

Thesis 229

Utvärdering av mekanistisk-empiriska modeller i ett svenskt och ett amerikanskt dimensioneringsprogram för flexibel vägöverbyggnad

Husam Al Barkawi



Trafik och väg
Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet

Utvärdering av mekanistisk-empiriska modeller i ett svenskt och ett amerikanskt dimensioneringsprogram för flexibel vägöverbyggnad

Husam Al Barkawi

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,
Institutionen för Teknik och samhälle,
Trafik och väg, 229

Husam Al Barkawi

Utvärdering av mekanistisk-empiriska modeller i ett svenskt och ett amerikanskt dimensioneringsprogram för flexibel vägkonstruktion

2012

Ämnesord:

Känslighetsanalys, mekanistisk-empirisk dimensionering, asfalt, väg

Referat:

I Sverige används dimensioneringsverktyget PMS Objekt för att utföra dimensionering av vägöverbyggnad. PMS Objekt är ett mekanistiskt-empiriskt program som bygger på en linjär – elastisk teori. I USA används programmet Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (M-EPDG), programmet baseras på mekanistiska-empiriska principer. Huvudsyfte med detta examensarbete är att studera känsligheten i M-EPDG för att få en uppfattning om vilka typer av parametrar som ger störst inverkan på livslängden hos vägöverbyggnad. Slutsatser av denna undersökning är att stor vikt bör läggas vid bestämning tjockleken, framför allt på bärlager, årsdygntrafik (ÅDT) samt bindemedelshalten för bitummen. Dessa parametrar spelar stor betydelse för tillåtna antalet standardaxlar som överbyggnaden klarar av.

English title:

Evaluation of the mechanistic-empirical models in a Swedish and an American program for flexible pavement

Citeringsanvisning:

Husam Al Barkawi, Titel. Lund, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2012. Thesis. 229

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

Transport and Roads
Department of Technology and Society
Faculty of Engineering, LTH
Lund University
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

Förord

Det här examensarbetet har utförts i samarbete med SWECO Infrastructure i Södra Regionen. Jag vill därför tacka alla på infradesignavdelningen för ett trevlig mottagande under hösten.

Jag vill även tacka Ebrahim Parhaminfar vid institutionen för teknik och samhälle vid Lunds Tekniska Högskola, och min lärare och handledare Sven Agardh som har bidragit med många värdefulla idéer och synpunkter.

Slutligen vill jag tacka Mats Moberg från SWECO som har gett mig möjligheten att genomföra detta examensarbete och har varit mycket behjälplig i alla avseenden.

Malmö 2012
Husam Al Barkawi

Innehållsförteckning

<i>Sammanfattning</i>	<i>I</i>
<i>Abstract</i>	<i>III</i>
1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
2. Metod och genomförande	2
3. Dimensioneringsmetoder	3
3.1 Mechanistic - Empirical Pavement Design Guide	4
4. PMS Objekt	5
4.1 Trafiklastberäkningar	6
4.2 Beräkningsmodell för spänningar och töjningar i PMS objekt	7
4.3 Nedbrytningskriterier i PMS objekt	8
4.4 Beräkning av tjällyftning.....	9
4.5 Indata för nybyggnad.....	9
5. Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (M-EPDG)	11
5.1 AASHTO Pavement Design Guide	11
5.2 M-EPDG kan användas med tre olika kvalitetsnivåer	11
5.3 Trafiklastberäkning	13
5.4 Klimatpåverkan.....	13
5.5 Nedbrytningskriterier i M-EPDG.....	13
6.1 Insamling av underlag	15
6.1.1 Skadekartering	17
6.2 Long Term Performance Pavement (LTPP)	19
6.2.1 Data insamling i LTPP för andel tung trafik, lagertjocklek & klimat	20
6.3 Metod för känslighetsanalys	21
6.4 Indatas betydelse för känslighetsanalys	21
6.5 Variation i dimensioneringsperiod	22
6.6 Variation i ÅDT	23
6.6.1 ÅDT och Dimensioneringsår	23
6.7 Variationer i klimat	24
6.8 Ändring i hastighet	25
6.9 Ändringar i Terrassmaterial	26
6.10 Ändring i tjocklek på bärlager och asfalt	27
6.11 Ändring i Poissons tal asfalt/bärlager/obunden/förstärkning	30

6.12	Ändring i värmeledningsförmåga för både asfalt och bärlager.....	34
6.13	ändring i värmekapacitet för både asfalt och bärlager	36
7.	<i>Jämförelse mellan resultat från M-EPDG och LTPP databas.....</i>	40
8.	<i>Diskussion och slutsats.....</i>	43
	<i>Referenslista.....</i>	46

Sammanfattning

Dimensionering av en vägöverbyggnad går ut på att välja material utifrån dess egenskaper och att bestämma lagertjocklekar, på de ingående materiallagren så att vägen uppfyller uppställda funktionskrav under en vald funktionstid. Mekanistiska dimensioneringsmetoder optimerar och ger möjligheten att anpassa dimensioneringen till aktuella förhållanden.

PMS Objekt och Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (M-EPDG) är s.k. mekanistisk-empiriska dimensioneringsverktyg. Det svenska programmet PMS Objekt är ett dimensioneringsverktyg för vägkonstruktion vid nybyggnad eller förstärkning/underhåll. Programmet har konstruerat av Vägverket och används som standard i Sverige. Det amerikanska programmet M-EPDG är ett av de nyaste dimensioneringsverktygen för vägkonstruktion och det har genomgått en rad testningar som kommer att utvärderas under 2011.

Syftet med examensarbetet är att studera känsligheten i M-EPDG för att få en uppfattning om vilka parametrar som ger störst inverkan på livslängden hos vägöverbyggnad. Ett sekundärt syfte är att jämföra resultatet från M-EPDG av spårbildning och International Roughness Index (IRI) med det verkliga mätade värde som finns i Long Term Performance Pavement (LTPP) databas.

PMS Objekt bygger på linjärelastisk teori. Dimensioneringen baseras på resultat från testmetoder som är anpassade för det aktuella materialet och dess användning i konstruktionen. Programmet beräknar spänningar och töjningar på vägkonstruktioner som belastas med statisk last. Deformationerna på dessa vägkonstruktioner är kontinuerliga och dess material är homogena, isotropa och linjärelastiska. Dessutom uppskattar PMS Objekt vägens livslängd genom att räkna ut antalet standardaxlar i bitumenbundenlager och i terrassen. Slutligen beräknas tjällyftning utifrån klassiska värmeledningsekvationer som beskriver värmeflöden vertikalt genom en jordprofil.

M-EPDG har utvecklats av American Association of State Highway Transportation Officials (AASHTO), och National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). Programmet baseras på mekanistiska empiriska principer. Mjukvaran bygger på mekanistiska modeller för att strukturera och analysera vägkonstruktioner. Modellerna baseras på beräkning av vertikal elastisk respons samt materialnedbrytning. Den ökade prestandan hos M-EPDG beror på tillämpning av mätningar från AASHTO Road Test, som beskriver hur vägkonstruktionen påverkas av trafikmönster, klimat och materialegenskaper. Dessa mätningar kombineras med teori/formler för att göra programmet mer mekanistiskt.

Känslighetsanalysen i M-EPDG är tillämpad på en verklig gata, nämligen Smedjegatan som ligger mitt i centrala Malmö. 10 parametrar varieras i undersökningen. Resultatet visar att samtliga parametrar mer eller mindre påverkar livslängden och ökar antalet skador. De parametrar som visade sig ha störst påverkan var årsdygntrafik (ÅDT), klimat, tjockleken på lagren samt bindemedelshalt i de bundna lagren.

Resultatet från M-EPDG av spårbildning och IRI har jämförts med det verkliga mätade värdet som finns i LTPP databas. Resultatet för spårbildning stämmer inte överens med

värden från LTPP databas, däremot IRI resultat följer samma mönsterutveckling med värden från LTPP databas.

Slutsatser av denna undersökning är att stor vikt bör läggas vid att bestämma tjockleken, framför allt på bärlager, ÅDT samt bindemedelshalten för bitummen. Dessa parametrar spelar stor roll för det tillåtna antalet standardaxlar som vägöverbyggnaden klarar av.

Abstract

Design of a pavement is to choose materials according to its characteristics and to determine layer thickness. By those layers the pavement becomes fit to meet the requirements during a chosen period the so called service life. Mechanistic pavement design methods optimize and give the possibility to adapt the design to fit the surroundings and current conditions.

PMS-Obejkt and Mechanistic – Empirical Pavement Design Guide (M-EPDG) are mechanistic-empirical software tools. The Swedish program PMS Object is a software tool to calculate the total thickness of pavements and thickness of each specific material layer. This program has been constructed by the Swedish National Road Administration and is used as a standard in Sweden. The American program M-EPDG is one of the most recent software tools for pavement design and it has undergone a series of tests which will be evaluated during 2011.

The purpose of this thesis is to study the sensitivity of M-EPDG in order to get an idea of which parameters that have the greatest impact on life expectancy of a pavement. A secondary purpose is to compare results from M-EPDG of rutting and International Roughness Index (IRI), with the real value which are in Long term Performance Pavement (LTPP) database.

PMS object is developed by the Swedish National Road Administrations (SNRA) and it is based on linear elastic theory. The design based on test methods which suits the current materials and for using in construction. The program calculates stresses and strains on road construction. To determine the road's life by calculating the deformations on the road constructions. In addition, PMS Object estimates road's life by calculating the number of standard axels in bituminous-bound layer and in the terrace. Finally the PMS Object calculates frost-lift by the classical heat-conduction equations which describes the heat flow as vertically through a soil profile

The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) and the National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) have developed M-EPDG-program. This Program is based on mechanistic-empiric principles. This software builds on mechanistic model to structuring and analyzing of road constructions. Models based on calculating of vertical-elastic response and on material degradation. The performance growing of M-EPDG depends on application of measurements from AASHTO Road Test to describe the road constructions effect of traffic patterns, climate and material properties. These measurements combined with theory / formulas to make M-EPDG-program more mechanical.

M-EPDG-program is able to use on three various quality levels, but in this thesis I have just chosen level 3.

The sensitivity analysis in M-EPDG has been applied on a real street in the center of Malmö city, the streets name is "Smedjegatan". There are 10 parameters varied in this study, and the result shows that all parameters more or less have an effect for life-length and increases the number of damage. Those parameters were affected by among other

Annual average daily traffic, climate, thickness and binders' content in their bound layers.

The result of M-EPDG of rutting and IRI have I compared with the real measured values it's stored in LTPP database. It's found that the result of rutting doesn't match with the values from LTPP database But the result of IRI has the same patterns of development with the same values from LTPP database.

The conclusions of this examination view that thickness, especially in subgrade are very important. The (Annual Average Daily Traffic) ADT, and binder content for bituminous. Those parameters have a major role for the pavement life

1. Inledning

1.1 Bakgrund

I Sverige används dimensioneringsverktyget PMS Objekt för att utföra dimensionering av vägöverbyggnader. PMS Objekt är ett mekanistiskt-empiriskt program som bygger på linjär – elastisk teori. Dimensioneringen baseras på resultat från testmetoder som är anpassade för det aktuella materialet och dess användning i vägöverbyggnader. Programmet utför beräkningar utifrån fördefinierade materialegenskaper.

I USA används ofta American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) design guide för att utföra dimensionering av vägöverbyggnader. AASHTO och National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), har under många år arbetat med att förbättra metoder för dimensionering av vägöverbyggnader. Programmet Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (M-EPDG) baseras på mekanistiska-empiriska principer. Slut versionen har lanserats under namnet DARWin-ME. Mjukvaran bygger på mekanistiska modeller för att strukturera och analysera vägöverbyggnader. Nedbrytningsmodellerna baseras på beräkning av elastisk respons samt materialnedbrytning. De flesta stater i USA planerar att övergå till att använda DARWin-ME programmet inom en snar framtid. Programmet kan dimensionera två typer av vägar: "flexibel överbyggnad" och "styv överbyggnad". Flexibel överbyggnad är vägar som är byggda med asfalt. Styv överbyggnad är vägar som är byggda med betong.

M-EPDG programmet innehåller stora mängder fördefinierade materialegenskaper till skillnad från PMS Objekt.

1.2 Syfte

Huvudsyftet med detta examensarbete är att studera känsligheten i M-EPDG för att få en uppfattning om vilka parametrar som ger störst inverkan på livslängden hos vägöverbyggnad. Sekundärt syfte är att jämföra M-EPDG resultatet av spårbildning och ojämnheter International Roughness Index (IRI) med verkliga mätta värda som finns i Statens Väg- och Transportforskningsinstitut (VTI), VTI:s Long Term Performance Pavement (LTPP) databas. En hög överensstämmelse skulle tyda på att programmet ger en rättvisande bild av den nedbrytning som vägen utsätts för.

1.3 Avgränsningar

De avgränsningar som har gjorts är följande:

- Känslighetsanalysen görs endast på en flexibel överbyggnad
- Ingen hänsyn tas till skillnader mellan europeiska och amerikanska lastbilsklasser
- Inga hänsyn tas till trafikprognostisering som felkälla för dimensionering
- Endast gator och vägar som dimensionerats enligt Allmän Teknisk Beskrivning (ATB VÄG) & VÄG 94 används
- Beräkningarna utförs på utvärderingsversion M-EPDG, eftersom DARWin-ME inte var färdigutvecklad när arbetet utfördes.

2. Metod och genomförande

Examensarbetet är utfört i fyra steg. Det första steget var insamling av litteratur angående de ämnen som berör examensarbetet. Insamling av litteratur genomfördes främst i följande databaser:

- Lunds Universitets bibliotekskatalog (LOVISA)
- TRANSGUIDE och därefter TRAX Bibliotekskatalogen Statens väg- och transportforskningsinstitut
- Trafikverkets publikationsdatabas
- Online version av M-EPDG manual.

Det andra steget var att samla in det underlag som krävdes för att utföra känslighetsanalysen och jämförelse med verkliga vägar. Fyra objekt utvaldes ut:

- Smedjegatan
- T-205-1
- Z-E45-3
- Z-E45-4.

Smedjegatan i Malmö är ca 100 meter lång vägsträcka. Indata som har använts för dimensionering av Smedjegatan utnyttjas vid känslighetsanalys i M-EPDG.

Objekten T-205-1, Z-E45-3, Z-E45-4 bedömdes lämpliga av främst två anledningar. För det första fanns tillgänglig och tillförlitlig data om den typ av asfalt som användes för dessa objekt. För det andra hade inga åtgärder gjorts i dessa objekt sedan de byggdes.

Informationen angående Smedjegatan hämtades från en rapport (se bilaga 3) som SWECO har gjort, informationen angående T-205-1, Z-E45-3, Z-E45-4, hämtades från LTPP databas. LTPP databas innehåller information angående vägens lagartjocklekar, beläggningstyp, antal tung trafik samt mätningar som har gjorts på vägen av spårbildning, IRI och sprickindex.

