänst, Cementa 2002, sid.238).*

Åtgärder vid spricklagning kan vara tätning av sprickor, förankring av sprickan samt omgjutning av plattan. När dessa åtgärdas är väldigt varierande då varje spricka måste klassificeras efter hur farlig den är för konstruktionen. I värsta fall så kan det behöva göras en fulldjupsrepartion, det vill säga återställa blocket (Svensk byggtjänst, Cementa 2002, sid.238).

5.4. Vägmarkeringar

När det gäller vägmarkeringar på betongbeläggningar krävs det noggrannare metoder vid utförandet än vad som behövs vid vägmarkeringar på asfaltsvägar. Detta beror på att det är svårare att få massan, som används för att skapa markeringarna att fästa på betongbeläggningen (B-Å Hultqvist, S Åström, B Carlsson 2002, s.5).

Det har gjorts olika fält- och laboratorieundersökningar för att få fram ett bra material och en bra metod att använda. Vid fältprover visade det sig att termoplastmassor är lämpliga som markeringsmaterial. Dock uppstod det blåsor i materialet när det åldrades i laboratioreundersökningar. Detta kan bero på fukten som finns i betongen. Det kan också bero på så kallad tvålbildning, som skapas mellan betongytan och vägmarkeringen. Detta fenomen skapas av alkalier som oftast finns i cementen (B-Å Hultqvist, S Åström, B Carlsson 2002, s.24).

Figur 5.4,1 *Kantlinje med kammar på en betongväg (A Huvstig 2007).*

Vid fältundersökningarna visade det sig vara viktigt med ett förarbete av ytan som markeringarna skall fästas på. Det är till exempel lämpligt att rengöra ytan med stålborstning, fräsning eller högtryckstvättning (se figur 5.4,2). Ytan måste också vara torr och det kan även vara lämpligt att behandla ytan med en primer. Markeringsmassan skall läggas 3-4 mm tjock och det lämpar sig bättre att använda sig av en heldragen kantlinje utan kammar, eftersom kammarna lättare slits bort (se figur 5.4,1). Kammarna har dock en bra trafiksäkerhetsfunktion. Om en förare somnar och kör på kammarna så uppstår ett högt ljud som väcker föraren. Denna effekt går också att uppnå genom att fräsa, eller vid läggning av beläggningen skapa ett mönster i beläggningen, längs med

kantlinjens utsida. Mönstret håller bättre än kammar (B-Å Hultqvist, S Åström, B Carlsson 2002, s.24).

Figur 5.4,2 *Rengörning av ytan där vägmarkeringen skall fästas (B Carlsson & B-Å Hultqvist 2002).*

5.5. Störning

När det behöver utföras reparationer eller andra underhållsarbeten uppkommer det störningar i trafiken. Dessa störningar innebär att det blir köbildning eller att bilarna får köra en omväg. Det kan också uppkomma olyckor på grund av arbete på väg. Dessa omständigheter ger upphov till ökade samhällskostnader. Det går åt mer bränsle när bilarna behöver stå i kö eller köra en längre väg. Olyckor som uppstår kostar alltid pengar för samhället.

Kostnaden för en störning är lika stor oavsett om det är en betongväg eller en asfaltväg som berörs. Men skillnaden är att på en betongväg behövs inte reparationer eller underhållsarbeten utföras lika ofta, eftersom betongvägen nöts ner långsammare en asfaltväg. Den är också mer hållbar gentemot tjälskador och andra laster som kan förekomma på en väg.

5.6. Skyltning

Tvättning av vägskyltar vid betongbeläggningar har det inte gjorts någon större forskning om. Enligt Rune Nilsson som arbetar på Vägverket i region Väst går det lättare att rengöra skyltar som sitter vid betongbelagda vägar än skyltar vid asfaltsbelagda vägar. Orsaken är att asfaltspartiklar klibbar fast mot skyltens yta, mer än vad betongpartiklar gör. Det har även noterats att betongbeläggning av hög kvalitet utsöndrar mindre partiklar än vad asfaltbeläggningar gör vilket i sin tur ledder till färre partiklar som fastnar på skyltar (R Nilsson 2007), (M Löfsjögård 2003, Sid.50).

5.7. Saltning

Åtgången av tö-salt på betongbeläggning har visat sig vara lika stor som för asfaltbeläggningen. Detta beror på betongens egenskap att lagra kyla under vinterhalvåret samt värme under sommarhalvåret.

Detta medför att det behövs saltas mindre under början av vinterhalvåret då betongen håller sig varm. På vårkanten måste betongbeläggning saltas längre tid eftersom det tar längre tid för betongen att värmas upp. Summan av det hela är att betongbeläggning i Fastarp har samma åtgång av salt som motsvarande asfaltväg (R Nilsson 2007).

6. Miljö

Jordens resurser är begränsade och det gäller i högsta grad oljeprodukter som anses ta slut inom en snar framtid. Att använda vägmaterial som ger så liten total miljöbelastning som möjligt borde vara av prioritet för samhällets intresse. Betong består huvudsakligen av cement, som tillverkas av kalksten, sten, naturgrus och vatten.

Betongindustrin har länge dragits med höga emissioner från framställningen av cement. Under 1990-talet satsades mycket på att minska dessa, vilket lett till minskade utsläpp.

6.1. Återvinning av betong

Återvinningen av betong sker genom att materialet krossas ner till olika fraktioner och sedan används som ballast i ny betong eller som obundet material. De olika fraktionerna har olika lämplighet, där grövre fraktioner kan användas till ballast i nya betongbeläggningar. Finare fraktionerna kan användas till cementstabiliseringen av bärlager (V. Hellström & C. Svensson, 1995, sid. 2).

Egenskaperna hos krossad betong skiljer sig en del från traditionella ballastmaterial. Detta är främst på grund av den gamla cementpastan och kvaliteten hos ursprungsmaterialet.

Cementpastan har egenskaper som porös, låg densitet och hög absorptionsförmåga. Vid återvinning av betong, för produktion av ny betong, måste den gamla betongen först blötläggas. Detta görs för att den krossade betongen inte ska ta vatten från den nya betongen, som behöver vattnet för att kunna skapa ordentliga bindningar. Betong framställd av krossad betong behöver även mer cement för att binda till sig det krossade materialet.

Krossad betong har som kornegenskap att vara kantigt och ger stor ytråhet. Dock medför detta att krossad betongen är mer svårarbetad, men den stora vidhäftningen ger upphov till snabbare hållfasthetstillväxt. Sluthållfastheten och E-modulen är i allmänhet något lägre än för normalbetong, men värdena på krympning och krypning är vanligtvis mycket högre.

I Sverige finns det dock gott om bra ballast, så återvinning av betongvägar är idag inte ekonomiskt lönsamt. I framtiden kan det nog bli mer aktuellt, eftersom statens 16 miljömål påverkar stenindustrin mer och mer. Återvinning av betong ger alternativ till dagens ballastutvinning, som orsakar stor påverkan på naturen (V Hellström & C Svensson, 1995, sid. 2).

6.2. Bränsleförbrukning

När det gäller skillnaden i bränsleförbrukningen, för främst tunga fordon som färdas på betongbeläggningar respektive asfaltsvägar, råder det delade meningar. Det har gjorts undersökningar på flera olika håll i världen, men de olika undersökningarna har givit olika resultat. Detta beror på att det är mycket svårt att mäta skillnaden i bränsleförbrukning hos ett fordon som färdas på de respektive beläggningarna. Det beror helt enkelt på att det inte finns asfaltsbeläggning och betongbeläggning på exakt samma ställe. Det har också gjorts försök att räkna ut skillnaden men även dessa beräkningar har givit olika resultat.

I den här rapporten har vi valt att redovisa några olika mätningar och dess resultat.

6.2.1. IRF Paris 2001

IRF Paris 2001 var en internationell vägkongress som ägde rum i Paris 2001. Där gjordes det en sammanfattning av en Livscykelanalys (LCA) för asfalt- kontra betongbeläggningar. Det är ingen fullständig LCA utan den begränsas till ekonomi, energiförbrukning och utsläpp av växthusgaser. Den är sammansatt av material som kommer främst från kanadensiska ingenjörer. Det bör dock nämnas att dessa är anställda inom cementindustrin.

I rapporten jämförs asfalt- och betongbeläggningarna på följande sätt.

- Framtagning av råmaterial
- Bearbetning av råmaterial
- Produktion av beläggningsmaterial
- Läggning av ytskikt
- Användning av vägen, underhåll och reparation

(IRF 2001, s.2).

I detta avsnitt behandlas endast den delen som handlar om användandet av vägen.

Tunga fordon trycker ner en flexibel beläggning (asfalt). Detta medför att det skapas ett större rullmotstånd på en väg som har asfaltsbeläggning till skillnad från en väg med betongbeläggning. Detta större rullmotstånd skall övervinnas och innebär att det krävs mer energi, alltså större bränsleförbrukning hos fordonet.

Det har gjorts många olika mätningar och undersökningar, runt om i världen som behandlar bränsleförbrukning. En undersökning som gjorts av en forskare vid namn Zaniewski, visar att bränsleförbrukningen kan vara 20 % lägre på betongvägar än asfaltvägar (IRF 2001, s.7).

En annan undersökning om bränsleförbrukning gjordes i Kanada av National Research Council (NRC). Mätningar utfördes på tunga lastbilar som färdades runt om i Kanada under olika väderförhållanden. Lastbilarna färdades med samma utrusning och last på både asfalt- och betongbeläggningarna. Mätningarna utfördes flera gånger på en sträcka och på samma fordon med hjälp av datoriserad mätningsteknik. Dessa mätningar pågick i ett helt år. Informationen från mätningarna samlades sedan in och analyserades med hjälp av datorer (IRF 2001, s.7).

Resultatet visade att det fanns ett samband mellan bränsleförbrukningen och beläggningens temperatur. Detta samband användes för att skapa en modell för beläggningens reaktion vid tung trafik.

För de tre hastigheterna som användes vid mätningen framkom att bränsleförbrukningen på en betongbeläggning var lägre för samtliga tre hastigheter.

- 100 km/h resulterade i cirka 11 % lägre förbrukning.
- 75 km/h resulterade i cirka 8 % lägre förbrukning.
- 60 km/h resulterade i cirka 6 % lägre förbrukning.

Spec Manager™ 2.1 är ett dator program, som framtagits av Detroit Diesel, för att beräkna fordons bränsleförbrukning. Detta program tar hänsyn till vilken beläggning som ett fordon transporteras på genom olika fastställda faktorer. Dessa faktorer är beroende av rullmotståndet på vägen. För betongbeläggning är den 1,0 medans för kall asfalt är den 1,2 och för varm asfalt 1,5.

Vid beräkningar med detta program har resultatet visat 8-17 % lägre förbrukning på betongbeläggningar (IRF 2001, s.8).

Några beräkningar som gjorts i Sverige visar att det råder ett samband mellan friktionen och bränsleförbrukningen. I dessa beräkningar har det antagits att bränsleförbrukningen hos en lastbil, som färdas på en asfaltsväg med ett friktionsintervall av 0,50-0,59, är 0,35 l/km. På de moderna betongbeläggningarna, som finns i Sverige i dag, har det uppmäts en friktion på runt 0,65. Beräkningarna visade en minskning av bränsleförbrukningen på 0,7 % på grund av den ökade friktionen. Dessa beräkningar inkludera både personbilar och lastbilar med en fördelning 83/17, till skillnad från de undersökningar som redovisats tidigare i detta avsnitt. Där togs det bara hänsyn till bränsleförbrukningen hos tunga fordon (M Haraldsson 2003, s.35).

Vi har också utfört egna beräkningar på hur stora besparingar gällande samhällskostnaden det blir vid minskad bränsleförbrukningen. Se Bilaga 2. Vi har valt att räkna med en bränslebesparing på 1 %, ett värde som vi anser rimligt med hänsyn till ovan redovisade mätningar och beräkningar. Bränslekostnaden är utan skatt och vinstpåslag. Den är alltså konstant och tar inte hänsyn till prisökningar. Beräkningar omfattar endas tungafordon.

Indata.

Bränslebesparing:	1%
Bränslekostnad per liter:	3,5
Sträcka	13 km
Trafikökning år 1-10	6%
Trafikökning år 10-40	6%
Andel Tungtrafik	15%

Besparing: 140 kr/m under en 40 års period, vilket motsvara vägens livslängd.

6.3. Belysning

Betongbeläggning sägs ofta vara 20 – 30 % (CBI Nytt 2004 sid. 2) ljusare än asfaltsbeläggning (se figur 6.3,1). Det innebär att belysningen på en betongväg kan minskas med 20 -30 %. När det gäller tunnlar så kan belysningen minskas ytterligare.

Hur ljus en betongväg blir beror bland annat på färgen på ballasten och cementen. En annan faktor som påverkar är om ytan är torr eller våt. Betong- och asfaltsvägar är klassade i en skala efter hur ljus ytan är vid vått eller torrt tillstånd. Dimensioneringen av vägbelysning skall utföras för torr- och våt yta. För en torr yta är det beläggningens ljushet som är viktigast medan för våta ytor är det beläggningens spegling som är avgörande (M Löfsjögård 2003, sid.43).

Det krävs mindre belysning på torra betongbeläggningar, på grund av att betongbeläggning är ljus (M Löfsjögård 2003 sid 43). Betongbeläggningar är oftast mycket ljusa i början av sin livslängd se figur 6.3,1, men ljusheten mattas av med tiden. Men vid spårbildning på en betongväg så slits nytt material fram och därmed behålls ljusheten bättre i spåren än på övriga vägen.

När det dock gäller våta betongytor så råder det ovissheten om hur mycket ljus som reflekteras (M Löfsjögård 2003, sid 50).

Figur 6.3,1 *Betongbeläggning med asfalt på vägrenen visar kontrasterna mellan materialen (A Huvstig 2007).*

7. Kalkyljämförelse

Syftet med kalkylen är att få fram kostnader för byggandet och användande av de repektive beläggningarna. Det mest intresse med kakylen är att hitta en brytpunkt. Det vill säga en punkt där det är lönsamt att bygga betongväg istället för asfaltsväg. Denna punkt är i sådana fall beroende av årsdygnstrafik (ÅDT). Det har nämligen i många år lagts betongbeläggningar runt om i Europa, som har varit mer kostnadseffektiva än asfaltvägar. Dessa vägar har dock ofta en hög ÅDT mätt med svenska mått.

7.1. Kalkylräntan

Kalkylräntan används för att visa att en investering är lönsam. Det vill säga att den samhällekonomiska vinsten blir minst lika stor som kalkylräntan. Därför måste alltid samhällsekonomin medräknas vid beräkningar med kalkylränta.

Vägverket använder sig idag av en kalkylränta på 4 %. Värdet 4 % är dock inte utan diskussion där några menar att den är för låg och några för hög. Jämfört med andra länder så har Vägverket i snitt en låg kalkylränta (P Degerman, M Haraldsson 2003, sid.27).

I beräkningarna som följer nedan sätts kalkylräntan till 4 %.

7.2. Vägverkets kalkylmodell 2Ö

Vägverket har en kalkylmodell som kallas 2Ö. Denna modell är till för att kunna jämföra två olikas vägkonstruktioner med varandra, med avseende på samhällskostnader som uppstår under användarfasen av en väg. Det vill säga kostnader som uppstår på grund av underhåll.