Det tredje steget var att utföra känslighetsanalysen på Smedjegatan. Metoden som användes bygger på att variera indata för att se vilket utslag det ger på livslängden. Parametrarna som valdes ut för variation var främst de som är intressanta i den aspekten att de kan utnyttjas till att tillämpas för svenska regler och svenskt klimatet.

Det fjärde och sista steget var att jämföra IRI och spårbildning från utvalda vägar från LTPP med beräkningar i programmet M-EPDG .

3. Dimensioneringsmetoder

Dimensioneringsanalytiska metoder brukar delas in i tre olika typer (Vägverket 2007):

- Empirisk
- Analytisk
- Analytisk-Empirisk

En **empirisk dimensionering** går ut på att man utgår från erfarenheter av tidigare genomförda konstruktioner. Den bygger på vetenskapliga undersökningar, iakttagelse och experiment av verkliga konstruktioner som slutligen leder till användbara erfarenheter. En empirisk dimensionering är således kraftigt bunden av tidigare genomförda objekt, och är känslig för förändringar i givna omständigheterna t.ex. annat material eller nya laster. Exempel på empirisk dimensionering är vägverkets BYggnadstekniska Anvisningar (BYA). Den består av tabeller över hur en vägöverbyggnad skulle vara uppbyggd med olika konstruktioner för olika förhållanden, plus angivna lagertjocklekar och förbestämda materialkvaliteter. Allt det baseras på många års erfarenhet.

En **analytisk dimensionering** går ut på att beräkna materialpåkänningar d.v.s. spänningar, töjningar och deformationer. Man kan beräkna den teoretiska livslängden för vägöverbyggnad med hjälp av mekaniska och teoretiska samband. T.ex. hur stora laster kan det förekomma mellan olika lager och vilken typ av skadeutveckling kan det leda till. Indata hämtas från materialparametrar, som registreras eller mätas. På detta sätt kan man utvärdera nya material och laster helt oberoende av tidigare erfarenheter, med utgångspunkt endast från definierade material- och lastegenskaper.

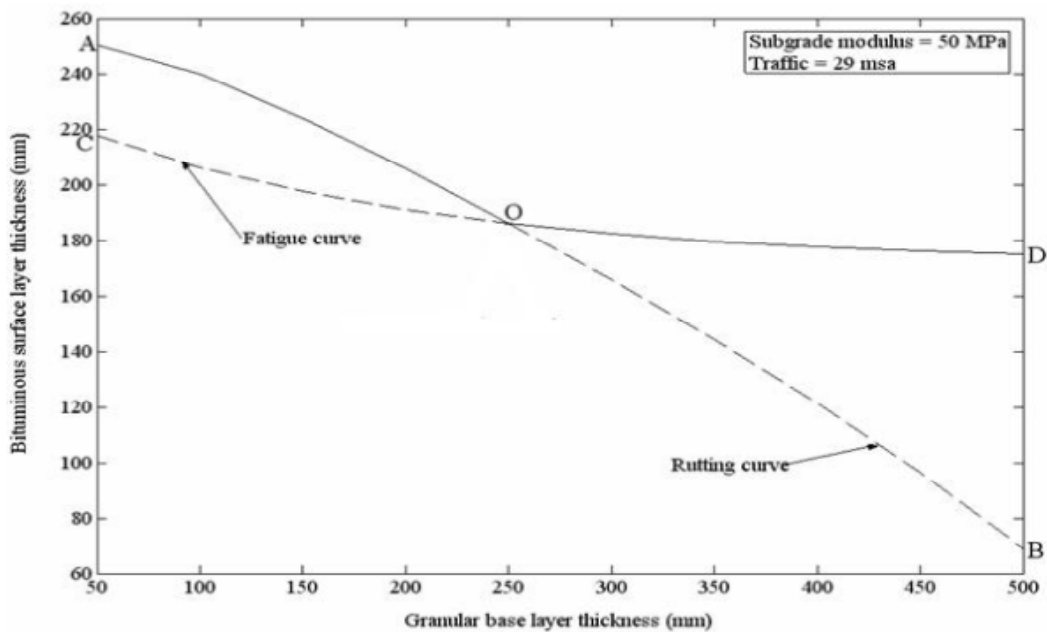
En **analytisk-empirisk dimensionering** anknyter både analytisk och empirisk dimensionering. Man börjar med att beräkna materialegenskaper analytiskt och kopplar sedan dessa till den tekniska livslängden med hjälp av empiriskt kriterium. Kriteriet kan t.ex. vara det samband som talar om hur många överfarter/tryck av en viss typ av standardaxlar överbyggnaden klarar innan den tekniska livslängden är uppnådd.

PMS objekt är en analytisk/empirisk dimensioneringsmetod som använder sig av kriterier som baseras på horisontell töjning i underkant av asfaltbeläggningen och vertikal trycktöjning på terrassen. En nackdel med denna dimensioneringsprincip är att kriterierna bara gäller för material och förhållanden som de är framtagna för. Det kan göra det svårare att använda alternativa material. (Vägverket, 2007)

Forskare försöker och strävar efter att minska empirin i vägens dimensioneringsprocess, och försöker göra den mer mekanistisk i sitt tillvägagångssätt. Detta skulle öka förtroendet för vägdimensioneringsprogram och för förutsägelsen av prestanda, även när ett nytt material används i vägkonstruktion. (Animesh, 2004)

3.1 Mechanistic - Empirical Pavement Design Guide

Grundläggande principer för de flesta Mekanistiska-Empiriska (M-E) program är att vägen är idealiserad som en skiktad struktur. Vägkonstruktionen kan bestå av olika horisontella lager av både bitumen-beläggningar och obundna lager. Varje lager kännetecknas av elasticitetsmodul, Poissons tal och tjocklek. Indata för beräkningarna är vägens material, miljöförhållande och trafikbelastning. Utdata kommer i form av utmattning, ojämnheter, spårbildning och sprickbildning. M-E programmet är framtaget för att optimera vägens tjocklek med angiven trafikmängd. Slutligen innebär processen att justera och därefter välja lämplig tjocklek till olika lager, så att den kritiska belastningen parametrar hamnar inom tillåtna gränser.



Figur 3.1: Diagrammet visar hur dimensionerande brottkriterium för en typisk asfaltbeläggning varierar mellan utmattning och spårbildning. (Animesh, 2004)

Det kan noteras att i punkt "A" förhindras både spårbildning och utmattning maximalt, i punkt "B" förhindrar spårbildning men inte utmattning, punkt "O" är säker från både utmattning och spårbildning. Valfri tjocklekskombination ovanför kurvan A-O-D är en överdimensionerad vägkonstruktion. (Animesh, 2004)

Det man bör sträva efter är att kunna göra det möjligt att identifiera vissa specifika kombinationer av olika lager tjocklekar som är optimalt i förhållande till kostnaderna.

4. PMS Objekt

PMS Objekt är en analytisk/empirisk dimensioneringsmetodik som baseras på linjärelastisk teori. Dimensioneringen baseras på resultat från tester som är anpassade för det aktuella materialet och dess användning i konstruktionen. Programmet beräknar spänningar och töjningar på vägkonstruktioner som belastas med statisk last. Materialen antas vara homogena, isotropa och linjärelastiska. Det som är unikt med PMS Objekt är att den även kan utföra analys av vägens tjällyftning. (Lennart, Leif & Carlsson, 1996) Linjärelastisk teori som används i PMS Objekt, är en teori som berättar om hur styvt ett material är när det utsätts för en belastning. E-modulen beräknas genom att ta kvoten mellan spänningen och töjningen som leder till deformation. (Langesten, 2003)

Programmets beräkningssätt är indelat i fyra huvuddelar enligt figur 4.1.

Trafikberäkning enligt (ATB) VÄG: Antagande över antal standardaxlar
Konstruktionsuppbyggnad: Val av överbyggnad
Bärighetsberäkningar: Beräkningar av tillåtet antal standardaxlar
Tjälberäkningar: Tillåtet max tjällyft

Figur 4.1: Beräkningsgången i PMS Objekt. (PMS Objekts hjälp manual, 2005)

Enligt *PMS Objekts Manual* kan följande beräkningar göras i programmet:

- Trafikberäkning: Beräknar hur många standardaxlar som antas passera under dimensioneringsperioden
- Bärighetsberäkning: Beräknar om angiven vägkonstruktion håller för den beräknade trafikbelastningen
- Tjälberäkning: Beräknar om vägkonstruktionen kan stå emot de förväntade tjällyften i undergrunden

Dessutom kan programmet utföra ytterligare så kallade avancerade funktioner:

- Trafikberäkning och bärighetsberäkning: För olika axellaster
- Bärighetsberäkning: Deformation, spänning och töjning på godtycklig punkt i konstruktionen.
- Lastberäkning: Beräknar trycktöjningar i terrassytan för olika lastkombinationer på konstruktion
- Beläggningsslitage: Kontroll av slitage och hållbarhet för en tänkt beläggning
- Massabeläggnings: Analys av egenskaper för att beräkna beläggningens utmattning
- Fallviktsberäkning: Görs utifrån utförda fallviktsmätningar som kan ge ny information om vägens E-moduler
- Volym - och kostnadsberäkning: Beräknar mängd material som behövs för den aktuella konstruktionen plus kostnader. (PMS Objekts hjälp manual, 2005)

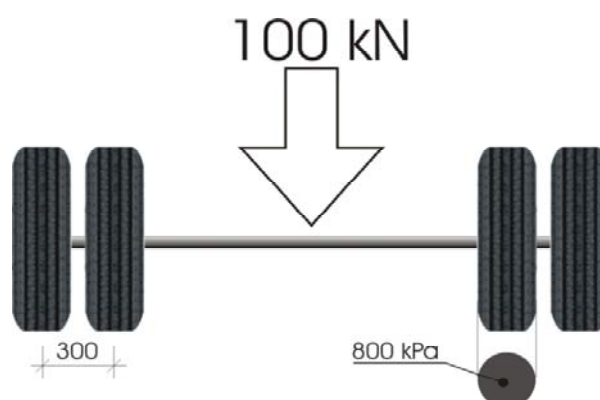
Dessa indata behövs för att utföra dimensioneringsberäkningar:

- klimatzon
- län
- antal körfält
- typ sektion
- bredd (väg, vägren, körfält)
- trafikberäkning:
 - ekvivalent antal standardaxlar
- konstruktionens uppbyggnad:
 - material/terrasstyp
 - överbyggnadstyp
- närbelägen VVIS-station.

4.1 Trafiklastberäkningar

Som underlag för dimensionering ska trafiklasten under den tekniska livslängden bestämmas. Trafikberäkningar grundas på antalet överfarter med ekvivalent antal standardaxlar.

En standardaxel definieras enligt figur 4.2. (VVK Väg, 2009)



Figur 4.2: Standardaxel. (Vägverket, 2007)

Standardaxlar består av en axel med parmonterade hjul och med 100 kN axellast jämnt fördelad mellan hjulen. Varje hjul har en cirkulär kontaktyta mellan däck och väg. Varje kontaktyta är belastad med ett konstant tryck på 800 kPa. Hjulen i respektive hjulpar har ett centrumavstånd på 300 mm. Ekvivalent antal standardaxlar ska bestämmas för vald teknisk livslängd. Beräkningar skall göras om inget annat anges, utföras enligt nedan. (Vägverket, 2007)

Beräkning av ekvivalent antal standardaxlar.

$$N_{ekv} = \text{ÅDT}_k \cdot 3,65 \cdot A \cdot B \cdot \sum_{j=1}^n \left(1 + \frac{k}{100}\right)^j \quad (4.1)$$

N_{ekv}	=	Ekvivalent antal överfarter med standardaxlar
ÅDT_k	=	Årsdygnstrafik per körfält
A	=	Andel tunga fordon i %
B	=	Ekvivalent antal standardaxlar per tungt fordon
n	=	Avsedd dimensioneringsperiod i antal år
j	=	1, 2, 3 ... n
k	=	Antagen trafikförändring per år i % för tunga fordon. (VVK Väg, 2009)

I PMS objekt matar man in tjockleken på vägöverbyggnaden och, därefter kontrollerar programmet hur många standardaxlar den angivna vägöverbyggnaden klarar. Detta beräknas med hjälp av ekvationer:

- Vågrät töjning i nederkant av asfalten ”sprickkriterium” (se ekvation 4.2 - 4.4).
- Lodrät trycktöjning på terrassen ”fara för deformationer i terrassen” (se ekvation 4.5 – 4.7). (Vägverket 2007)

4.2 Beräkningsmodell för spänningar och töjningar i PMS objekt

Beräkningsmodeller för spänningar och töjningar i PMS Objekt har utvecklats från beräkningsprogrammet CHEVRON som skapades 1963 av California Research Corporation (Lennart et al., 1996). Programmet räknar ut lastreaktioner i en godtycklig punkt i flerskiktskonstruktion. Deformationen beräknas genom belastning av det översta lagret av konstruktionen med en jämnt fördelad cirkulär last. (Mork, 1990)
Förutsättningar för materialmodellen i CHEVRON är att materialen ska betraktas som homogena med isotropa egenskaper. (TRVK, 2011)

4.3 Nedbrytningskriterier i PMS objekt

Utmattning\ töjning i underkant av bitumenbundet bärlager beräknas enligt nedan ekvationer:

$$N_{iill,bb} \geq N_{ekv} ; \text{där} \quad (4.2)$$

$$N_{iill,bb} = \frac{365}{\sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_{bb,i}}} \quad (4.3)$$

$$N_{bb,i} = f_s \frac{2,37 \cdot 10^{-12} \cdot 1,16^{(1,8T_i+32)}}{\varepsilon_{bb,i}^4} \quad (4.4)$$

- N_{ekv} = Ekvivalent antal standardaxlar
 m = Antal klimatperioder
 n_i = Antal dygn under klimatperiod "i"
 $N_{bb,i}$ = Tillåtet antal standardaxlar för bitumenbundet bärlager under klimatperiod "i"
 f_s = Korrigeringsfaktor med avseende på befintlig beläggnings sprickighet och krackelering, för nybyggnad är $f_s = 1,0$
 $\varepsilon_{bb,i}$ = Största horisontella dragtöjning i bitumenbundet bärlager för klimatperiod "i" vid belastning med en standardaxel på vägytan
 T_i = Temperatur (°C) i bitumenbunden beläggning för klimatperiod "i"

Utmattning i terrassytan för en överbyggnad med minst ett bitumenbundet lager beräknas enligt nedan ekvationer:

$$N_{iill,te} \geq 2 \cdot N_{ekv} ; \text{där} \quad (4.5)$$

$$N_{iill,te} = \frac{365}{\sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_{te,i}}} \quad (4.6)$$

$$N_{te,i} = f_d \frac{8,06 \cdot 10^{-8}}{\varepsilon_{te,i}^4} \quad (4.7)$$

- N_{ekv} = Ekvivalent antal standardaxlar
 f_d = Korrigeringsfaktor med avseende fukt och väta i terrassmaterial
 m = Antalet klimatperioder
 n_i = Antal dygn under aktuell klimatperiod "i"
 $N_{te,i}$ = Tillåtet antal standardaxlar för terrassyta under klimatperiod "i"
 $\varepsilon_{te,i}$ = Största vertikala trycktöjning i terrassyta för klimatperiod "i" vid belastning med en standardaxel på vägytan. (VVK Väg, 2009)

Ovanstående nedbrytningskriterier är framtagna inom – projektet SANering, RENovering och MODifiering SANREMO vid VTI . (Lennart et al., 1996)

4.4 Beräkning av tjällyftning

Programmet PMS objekt beräknar tjällyftning i en vägkonstruktion, utifrån givna klimatdata, materialegenskaper och tjocklekar för lager. Modellen för tjällyftning utgår ifrån värmeledningsekvationer för att beräkna värmeflöden vertikalt genom en jordprofil. Beräkningarna går ut på att bestämma vattenflödes- och fuktvandringsegenskaper. Beräkningarna som används är endimensionella. Temperaturindata som används i PMS Objekt hämtas från VVIS-stationer. Programmet delar in vägkonstruktionen i celler. Cellernas storlek varierar beroende på lagertjocklekar i vägkonstruktionen, men huvudsaken är dessa celler tunnare nära vägytan och tjockare längre ner. Varje beräkning ger en ny temperatur för cellen och varje cell är beroende av omgivande celleder temperatur och dess värmeledningsförmåga. Värmeflöde beräknas mellan respektive cell. (VVMB, 2001)

Vid noll grader antas vattnet frysa vid tjälfronten, och vid frysning kan det omgivande materialet torka ut. I detta fall kommer porvattenundertryck att skapas. Materialet kommer att suga till sig vatten vid tjälfronten från andra material som befinner sig i området. En liten kyleffekt bidrar till tjocka islinser eftersom allt uppåtströmmade vatten fryser till islinser som i sin tur medverkar till tjällyftning. En stor kyleffekt ger tunna islinser eftersom tjälfronten befinner sig längre ner. Jordmaterialets egenskaper påverkar tjälfarlighetsklassen. Hur tjälfarligt ett material är beror framförallt på tre egenskaper:

- Vatteninnehåll
- Uppsugningsförmåga (kapillaritet)
- Genomsläpplighet (permeabilitet eller hydraulisk konduktivitet).

För att materialet ska bli tjälfarligt måste det ha ett stort vatteninnehåll, stor uppsugningsförmåga och en stor genomsläpplighet. För grovkorniga jordar är tjälfarligheten mycket liten eftersom det är lättare för vattnet att ta sig genom till tjälgränsen, men eftersom vatteninnehållet är litet blir tjällyften små.

För finkorniga jordar har, stort vatteninnehållet, stor uppsugningsförmåga och låg genomsläpplighet. Finkorniga jordar är mindre tjälfarliga på grund av dess låga permeabilitet. Det hinner inte flöda så mycket vatten till tjälfronten och bilda islinser, utan vattnet kommer att frysa i sina befintliga porer.

De mest tjälfarliga jordarna är de vars egenskaper ligger mellan grovkorniga och finkorniga, dvs. silt och siltiga moräner med högt siltinnehåll. (Trafikverket, 2011)

4.5 Indata för nybyggnad

För att kunna dimensionera vägöverbyggnader behövs det några parametrar. När man startar programmet kommer två fönster efter varandra. Dessa två fönster är:

- Projekthanteraren: Här skapas nya projekt och gamla befintliga projekt sparas automatisk, det hjälper användare att snabbt åstadkomma åstadkomma olika projekten
- Avsnittshanteraren: I ett projekt kan finnas olika förutsättningar för överbyggnaden. Därför finns det behov av att dela upp projektet i olika avsnitt

under ett och samma projekt. Indata som behövs för att kunna gå vidare är följande avsnittsegenskaper:

- nybyggnad eller underhåll/förstärkning
- avsnittnamn
- vägnummer
- klimatzon: som lätt kan väljas från en karta som visas i figur 4.3
Sverige delas in i 5 klimatzoner
- referenshastigheter: 30, 50, 70, 90, 110 km/h
- län
- dimensioneringsperiod: från 20 år – 100 år.



Figur 4.3: Klimatzoner i Sverige. (VVK Väg, 2009)

Efter de två första fönster som definierar projekt kommer fyra olika delmoment:

- Trafikberäkning: För att beräkna trafikdata och antalet standardaxlar som kommer att belasta överbyggnaden under dimensioneringsperioden krävs följande:
 - årsdygnstrafik per körfält (ÅDT_k)
 - trafikförändring per år(%)
 - andel tunga fordon(%)
 - standardaxlar per tungt fordon .
- Konstruktionsuppbyggnad: Här anges terrassmaterial och konstruktionens uppbyggnad. Det finns fem fördefinierade konstruktioner i PMS Objekt som man kan välja mellan, men man kan även skapa sin egna. Dessa fem fördefinierade konstruktioner är:
 - GrusBitumenÖverbyggnad (GBÖ)
 - BergBitumenÖverbyggnad (BBÖ)
 - CementBitumenÖverbyggnad (CBÖ)
 - BetongÖverbyggnad (BÖ)
 - GrusBitumenÖverbyggnad med bindlager (GBÖb).
- Bärighetsberäkning: Innan man beräknar antalet axellaster ska korrigeringsfaktor för dränering anges. I bärighetsberäkning beräknas hur många axellaster vägen tål tills brott sker i bitumenlagrets underkant samt i terrassytan.
- Tjälberäkning: Beräkning av tjällyft, max tillåtet lyft och maximalt beräknat tjäldjup. (VVK Väg, 2009)

5. Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (M-EPDG)

5.1 AASHTO Pavement Design Guide

För utformning av vägöverbyggnad används AASHTO Guide av statliga myndigheter i USA. Ca 80 % av staterna använder sig av antingen AASHTO pavement design guide 1972, 1986 eller 1993. Alla versioner av guiden är baserade på empiriska resultat vars ekvationer utvecklats med hjälp av data från AASHO Road Test som utfördes i Ottawa, Illinois. (Dr. Ed, 2004)

M-EPDG är ett beräkningsprogram som utvecklats efter flera års forskning av American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) och National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), samt en forskargrupp med flera internationella experter på vägdimensionering. M-EPDG är baserat på en mekanistisk - empirisk metodik. Programmet innefattar rutiner för analys och utformning av nya och rekonstruerade vägar med asfalt och betongbeläggningar. Programmet kan även utföra analys av livscykelkostnader. (Raul et al., 2009). M-EPDG använder mekanistiska modeller för att strukturera och analysera olika vägkonstruktionen. (Oscarsson 2011) Den ökade prestandan hos M-EPDG beror på tillämpning av mätningar från AASHTO Road Test, som beskriver hur vägkonstruktionen påverkas av trafikmönster, klimat och materialegenskaper. Dessa mätningar kombineras med teori/formler för att göra programmet mer mekanistiskt. (Dr. Ed, 2004)

Programmet kan dimensionera två typer av vägar "flexibel överbyggnad" och "styv överbyggnad". Flexibel överbyggnad Asphalt Concrete (AC) är vägar som byggda med asfalt. Styv överbyggnad Portland Cement Concrete (PCC) är vägar som byggs med betong. (Dr. Ed, 2004)

Den officiella versionen av M-EPDG finns tillgänglig från AASHTOWare och heter DARWin-ME. (Aashtoware, 2011)

5.2 M-EPDG kan användas med tre olika kvalitetsnivåer

- Nivå 1: Beräknar med den högsta nivån av noggrannhet. Nivå 1 ska normalt användas för att dimensionera tungt trafikerade vägar eller där det behövs hög säkerhet. För att utföra nivå 1 krävs det data från laboratorium eller fältförsök
- Nivå 2: Beräknar med den medelnivån av noggrannhet. Denna nivå används när resurserna eller testutrustning inte är tillgängliga för de tester som krävs för nivå 1
- Nivå 3: Beräknar med den lägsta nivån av noggrannhet. Denna nivå kan användas för tex: lågtrafikerade vägar.

I detta examensarbete har framförallt nivå 3 använts. I programmet kan man använda sig av alla tre nivåer samtidigt, t.ex. kan nivå 1 användas för terrassmaterial och nivå 3 för trafikdata osv.

Indata till programmets beräkningar är indelad i fyra huvudkategorier enligt figur 5.1

Allmän information Vägens typ, plats och önskade värden för dimensionering
Trafikberäkning: Antagande om antal standardaxlar, lastbilsklasser per timme och månad
Klimat: Klimatkalibrering
Konstruktionsuppbyggnad: Val av materialens egenskaper och tjocklekar

Figur 5.1: Beräkningsgången i M-EPDG. (Dr. Ed, 2004)

Det finns en stor mängd data som måste matas in, och det är lätt att glömma bort att fylla i allt.

För att göra det lättare har programmet färgnyanser.

Grön: Alla värden är ifyllda

Gul: Alla standardvärden kommer att användas i analysen

Röd: Alla värden saknas för att kunna göra klart analysen

Programmet analyserar inte om någon av de fyra kategorier lyser rött.

Resultatet presenteras i form av tabeller eller diagram i Microsoft Excel. Utdata består av följande:

Engelsk beteckning	Svensk översättning
Layer Modulus	Lagermoduler
AC Modulus (plot)	Asfalt moduler (diagram)
Fatigue Cracking	Utmattningssprickor
Surface Down Damage (plot)	Utmattningsskador (diagram)
Surface Down Cracking (plot)	Utmattningssprickor (diagram)
Bottom Up Damage (plot)	Skador nerifrån upp (diagram)
Bottom Up Cracking (plot)	Sprickor nerifrån upp (diagram)
Thermal Cracking	Termiska sprickor
Crack Depth (plot)	Sprickdjup (diagram)
Thermal(C-h) (plot)	Termiska sprickor, djup i förhållande till tiden (diagram)
Crack length (plot)	Sprickornas längd (diagram)
Crack Spacing (plot)	Sprickornas mellanrum (diagram)
Rutting	Spårbildning
Rutting (plot)	Spårbildning (diagram)
IRI (plot)	IRI (diagram)

Figure 5.2: Resultatet av analysen. (Dr. Ed, 2004)

5.3 Trafiklastberäkning

Trafikuppgifter är en viktig faktor för dimensionering av vägens konstruktion. I M-EPDG kan trafikdata ges i tre nivåer beroende på omfattningen av trafikinformation som är tillgänglig för projektet. Trafikmodulen i programmet skapar axellastfördelningen för singel-, tandem-, tridem- och quadaxlar. Man kan mata in trafikflödets tillväxt under livslängden samt trafikfördelning per timme och månad. Man kan till och med ange axelavstånd för olika typer av lastbilar. (Dr. Ed, 2004)

5.4 Klimatpåverkan

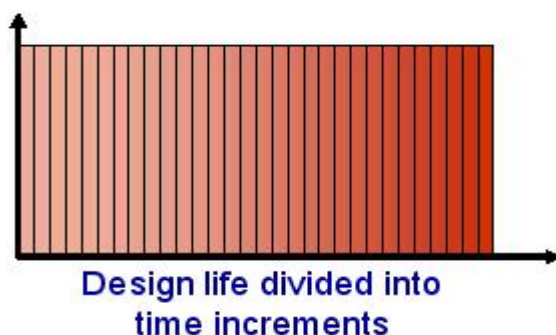
Klimatförhållanden har en betydande inverkan på nedbrytningen av flexibla överbyggnader.

Faktorer som nederbörd, temperatur, frys-tö-cyklar och djupet till grundvattennivån har en avgörande roll vid beräkning av skador. Vattenhalten i obundet material har en direkt påverkan på bärförmågan. Styvheten hos asfalten är beroende av temperaturen och temperaturgradienter. Klimatpåverkan bedöms genom att fukt- och temperaturprofiler skapas på hela djupet av överbyggnaden. Temperatur- och fuktdata hämtas från stationer över hela landet, med så kallade Enhanced Integrated Climatic Model (EICM). Profiler skapas över materialegenskaper, och deras förändringar med ålder och klimatförhållanden. Slutligen sammanställs klimatprofiler i mekanistiska modeller för att förutsäga vägens livslängd.

EICM är en programvara som är integrerad i M-EPDG. Modellen som används är endimensionell. Syftet är att simulera förändringar i nedbrytningen av vägens egenskaper och dess terrass material i kombination med klimat på flera års sikt. (Dr. Ed, 2004)

5.5 Nedbrytningskriterier i M-EPDG

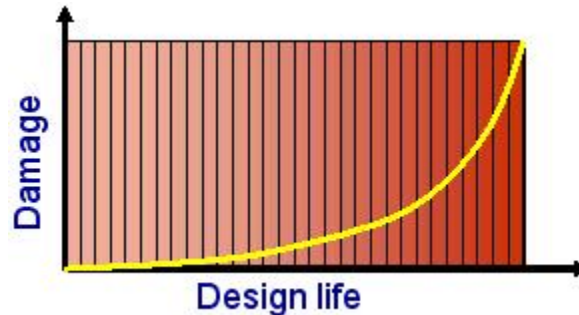
För att beräkna vägens livslängd delas den angivna dimensioneringsperioden in i flera tidssteg. Inom varje tidssteg tillkommer en unik kombination av parametrar (tid, belastning, lastens läge, hållfasthet och klimat) som påverkar vägens struktur och kan bidra till skador.