Modellen är dock begränsad. Den tar inte hänsyn till faktorer som nedsmutsning och bullerstörning som orsakas av vägarbete. Även andra faktorer som olyckor, slitage, bränsleförbrukning, miljöutsläpp, buller med mera mellan reparationstillfällen tas inte heller upp i kalkylen. Att ta upp alla dessa samband i en kalkyl är väldigt komplicerat då många faktorer medverkar till totala samhällskostnaden (P. Degerman, M. Haraldsson 2003, sid.27). För kalkylberäkningar se Bilaga 3.

7.3. Byggnads- och underhållskostnader

Kalkylens indata är beräknad på sträcka E6 Fastarp - Heberg. Vi har räknat som om vägen skulle byggas i dag. Det vill säga med dagens priser och ÅDT. Sträckan som idag består av betong är 13km lång. För denna sträcka har vi gjort tre olika kalkyler. Dessa kalkyler jämför asfalt- och betongbeläggningen vid olika ÅDT under hela vägen livstid (40 år).

För att kunna hitta brytpunkten, för när det är ekonomiskt lönsamt att använda sig av betongbeläggningar, har vi valt att beräkna kostnaderna vid ÅDT 9 000, ÅDT 15 000 och ÅDT 20 000.

Både asfalt- och betongvägen beräknas ha en livstid på 40 år. Vi tittar bara på underhållet som behövs under denna tidsperiod. Vi tar alltså inte hänsyn till vilket skick vägen är i efter 40 år. Vi har inte heller räknat med någon linjemålning eftersom vi tror att kostnaden för detta blir samma för det båda beläggningstyperna.

Priserna avser 2007 års prisklass. De två olika vägkonstruktionerna är uppbyggda enligt figur 7.3.1,2 och figur 7.3.2,1. Beräkningarna innefattar byggande- och underhållskostnader. Dessutom har det i våra beräkningarna medtagits uppgifter om följande: restidskostnad, olyckkostnad, trafikutveckling och andel tungafordon.

7.3.1. Konstruktion 1, Oarmerad fogad betongbeläggning, BÖ

Följande avsnitt behandlar kostnader, gällande underhåll och byggnation av en betongväg. Dessa kostnader används vid beräkning av våra kalkyler. Kalkylerna finns i Bilaga 3.

Underhåll:

Med hänsyn till den befintliga betongvägen mellan Fastarp – Heberg har vi räknat ut att slitaget på en sådan väg ligger i snitt på ungefär 0,24 mm/år, se Bilaga 1. Vi antar att vägen slits lika mycket under hela sin livstid. Det innebär att vägen aldrig behövs slipas eftersom spårbildningen aldrig överstiger 15 mm, som är kravet enligt ATB väg.

Det underhåll som behövs är byte av foglister vart femtonde år. Kostnaderna för bytet är 5 kr/m^2 betongväg. Det bör dock nämnas att foglisterna i vänster körfält (K2) inte behövs bytas så ofta som de i höger körfält (K1).

Prisuppgifterna för foglisterna kommer från Ulf Öster på HauCon Sverige AB.

Byggande:

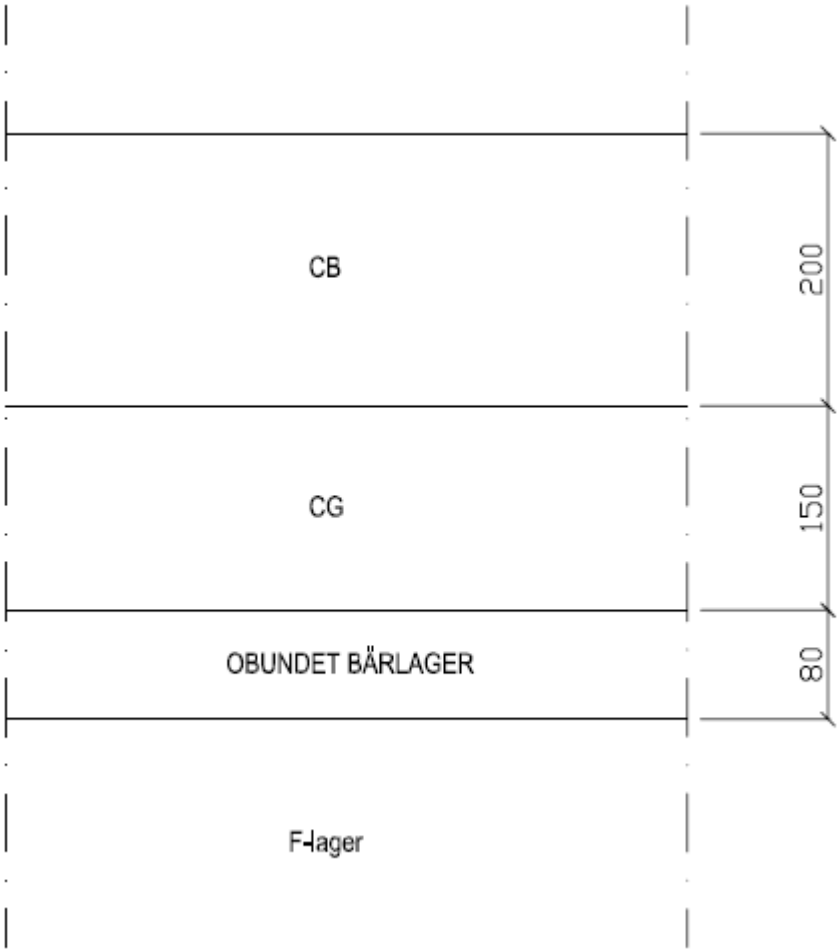
Betongslitlagret läggs i två lager med två glidformsläggare som går efter varandra. I det understa lagret används en stensort som finns i närheten av arbetsområdet. I det översta används en mera slitstark stensort som måste fraktas till området. I priset ingår även dymlingar, friläggning av ballast, sågning och foglist.

När det gäller det bundna bärlagret så använder vi oss cementstabiliserat grus (CG). CG kan läggas ut på olika sätt. Vi har valt att använda oss av två varianter, platsblandning och utläggning med läggare.

Platsblandning (se figur 7.3.1,1) innebär att cement, ballast och vatten sprids ut på varandra och sedan blandas ihop med en slags fräs. Denna teknik gör dock att det bundna lagret kan få olika struktur på undersidan. Lagret kan helt enkelt bli lite tunnare på vissa ställen. Det medför att sprickor kan uppstå på oönskade ställen och därmed också fortplanta sig upp i vägbanan. För att förhindra detta använder vi en geotextilduk som placeras mellan det bundna lagret och slitlagret. Duken minskar vidhäftningen mellan lagren och därmed förhindrar den också att sprickor fortplantar sig upp i slitlagret.

Figur 7.3.1,1 *Platsblandning av CG (B Carlsson & B-Å. Hultqvist 2002).*

Utläggning av CG med glidformsläggare innebär att CG blandas på fabrik och tippas sedan framför läggaren. Denna metod skapar ett jämnare CG lager och det behövs därmed ingen duk mellan det bundna lagret och slitlagret. Det är dock en dyrare metod än platsblandning.



Figur 7.3.1,2 *Uppbyggnad av Konstruktion 1, Oarmerad fogad betongbeläggning, BÖ (L Lundberg 2007)*

Betongkonstruktion, material och utförande priser för de lagertjocklekar enlig figur 7.3.1,2.

Slitlager CB:	296 kr/m^2	
Bundet bärlager CG:	140 kr/m^2	Vid utläggning med läggare
	80 kr/m^2	Platsblandning
Geotextil	10 kr/m^2	
SUMMA:	436 kr/m^2	Vid utläggning med läggare
	386 kr/m^2	Platsblandning

Priserna kommer från Stig Jansson på Cementa AB och Ove Ekman på Vägverket region Mälardalen.

7.3.2. Konstruktion 2, Asfaltsbeläggning, GBÖ

Följande avsnitt behandlar kostnader, gällande underhåll och byggande av en asfaltsväg. Dessa kostnader används vid beräkning av våra kalkyler. Kalkylerna finns i Bilaga 3.

Underhåll:

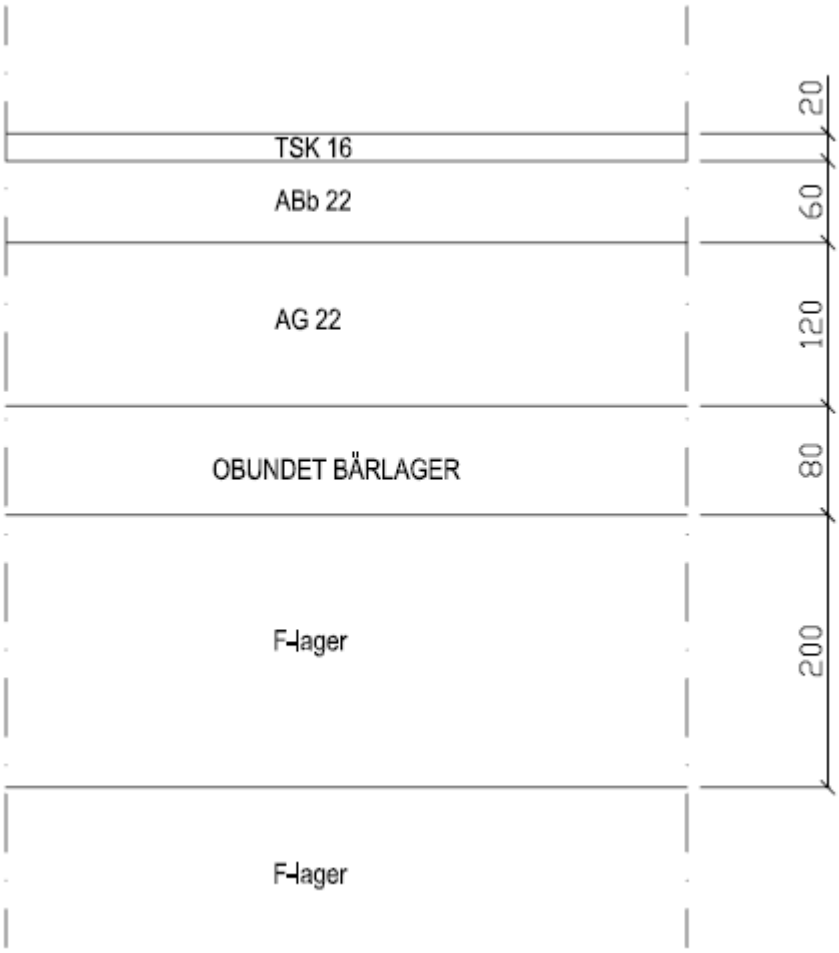
När det gäller slitaget på asfaltsbeläggningar så har vi dels tittat på de sträckor som lades samtidigt som betongvägen på Fastarp – Heberg projektet. Vi har också tittat på några vägsträckor runt om Göteborg för att kunna få en uppfattning om hur asfaltsbeläggningar slits vid högre ÅDT.

Vi har kommit fram till att följande underhåll behövs för denna konstruktion.

År		Kostnad
13	Fräsning av K1 och nytt tunnskikts lager (TSK).	37 kr/m^2
20	Fräsning av K2 och nytt TSK lager.	38 kr/m^2
23	Fräsning av K1 och nytt TSK lager.	37 kr/m^2
33	Fräsning av K1 och nytt TSK lager.	37 kr/m^2

Byggande:

Asfalten läggs med en asfaltsläggare och vältas sedan (se figur 7.3.2,2).
Kostnade för det extra tjocka förstärkningslagret (F-lager) räknas med. Vid en asfaltbeläggning krävs det ett tjockare F-lager för att asfaltsbeläggningen skall kunna bära lika stor last som en betongbeläggning. Asfaltsbeläggningen har ett 200 mm tjockare F-lager (se figur 7.3.2,1). Detta gäller för klimatzon 1. I denna zon ligger Fastarp - Heberg sträckan.



Figur 7.3.2,1 *Uppbyggnad av Konstruktion 2, Asfaltsbeläggning, GBÖ*

Figur 7.3.2,2 *Utläggning av asfalt med asfaltläggare och vält (Lundberg.L 2007)*

Asfaltskonstruktion, material och utförande priser för lagertjocklekar enlig Figur 7.3.2,1

TSK 16:	40 kr/m^2		
ABb 16:	80 kr/m^2		
AG 22:	180 kr/m^2	AG 22:	140 kr/m^2 (Billigare)
F-lager:	40 kr/m^2		
SUMMA:	340 kr/m^2		300 kr/m^2

Eftersom priserna på AG variera så har vi valt att ta med två olika priser.
Priserna på materialet till asfaltskonstruktionen respektive underhåll av asfaltbeläggningen kommer från rapporten Jämförelse mellan asfalt- och betongbeläggningar, fördjupning mot asfalt (Jonas Borg och Emanuel Dagefors, 2007)

7.4. Resultat

Våra beräkningar ger hur underhållskostnaderna varierar med ÅDT för asfalt- respektive betongbeläggning. Detta redovisas i ett diagram (se figur 7.4,1). Kostnaderna är beräknade med nuvärdesmetoden och innefattar de samhällskostnader som vi tidigare har nämnt.

Vi har också beräknat summan av underhållskostnader och anläggningskostnader för asfalt- och betongbeläggning. För betongbeläggningen har vi beräknat kostnader både för CG utlagd med läggare och det något billigare alternativet med platsblandad CG. När det gäller kostnaderna för asfaltsbeläggningen så har vi också använt oss av två olika prisalternativ. Detta beror på att vi fick så olika prisuppgifter på AG. Vi har valt att jämföra den dyrare betongbeläggningen med den dyrare asfaltsbeläggningen och den billigare betongbeläggningen med den billigare asfaltsbeläggningen. Detta redovisas i två diagram se figur 7.4,2 och 7.4,3.

Diagrammet i figur 7.4,2 innefattar de dyrare beläggningarna. I starpunkten kan skillnaden i anläggningskostnad utläsas till 96 kr/m^2. Anläggningskostnaden är i våra beräkningar konstant och påverkas därmed inte av olika ÅDT. För detta alternativ finns brytpunkten vid 13 000 ÅDT.

Diagrammet i figur 7.4,3 innefattar de billigare beläggningarna. Här är skillnaden i anläggningskostnad 86 kr/m^2. Det ger att brytpunkten finns vid 12 500 ÅDT, alltså något lägre.