Figur 5.3: Tidssegment över en viss tid. (Dr. Ed, 2004)

Kumulativa skador

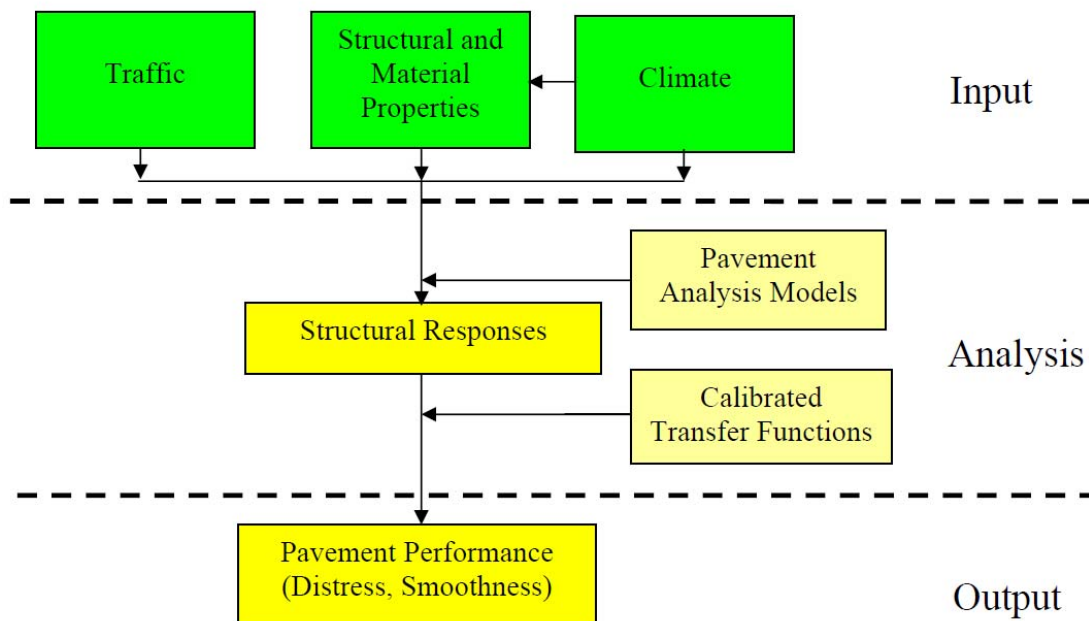
För varje steg använder programmet lagrade materialegenskaper och trafikbelastning för att beräkna förändringar av skadorna. Dessa beräkningar kommer att upprepas under hela skadeundersökningsperioden. Den totala skadan över livslängd är summan av de skador som uppstått i varje tidssteg. (Dr. Ed, 2004)



Figur 5.4: Exempel på inkrementella skador över tid.(Dr. Ed, 2004)

De faktorer som påverkar vägens livslängd, oavsett vilken typ av struktur vägen har, är trafik materialegenskaper och klimat. Vägen kommer att reagera på de kombinerade effekterna av belastning och klimatförändringar. Beräkningar utförs med hjälp av sofistikerade finita element eller modeller för elastiskt skikt beroende på vilken nivå man väljer. (Dr. Ed, 2004)

Figuren 5.5 visar i princip hur det går till vid beräkningar av vägens utmattning och ojämnheter av vägen. (Jolanda et al., 2007)



Figur 5.5: Visar hur M-EPDG arbetar med beräkning av skador. (Jolanda et al., 2007)

6. Känslighetsanalys för M-EPDG

6.1 Insamling av underlag

För att kunna genomföra känslighetsanalys och dimensionering för nybyggnad krävs en insamling av underlag såsom trafikdata, lagertjocklek m.m. Två källor har använts, Smedjegatan vägöverbyggnad i Malmö och samt utvalda vägar från LTPP databas. Känslighetsanalysen i M-EPDG utförs på Smedjegatan. Tabell 6.1 beskriver fakta som har använts för dimensionering av Smedjegatan med PMS Objekt.

Tabell 6.1: Smedjegatan.

Projektnamn: Smedjegatan		
Klimatzon:	Klimatzon 1	
Referenshastighet(km/h):	50	
Trafikberäkning avsnitt		
Beräkningsmetod:	Beräkning enligt ATB VÄG	
ÅDTk:	4 000	
Antagen trafikförändring per år(%):	1	
Andel tunga fordon(%):	10	
Standardaxlar per tungt fordon:	2	
Beräknat antal standardaxlar:	6 493 845	
Lageröversikt		
Lager	Tjocklek(mm)	Namn
1	40	Bitumenbundet slitlager
2	120	Bitumenbundet bärlager
3	80	Obundet bärlager
4	450	Förstärkningslager krossat material
5	0	Skyddslager
6	0	4a - Blandkornig jord > 30%
Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 690 mm		
Resultat:		
Antal axellaster, ackumulerad avseende:		
Krav i underkant bitumenlager		
Ntill, bb:	9 670 783(Brott i bitumenlager)	
Nekv:	6 493 845(ÅDT efter 20 år)	
Kvot:	0,67	
Terrassytekrav		
Ntill, te:	17 400 390 (Brott i terrassytan)	
Nekv * 2:	12 987 690(Brott I terrassytan enligt säkerhet 2)	
Kvot:	0,75	
Tjälberäkning		
Beräknat lyft(mm):	0	
Maximalt beräknat tjäldjup(mm):	619	
Max tillåtet lyft(mm):	160	

Underlag från LTPP databas har använts för att jämföra spårbildning och IRI utveckling med de beräkningar som programmet M-EPDG ger. Dessa 3 objekt: T-205-2, Z-E45-3, Z-E45-4 är byggda enligt VÄG 94.

Underlag från LTPP databas:

Tabell 6.2 : T-205-2.

Objektbeteckning: T-205-2		
Klimatzon:	Klimatzon 3	
Referenshastighet(km/h):	50	
Trafikberäkning avsnitt		
Beräkningsmetod:	Beräkning enligt VÄG 94	
ÅDTk:	800	
Antagen trafikförändring per år(%):	0 %	
Andel tunga fordon(%):	11,68	
Standardaxlar per tungt fordon:	4,55	
Lageröversikt		
Lager	Tjocklek(mm)	Namn
1	40	MABT16
2	50	AG22
3	80	Obundet bärlager
4	410	Förstärkningslager krossat material
5	120	Skyddslager
6	0	4 - Blandkornig jord > 30%
Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 700 mm		

Tabell 6.3: Z-E45-3.

Objektbeteckning: Z-E45-3		
Klimatzon:	Klimatzon 4	
Referenshastighet(km/h):	90	
Trafikberäkning avsnitt		
Beräkningsmetod:	Beräkning enligt VÄG 94	
ÅDTk:	2144	
Antagen trafikförändring per år(%):	5 %	
Andel tunga fordon(%):	19,96	
Standardaxlar per tungt fordon:	3,41	
Lageröversikt		
Lager	Tjocklek(mm)	Namn
1	40	MABT16
2	90	AG22
3	80	Obundet bärlager
4	420	Förstärkningslager krossat material +
5	0	Skyddslager grSa/saGr/Gr/stsaGr på leSiMn/leSi
Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 630 mm		

Tabell 6.4: Z-E45-4.

Objektbeteckning: Z-E45-4		
Klimatzon:	Klimatzon 4	
Referenshastighet(km/h):	80	
Trafikberäkning avsnitt		
Beräkningsmetod:	Beräkning enligt VÄG 94	
ÅDTk:	1243	
Antagen trafikförändring per år(%):	0 %	
Andel tunga fordon(%):	14,64	
Standardaxlar per tungt fordon:	4,59	
Lageröversikt		
Lager	Tjocklek(mm)	Namn
1	40	MABT16
2	70	AG22
3	80	Obundet bärlager
4	420	Förstärkningslager krossat material + Skyddslager
5	0	grSa/saGr/Gr/stsaGr på leSiMn/leSi
Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 610 mm		

6.1.1 Skadekartering

Genom att använda sig av, ”Bära eller brista” Svenska Kommunförbundets handbok i tillståndsbedömning av belagda gator och vägar kan skadornas svårighetsgrad bestämmas. Den vanligaste skadekategorin är grad 1 och därefter grad 2 och 3. (Göran, 2003)

Tabell 6.5 – Svårighetsgrad: Spårdjup.

Svårighetsgrad
1. Spårdjup mindre än 10 mm
2. Spårdjup mellan 10 och 20 mm
3. Spårdjup större än 20 mm

Tabell 6.6 – Svårighetsgrad: Krackelering.

Svårighetsgrad
1. Längsgående, parallella ”hårfina” sprickor blandade med korta tvärgående sprickor
2. Fortsatt utveckling av svårighetsgrad 1. Sprickorna kan vara något öppna
3. Fortsatt utveckling av svårighetsgrad 2 så att sprickorna har öppnats och materialet har lossnat från sprickkanten



Bild 6.1: Krackelering svårighetsgrad. (Göran, 2003)

Tabell 6.7 – Svårighetsgrad: Tvärgående sprickor.

Svårighetsgrad
1. Sprickor är slutna eller endast något öppna, mindre än 5 mm breda
2. Sprickor är öppna mellan 5 till 10 mm breda och materialet släpper från sprickkanten.
3. Sprickor mer än 10 mm breda och mycket material har lossnat från sprickkanten



Bild 6.2: Tvärgående sprickor svårighetsgrad 2 och 3. (Göran, 2003)

Tabell 6.8 – Ojämnheter i vägens längd- eller tvärriktning, krav på jämnhet i längdled för 20 respektive 400 m sträcka vid garantitidens utgång 8-10 år.

Skyltad hastighet	20 m sträcka	För varje 400 sträcka
VR 90 km/h ÅDT _k > 4000	IRI ≤ 2,3m	$s \leq 0,6$ $\bar{x} \leq (1,8-0,4s)$

\bar{x} Aritmetiskt medelvärde i stickprov

s Standardavvikelse i stickprov. (VVTBT, 2010)

6.2 Long Term Performance Pavement (LTPP)

Sedan 1984 har Statens väg- och transportforskningsinstitutet (VTI) samlat in tillståndsdata från vissa utvalda vägobjekt. Huvudsyftet är att bestämma lämpligaste underhållsåtgärd. Mängd information samlas och en databas byggs upp med en stor mängd högkvalitativ data som beskriver vägens tillstånd från det den är nybyggd fram till dagsläget. Årligen sammanställs en lägesrapport, som heter ”Tillståndsbedömning av observationssträckor”, den utges som VTI notat

Data är från ett urval av vägobjekt huvudsakligen bestående av:

- Varmtillverkad asfaltbeläggning:
 - BergBitumenÖverbyggnad (BBÖ)
 - GrusÖverbyggnad (GÖ)
 - Cement GrusÖverbyggnad (CGÖ)
 - BetongÖverbyggnad (BÖ)
 - GrusBitumenÖverbyggnad med ett bitumenbindlager (GBÖb).

Val av observationssträckorna har gjorts utifrån följande kriterier:

- Vägkonstruktionen ska vara byggd enligt byggnadstekniska anvisningar (BYA-76, BYA-84, VÄG 94 etc.)
- Vägkonstruktionen ska inte ha störande installationer som kan hindra trafikens rörelsemönster t.ex. korsningar eller ramper
- Vägkonstruktionen ska undvika att ha observationssträckor som har större trummor
- Vägkonstruktionen ska vara antingen på bank eller i skärning. (VVK Väg, 2009)

Varje objekt är uppdelat i 100 meter långa observationssträckor och uppföljningen omfattar båda körriktningarna på 2-fältsvägar. På motorvägar ingår endast en riktning i uppföljningen. Normalt består ett observationsobjekt av 8-13 observationssträckor.

Data som finns i LTPP- databas är uppdelad enligt följande tabeller:

- Uppbyggnad
- Spårdjup
- Sprickor
- Tung trafik.

Dessa samlade tabeller beskriver vägens tillstånd vid nybyggd mätning och vid olika mättillfällen samt utförde beläggningsåtgärder. (Göransson, 2010)

6.2.1 Data insamling i LTPP för andel tung trafik, lagertjocklek & klimat

Med tung trafik menas fordon med totalvikt över 3,5 ton. Lagertjockleken för vägkonstruktionen har hämtats från bygghandlingar. För de objekt som saknar upphandlingar har undersökning av materiallager och materialegenskaper gjorts. Data på klimat och nederbörd har hämtats från SMHI.(Göransson, 2010)

6.3 Metod för känslighetsanalys

De parametrar som valts att variera i M-EPDG är följande:

- Dimensioneringsperiod.
- ÅDT
- Klimat
- Hastighet
- Terrass
- Tjocklek asfalt/bärlager
- Poissons tal asfalt/bärlager/obunden/förstärkning
- Värmeledningsförmåga för både asfalt och bärlager
- Värmekapacitet för både asfalt och bärlager
- Bindemedel asfalt/bärlager.

I programmet MEPDG krävs det mer indata än PMS Objekt t.ex. Poissons tal, värmeledningsförmåga och värmekapacitet. Ett mellan värde har använts för Poissons tal, värmeledningsförmåga och värmekapacitet dessa värden är standardvärde i programmet.

6.4 Indatas betydelse för känslighetsanalys

För att utföra beräkningar har vissa antagande gjorts t.ex. klimat förhållande. Boston Massachusetts har mer eller mindre samma väder förhållande som Malmö. Därför har den staden använts i beräkningarna. Värden visas i bilaga 1.

När man startar programmet kan man justera gränsvärden och ange hur stor pålitlighet (sannolikhet att man klarar gränsvärde) beräknade värdena ska ha. När programmet överstiger gränsvärde eller pålitlighet kommer resultatet att visas i rött. Värden anges i amerikanska enheten t.ex. inch per mile, feet per mile och i procentenhet.

Resultatet från känslighetsanalysen redovisas i diagram 6.1 till 6.25. Resultatet som redovisas i diagrammen är vilken typ av skada som varierar mest när en speciell parameter varierar. I varje beräkning redovisas det beräknade värdet av skadan och den beräknade pålitligheten. Referens värdet redovisas i tabell 6.9.

Tabell 6.9 – Resultatet från beräkningar för Smedjegatan omvandlade till SI-enheter.

Skador	Gränsvärde	Pålitlighet	Resultat	
			Beräknade värde	Beräknade Pålitlighet
IRI (ojämnheter)	2.7m/km	90 %	1,73 m/km	97,91 %
Nergående sprickor i slitlager (längsgående sprickor)	379 m/km	90 %	4,5m/km	96,88 %
Sprickor nerifrån upp(krackelering)	25 %	90 %	1,8 %	99,999 %
Termiska sprickor i asfalten (tvärgående sprickor)	189m/km	90 %	29,22m/km	99,999 %
Kemisk stabilisering i olika lager (utmattning)	25 %		OK	
Permanent deformation i slitlager(spårbildning i slitlager)	6 mm	90 %	2,54mm	99,999 %
Permanent deformation total i alla lager(totala spårbildning)	19 mm	90 %	8,64mm	99,999 %

6.5 Variation i dimensioneringsperiod

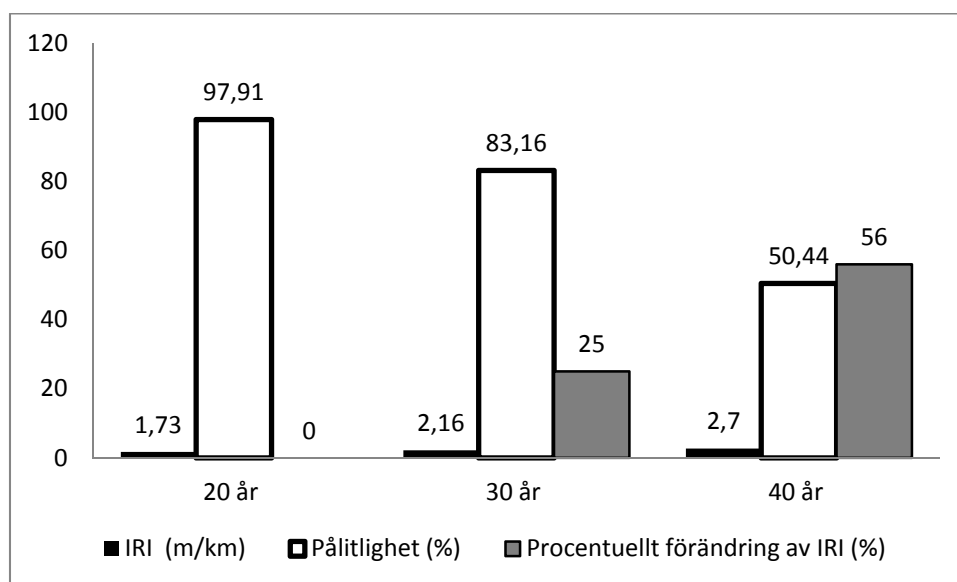


Diagram 6.1 – IRI (ojämnhet) variation m.a.p dimensioneringsperiod.

Diagram 6.1 ger en bild över vad som händer med vägöverbyggnaden med tiden. Ojämnheten ökar med ca 25 % var tionde året. IRI värdet från 20 års dimensioneringsperiod ligger på 1,73 m/km och det anses accepterande värde enligt tabell 6.8.

6.6 Variation i ÅDT

Tabell 6.10 – Variationer i ÅDT vid beräkning.

Ändring i ÅDT _{k,tung}		
Låg	Mellan	Hög
400	1000	2000

ÅDT 400 är vad som är angivet för Smedjegatan, och resultatet visar att skadorna håller sig under angiven gränsvärdet i tabell 6.9.

Vid ÅDT 1000 brister det i långsgående sprickor (neråtgående sprickor i slitlager). Resultatet beräknas till 17,4 m/km och det är långt under gränsvärdet som är 379 m/km. Anledning till att programmet visar att det misslyckats är att pålitligheten är under 90 %.

Efter 20 år dimensioneringsperiod vid 2000 ÅDT har följande skador hamnat under 90 % pålitlighet:

- Längsgående sprickor (nergående sprickor i slitlager)
- Krackelering (sprickor nerifrån upp)
- Permanent deformation i slitlager.

6.6.1 ÅDT och Dimensioneringsår

Enligt PMS objekt kan Smedjegatans vägöverbyggnad med ÅDT 400 klara av 9 670 783 standardaxlar tills brott i bitumenbundet lager sker. Sex försök har gjort för att se hur ÅDT påverkar vägöverbyggnaden. Tre försök att öka dimensioneringsperioden och tre försök med ökad ÅDT.

Tabellen 6.11 – Beräknade standardaxlar i M-EPDG med ökad dimensioneringsperiod.

Vid 400 ÅDT Beräknade standardaxlar blir efter 20 år 1 599 800
Vid 400 ÅDT Beräknade standardaxlar blir efter 30 år 2 509 270
Vid 400 ÅDT Beräknade standardaxlar blir efter 40 år 3 491 790

Resultatet som visas i M-EPDG är hur många standardaxlar som kör på vägen under dimensioneringsperioden. Programmet beräknar inte när bitumenlager går till brott som i PMS Objekt. Att öka dimensioneringsperioden i programmet ger en gradvis ökning i ÅDT.

Beräkningarna visar att det brister i IRI efter 30 års.

Tabellen 6.12 – Beräknade standardaxlar i M-EPDG med ökade ÅDT efter 20 år.

400 ÅDT Beräknade standardaxlar blir efter 20 år 1 599 800
1000 ÅDT Beräknade standardaxlar blir efter 20 år 3 995 490
2000 ÅDT Beräknade standardaxlar blir efter 20 år 7 994 980

Resultatet visar vid ÅDT 1000 som har 3 995 490 standardaxlar efter 20 år brister pålitligheten för längsgående sprickor. Man når ungefär samma siffra 3 497 790 vid 400 ÅDT efter 40 år och där visar det sig att det brister i IRI.

Slutsatsen är att samma antal standardaxlar under en kort tid kan skapa skador i form av sprickor medan samma antal standardaxlar efter långtid kan skapa brister i ojämnheter.

6.7 Variationer i klimat

För att ge paralleller till de svenska klimatzonerna 1, 2 och 5 visas här nedan en tabell för motsvarande klimatzoner i USA. Valen bygger på liknande förhållanden när det gäller medeltemperatur och nederbörd över området. Klimatdata visas i bilaga 1.

Tabellen 6.13 – Motsvarande variationer i klimatzoner.

Klimat 1 = Massachusetts, Boston
Klimat 2 = New York, Rochester
Klimat 5 = Michigan, Detroit

Diagram 6.2 – Tvärgående sprickor i klimat 1 som börjar ske efter 16 år.

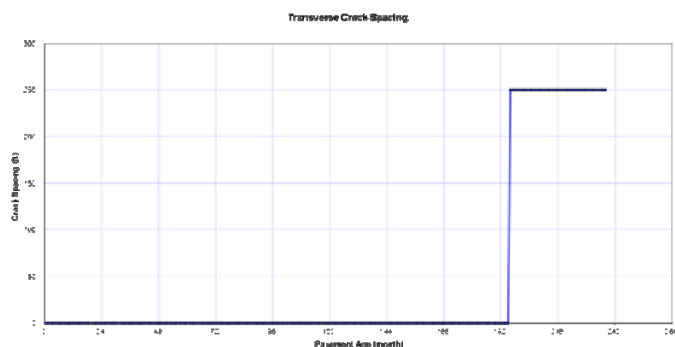


Diagram 6.3 – Tvärgående sprickor i klimat 2 som börjar spricka ske redan vid 8 år och det försätter spricka gradvis.

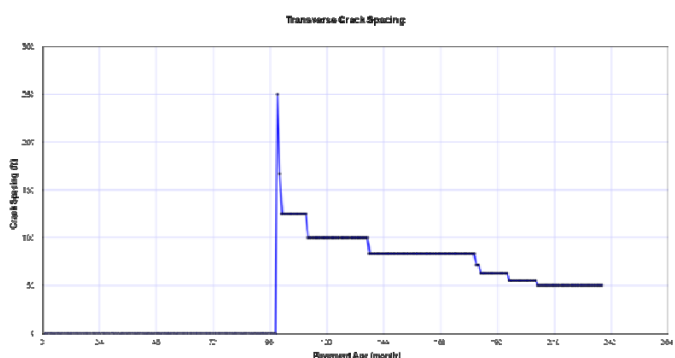
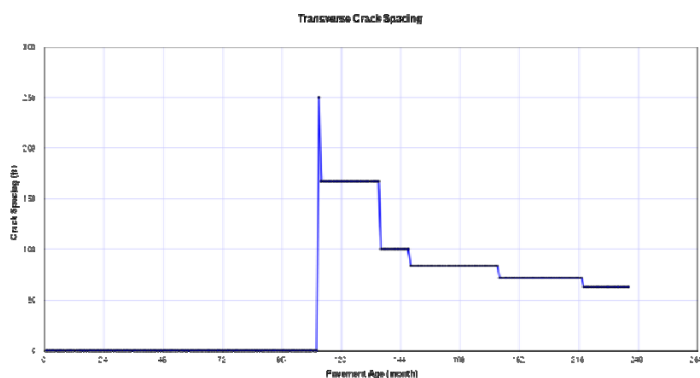


Diagram 6.4 – Tvärgående sprickor i klimat 5 sprickor börjar också efter 8 år och det försätter gradvis men återkomst av sprickorna blir färre.



Resultat visar att klimatet bidra till bildning av tvärgående sprickor. Sprickorna orsakas av termiska töjningar i asfalten.

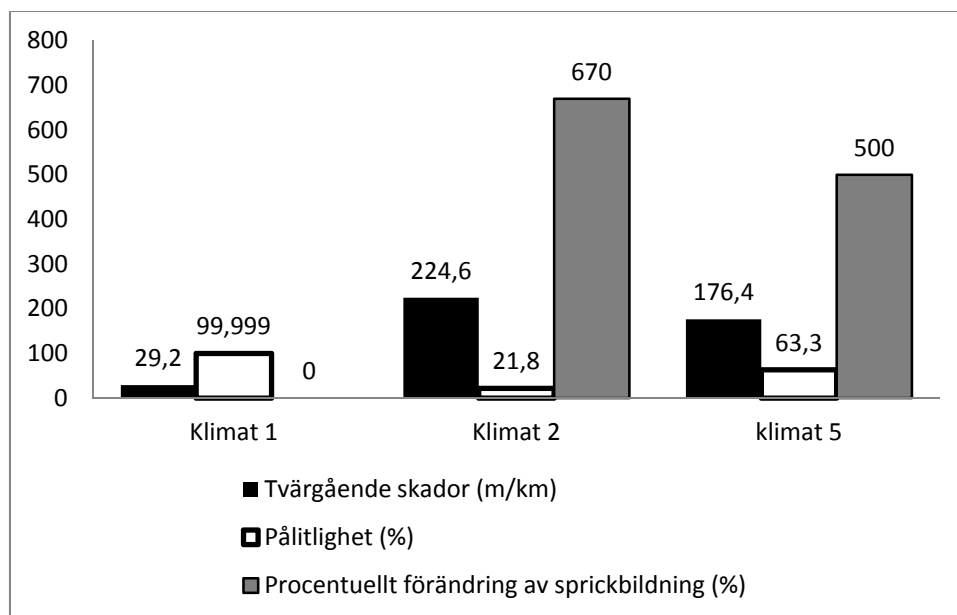


Diagram 6.5 – Tvärgående skador variation m.a.p klimatzoner.

Klimatet har en avgörande roll för sprick bildning. I detta fall kan det bero på att bindning i asfalten är för hårda. Det medför att asfalten expanderar på sommaren och krymper på vinter.

Med kallare klimat ökar tvärgående sprickor. Största procentuell förändring sker i klimatzon 2 trots klimatzon 5 är kallare. I kallare klimat bildas färre sprickor, anledningen är att sprickor bildas under våren och hösten när det blir stora förändringar i klimatet. Det sker mer klimatförändring i klimatzon 2. Resultatet gäller endast för Smedjegatan. För säkrare resultat behöver ytterligare undersökningar av olika vägkonstruktioner utföras.

6.8 Ändring i hastighet

Tabell 6.14 – Variationer av hastighet vid beräkning.

50 km/h
90 km/h
110 km/h

I allmänhet minskar skador med ökande hastighet. Det vill säga att programmet tar hänsyn till belastningstiden. Med ökande hastighet belastas vägen under kortare tid.

6.9 Ändringar i Terrassmaterial

I M-EPDG delas terrassmaterialet in efter AASHTO klassificering:

Från A1 ~ A3 är det korniga material

Från A4 ~ A7 är det siltig och lerig material.

Tabell 6.15 – Variationer av terrassmaterial vid beräkning.

Terasstyp enligt AASHTO
A-1 = Sten fragment grus och sand
A-2 = Siltig eller lerig grus och sand
A-3 = Fin sand
A-4 = Siltig
A-5 = Mer siltig
A-6 = Lerig
A-7 = Mer lerig

Beräkningar har gjort för två materialtyper:

- Kornigt terrassmaterial
- Siltigt/lerigt terrassmaterial.

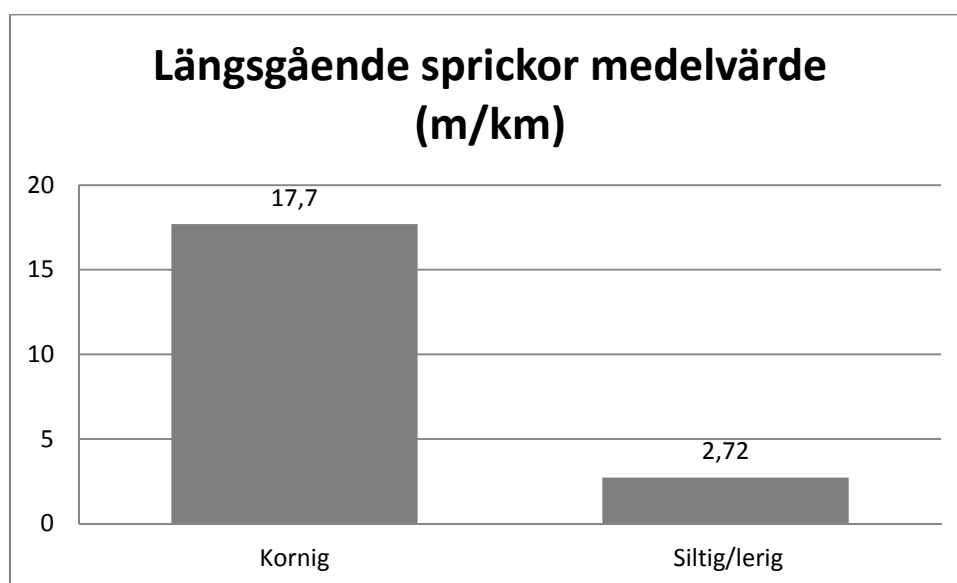


Diagram 6.6 – Medelvärdet av resultatet av korniga och Siltig/lerig terrassmaterial längsgående sprickor ökar med terrass som innehåller korniga material.

När man jämför de båda materialen med varandra syns en tydlig skillnad mellan korniga och Siltiga/leriga terrassmaterial. I korniga terrassmaterial har längsgående sprickor betydligt högre värde än i siltiga/leriga terrassmaterial.

6.10 Ändring i tjocklek på bärlager och asfalt

Tabell 6.16 – Variationer av bärlager tjocklek vid beräkning.

Bärlager -25 %
Bärlager 0 %
Bärlager +25 %

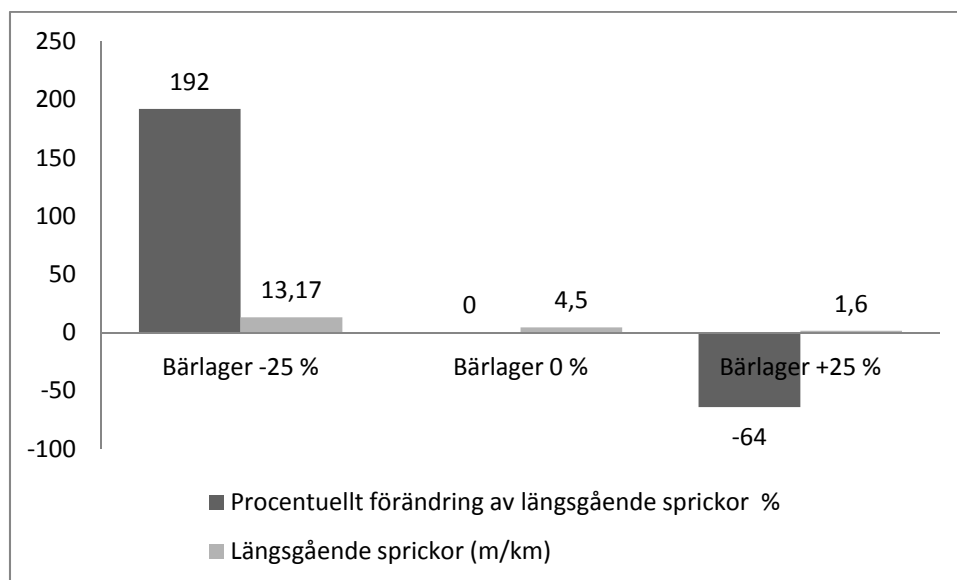


Diagram 6.7 – Ger en ökning av längsgående sprickor när bärlager tjocklek minskar och en minskning när bärlagerstjocklek ökar.