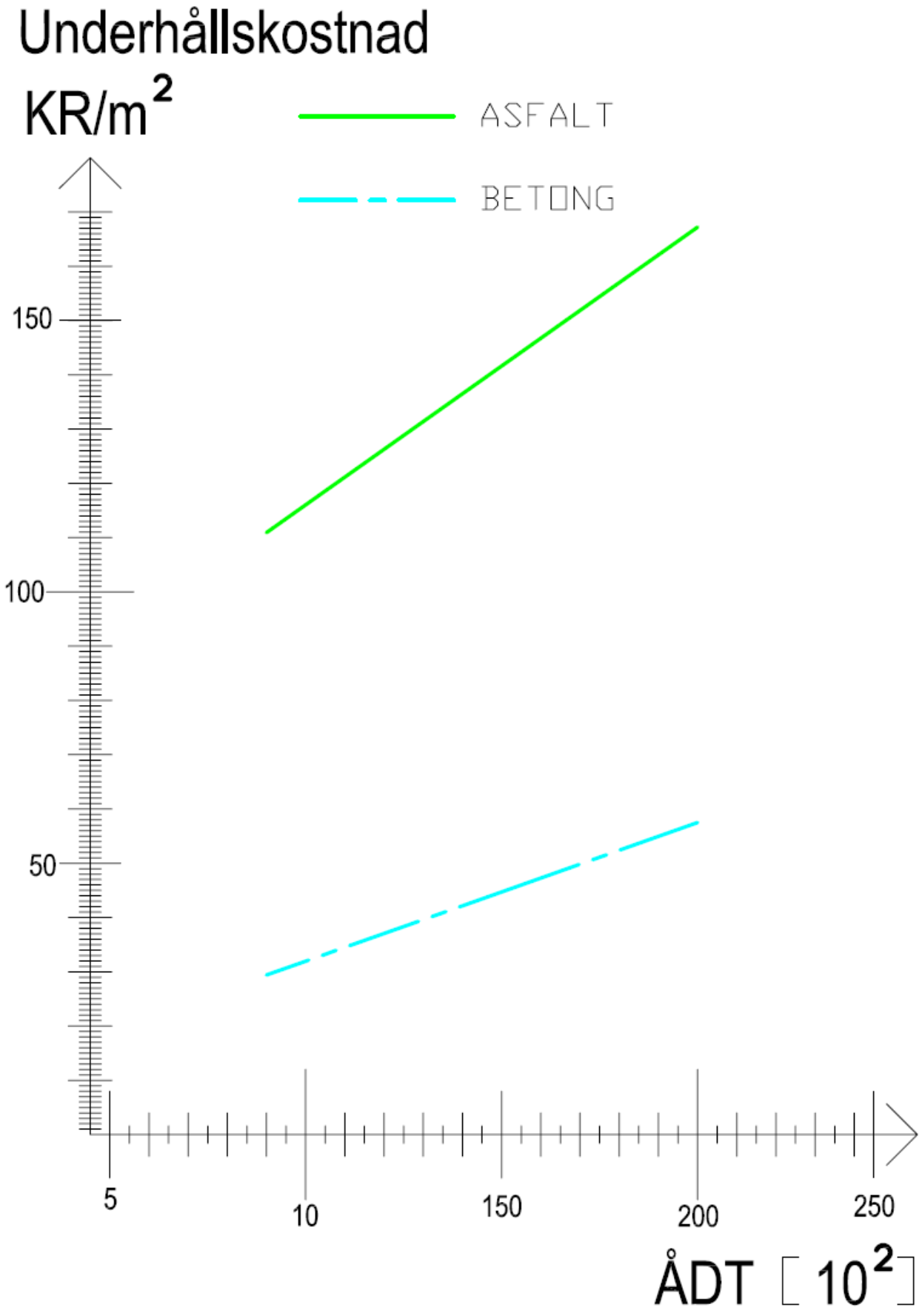


Diagram 7.4,1 *Underhållskostnader för asfalt- respektive betongbeläggningarna vid olika ÅDT.*

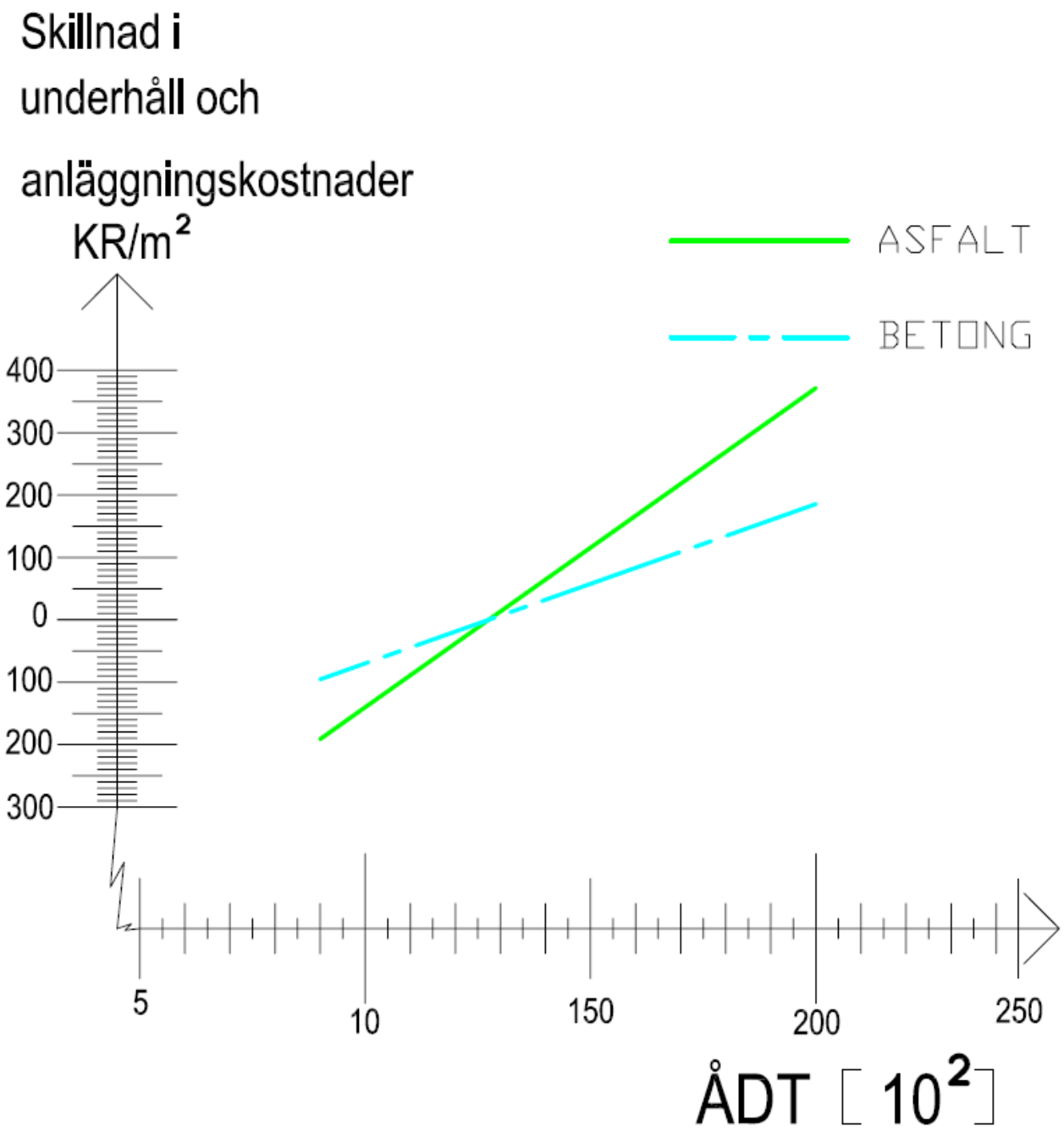


Diagram 7.4,2 *Jämförelse, med avseende på anläggnings- och underhålskostnader, mellan asfalt- och betongbeläggningar vid olika ÅDT (L Lundberg 2007).*

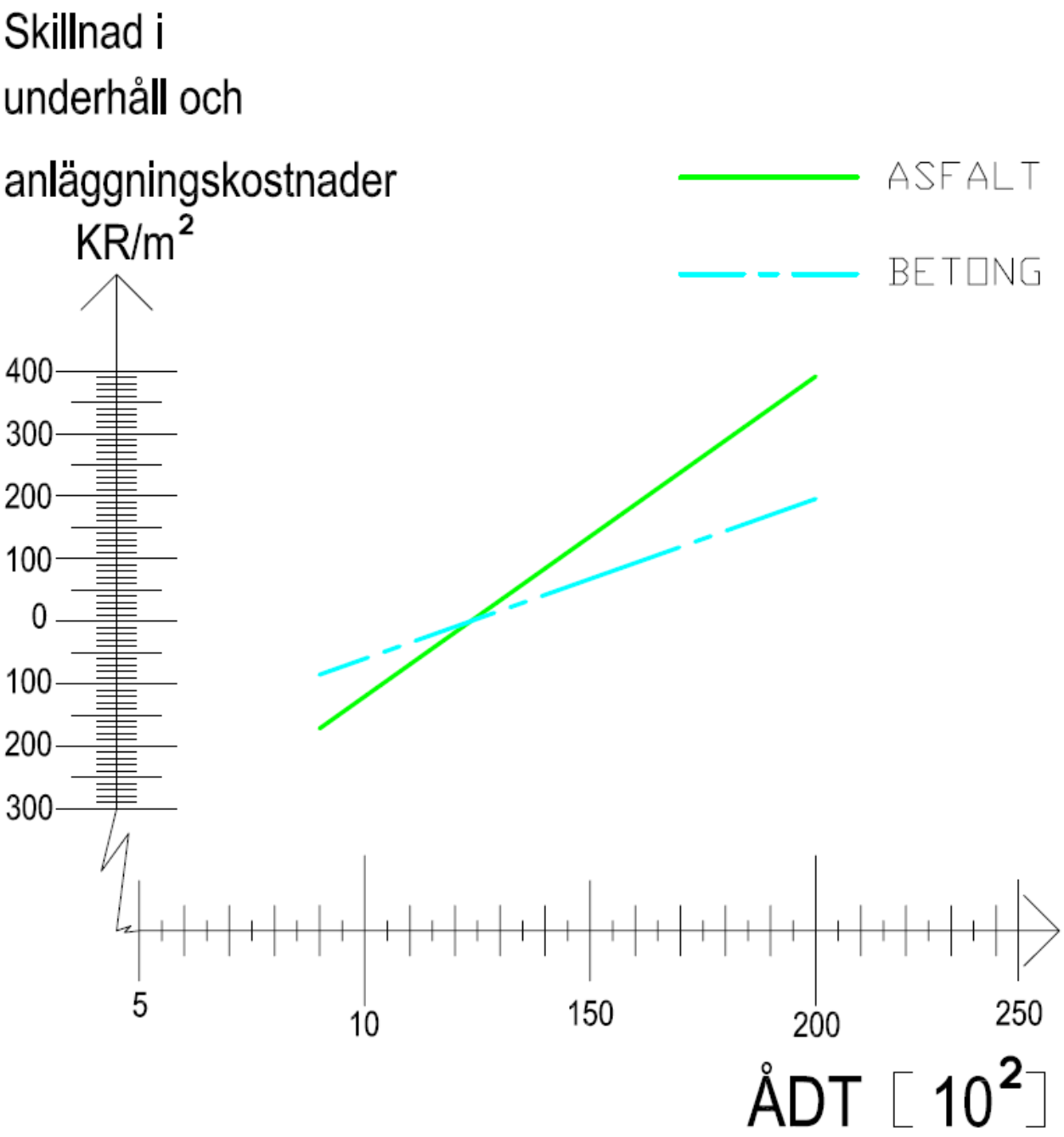


Diagram 7.4,2 *Jämförelse, med avseende på anläggnings- och underhålskostnader, mellan asfalt- och betongbeläggningar vid olika ÅDT. Billigare AG och platsblandad CG (L Lundberg 2007).*

8. Kombinerade beläggningar

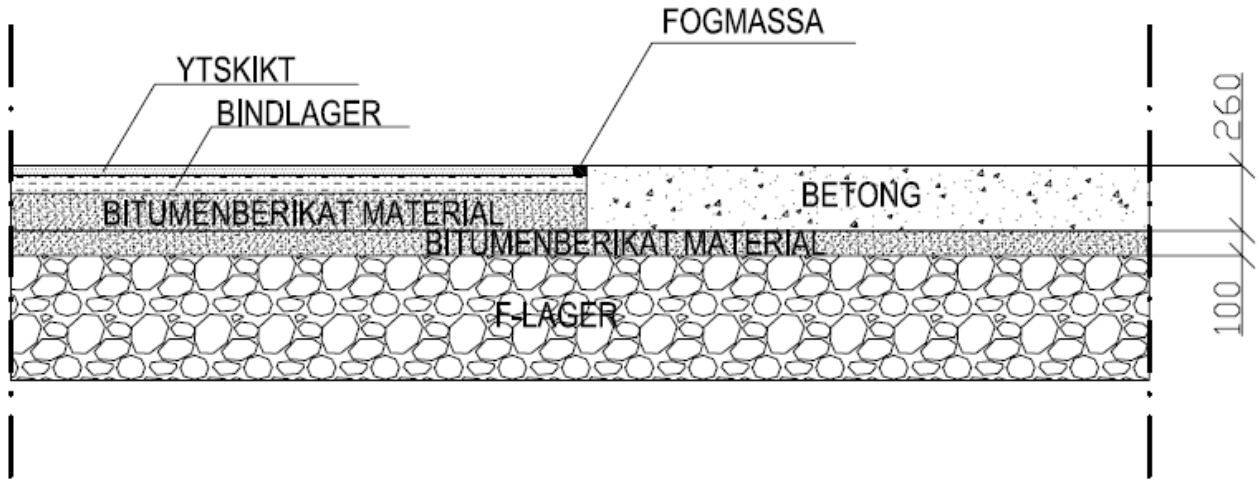
En intressant konstruktion på en väg med flera körfält är att ha det högra körfältet (K1) i betong och det vänstra (K2) i asfalt (se figur 8,1). Denna konstruktion har många fördelar, främst när det gäller spårbildning. Eftersom det är den tunga trafiken som ger upphov till deformationer i asfaltsvägar och att denna fordonstyp till störst del färdas i K1, är det lämpligt att använda betongbeläggning i detta körfält. K2 kan då beläggas med en asfaltkonstruktion som inte behöver vara så tjock eftersom det inte färdas så mycket tung trafik där.

Figur 8,1 *Kombinerade beläggningar med betong längst till höger (B Jannicke 2007).*

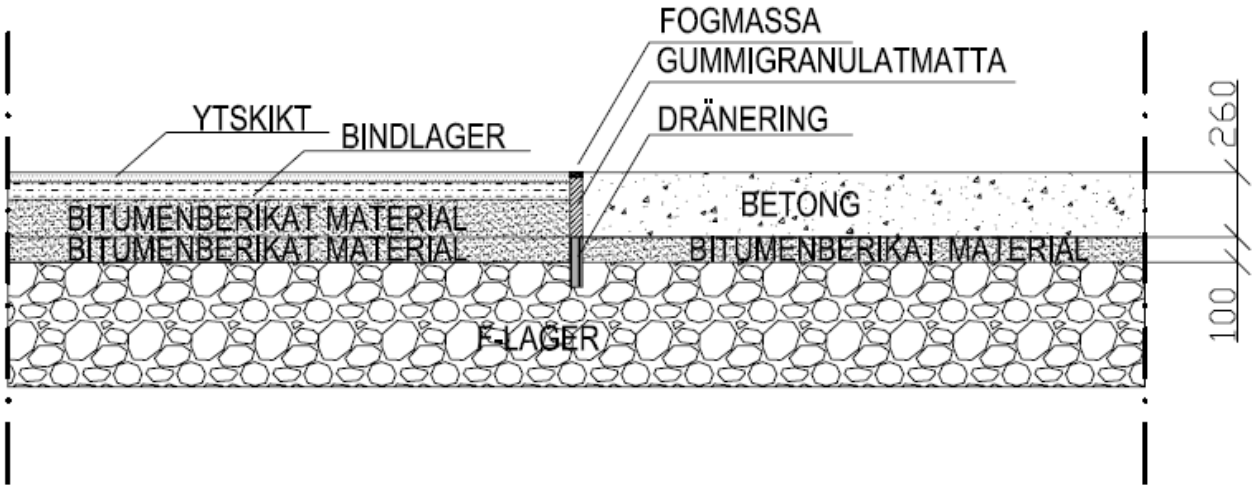
Eftersom det inte finns några kombinerade beläggningar i Sverige, så fick vi samla in material från Tyskland. I delstaten Nordrhein-Westfalen finns det många vägar som består av kombinerade beläggningar.