25% minskning av bärlager tjocklekar ger en stor ökning av längsgående sprickor anledningen kan vara att överbyggnaden klarar inte av töjningar av trafikbelastning.

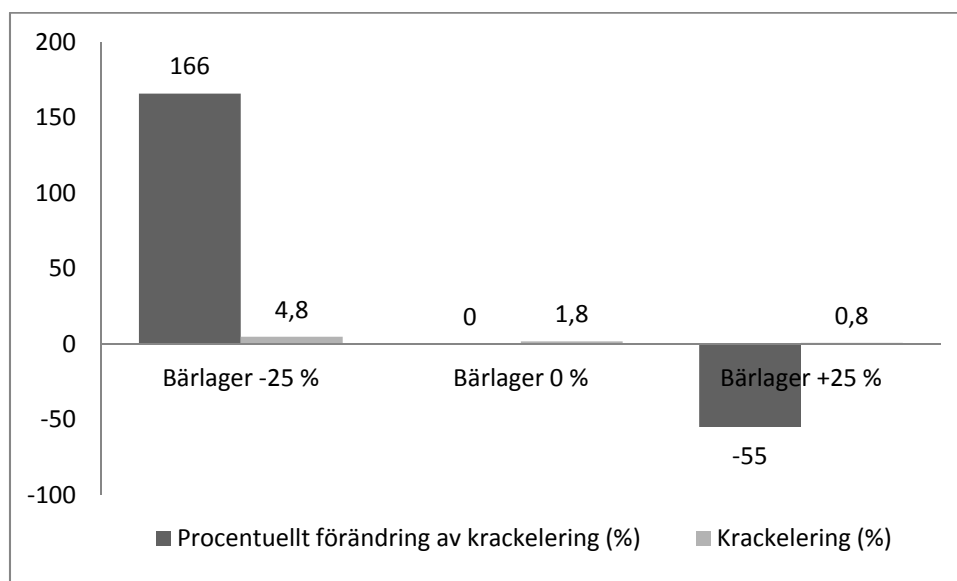


Diagram 6.8 – Krackelering ökar när bärlagerstjocklek minskar och en minskning när bärlagerstjocklek ökar.

I diagram 6.7 och 6.8 ser vi samma trend minskning av bärlager tjocklek ökar längsgående sprickor och krackelering.

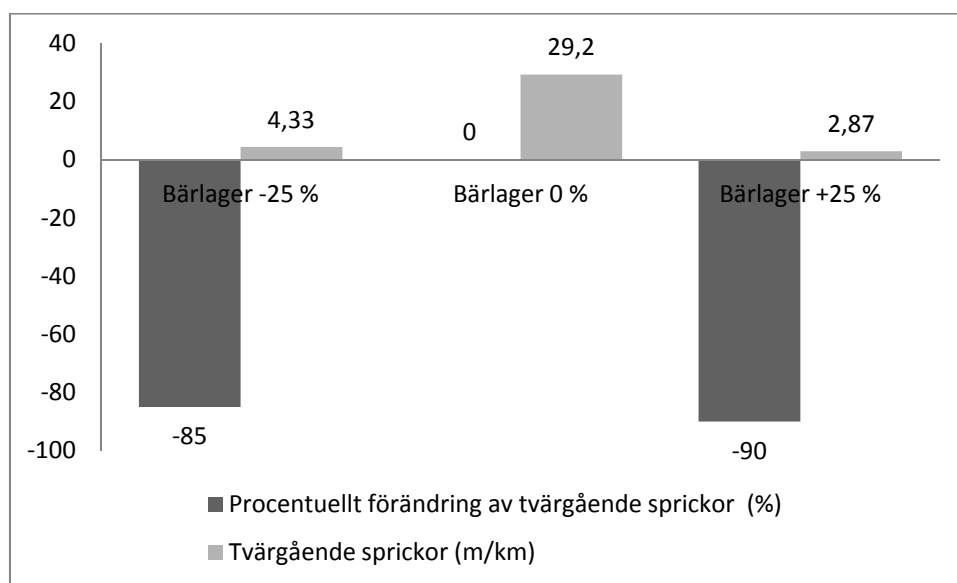


Diagram 6.9 – Ökning och minskning av bärlager tjocklek ger en minskning av tvärgående sprickor.

Resultatet från bärlagret variation av tjocklek påverkar längsgående sprickor, krackelering negativ men hjälper till att minska tvärgående sprickor. Tunna beläggningar kan ibland beräknas klara av trafiklast som överstiger en överbyggnad med en tjockare beläggning klarar. Om man vill dimensionera till en tunnare beläggning, man behöver inte ha bärlager utan enbart slitlager kan läggas. (Jonsson & Said, 2001)

Tabell 6.17 – Variationer av asfalt tjocklek vid beräkning.

Asfalt -25 %
Asfalt 0 %
Asfalt +25 %

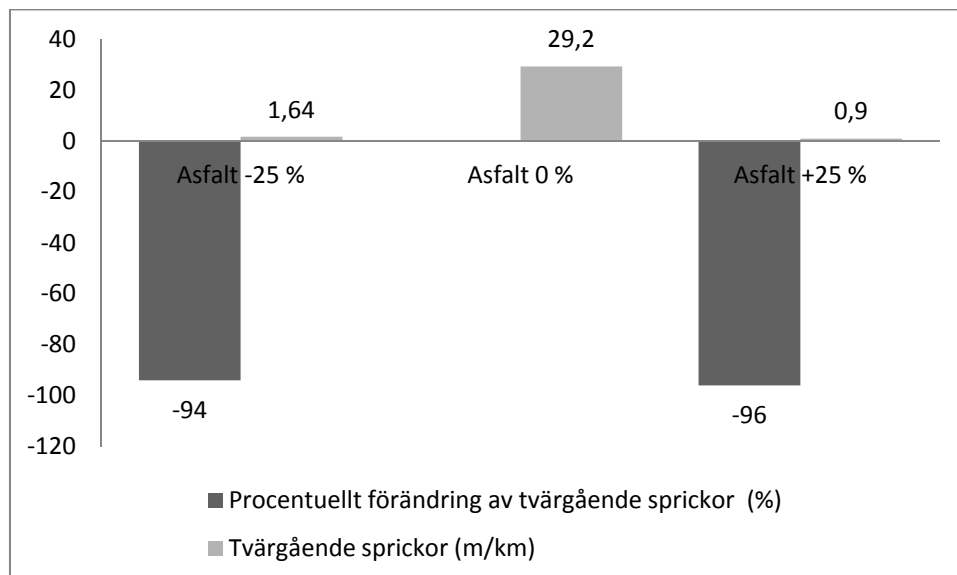


Diagram 6.10 – Ökning och minskning av asfalt tjocklek ger en minskning av tvärgående sprickor.

När man ökar asfaltens tjocklek uppstår det horisontell dragtöjning i underkant. Töjningen i beläggningar ökar med ökade beläggningstjocklek upp till en viss gräns, därefter minskar töjningen med ökade tjocklek. Ökad töjning och ökad beläggningstjocklek kan inträffa under perioder med hög temperatur i beläggningen, då beläggningen har låg styvhet. Samma sak händer när man minskar beläggningens tjocklek, då minskas horisontella dragtöjningar upp till en viss gräns. (Jonsson & Said, 2001)

6.11 Ändring i Poissons tal asfalt/bärlager/obunden/förstärkning

Poissons tal är en materialkonstant som anger förhållandet mellan töjningar i olika riktningar i ett material. (Lindén, 2002)

Asfalt

Tabell 6.18 – Variationer av asfaltens Poissons tal vid beräkning.

Poissons tal ändring i asfalt		
Låg	Mellan	Hög
0,2	0,35	0,45

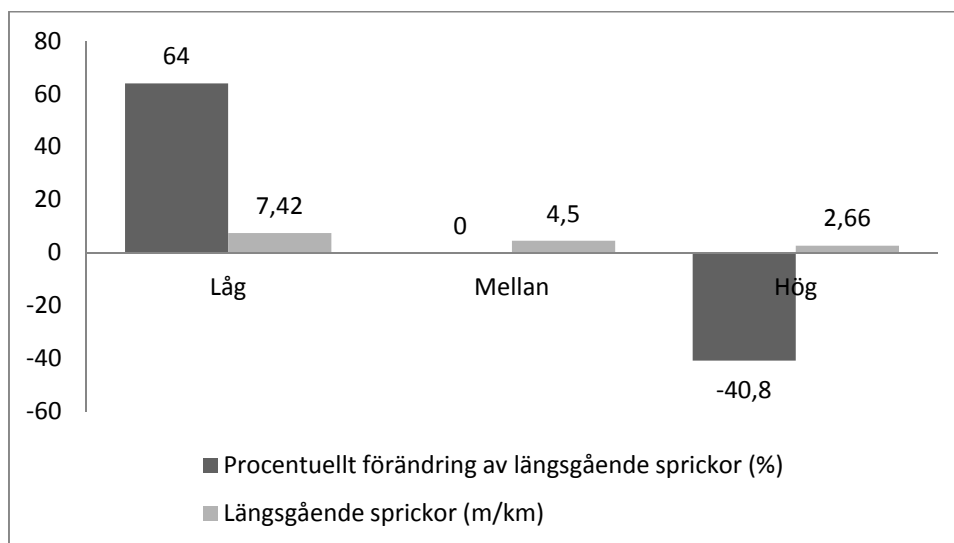


Diagram 6.11 – Längsgående sprickor m.a.p asfalt Poissons tal.

Lågt Poissons tal i asfalt ger en ökning av längsgående sprickor. Däremot hög Poissons tal i asfalt ger minskning av skador i längsgående sprickor.

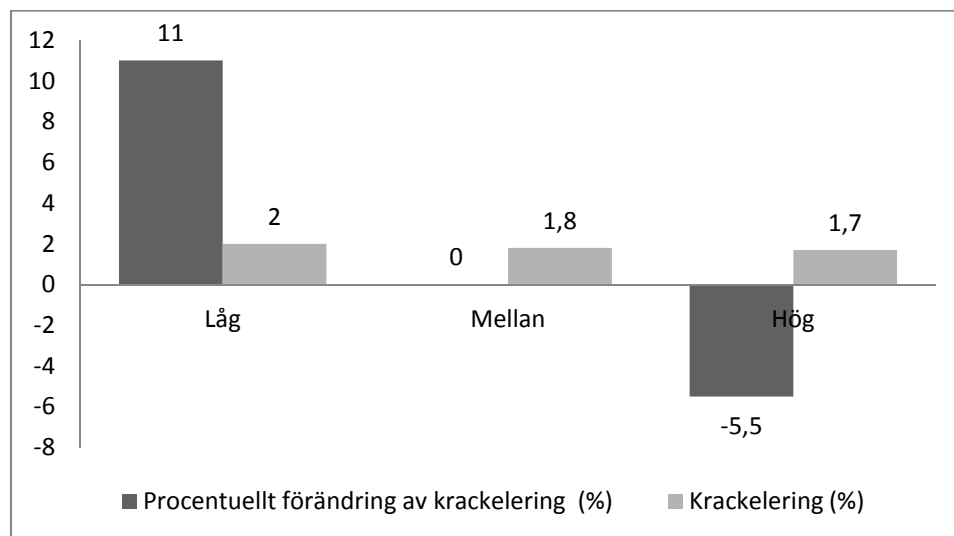


Diagram 6.12 – Krackelering m.a.p asfalt Poissons tal.

Lågt Poissons tal i asfalt ger en ökning av krackelering. Men hög Poissons tal i asfalt ger minskning av krackelering skador.

Bärlager

Tabell 6.19 – Variationer av bärlager Poissons tal vid beräkning.

Bärlager ändring		
Låg	Mellan	Hög
0,2	0,35	0,45

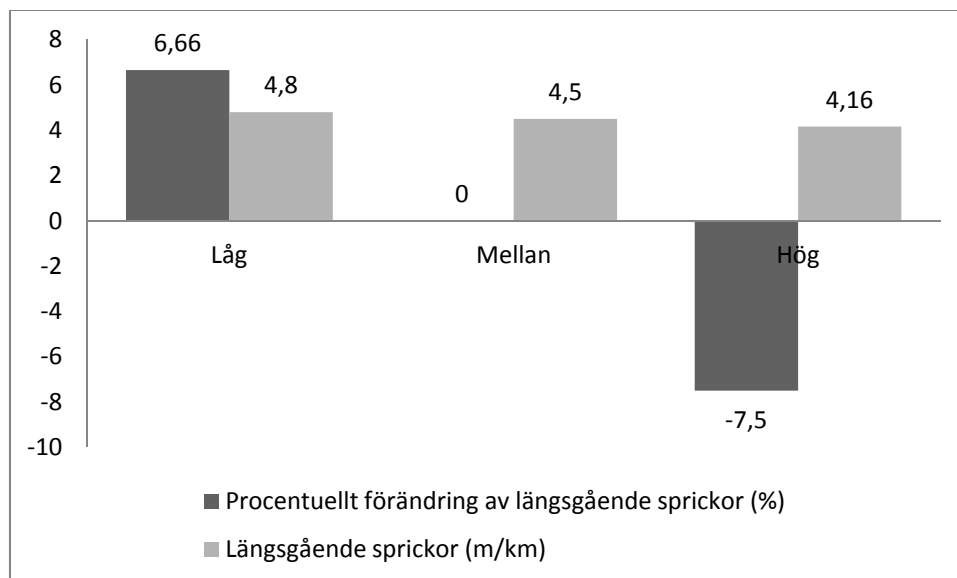


Diagram 6.13 – Längsgående sprickor m.a.p bärlager Poissons tal.

Lågt Poissons tal i bärlager ger en ökning av längsgående sprickor. Däremot hög Poissons tal i bärlager ger minskning av skador i längsgående sprickor.

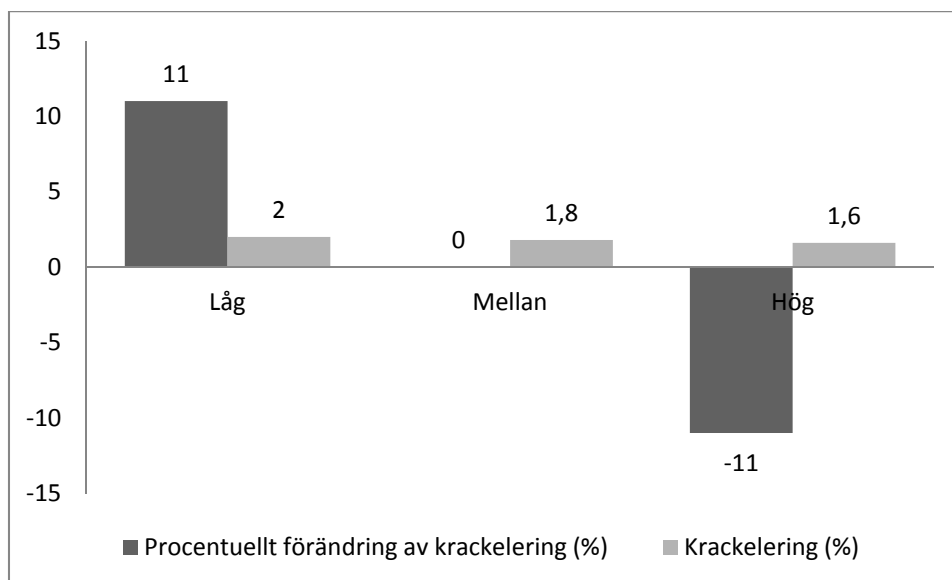


Diagram 6.14 – Krackelering m.a.p bärlager Poissons tal.

Lågt Poissons tal i bärlager ger en ökning av krackelering. Men hög Poissons tal i bärlager ger minskning krackelering skador.

Obunden bärlager

Tabell 6.20 – Variationer av obunden bärlager Poissons tal vid beräkning.

Obunden bärlager ändring		
Låg	Mellan	Hög
0,2	0,35	0,4

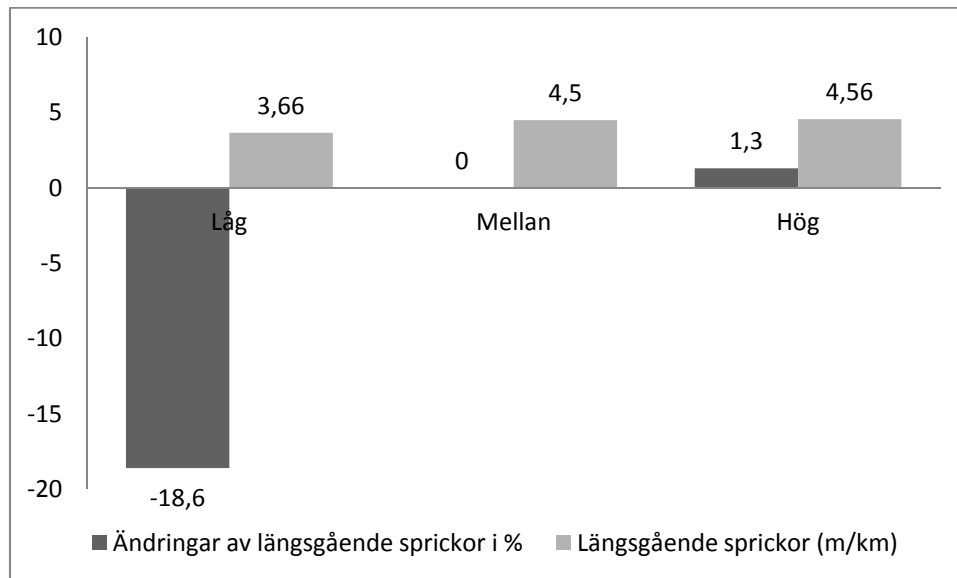


Diagram 6.15 – Längsgående sprickor m.a.p bärlager Poissons tal.

I obundna lager blir det tvärtom. Lågt Poissons tal ger en minskning av längsgående sprickor. Däremot högt Poissons tal ger en ökning av längsgående sprickor.

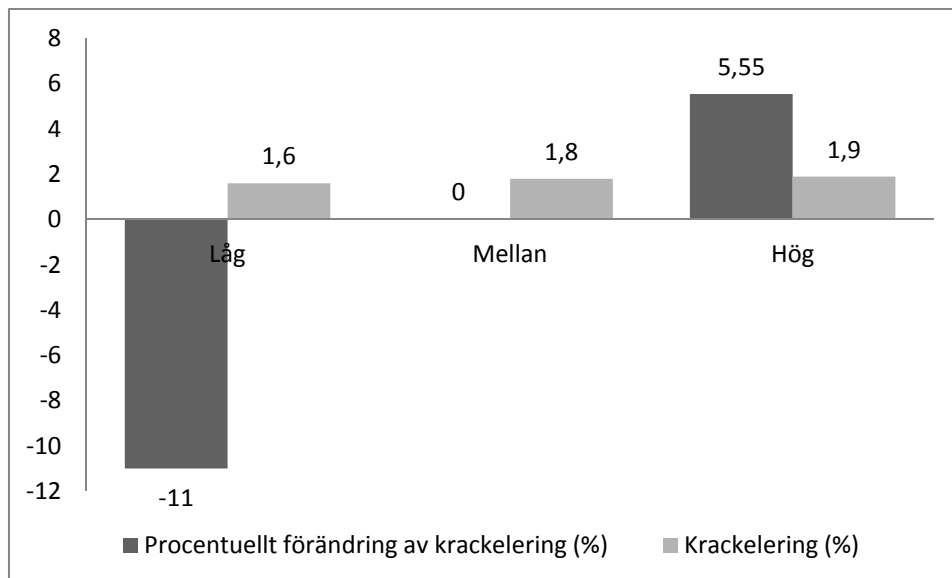


Diagram 6.16 – Krackelering m.a.p bärlager Poissons tal.

Lågt Poissons tal ger en minskning av längsgående sprickor. Men högt Poissons tal ökar krackelering skador.

Förstärkningslager

Tabell 9.21 – Variationer av förstärkning Poissons tal vid beräkning.

Förstärkningslager ändring		
Låg	Mellan	Hög
0,2	0,35	0,4

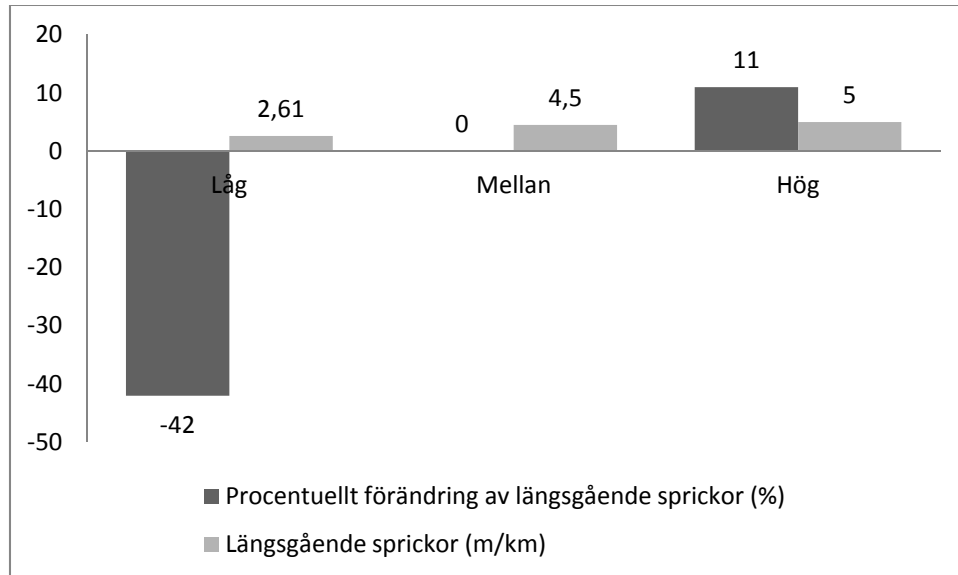


Diagram 6.17 – Längsgående sprickor m.a.p förstärkninglager Poissons tal.

Det sker samma sak i förstärkningslager. Lågt Poissons tal ger en minskning av längsgående sprickor. Däremot högt Poissons tal ger en ökning av längsgående sprickor.

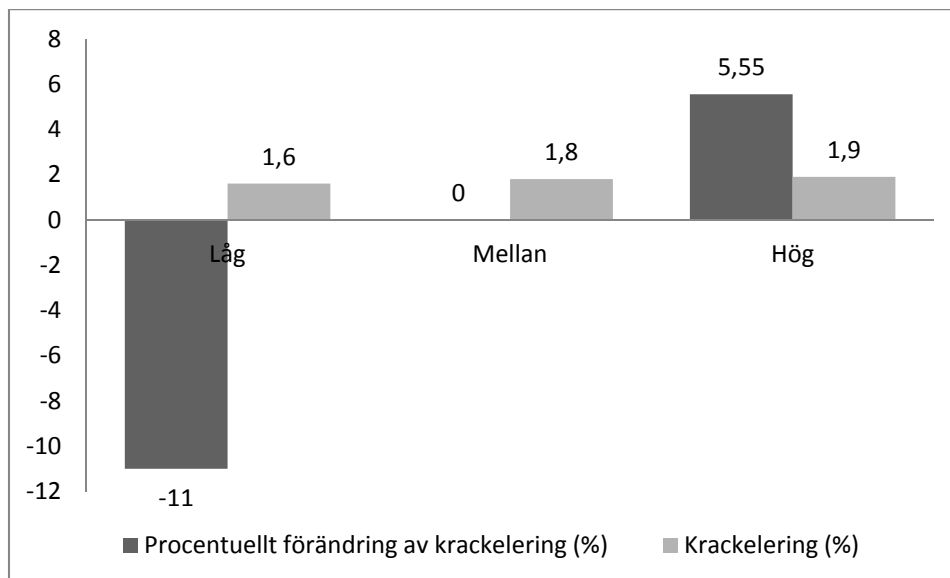


Diagram 6.18 – Krackelering m.a.p bärlager Poissons tal.

Lågt Poissons tal ger en minskning av krackelering. Men högt Poissons tal ger en ökning av krackelering skador.

6.12 Ändring i värmeledningsförmåga för både asfalt och bärlager

Värmeledningsförmåga är materialets förmåga att leda värme. I programmet ges värmeledningsförmåga i enheten British thermal units/pounds per foot fahrenheit (BTU/lb-F°). (Nationalencyklopedin, 2011)

Tabell 6.22 – Variationer av asfaltens värmeledningsförmåga vid beräkning.

Värmeledningsförmåga i asfalt		
Låg	Mellan	Hög
0,5	0,67	1

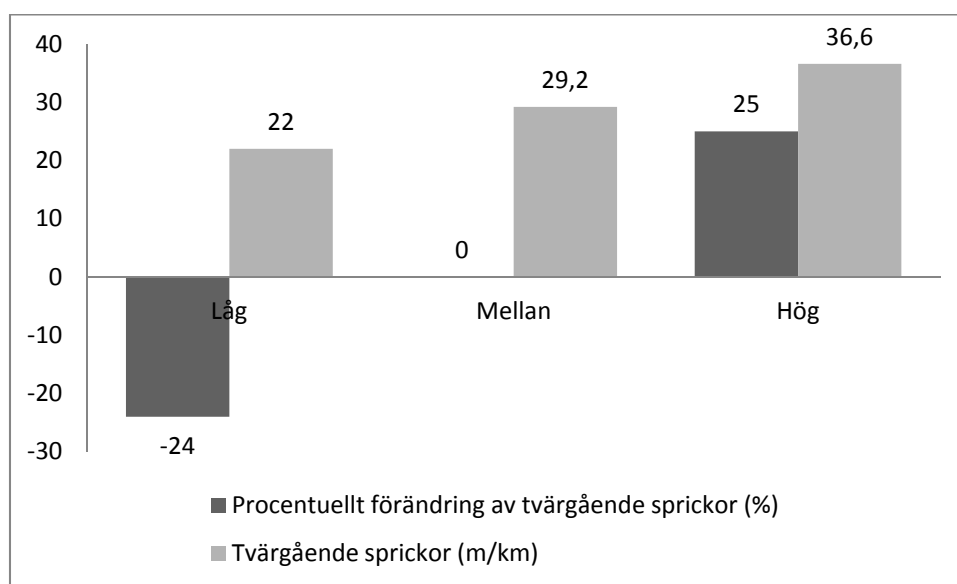


Diagram 6.19 – Tvärgående sprickor m.a.p asfaltens värmeledningsförmåga

Låg värmeledningsförmåga ger en minskning med fjärdedel av tvärgående sprickor. Anledning till att det minskar ligger i värmeledningsegenskaper. Asfalt med låg värmeledningsförmåga blir mindre känslig mot klimatet och detta i sin tur minskar utbredning och krympning som i sin tur minskar termiska sprickor i asfalt. Hög värmeledningsförmåga ger motsatt effekt.

Tabell 6.23 – Variationer av bärlager värmeledningsförmåga vid beräkning.

Värmeledningsförmåga i bärlager		
Låg	Mellan	Hög
0,5	0,67	1

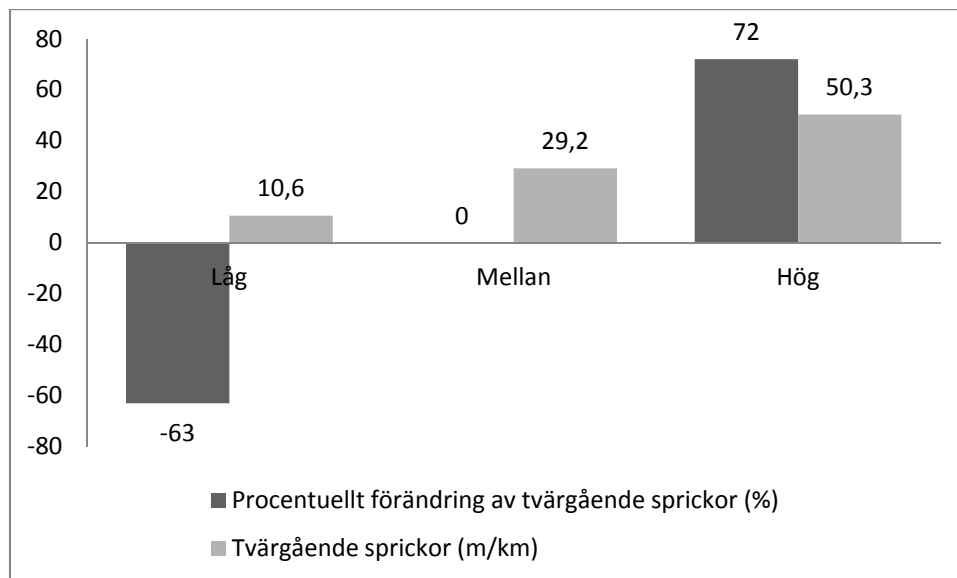


Diagram 6.20 – Tvärgående sprickor m.a.p bärlager värmeledningsförmåga.