Konstruktionen med pressfog (se figur 8,2) är dock inte att föredra, eftersom den ger upphov till vattenpumpning. Vattenpumpning (se figur 8,4) medför att materialet under betongbeläggningen pumpas ut genom fogarna och det gör därmed möjligt för betongplattan att vicka. Det bör även nämnas att lagertjocklekarna är större i Tyskland eftersom de har större ÅDT på vägarna än vad vi har i Sverige.

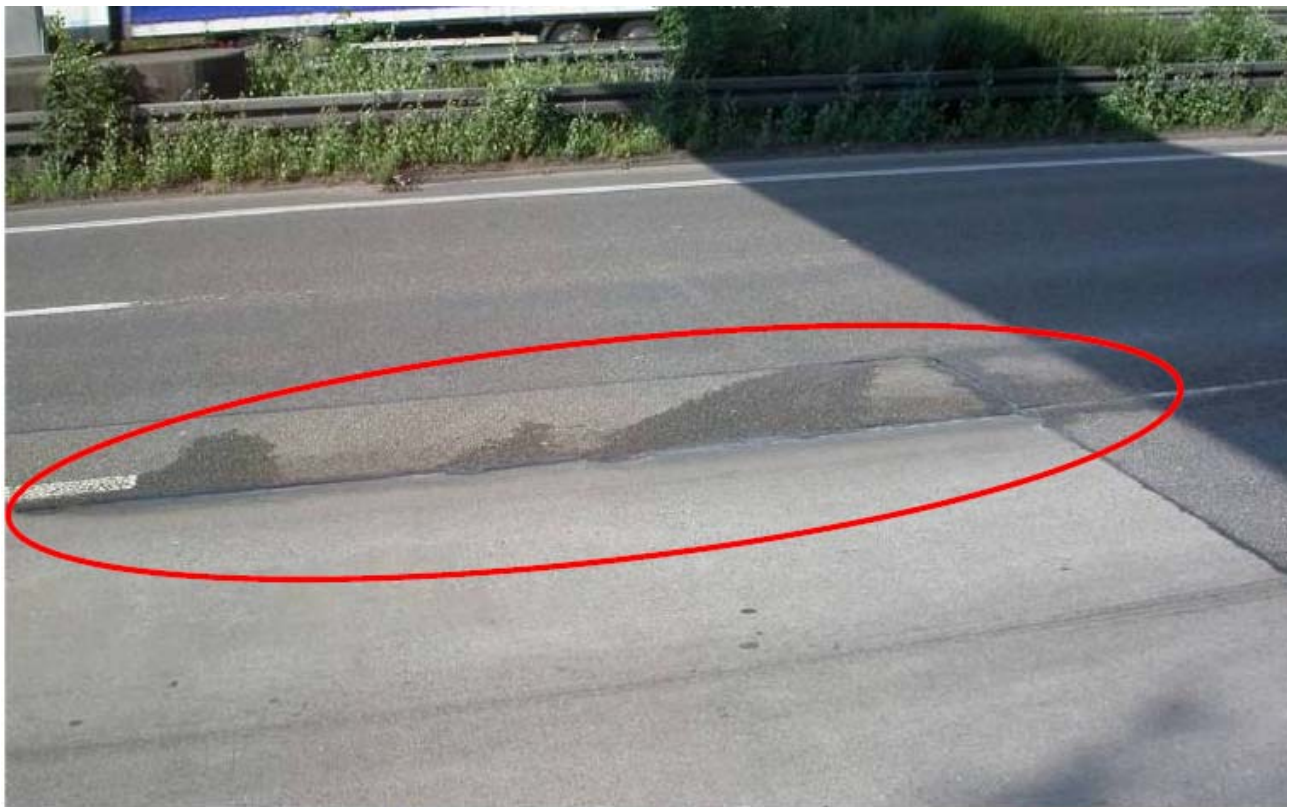
Tre olika konstruktioner behandlas. De är alla uppbyggda med ett förstärkningslager i botten. Ovanpå detta lager ligger ett bitumenberikat material, som täcker hela vägens bredd. Därefter följer ett betongslitlager i K1. I K2 finns ytterligare ett bitumenberikat lager. Det näst översta lagret i K2 är ett bitumenbindlager och överst ligger ett ytskikt av asfalt (se figur 8,2). Alla tre konstruktionera ser ut på liknande sätt. Det som skiljer dem åt är de olika fogarna mellan K1 och K2. En fog har vi redan nämnt. De två övriga fogarna är dränerande fogar (Se figur 8,3 och figur 8,5), (B Jannicke 2007).



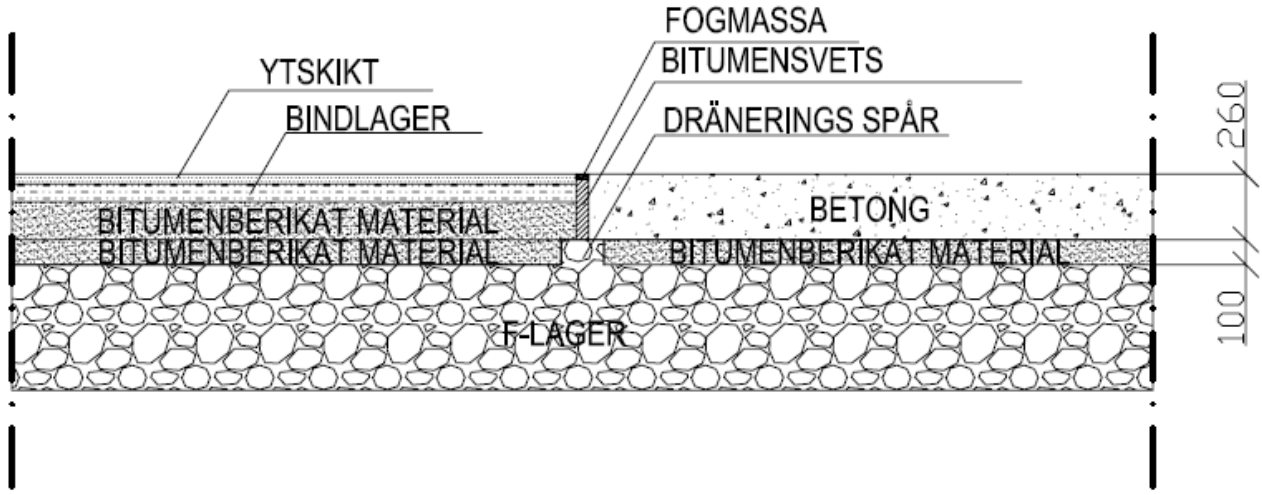
Figur 8,2 *Uppbyggnad av kombinerad beläggning med pressfog (B Jannicke 2007).*



Figur 8,3 *Uppbyggnad av kombineradebeläggning med dräneringsfog bestående av gummigranulatmatta (B Jannicke 2007).*



Figur 8,4 *Vattenpumpning i fogen mellan asfalt- och betongbeläggningen (B Jannicke 2007).*



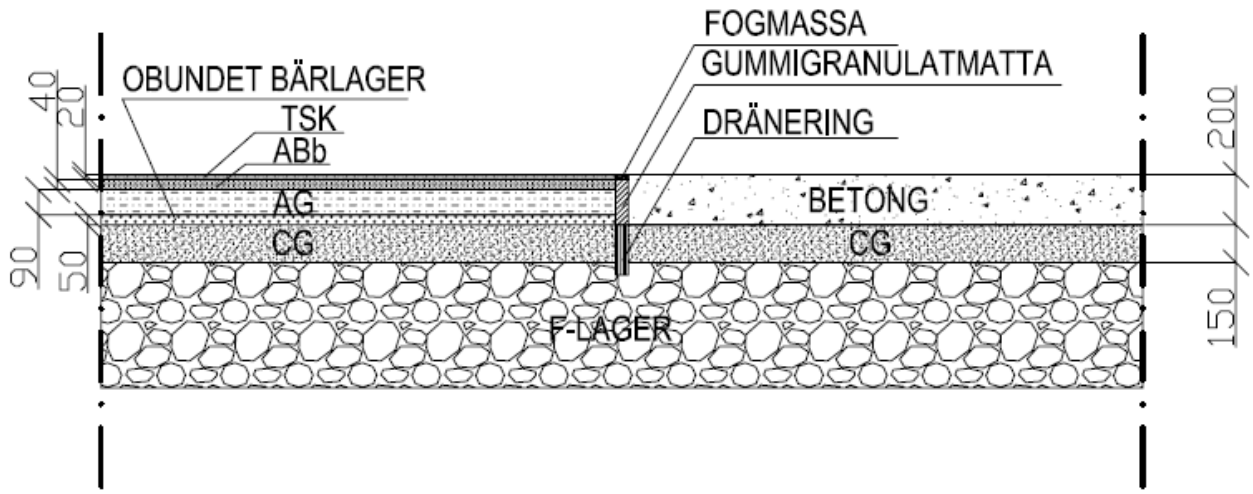
Figur 8,5 *Uppbyggnad av kombineradebeläggning med dräneringsspår och bitumensvets (B Jannicke 2007).*

8.1. Konstruktionsförslag

Vi har använt oss av material från Strassen NRW i Tyskland för att skapa en alternativ konstruktion av en kombinerad beläggning för svenska förhållanden.

En kombinerad konstruktion blir främst billigare att underhåll än konstruktioner med asfalt- eller betongbeläggning i båda körfälten. En konstruktion som skulle kunna passa för svenska vägar med ca 15 000 ÅDT, är den som visas i figur 8.1,1. K2 är dimensionerad med hjälp av PMS objekt (se bilaga 4) medan K1 är dimensionerad efter klass T 3,5 i ATB Väg. Det behöver byggas teststräckor med den föreslagna konstruktionen för att kunna utvärdera den mera noggrant.

Den huvudsakliga skillnaden mot de tyska konstruktionerna är lagertjocklekarna. Dessutom har vi lagt in ett obundet bärlager i K2. Vårt konstruktionsförslag visas i figur 8.1,1.



Figur 8.1,1 *Uppbyggnad av kombineradebeläggning för svenska förhållanden (L Lundberg2007).*

Priser för material och utförande i K2 enligt lagertjocklekar i figur 8.1,1.

Vid användning av AG i det understa lagret läggs den 100 mm tjock.

TSK:	40 kr/m^2			
ABb:	60 kr/m^2			
AG:	105 kr/m^2			
Obundet bärlager:	15 kr/m^2			
CG (Platsblandad):	80 kr/m^2	CG (Läggare):	140 kr/m^2	AG: 110 kr/m^2
SUMMA:	300 kr/m^2		360 kr/m^2	330 kr/m^2

Priserna på material till asfaltskonstruktionen kommer från rapporten Jämförelse mellan asfalt- och betongbeläggningar, fördjupning mot asfalt (Jonas Borg och Emanuel Dagefors, 2007).

Den totala byggnadskostnaden för en kombinerad konstruktion enligt figur 8.1,1 blir enligt nedan. Priserna gäller för en väg med två körfält i båda riktningar. Priserna för betongbeläggningen kommer från kapitel 7.3.1 och är inkluderade i följande uppgifter.

Kombinerad beläggning:

- med platsblandad CG under båda körfält: 343 kr/m^2
- beläggning med AG under båda körfält : 368 kr/m^2
- med CG under båda körfält, beläggs med läggare: 398 kr/m^2

Underhåll:

För att undehålla K1 som har betongbeläggning, behövs det göras två byten av foglisterna under vägens 40-åriga livslängd. I K2 behövs slitlagret bytas ut en gång under 40 år. Kostnaden för underhåll av en kombinerad beläggning enligt figur 8.1,1, med en ÅDT på 15 000 fordon, blir 62 kr/m^2. Kostnaden är uträknat med nuvärdesmetoden. Beräkningarna finns i Bilaga 5.

Sammanlagda samhällskostnader, underhållskostnader + den totala byggnadskostnaden.

Kombinerad beläggning:

- med platsblandad CG under båda körfält: 405 kr/m^2
- beläggning med AG under båda körfält : 430 kr/m^2
- med CG under båda körfält, beläggs med läggare: 460 kr/m^2

Dessa kostnader kan jämföras med den sammanlagda samhällskostnaden hos en asfalt- respektive betongbeläggning, vid ÅDT på 15 000 fordon. Det vill säga när båda körfälten har samma beläggning. (Se kapitel 7.3.1 och 7.3.2)

Betongbeläggning: 431 kr/m^2 (Platsblandad CG) 481 kr/m^2 (Vid utläggning med läggare)

Asfaltsbeläggning: 442 kr/m^2 (Billigare AG) 484 kr/m^2

Resultatet av denna jämförelse visar att två av de tre konstruktionerna av kombinerade beläggningar är billigare än asfalt- och betongbeläggning.

8.2. 2+1 Vägar

Konstruktionen skulle också vara lämplig att använda på de så kallade 2+1 vägarna, som blir allt vanligare i Sverige. Det skulle då vara lämpligt belägga de två yttre körfälten med betong, eftersom det är där den mesta trafiken finns och framförallt den tunga trafiken. Omkörningsfältet skulle kunna beläggas med asfalt, som då kan vara lite tunnare, eftersom den inte blir så hårt belastad.

Figur 8.2,1 *En så kallad 2+1 väg (L Lundberg 2007).*

9. Sammanfattning

Den här rapporten behandlar olika vägbeläggningars konstruktion, arbetsutförande och underhåll på ett övergripande sätt. Den behandlar även hur betongbeläggningar påverkar miljön, som är ett allt viktigare område att ta hänsyn till i dag. Rapporten redogör för de vanligaste konstruktioner av betongbeläggningar som förekommer i världen. Den går dock in djupare på konstruktionen oarmerade fogade betongbeläggningar, eftersom det är den vanligast typ av betongväg i Sverige. Den är också enligt våra uppfattningar den konstruktion av betongväg som lämpar sig bäst för de rådande klimatförhållandena i Sverige.

När det gällde att samla in fakta och information om betongbeläggningar, trodde vi att det skulle bli svårt, eftersom det finns så få sträckor i Sverige som har betongbeläggning. Men det visade sig att det fanns en hel del material om de betongbeläggningar som finns i Sverige och dessutom fanns det en del forskningsmaterial generellt om betongbeläggningar. Vi hittade också mycket material från Tyskland och USA där betongbeläggningar är betydligt vanligare. Det var lustigt nog svårare att få information och prisuppgifter om asfaltsbeläggningar. Vi trodde att det skulle finnas mycket material om slitage och underhåll gällande asfaltsvägarna i Sverige, med tanke på att det har funnits asfaltsvägar sedan länge i vårt land.

Huvuddelen i den här rapporten består av att göra en jämförelse mellan asfalt- och betongbeläggningar. Vi bestämde oss för att använda oss av Kalkylmodell 2Ö. Detta visade sig vara ett smidigt sätt att göra jämförelsen på. När vi väl hade fått in all fakta och data i kalkylen, så kunde vi skapa ett diagramblad. På diagrambladet gick det sedan lätt att utläsa vilken ÅDT som måste passeras för att det skall vara ekonomsikt lönsamt att anlägga betongvägar.

Det resultat som vi fick fram ur kalkylen tror vi speglar verkligheten bra. Naturligtvis finns det säker vissa skillnader på våra priser och de priser som kommer fram vid en upphandling. Eftersom det är så många olika faktorer som spelar in på det slutliga priset. Det vill säga att det enda sätt att få riktiga prisuppgifter är vid upphandling och genomförande av ett vägprojekt. Eftersom vår kalkyl är en jämförelse mellan beläggningarna och inte behandlar några totala kostnader för vägbyggande, så får vi trots allt fram en spegling av skillnaden mellan beläggningarna.

De två brytpunkterna som vi fick fram, 12 500 ÅDT och 13 000 ÅDT, är beroende av vilken av de två teknikerna som används vid byggande av en betongväg. Resultatet stämmer bra vid jämförelse med andra rapporter som gjorts för 10-15 år sedan. Det vill säga att vid jämförelse med dessa rapporter måste den stora prisökningen på bitumen, som skett de senaste 5- 10 åren, tilläggas. Priserna på cement har också ökat men inte alls så kraftigt. Resultatet av dessa prisförändringar har gjort att glappet, som fanns för 10-15 år sedan, mellan asfalt- och betongbeläggningar har minskat. Det innebär att brytpunkten har flyttats från 30 000-40 000 ÅDT ner till 12 500-13 000 ÅDT.

Kalkylen som vi använde oss av tog bara hänsyn till vissa faktorer som påverkar den totala samhällskostnaden. Något som vi har behandlat men inte tagit med i kalkylen är bränsleförbrukning. Bränsleförbrukningen är lägre på betongbeläggningar än asfaltsbeläggningar. Denna faktor bidrar till att sänka samhällskostnaderna för betongbeläggningar, vilket i sin tur sänker brytpunkten för när det är ekonomiskt lönsamt att bygga betongbeläggningar.

En viktig fråga är om det är bättre för samhället att använda sig av inhemska material vid vägbyggandet och på så sätt minska beroendet av import av råolja. Råoljepriserna är oftast väldigt skiftande men på något sätt är priset ständigt stigande. Dessutom minskar tillgången på råolja medans efterfrågan ökar i takt med att nya länder industrialiseras. Material till betongtillverkning finns i landet och ökad produktion skulle ge ökad sysselsättning. På så sätt stannar pengarna i landet vilket gynnar samhällsekonomin.

En konstruktion som är mycket lönsam framförallt sett till underhållskostnader är de kombinerade beläggningskonstruktionerna. För att få information om denna konstruktion fick vi vända oss till Tyskland, närmare bestämt delstaten Nordrhein-Westfalen. Där fick vi tag i vägingenjör Bernd Jannicke som arbetar på Strassen NRW. Resultatet av det material vi fick och de beräkningar som vi utförde gav oss kostnader för denna konstruktion. När vi slog ihop dessa kostnader visade det sig att den kombinerade beläggningen var billigare, i det flesta fall, än vägar belagda med enbart betong eller asfalt.

De priser som vi använde oss av vid beräkningarna av K1, alltså betongbeläggningen, är samma som vid betongbeläggning i båda körfält. Vid beläggning av båda körfält används en glidformsläggare som belägger båda körfält samtidigt (9 meter). Vid beläggning av endast ett körfält är det lämpligt att använda sig av en mindre glidformsläggare som bara lägger 4,5 meter brett. Vi bedömer att kostnaden per kvadratmeter blir likvärdig. Vi har inte tagit med vad det kostar att utföra fogen mellan asfalts- och betongkörbanan.

Vägar är en stor kostnad i vårt samhälle och därför är det viktigt att använda sig av så lönsamma konstruktioner som möjligt. I och med detta faktum tror vi att den kombinerade beläggningen kan och kommer att vara ett konkurrenskraftigt alternativ vid val av beläggningar i framtiden.

10. Referenser

10.1. Litteratur

Andersson, Roland (1992), *Betong handboken- Arbetutförande. Vägar och flygfält.* AB Svensk Byggtjänst och Cementa AB, Solna.

Carlsson, B & B-Å Hultqvist (2002), *Betongvägen vid Arlanda- Tillstånd efter 10 års trafik.* (Uppföljning av betongbeläggningar VTI notat 35-2002). Väg- och transportforskningsinstitutet. Linköping.

Carlsson, B, Hultqvist, B-Å & S Åström (2002), *Vägmarkering på betongbeläggning- Fältförsök på E20, delen Eskiltuna Arphus.* (Vägmarkering på betongbeläggning VTI notat 8-2002). Väg- och transportforskningsinstitutet. Linköping.

Haraldsson, Mattias (2003), *Ett livscykelkostnadsperspektiv på betongbeläggningars ytegenskaper*, Kommunalteknisk forskningsprogram. Lund.

Hellström, Victoria, Svensson Catharina (1995), *Betong i Kretsloppet – Återvinning av betongbeläggningar*, Byggnadskonstruktion KTH. Stockholm

Huvstig, Anders (2001), *Handbok för betongbeläggningar.* Specialistavdelningen Vägverket region Väst. Göteborg.

Jannicke.B (2007), Teil1, Beton-Asphalt-Fuge. Landesbetrieb Strassenbau Nordrhein-Westfalen. Deutschland.

Jannicke.B (2007), Teil2, Beton-Asphalt-Fuge. Landesbetrieb Strassenbau Nordrhein-Westfalen. Deutschland.

Löfsjögård, Malin (2003), *Functional properties of concrete roads – development of an optimisation model and studies on road lighting design an joint performance.* Department of Civil and Architectural Engineering KTH, Stockholm.

Per Degerman Mattias Haraldsson (2003), *Vägverket kalkyler vid val av överbyggnad –ett val med konsekvenser*, Företagsekonomiska institutionen ekonomi högskolan Lunds universitet, Lund.

Pontarollo, G & T Smith (2001), *A Life-Cycle Analysis Of The Environmental Impacts of Asphalt and Concrete Roads*. IRF World Road Congress. Paris.

Svensk Byggtjänst och Cementa (2002), *Handbok Betong på mark platsgjutna lösningar*, Ljungföretagen Tryckeri Ab. Örebro.

Söderqvist, Johan (2006), *Design of concrete pavements- Design Criteria for Plain and Lean Concrete.* Kungliga tekniska högskolan, Stockholm.

Ydrevik, Krister (2000), *Hållfasthetstillväxt hos ballast av krossad betong.* (VTI notat 69-2000). Väg- och transportforskningsinstitutet. Linköping.

Wilman Leif G, Carlsson Håkan, Viman Leif, Hultqvist Bengt-Åke (2005), *Porver med olika överbyggnadstyper Observationssträckor på väg E6, Fastarp – Heberg Resultatrapport efter 7 års uppföljning 1996-2003* (VTI notat 25-2005). Väg- och transportforskningsinstitutet. Linköping

10.2. Elektroniska källor

ATB Väg 2005.
http://www.vv.se/templates/page3____14328.aspx (8 mars 2007)

Cement och Betong institutet, Vägbelysning – inverkan av beläggningsmaterial
www.CBI.se/CBIn04-1.pdf (2 april 2007)

10.3. Muntliga källor

Ekaman, Ove, Telefon intervju, Vägverket region Mälardalen 23 April 2007 på Vägverket region Väst Göteborg.

Granhage, Leif, Personligt intervju, Chalmers tekniska högskolan instutitionen för Bygg och Miljöteknik. Stöd under våren 2007

Huvstig, Anders, Personligt intervju, Vägverket region Väst specialist stöd kontinuerligt genom arbetet våren 2007.

Jansson, Stig, Telefon intervju, Cementa Stockholm kontinuerligt genom arbetet våren 2007.

Nilsson, Rune, Telefon intervju, Vägverket region Väst halmstad 3 April 2007 på Vägverket region Väst Göteborg.

Öster, Ulf, Telefon intervju, HauCon Sverige AB, 25 Maj 2007

Bilaga 1. Slitagemätningar på provsträckor.

VTI Sju års uppföljning på betongbeläggningen E6 Fastarp – Heberg.
Tabellen visar slitaget på de olika teststräckorna för olika år.

Sträcka	1996 okt	1997 okt	1998 okt	1999 okt	2000 okt	2001 okt	2002 okt	2003 okt
Betongdel								
1 Btg 16	1,6	2,3	2,2	2,4	2,8	2,7	3,6	3,6
2 Btg 16	1,5	2,3	2,5	3,1	3,2	3,5	3,9	3,6
2X Btg 8	1,6	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,3	4,4
3 Btg 16	2,2	3,3	4,2	4,1	4,4	4,7	4,7	5,2
3X Btg porfyr	2,3	3,2	3,8	3,3	3,4	3,7	4,0	4,1
4 Arm btg 16	2,1	2,5	2,8	2,4	2,8	2,9	3,0	3,0
5 Arm btg 8	1,5	1,9	2,6	2,6	3,1	3,3	3,4	3,5
Asfaltdel								
6 Referens	2,7	6,2	6,8	8,1	9,2	10,9	11,4	12,4
7 Nät i AG	2,8	5,7	6,3	7,5	8,3	10,0	10,7	11,5
8X CBÖ	1,8	3,4	4,3	5,1	5,8	6,7	7,5	8,6
8 CBÖ	2,1	3,8	4,3	5,0	5,8	6,3	6,9	7,8
9 CBÖ	1,6	3,6	4,0	4,7	5,7	6,4	7,3	8,6
10 Referens	1,8	5,5	6,8	8,4	9,5	11,1	12,1	13,1
11 Nät på AG	3,8	6,2	6,9	8,8	9,8	10,1	11,5	11,8
12 Referens	2,7	5,9	6,6	8,6	9,3	10,3	11,3	11,8
13 FAS	1,8	3,4	4,6	5,5	6,2	6,8	7,4	8,4
14 FAS	4,7	6,7	7,3	8,7	9,7	10,2	11,1	11,9
15X Ref porfyr	3,1	5,0	6,8	7,9	8,8	9,8	10,1	10,8
15 Referens	2,3	6,5	7,7	9,3	10,2	11,4	12,7	13,4

Vid beräkning av spårdjup bortsåg vi från de första två årens spårdjup på sträckan 1, 2 och 3 vilket gav oss ett medelvärde på 0.24 mm per år.

Bilaga 2. Bränslebesparingsberäkningar

Indata.

Bränslebesparing:	1%
Bränslekostnad per liter:	3,5
Sträcka	13 km
Trafikökning år 1-10	6%
Trafikökning år 10-40	6%
Andel Tungtrafik	15%
Råoljepris	3,5 Kr / mil
kalkylränta	4 %
Bränslebesparing	1 %
Fastarp-Heberg	13 000 m

Trafikberäkningar

År	Total trafik	Tung trafik
1997	7250	1087,5
1998	7685	1152,8
1999	8146	1221,9
2000	8635	1295,2
2001	9153	1372,9
2002	9702	1455,3
2003	10284	1542,6
2004	10901	1635,2
2005	11555	1733,3
2006	12249	1837,3
2007	12984	1947,5
2008	13763	2064,4
2009	14588	2188,3
2010	15464	2319,6
2011	16392	2458,7
2012	17375	2606,3
2013	18418	2762,6
2014	19523	2928,4
2015	20694	3104,1
2016	21936	3290,3
2017	23252	3487,8
2018	24647	3697
2019	26126	3918,8
2020	27693	4154
2021	29355	4403,2
2022	31116	4667,4
2023	32983	4947,5
2024	34962	5244,3
2025	37060	5559
2026	39283	5892,5
2027	41640	6246
2028	44139	6620,8
2029	46787	7018,1
2030	49594	7439,1
2031	52570	7885,5
2032	55724	8358,6

2033	59068	8860,1
2034	62612	9391,7
2035	66368	9955,2
2036	70350	10553
2037	74571	11186
2038	79046	11857
2039	83788	12568
2040	88816	13322

Bränslebesparingsberäkningar

	Total åtgång [kr / m]	Kapitalvärde	Besparing [kr / m]
1997	139	209	2,09
1998	147	213	2,13
1999	156	216	2,16
2000	165	220	2,20
2001	175	224	2,24
2002	186	228	2,28
2003	197	232	2,32
2004	209	236	2,36
2005	221	240	2,40
2006	235	244	2,44
2007	249	249	2,49
2008	264	254	2,54
2009	280	258	2,58
2010	296	263	2,63
2011	314	268	2,68
2012	333	274	2,74
2013	353	279	2,79
2014	374	284	2,84
2015	397	290	2,90
2016	420	295	2,95
2017	446	301	3,01
2018	472	307	3,07
2019	501	313	3,13
2020	531	319	3,19
2021	563	325	3,25
2022	596	331	3,31
2023	632	337	3,37
2024	670	344	3,44
2025	710	351	3,51
2026	753	357	3,57
2027	798	364	3,64
2028	846	371	3,71
2029	897	378	3,78
2030	950	386	3,86
2031	1007	393	3,93
2032	1068	401	4,01
2033	1132	408	4,08
2034	1200	416	4,16
2035	1272	424	4,24
2036	1348	432	4,32
2037	1429	441	4,41
2038	1515	449	4,49

	2039	1606	458	4,58
	2040	1702	466	4,66
Summa			14050	**140**

Beräkningshjälpmedel

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

INDATA

Vägdata

Vägen vid användning

Väglängd	13	[km]
Vägtyp [MV,13 m, 9 m etc]	MV	
Slitlagerbredd	9	[m]
Skyltad hastighet	110	[km/h]
Skyltad hast vid vägarb	80	[km/h]

Ingångsparametrar

Livslängd	40	[år]
Ränta	4	[%]
Prisnivå [år]	2006	[år]
Öppningsår	2008	[år]
Klimatzon		
Tjälfarlighetsklass		
Materialtyp i terrass		
Jämnhetsklass		

Trafikdata

Trafik vid öppningstidpunkt

$ÅDT_{tot}$	9000	[fordon/dygn]
Andel vintertrafik		[%]
Andel dubbdäck	55	[%]
Andel Personbil	85	[%]
Andel Tung Lastbil	15	[%]

Trafikutveckling

1 - 10 år	4	[%]
10 -20 år	2	[%]
20 - 40 år	2	[%]

Fördelning i körfält

K1	90	[%]
K2	10	[%]

Trafikklassberäkning

VÄG 94 3.4.1.1 A	15	[%]
VÄG 94 3.4.1.1 B	1,3	

Konstruktionstyp

Konstruktion 1	BÖ	[Text]
Konstruktion 2	GBÖ	[Text]

Trafikkostnader

Restidskostnad

Personbil	96	[kr/ftim]
Lastbil	223	[kr/ftim]
Vägarbetslängd	5	[km]

Olyckskostnad

Olyckskvot vid Vägarbete	0,56	[ol/Mfkm]
Kostnad för olycka	1500000	[kr/ol]

Beräkningar

Annuitetsfaktor	19,79	
Väghyra Pb	1,64	[kr/fordon]
Väghyra Lb	3,80	[kr/fordon]
Passage av vägarb	0,0170	[tim]

Ex: GBÖ, BBÖ, BÖ, CBÖ, GÖ etc
Ex: GBÖ, BBÖ, BÖ, CBÖ, GÖ etc

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Beskrivning av konstruktionerna

Konstruktion 1

Namn:
BÖ

	Typ	Tjocklek [mm]
Slitlager	CB	200
Lager 2	CG	150
Lager 3		
Lager 4		
Lager 5		
Lager 6		
Lager 7		
Lager 8		
Summa		350

Konstruktion 2

Namn:
GBÖ

	Typ	Tjocklek [mm]
Slitlager	TSK16	20
Lager 2	ABb22	60
Lager 3	AG22	120
Lager 4	F-Lager	200
Lager 5		
Lager 6		
Lager 7		
Lager 8		
Summa		400

Färgkoder på detta blad

Uppgifter som ej används i beräkningarna	Beräkningsceller
	Indataceller [obligatoriskt]

Underhåll av BÖ Exklusive samhällskostnader

	Resultatfält cellerna låsta
	Indatafält, cellerna öppna
	Beräkningsfält, cellerna låsta
	Speglingsfält, cellerna låsta

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [m,m^2,m^3]	Tidsåtg. [skift]	År	Utan samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m^2]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m^2]	Årskostnad över livslängd [kr/år]	Årskostnad över livslängd [kr/år,m^2]
Omfogning tvärgående	6	16000	234000	15	15	1 404 000	6	779 591	3,33	39 388	0,17
Omfogning alla fogar	10	16000	234000	15	30	2 340 000	10	721 466	3,08	36 451	0,16
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE						-	-	-	-	-	-
					Summa	3 744 000	16	1 501 057	6,41	75 839	0,32

ÅDT 9 000

Underhåll av BÖ Inklusive samhällskostnader

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [enhet]	Tidsåtg. [skift]	År	Inklusive samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m²]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m²]	Årskostnad över livslängden [kr/år]	Årskostnad över livslängden [kr/år,m²]
Omfogning tvärgående	6	16 000	234000	15	15	4 174 926	29,68	2 318 188	16,48	117 123	0,83
Omfogning alla fogar	10	16 000	234000	15	30	6 069 301	41,87	1 871 279	12,91	94 544	0,65
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE				-		-	-	-	-	-	-
					Summa	10 244 227	71,56	4 189 467	29,39	211 666	1,49

ÅDT 9 000

Trafikpåverkan vid underhållstillfället, BÖ

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

År	$ÅDT_{[år,tot]}$	$ÅDT_{[Pb,år,tot]}$	$ÅDT_{[Lb,år,tot]}$	Väghyra på grund av: Underhåll	Olyckor vid underh	Summa direkta kostnader [kr]	Summa direkta kostnader [kr/m²]	Summa nuvärde [kr]	Summa nuvärde [kr/m²]	Summa årskostnad [kr]	Summa årskostnad [kr/m²]
15	14 709	12 502	2 206	421 860	2 349 066	2 770 926	23,68	1 538 597	13,15	77 735	0,66
30	19 796	16 827	2 969	567 767	3 161 534	3 729 301	31,87	1 149 813	9,83	58 093	0,50
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Underhåll av GBÖ Exklusive samhällskostnader

	Resultatfält cellerna låsta
	Indatafält, cellerna öppna
	Beräkningsfält, cellerna låsta
	Speglingsfält, cellerna låsta

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [m,m^2,m^3]	Tidsåtg. [skift]	År	Utan samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m^2]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m^2]	Årskostnad över livslängd [kr/år]	Årskostnad över livslängd [kr/år,m^2]
Fräs K1	9	16000	117000	7	13	1 053 000	9	632 405	5,41	31 951	0,27
TSK16 K1	28	16000	117000	7	13	3 276 000	28	1 967 481	16,82	99 404	0,85
Fräs K2	9	16000	117000	7	20	1 053 000	9	480 575	4,11	24 280	0,21
TSK16 K2	29	16000	117000	7	20	3 393 000	29	1 548 521	13,24	78 237	0,67
Fräs K1	9	16000	117000	7	23	1 053 000	9	427 230	3,65	21 585	0,18
TSK16 K1	28	16000	117000	7	23	3 276 000	28	1 329 159	11,36	67 154	0,57
Fräs K1	9	16000	117000	7	33	1 053 000	9	288 621	2,47	14 582	0,12
TSK16 K1	28	16000	117000	7	33	3 276 000	28	897 933	7,67	45 367	0,39
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE						-	-	-	-	-	-
				Summa		17 433 000	149	7 571 925	64,72	382 560	3,27

ÅDT 9 000

Underhåll av GBÖ Inklusive samhällskostnader

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [enhet]	Tidsåtg. [skift]	År	Inklusive samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m²]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m²]	Årskostnad över livslängden [kr/år]	Årskostnad över livslängden [kr/år,m²]
Fräs K1	9	16 000	117000	7	13	2 384 664	20,38	1 432 167	12,24	72 358	0,62
TSK16 K1	28	16 000	117000	7	13	4 607 664	39,38	2 767 243	23,65	139 811	1,19
Fräs K2	9	16 000	117000	7	20	2 582 663	22,07	1 178 694	10,07	59 552	0,51
TSK16 K2	29	16 000	117000	7	20	4 922 663	42,07	2 246 639	19,20	113 508	0,97
Fräs K1	9	16 000	117000	7	23	2 676 291	22,87	1 085 842	9,28	54 861	0,47
TSK16 K1	28	16 000	117000	7	23	4 899 291	41,87	1 987 771	16,99	100 429	0,86
Fräs K1	9	16 000	117000	7	33	3 031 782	25,91	830 994	7,10	41 985	0,36
TSK16 K1	28	16 000	117000	7	33	5 254 782	44,91	1 440 305	12,31	72 769	0,62
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE				-		-	-	-	-	-	-
					Summa	30 359 799	259,49	12 969 655	110,85	655 272	5,60

ÅDT 9 000

Trafikpåverkan vid underhållstillfället, GBÖ

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

År	$ÅDT_{[år,tot]}$	$ÅDT_{[Pb,år,tot]}$	$ÅDT_{[Lb,år,tot]}$	Väghyra på grund av: Underhåll	Olyckor vid underh	Summa direkta kostnader [kr]	Summa direkta kostnader [kr/m²]	Summa nuvärde [kr]	Summa nuvärde [kr/m²]	Summa årskostnad [kr]	Summa årskostnad [kr/m²]
13	14 138	12 017	2 121	202 739	1 128 925	1 331 664	11,38	799 763	6,84	40 407	0,35
13	14 138	12 017	2 121	202 739	1 128 925	1 331 664	11,38	799 763	6,84	40 407	0,35
20	16 240	13 804	2 436	232 883	1 296 780	1 529 663	13,07	698 118	5,97	35 271	0,30
20	16 240	13 804	2 436	232 883	1 296 780	1 529 663	13,07	698 118	5,97	35 271	0,30
23	17 234	14 649	2 585	247 138	1 376 153	1 623 291	13,87	658 612	5,63	33 275	0,28
23	17 234	14 649	2 585	247 138	1 376 153	1 623 291	13,87	658 612	5,63	33 275	0,28
33	21 008	17 857	3 151	301 260	1 677 523	1 978 782	16,91	542 373	4,64	27 403	0,23
33	21 008	17 857	3 151	301 260	1 677 523	1 978 782	16,91	542 373	4,64	27 403	0,23
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Jämförelse mellan BÖ och GBÖ

Se fliken Diagramform för jämförelse i diagramform

	Exklusive samhällskostnader			Inklusive samhällskostnader		
	BÖ	*GBÖ*	Diff BÖ - GBÖ	*BÖ*	*GBÖ*	Diff BÖ - GBÖ
Direkta kostnader						
[kkr]	3 744	17 433	**-13 689**	10 244	30 360	**-20 116**
[kr/m^2]	16,00	149,00	**-133,00**	71,56	259,49	**-187,93**
Nuvärde						
[kkr]	1 501	7 572	**-6 071**	4 189	12 970	**-8 780**
[kr/m^2]	6,41	64,72	**-58,30**	29,39	110,85	**-81,46**
Årskostnad över livslängden						
[kkr/år]	76	383	**-307**	212	655	**-444**
[kr/år,m^2]	0,32	3,27	**-2,95**	1,49	5,60	**-4,12**

Kommentarer

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Beräkningshjälpmedel

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

INDATA

Vägdata

Vägen vid användning

Väglängd	13	[km]
Vägtyp [MV,13 m, 9 m etc]	MV	
Slitlagerbredd	9	[m]
Skyltad hastighet	110	[km/h]
Skyltad hast vid vägarb	80	[km/h]

Ingångsparametrar

Livslängd	40	[år]
Ränta	4	[%]
Prisnivå [år]	2006	[år]
Öppningsår	2008	[år]
Klimatzon		
Tjälfarlighetsklass		
Materialtyp i terrass		
Jämnhetsklass		

Trafikdata

Trafik vid öppningstidpunkt

$ÅDT_{tot}$	15000	[fordon/dygn]
Andel vintertrafik		[%]
Andel dubbdäck	55	[%]
Andel Personbil	85	[%]
Andel Tung Lastbil	15	[%]

Trafikutveckling

1 - 10 år	4	[%]
10 -20 år	2	[%]
20 - 40 år	2	[%]

Fördelning i körfält

K1	90	[%]
K2	10	[%]

Trafikklassberäkning

VÄG 94 3.4.1.1 A	15	[%]
VÄG 94 3.4.1.1 B	1,3	

Konstruktionstyp

Konstruktion 1	BÖ	[Text]	Ex: GBÖ, BBÖ, BÖ, CBÖ, GÖ etc
Konstruktion 2	GBÖ	[Text]	Ex: GBÖ, BBÖ, BÖ, CBÖ, GÖ etc

Trafikkostnader

Restidskostnad

Personbil	96	[kr/ftim]
Lastbil	223	[kr/ftim]
Vägarbetslängd	5	[km]

Olyckskostnad

Olyckskvot vid Vägarbete	0,56	[ol/Mfkm]
Kostnad för olycka	1500000	[kr/ol]

Beräkningar

Annuitetsfaktor	19,79	
Väghyra Pb	1,64	[kr/fordon]
Väghyra Lb	3,80	[kr/fordon]
Passage av vägarb	0,0170	[tim]

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Beskrivning av konstruktionerna

Konstruktion 1

Namn:
BÖ

	Typ	Tjocklek [mm]
Slitlager	CB	200
Lager 2	CG	150
Lager 3		
Lager 4		
Lager 5		
Lager 6		
Lager 7		
Lager 8		
Summa		350

Konstruktion 2

Namn:
GBÖ

	Typ	Tjocklek [mm]
Slitlager	TSK16	20
Lager 2	ABb22	60
Lager 3	AG22	120
Lager 4	F-Lager	200
Lager 5		
Lager 6		
Lager 7		
Lager 8		
Summa		400

Färgkoder på detta blad

Uppgifter som ej används i beräkningarna	Beräkningsceller
	Indataceller [obligatoriskt]

Underhåll av BÖ Exklusive samhällskostnader

	Resultatfält cellerna låsta
	Indatafält, cellerna öppna
	Beräkningsfält, cellerna låsta
	Speglingsfält, cellerna låsta

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [m,m^2,m^3]	Tidsåtg. [skift]	År	Utan samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m^2]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m^2]	Årskostnad över livslängd [kr/år]	Årskostnad över livslängd [kr/år,m^2]
Omfogning tvärgående	6	16000	234000	15	15	1 404 000	6	779 591	3,33	39 388	0,17
Omfogning alla	10	16000	234000	15	30	2 340 000	10	721 466	3,08	36 451	0,16
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE						-	-	-	-	-	-
					Summa	3 744 000	16	1 501 057	6,41	75 839	0,32

ÅDT 15 000

Underhåll av BÖ Inklusive samhällskostnader

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [enhet]	Tidsåtg. [skift]	År	Inklusive samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m²]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m²]	Årskostnad över livslängden [kr/år]	Årskostnad över livslängden [kr/år,m²]
Omfogning tvärgående	6	16 000	234000	15	15	6 022 210	45,47	3 343 919	25,25	168 946	1,28
Omfogning alla	10	16 000	234000	15	30	8 555 502	63,12	2 637 821	19,46	133 272	0,98
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-

Trafikpåverkan vid underhållstillfället, BÖ

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

År	$ÅDT_{[år,tot]}$	$ÅDT_{[Pb,år,tot]}$	$ÅDT_{[Lb,år,tot]}$	Väghyra på grund av: Underhåll	Olyckor vid underh	Summa direkta kostnader [kr]	Summa direkta kostnader [kr/m²]	Summa nuvärde [kr]	Summa nuvärde [kr/m²]	Summa årskostnad [kr]	Summa årskostnad [kr/m²]
15	24 515	20 837	3 677	703 099	3 915 110	4 618 210	39,47	2 564 328	21,92	129 559	1,11
30	32 993	28 044	4 949	946 279	5 269 223	6 215 502	53,12	1 916 355	16,38	96 821	0,83
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Underhåll av GBÖ Exklusive samhällskostnader

	Resultatfält cellerna låsta
	Indatafält, cellerna öppna
	Beräkningsfält, cellerna låsta
	Speglingsfält, cellerna låsta

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [m,m^2,m^3]	Tidsåtg. [skift]	År	Utan samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m^2]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m^2]	Årskostnad över livslängd [kr/år]	Årskostnad över livslängd [kr/år,m^2]
Fräs K1	9	16000	117000	7	13	1 053 000	9	632 405	5,41	31 951	0,27
TSK16 K1	28	16000	117000	7	13	3 276 000	28	1 967 481	16,82	99 404	0,85
Fräs K2	9	16000	117000	7	20	1 053 000	9	480 575	4,11	24 280	0,21
TSK16 K2	29	16000	117000	7	20	3 393 000	29	1 548 521	13,24	78 237	0,67
Fräs K1	9	16000	117000	7	23	1 053 000	9	427 230	3,65	21 585	0,18
TSK16 K1	28	16000	117000	7	23	3 276 000	28	1 329 159	11,36	67 154	0,57
Fräs K1	9	16000	117000	7	33	1 053 000	9	288 621	2,47	14 582	0,12
TSK16 K1	28	16000	117000	7	33	3 276 000	28	897 933	7,67	45 367	0,39
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE						-	-	-	-	-	-
					Summa	17 433 000	149	7 571 925	64,72	382 560	3,27

ÅDT 15 000

Underhåll av GBÖ Inklusive samhällskostnader

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [enhet]	Tidsåtg. [skift]	År	Inklusive samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m²]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m²]	Årskostnad över livslängden [kr/år]	Årskostnad över livslängden [kr/år,m²]
Fräs K1	9	16 000	117000	7	13	3 272 439	27,97	1 965 342	16,80	99 296	0,85
TSK16 K1	28	16 000	117000	7	13	5 495 439	46,97	3 300 419	28,21	166 749	1,43
Fräs K2	9	16 000	117000	7	20	3 602 438	30,79	1 644 106	14,05	83 066	0,71
TSK16 K2	29	16 000	117000	7	20	5 942 438	50,79	2 712 051	23,18	137 022	1,17
Fräs K1	9	16 000	117000	7	23	3 758 484	32,12	1 524 916	13,03	77 044	0,66
TSK16 K1	28	16 000	117000	7	23	5 981 484	51,12	2 426 846	20,74	122 613	1,05
Fräs K1	9	16 000	117000	7	33	4 350 970	37,19	1 192 576	10,19	60 253	0,51
TSK16 K1	28	16 000	117000	7	33	6 573 970	56,19	1 801 887	15,40	91 038	0,78
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE				-		-	-	-	-	-	-
					Summa	38 977 665	333,14	16 568 142	141,61	837 080	7,15

ÅDT 15 000

Trafikpåverkan vid underhållstillfället, GBÖ

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

År	$ÅDT_{[år,tot]}$	$ÅDT_{[Pb,år,tot]}$	$ÅDT_{[Lb,år,tot]}$	Väghyra på grund av: Underhåll	Olyckor vid underh	Summa direkta kostnader [kr]	Summa direkta kostnader [kr/m²]	Summa nuvärde [kr]	Summa nuvärde [kr/m²]	Summa årskostnad [kr]	Summa årskostnad [kr/m²]
13	23 563	20 028	3 534	337 898	1 881 541	2 219 439	18,97	1 332 938	11,39	67 345	0,58
13	23 563	20 028	3 534	337 898	1 881 541	2 219 439	18,97	1 332 938	11,39	67 345	0,58
20	27 066	23 006	4 060	388 139	2 161 299	2 549 438	21,79	1 163 530	9,94	58 786	0,50
20	27 066	23 006	4 060	388 139	2 161 299	2 549 438	21,79	1 163 530	9,94	58 786	0,50
23	28 723	24 414	4 308	411 896	2 293 588	2 705 484	23,12	1 097 686	9,38	55 459	0,47
23	28 723	24 414	4 308	411 896	2 293 588	2 705 484	23,12	1 097 686	9,38	55 459	0,47
33	35 013	29 761	5 252	502 099	2 795 871	3 297 970	28,19	903 954	7,73	45 671	0,39
33	35 013	29 761	5 252	502 099	2 795 871	3 297 970	28,19	903 954	7,73	45 671	0,39
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Jämförelse mellan BÖ och GBÖ

Se fliken Diagramform för jämförelse i diagramform

	Exklusive samhällskostnader			Inklusive samhällskostnader		
	BÖ	*GBÖ*	Diff BÖ - GBÖ	*BÖ*	*GBÖ*	Diff BÖ - GBÖ
Direkta kostnader						
[kkr]	3 744	17 433	**-13 689**	14 578	38 978	**-24 400**
[kr/m^2]	16,00	149,00	**-133,00**	108,60	333,14	**-224,55**
Nuvärde						
[kkr]	1 501	7 572	**-6 071**	5 982	16 568	**-10 586**
[kr/m^2]	6,41	64,72	**-58,30**	44,71	141,61	**-96,90**
Årskostnad över livslängden						
[kkr/år]	76	383	**-307**	302	837	**-535**
[kr/år,m^2]	0,32	3,27	**-2,95**	2,26	7,15	**-4,90**

Kommentarer

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Beräkningshjälpmedel

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

INDATA

Vägdata

Vägen vid användning

Väglängd	13	[km]
Vägtyp [MV,13 m, 9 m etc]	MV	
Slitlagerbredd	9	[m]
Skyltad hastighet	110	[km/h]
Skyltad hast vid vägarb	80	[km/h]

Ingångsparametrar

Livslängd	40	[år]
Ränta	4	[%]
Prisnivå [år]	2006	[år]
Öppningsår	2008	[år]
Klimatzon		
Tjälfarlighetsklass		
Materialtyp i terrass		
Jämnhetsklass		

Trafikdata

Trafik vid öppningstidpunkt

$ÅDT_{tot}$	20000	[fordon/dygn]
Andel vintertrafik		[%]
Andel dubbdäck	55	[%]
Andel Personbil	85	[%]
Andel Tung Lastbil	15	[%]

Trafikutveckling

1 - 10 år	4	[%]
10 -20 år	2	[%]
20 - 40 år	2	[%]

Fördelning i körfält

K1	90	[%]
K2	10	[%]

Trafikklassberäkning

VÄG 94 3.4.1.1 A	15	[%]
VÄG 94 3.4.1.1 B	1,3	

Konstruktionstyp

Konstruktion 1	BÖ	[Text]	Ex: GBÖ, BBÖ, BÖ, CBÖ, GÖ etc
Konstruktion 2	GBÖ	[Text]	Ex: GBÖ, BBÖ, BÖ, CBÖ, GÖ etc

Trafikkostnader

Restidskostnad

Personbil	96	[kr/ftim]
Lastbil	223	[kr/ftim]
Vägarbetslängd	5	[km]

Olyckskostnad

Olyckskvot vid Vägarbete	0,56	[ol/Mfkm]
Kostnad för olycka	1500000	[kr/ol]

Beräkningar

Annuitetsfaktor	19,79	
Väghyra Pb	1,64	[kr/fordon]
Väghyra Lb	3,80	[kr/fordon]
Passage av vägarb	0,0170	[tim]

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Beskrivning av konstruktionerna

Konstruktion 1

Namn:

BÖ

	Typ	Tjocklek [mm]
Slitlager	CB	200
Lager 2	CG	150
Lager 3		
Lager 4		
Lager 5		
Lager 6		
Lager 7		
Lager 8		
Summa		350

Konstruktion 2

Namn:

GBÖ

	Typ	Tjocklek [mm]
Slitlager	TSK16	20
Lager 2	ABb22	60
Lager 3	AG22	120
Lager 4	F-Lager	200
Lager 5		
Lager 6		
Lager 7		
Lager 8		
Summa		400

Färgkoder på detta blad

Uppgifter som ej används i beräkningarna	Beräkningsceller
	Indataceller [obligatoriskt]

Underhåll av BÖ Exklusive samhällskostnader

	Resultatfält cellerna låsta
	Indatafält, cellerna öppna
	Beräkningsfält, cellerna låsta
	Speglingsfält, cellerna låsta

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [m,m^2,m^3]	Tidsåtg. [skift]	År	Utan samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m^2]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m^2]	Årskostnad över livslängd [kr/år]	Årskostnad över livslängd [kr/år,m^2]
Omfogning tvärgående	6	16000	234000	15	15	1 404 000	6	779 591	3,33	39 388	0,17
Omfogning alla	10	16000	234000	15	30	2 340 000	10	721 466	3,08	36 451	0,16
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE						-	-	-	-	-	-
					Summa	3 744 000	16	1 501 057	6,41	75 839	0,32

ÅDT 20 000

Underhåll av BÖ Inklusive samhällskostnader

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [enhet]	Tidsåtg. [skift]	År	Inklusive samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m²]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m²]	Årskostnad över livslängden [kr/år]	Årskostnad över livslängden [kr/år,m²]
Omfogning tvärgående	6	16 000	234000	15	15	7 561 613	58,63	4 198 695	32,55	212 133	1,64
Omfogning alla	10	16 000	234000	15	30	10 627 336	80,83	3 276 606	24,92	165 546	1,26
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE				-		-	-	-	-	-	-
				Summa		18 188 949	139,46	7 475 301	57,48	377 678	2,90

ÅDT 20 000

Trafikpåverkan vid underhållstillfället, BÖ

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

År	$ÅDT_{[år,tot]}$	$ÅDT_{[Pb,år,tot]}$	$ÅDT_{[Lb,år,tot]}$	Väghyra på grund av: Underhåll	Olyckor vid underh	Summa direkta kostnader [kr]	Summa direkta kostnader [kr/m²]	Summa nuvärde [kr]	Summa nuvärde [kr/m²]	Summa årskostnad [kr]	Summa årskostnad [kr/m²]
15	32 686	27 783	4 903	937 466	5 220 147	6 157 613	52,63	3 419 104	29,22	172 745	1,48
30	43 991	37 393	6 599	1 261 705	7 025 631	8 287 336	70,83	2 555 140	21,84	129 095	1,10
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Underhåll av GBÖ Exklusive samhällskostnader

	Resultatfält cellerna låsta
	Indatafält, cellerna öppna
	Beräkningsfält, cellerna låsta
	Speglingsfält, cellerna låsta

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [m,m^2,m^3]	Tidsåtg. [skift]	År	Utan samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m^2]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m^2]	Årskostnad över livslängd [kr/år]	Årskostnad över livslängd [kr/år,m^2]
Fräs K1	9	16000	117000	7	13	1 053 000	9	632 405	5,41	31 951	0,27
TSK16 K1	28	16000	117000	7	13	3 276 000	28	1 967 481	16,82	99 404	0,85
Fräs K2	9	16000	117000	7	20	1 053 000	9	480 575	4,11	24 280	0,21
TSK16 K2	29	16000	117000	7	20	3 393 000	29	1 548 521	13,24	78 237	0,67
Fräs K1	9	16000	117000	7	23	1 053 000	9	427 230	3,65	21 585	0,18
TSK16 K1	28	16000	117000	7	23	3 276 000	28	1 329 159	11,36	67 154	0,57
Fräs K1	9	16000	117000	7	33	1 053 000	9	288 621	2,47	14 582	0,12
TSK16 K1	28	16000	117000	7	33	3 276 000	28	897 933	7,67	45 367	0,39
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE						-	-	-	-	-	-
					Summa	17 433 000	149	7 571 925	64,72	382 560	3,27

ÅDT 20 000

Underhåll av GBÖ Inklusive samhällskostnader

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [enhet]	Tidsåtg. [skift]	År	Inklusive samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m²]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m²]	Årskostnad över livslängden [kr/år]	Årskostnad över livslängden [kr/år,m²]
Fräs K1	9	16 000	117000	7	13	4 012 253	34,29	2 409 655	20,60	121 744	1,04
TSK16 K1	28	16 000	117000	7	13	6 235 253	53,29	3 744 731	32,01	189 197	1,62
Fräs K2	9	16 000	117000	7	20	4 452 251	38,05	2 031 949	17,37	102 661	0,88
TSK16 K2	29	16 000	117000	7	20	6 792 251	58,05	3 099 895	26,49	156 617	1,34
Fräs K1	9	16 000	117000	7	23	4 660 312	39,83	1 890 811	16,16	95 530	0,82
TSK16 K1	28	16 000	117000	7	23	6 883 312	58,83	2 792 741	23,87	141 099	1,21
Fräs K1	9	16 000	117000	7	33	5 450 294	46,58	1 493 894	12,77	75 477	0,65
TSK16 K1	28	16 000	117000	7	33	7 673 294	65,58	2 103 205	17,98	106 261	0,91
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE				-		-	-	-	-	-	-
					Summa	46 159 220	394,52	19 566 882	167,24	988 587	8,45

ÅDT 20 000

Trafikpåverkan vid underhållstillfället, GBÖ

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

År	$ÅDT_{[år,tot]}$	$ÅDT_{[Pb,år,tot]}$	$ÅDT_{[Lb,år,tot]}$	Väghyra på grund av: Underhåll	Olyckor vid underh	Summa direkta kostnader [kr]	Summa direkta kostnader [kr/m²]	Summa nuvärde [kr]	Summa nuvärde [kr/m²]	Summa årskostnad [kr]	Summa årskostnad [kr/m²]
13	31 417	26 704	4 713	450 531	2 508 721	2 959 253	25,29	1 777 250	15,19	89 793	0,77
13	31 417	26 704	4 713	450 531	2 508 721	2 959 253	25,29	1 777 250	15,19	89 793	0,77
20	36 088	30 675	5 413	517 519	2 881 732	3 399 251	29,05	1 551 374	13,26	78 381	0,67
20	36 088	30 675	5 413	517 519	2 881 732	3 399 251	29,05	1 551 374	13,26	78 381	0,67
23	38 297	32 553	5 745	549 195	3 058 117	3 607 312	30,83	1 463 582	12,51	73 945	0,63
23	38 297	32 553	5 745	549 195	3 058 117	3 607 312	30,83	1 463 582	12,51	73 945	0,63
33	46 684	39 681	7 003	669 466	3 727 828	4 397 294	37,58	1 205 273	10,30	60 895	0,52
33	46 684	39 681	7 003	669 466	3 727 828	4 397 294	37,58	1 205 273	10,30	60 895	0,52
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Jämförelse mellan BÖ och GBÖ

Se fliken Diagramform för jämförelse i diagramform

	Exklusive samhällskostnader			Inklusive samhällskostnader		
	BÖ	*GBÖ*	Diff BÖ - GBÖ	*BÖ*	*GBÖ*	Diff BÖ - GBÖ
Direkta kostnader						
[kkr]	3 744	17 433	**-13 689**	18 189	46 159	**-27 970**
[kr/m^2]	16,00	149,00	**-133,00**	139,46	394,52	**-255,06**
Nuvärde						
[kkr]	1 501	7 572	**-6 071**	7 475	19 567	**-12 092**
[kr/m^2]	6,41	64,72	**-58,30**	57,48	167,24	**-109,76**
Årskostnad över livslängden						
[kkr/år]	76	383	**-307**	378	989	**-611**
[kr/år,m^2]	0,32	3,27	**-2,95**	2,90	8,45	**-5,55**

Kommentarer

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Bilaga 4 PMS Objekt för kombinerad beläggning.

Skapad med PMS Objekt version 4.2
Utskriftsdatum: 2007-06-16 12:40

Projektinformation - E6 Fastarp

Skapat: 2007-04-26 15:03

Kommentarer till projektet

Avsnittsinformation - K2 Asfalt

Avsnitt nr:	1
Avsnittstyp:	NYBYGGNAD
Skapat datum:	2007-04-26 15:05
Vägnummer:	E6
Klimatzon:	Klimatzon 1
Referenshastighet(km/h):	110
Antal körfält:	2
Län:	Halland
Dimensioneringsperiod(år):	40
Avsnittslängd(m):	13000
Vägbredd(m):	9
Vägrensbredd(m):	0,8
Vägtyp:	Normal sektion
Körfältsbredd riktning 1:	4,5
Körfält:	"Riktning 1"
StartpunktX:	
StartpunktY:	
StartpunktZ:	
SlutpunktX:	
SlutpunktY:	
SlutpunktZ:	
Släntriktning riktning 1:	
Släntriktning riktning 2:	
Stödremsa:	0
Skapat av:	
Organisation:	

Kommentarer till avsnittet

Anmärkningar

Inga anmärkningar finns för avsnittet.

Trafikberäkning avsnitt

Beräkningsmetod:	Beräkning enligt ATB VÄG
ÅDTk:	1 500
Antagen trafikförändring per år(%):	4
Andel tunga fordon(%):	6
Standardaxlar per tungt fordon:	1,3
Beräknat antal standardaxlar:	4 220 388

Konstruktionens uppbyggnad

Överbyggnadstyp:	GBÖ
Egen överbyggnadstyp:	NEJ
Materialtyp, övre terrass:	4b - Lera
Tjälfarlighetsklass övre terrass:	3 - Måttligt tjällyftande

Lager

Lageröversikt

Lager	Tjocklek(mm)	Förändrat	Namn	
1	40	NEJ	Bitumenbundet slitlager	
2	90	NEJ	Bitumenbundet bärlager	
3	80	NEJ	Obundet bärlager	
4	420	NEJ	Förstärkningslager krossat material	
5	45	NEJ	Skyddslager	
6	**0**	**NEJ**	**4b - Lera**	**ÖVRE TERRASS**

Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 675

Styvhetsmoduler [MPa]

Lager	Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
1	14500	13000	13000	11000	3500	9000
2	12500	10500	10500	9000	2500	7500
3	1000	150	300	450	450	450
4	450	450	450	450	450	450
5	1000	1000	70	85	100	100
6	1000	1000	30	40	50	50

Övriga egenskaper

Lager	Lyft	ω	ρ	η	σr	λofr	λfr
1	NEJ	0,01	2200	0,17	0,13	2	2
2	NEJ	0,01	2200	0,17	0,13	2	2
3	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
4	NEJ	0,03	2000	0,25	0,24	1,33	1,02
5	NEJ	0,13	1900	0,28	0,88	1,8	2,43
6	JA	0,24	1600	0,4	0,96	1,52	2,51

Bärighetsberäkning

Beräkningsmetod: GBÖ
Korrigeringsfaktor för dränering(FD): 1,0

Antal axellaster, ackumulerad avseende:

Krav i underkant bitumenlager

Ntill, bb:	4 702 527
Nekv:	4 220 388
Kvot:	0,90

Terrassytekrav

Ntill, te:	10 185 954
Nekv * 2:	8 440 776
Kvot:	0,83

Vertikala trycktöjningar(strain)

Töjning i terrassytan, enstaka last(strain)

Beräknad:	0,0009
Största tillåtna:	0,0025
Kvot:	0,35

Töjningar i detalj(strain)

Dragtöjning i bitumenlager, ackumulerad

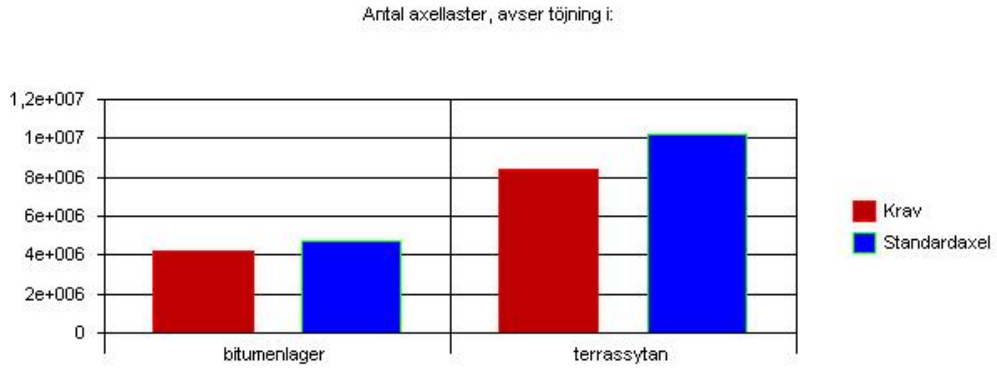
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000084	0,000133	0,000128	0,000128	0,000219	0,000140

Trycktöjning i terrassytan, ackumulerad

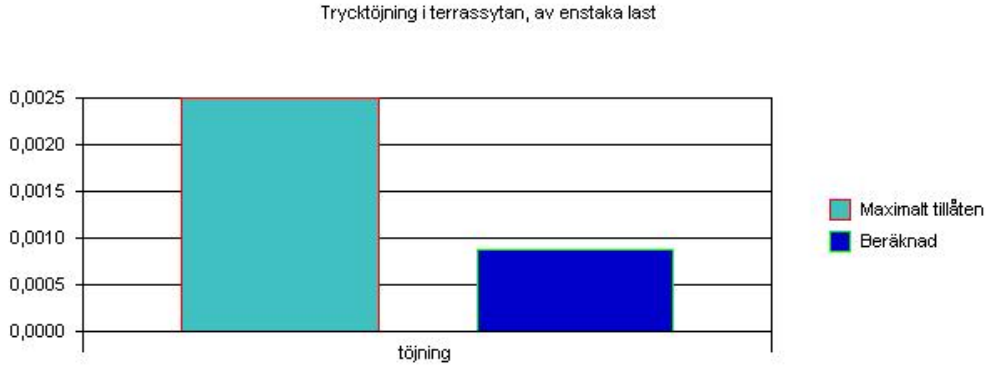
Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000038	0,000043	0,000338	0,000300	0,000326	0,000284

Trycktöjning i terrassytan, enstaka last

Vinter	Tjällossningsvinter	Tjällossning	Senvår	Sommar	Höst
0,000098	0,000109	0,000868	0,000772	0,000834	0,000728



Antal axellaster, avser töjning i bitumenlager och terrassyta

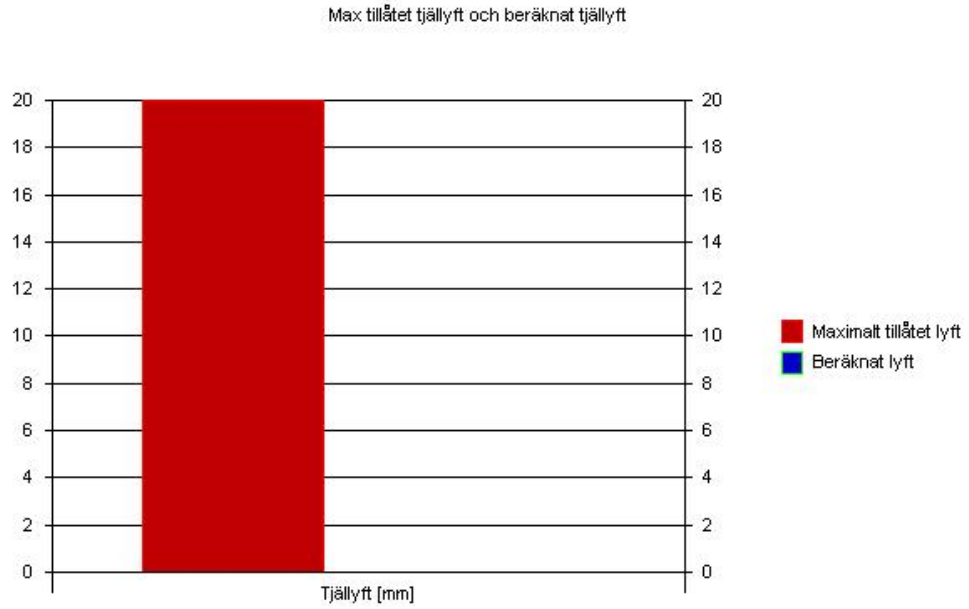


Trycktöjning i terrassyta, av enstaka last

Tjälberäkning

VViS Id:	1335
Beräknat lyft(mm):	0
Maximalt beräknat tjäldjup(mm):	462
Max tillåtet lyft(mm):	20
Lyfthastighet ovan terrass(mm/dag):	0,5
Lyfthastighet under terrass(mm/dag):	1,5
Grundvattentemperatur(C):	7,0
Kvot:	0,00
VViS stationsnamn:	Broen
X koordinat:	6308361
Y koordinat:	1308356
Z koordinat:	0
Använd säsong:	97/98

Kommentar:



Max tillåtet tjällyft och beräknat tjällyftt

Beräkningshjälpmedel

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

INDATA

Vägdata

Vägen vid användning

Väglängd	13	[km]
Vägtyp [MV, 13 m, 9 m etc]	MV	
Slitlagerbredd	9	[m]
Skyltad hastighet	110	[km/h]
Skyltad hast vid vägarb	80	[km/h]

Ingångsparametrar

Livslängd	40	[år]
Ränta	4	[%]
Prisnivå [år]	2006	[år]
Öppningsår	2008	[år]
Klimatzon		
Tjälfarlighetsklass		
Materialtyp i terrass		
Jämnhetsklass		

Trafikdata

Trafik vid öppningstidpunkt

$ÅDT_{tot}$	15000	[fordon/dygn]
Andel vintertrafik		[%]
Andel dubbdäck	55	[%]
Andel Personbil	85	[%]
Andel Tung Lastbil	15	[%]

Trafikutveckling

1 - 10 år	4	[%]
10 -20 år	2	[%]
20 - 40 år	2	[%]

Fördelning i körfält

K1	90	[%]
K2	10	[%]

Trafikklassberäkning

VÄG 94 3.4.1.1 A	15	[%]
VÄG 94 3.4.1.1 B	1,3	

Konstruktionstyp

Konstruktion 1	BÖ	[Text]	Ex: GBÖ, BBÖ, BÖ, CBÖ, GÖ etc
Konstruktion 2	GBÖ	[Text]	Ex: GBÖ, BBÖ, BÖ, CBÖ, GÖ etc

Trafikkostnader

Restidskostnad

Personbil	96	[kr/ftim]
Lastbil	223	[kr/ftim]
Vägarbetslängd	5	[km]

Olyckskostnad

Olyckskvot vid Vägarbete	0,56	[ol/Mfkm]
Kostnad för olycka	1500000	[kr/ol]

Beräkningar

Annuitetsfaktor	19,79	
Väghyra Pb	1,64	[kr/fordon]
Väghyra Lb	3,80	[kr/fordon]
Passage av vägarb	0,0170	[tim]

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Beskrivning av konstruktionerna

K1

Namn:
BÖ

	Typ	Tjocklek [mm]
Slitlager	CB	200
Lager 2	CG/AG	150/.100
Lager 3		
Lager 4		
Lager 5		
Lager 6		
Lager 7		
Lager 8		
Summa		200

K2

Namn:
GBÖ

	Typ	Tjocklek [mm]
Slitlager	TSK16	20
Lager 2	ABb16	40
Lager 3	AG22	100
Lager 4	obundet bärlager	40
Lager 5	CG/AG	150/.100
Lager 6		
Lager 7		
Lager 8		
Summa		200

Färgkoder på detta blad

Uppgifter som ej används i beräkningarna	Beräkningsceller
	Indataceller [obligatoriskt]

Underhåll av BÖ Exklusive samhällskostnader

	Resultatfält cellerna låsta
	Indatafält, cellerna öppna
	Beräkningsfält, cellerna låsta
	Speglingsfält, cellerna låsta

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [m,m^2,m^3]	Tidsåtg. [skift]	År	Utan samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m^2]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m^2]	Årskostnad över livslängd [kr/år]	Årskostnad över livslängd [kr/år,m^2]
Omfogning	6	16000	117000	7	15	702 000	6	389 796	3,33	19 694	0,17
Omfogning	6	16000	117000	7	30	702 000	6	216 440	1,85	10 935	0,09
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-

Underhåll av BÖ Inklusive samhällskostnader

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [enhet]	Tidsåtg. [skift]	År	Inklusive samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m²]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m²]	Årskostnad över livslängden [kr/år]	Årskostnad över livslängden [kr/år,m²]
Omfogning	6	16 000	117000	7	15	3 011 105	25,74	1 671 960	14,29	84 473	0,72
Omfogning	6	16 000	117000	7	30	3 809 751	32,56	1 174 617	10,04	59 346	0,51
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE				-		-	-	-	-	-	-
					Summa	6 820 856	58,30	2 846 577	24,33	143 819	1,23

Trafikpåverkan vid underhållstillfället, BÖ

Info: BÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

År	$ÅDT_{[år,tot]}$	$ÅDT_{[Pb,år,tot]}$	$ÅDT_{[Lb,år,tot]}$	Väghyra på grund av: Underhåll	Olyckor vid underh	Summa direkta kostnader [kr]	Summa direkta kostnader [kr/m²]	Summa nuvärde [kr]	Summa nuvärde [kr/m²]	Summa årskostnad [kr]	Summa årskostnad [kr/m²]
15	24 515	20 837	3 677	351 550	1 957 555	2 309 105	19,74	1 282 164	10,96	64 779	0,55
30	32 993	28 044	4 949	473 139	2 634 612	3 107 751	26,56	958 178	8,19	48 410	0,41
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Underhåll av GBÖ Exklusive samhällskostnader

	Resultatfält cellerna låsta
	Indatafält, cellerna öppna
	Beräkningsfält, cellerna låsta
	Speglingsfält, cellerna låsta

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [m,m^2,m^3]	Tidsåtg. [skift]	År	Utan samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m^2]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m^2]	Årskostnad över livslängd [kr/år]	Årskostnad över livslängd [kr/år,m^2]
Fräs K2	9	16000	117000	7	20	1 053 000	9	480 575	4,11	24 280	0,21
TSK16 K2	29	16000	117000	7	20	3 393 000	29	1 548 521	13,24	78 237	0,67
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE						-	-	-	-	-	-
				Summa		4 446 000	38	2 029 096	17,34	102 517	0,88

Underhåll av GBÖ Inklusive samhällskostnader

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

Åtgärd	Kostnad [kr/enhet]	Kapacitet [enh/skift]	Mängd [enhet]	Tidsåtg. [skift]	År	Inklusive samhällskostnader: Direkta kostnader [kr]	Direkta kostnader [kr/m²]	Nuvärde [kr]	Nuvärde [kr/m²]	Årskostnad över livslängden [kr/år]	Årskostnad över livslängden [kr/år,m²]
Fräs K2	9	16 000	117000	7	20	3 602 438	30,79	1 644 106	14,05	83 066	0,71
TSK16 K2	29	16 000	117000	7	20	5 942 438	50,79	2 712 051	23,18	137 022	1,17
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
				-		-	-	-	-	-	-
RESTVÄRDE				-		-	-	-	-	-	-
					Summa	9 544 877	81,58	4 356 157	37,23	220 088	1,88

Kombinerad

Trafikpåverkan vid underhållstillfället, GBÖ

Info: GBÖ

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29

År	$ÅDT_{[år,tot]}$	$ÅDT_{[Pb,år,tot]}$	$ÅDT_{[Lb,år,tot]}$	Väghyra på grund av:							
				Underhåll	Olyckor vid underh	Summa direkta kostnader		Summa nuvärde		Summa årskostnad	
						[kr]	[kr/m^2]	[kr]	[kr/m^2]	[kr]	[kr/m^2]
20	27 066	23 006	4 060	388 139	2 161 299	2 549 438	21,79	1 163 530	9,94	58 786	0,50
20	27 066	23 006	4 060	388 139	2 161 299	2 549 438	21,79	1 163 530	9,94	58 786	0,50
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Jämförelse mellan BÖ och GBÖ

Se fliken Diagramform för jämförelse i diagramform

	Exklusive samhällskostnader			Inklusive samhällskostnader		
	BÖ	*GBÖ*	Diff BÖ - GBÖ	*BÖ*	*GBÖ*	Diff BÖ - GBÖ
Direkta kostnader						
[kkr]	1 404	4 446	**-3 042**	6 821	9 545	**-2 724**
[kr/m^2]	12,00	38,00	**-26,00**	58,30	81,58	**-23,28**
Nuvärde						
[kkr]	606	2 029	**-1 423**	2 847	4 356	**-1 510**
[kr/m^2]	5,18	17,34	**-12,16**	24,33	37,23	**-12,90**
Årskostnad över livslängden						
[kkr/år]	31	103	**-72**	144	220	**-76**
[kr/år,m^2]	0,26	0,88	**-0,61**	1,23	1,88	**-0,65**

Kommentarer

Priserna som står under BÖ respektive GBÖ skall adderas ihop för att få den totala underhållskostnade för den kombinerade vägbeläggningen.

Info:

Objekt E6-Fastarp
Anmärkning
Datum 2007-05-29