En minskning av värmelednings förmåga minskar tvärgående sprickor. Låg värmeledningsförmåga gör att asfalt och bärlager blir mindre känsliga för temperaturvariationer. En hög värmeledningsförmåga leder till ökade tvärgående sprickor eftersom asfalt och bärlager blir direkt beroende av temperatur skillnader vilket leder till stora påfrestningar.

6.13 ändring i värmekapacitet för både asfalt och bärlager

Värmekapacitet är den värmemängd som under bestämda villkor måste tillföra ett system för att dess temperatur skall öka med en grad. (Nationalencyklopedin, 2011) I programmet ges värmeledningsförmåga i enheten British thermal units/hour per foot fahrenheit (BTU/hr-ft- F°).

Tabell 9.24 – Variationer av asfalt värmekapacitet vid beräkning.

Värmekapacitet i asfalt		
Låg	Mellan	Hög
0,1	0,23	0,5

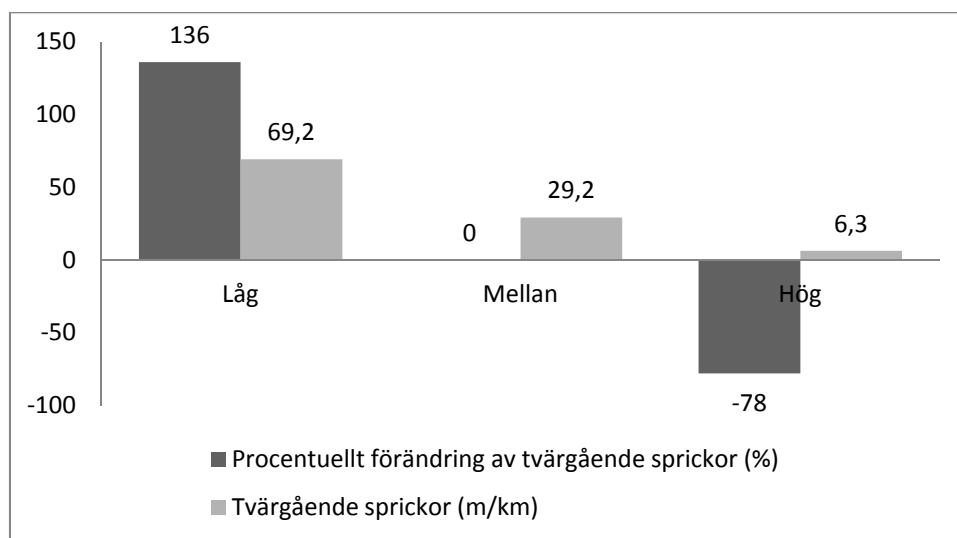


Diagram 6.21 – Tvärgående sprickor m.a.p asfaltens värmekapacitet.

Låg värmekapacitet ökar tvärgående sprickor asfaltens temperatur varierar med klimatet. Hög värmekapacitet minskar tvärgående sprickor.

Tabell 6.25 – Variationer av bärlager värmekapacitet vid beräkning.

Värmekapacitet i bärlager		
Låg	Mellan	Hög
0,1	0,23	0,5

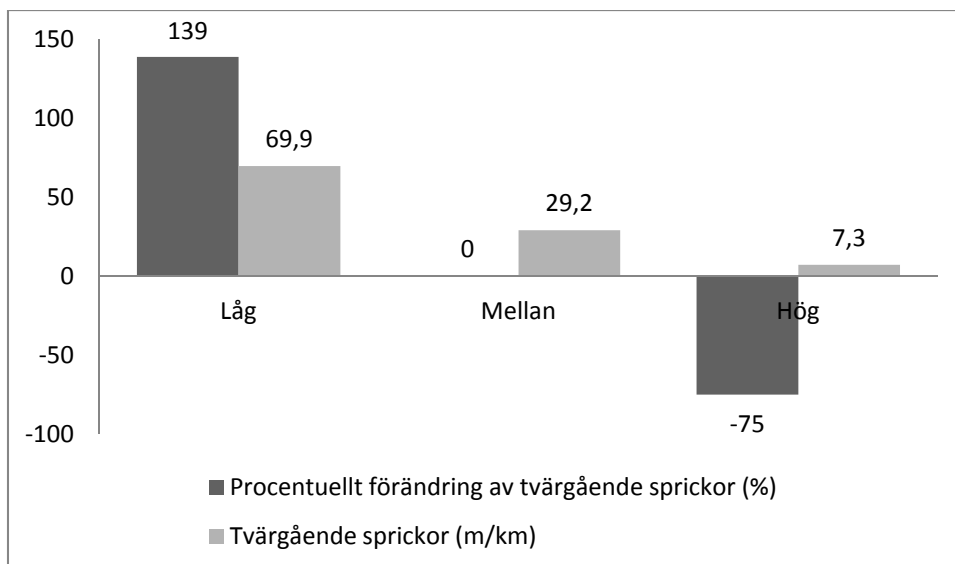


Diagram 6.21 – Tvärgående sprickor m.a.p bärlager värmekapacitet.

Låg värmekapacitet i bärlager skiljer inte sig mycket från låg värmekapacitet i asfalten den ökar tvärgående sprickor. Hög värmekapacitet minskar eventuella skador i tvärgående sprickor.

6.14 Ändring i bindemedelstyp för asfalt och bärlager

Tabell 6.26 – Bindemedel i M-EPDG och motsvarande i svensk standard.

Bindemedelstyp i M-EPDG	Svensk bindemedelstyp
40-50	50/70
60-70	70/100
85-100	100/150
120-150	160/220
200-300	330/430

Tabell 6.27 – Variation av asfaltsbindemedel.

Slitlagers bindemedel 40-50 bunden bärlagers bindemedel 200-300
Slitlagers bindemedel 85-100 bunden bärlagers bindemedel 200-300
Slitlagers bindemedel 200-300 bunden bärlagers bindemedel 200-300

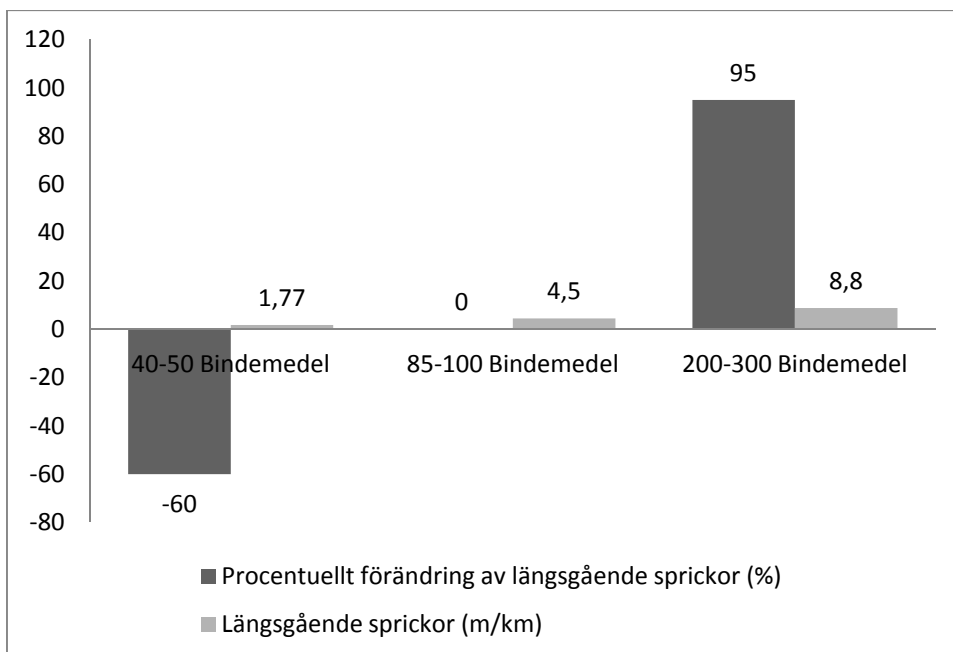


Diagram 6.22 – Längsgående sprickor m.a.p asfaltsbindemedel.

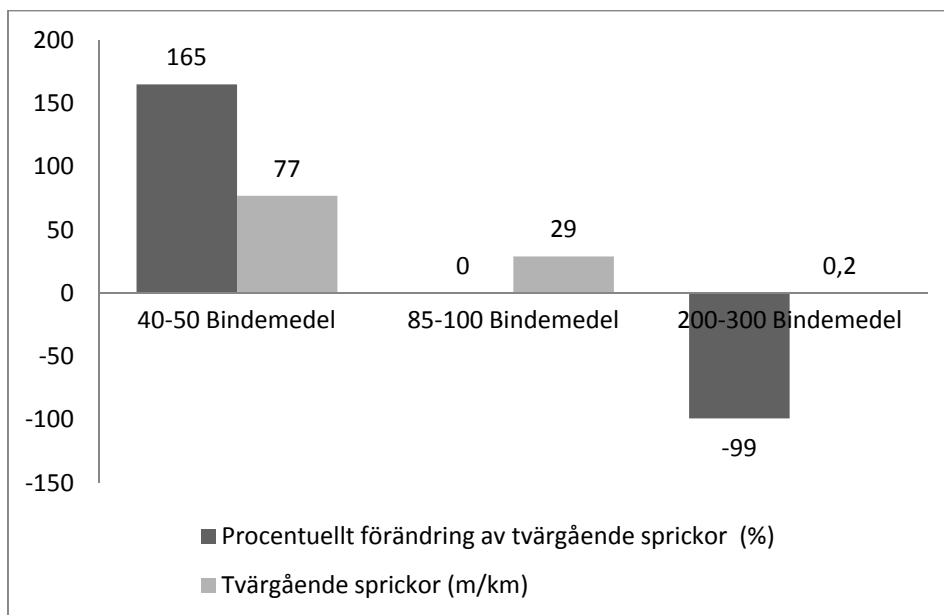


Diagram 6.23 – Tvärgående sprickor m.a.p asfaltsbindemedel.

Lågt penetrationstal för asfalten minskar längsgående sprickor men ökar tvärgående sprickor. Anledning till ökning av tvärgående sprickor är att de termiska egenskaperna för asfalten brister. Detta bero på att bindningarna i asfalten är för hårda, det medför att det blir sprickor när asfalten expanderar på sommaren och krymper på vinter.

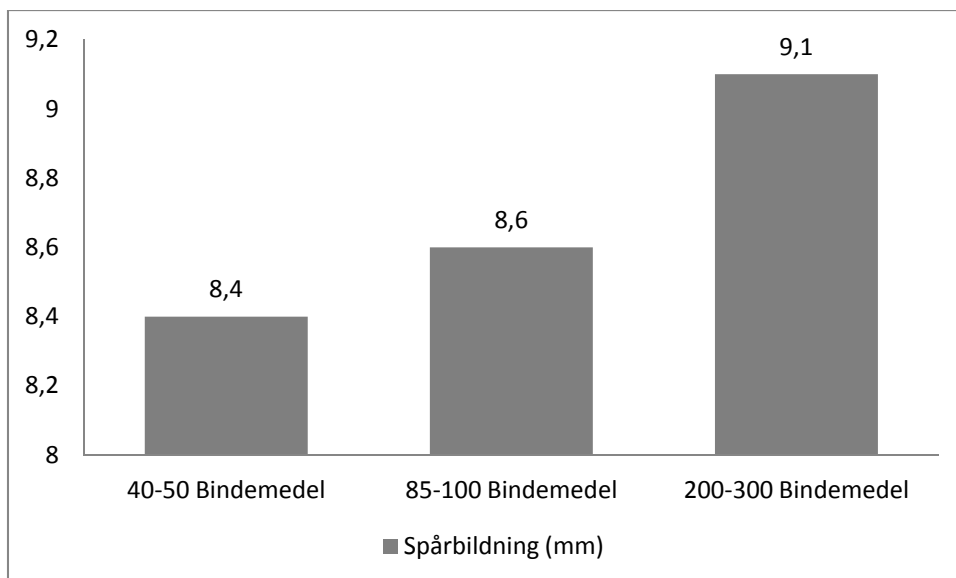


Diagram 6.24 – Spårbildning m.a.p asfaltsbindemedel.

Givetvis påverkar bindemedel spårbildning. Jo högre penetrationstal desto större spårbildningar. Denna vägöverbyggnad har fått följande spårbildning.

Bärlager

Tabell 6.28 – Variation av bindemedelshalten för bundet bärlager.

Asfalt 85-100 bärlager 40-50
Asfalt 85-100 bärlager 85-100
Asfalt 85-100 bärlager 200-300

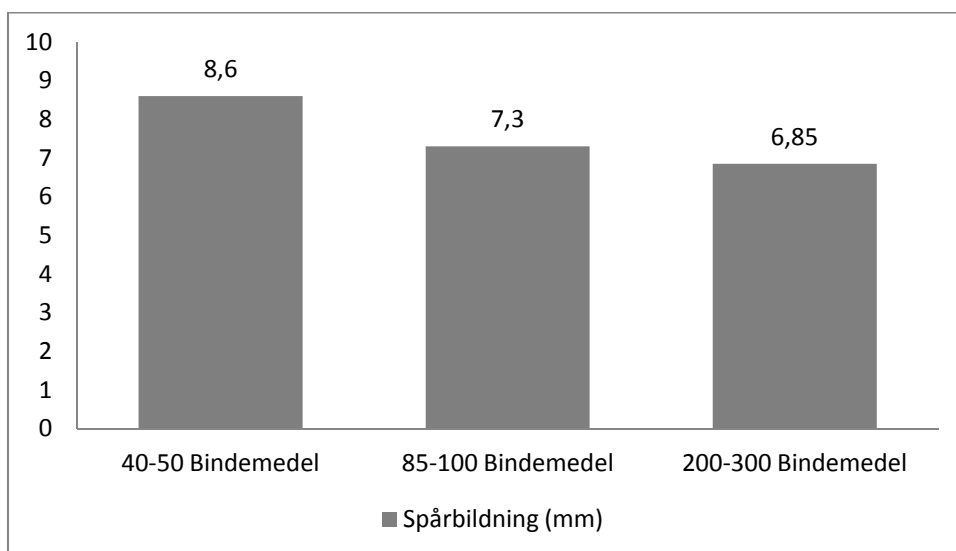


Diagram 6.25 – Spårbildning m.a.p bindemedelshalten för bundet bärlager.

Om man jämför variation av bindemedelshalten för bundet bärlager med variation av asfaltsbindemedel kan vi dra slutsats. Att lägre bindemedel i asfalten ger lägre spårbildning och högre bindemedel i bundet bärlager ger lägre spårbildning.

7. Jämförelse mellan resultat från M-EPDG och LTPP databas

Här jämförs resultatet från M-EPDG av spårbildning och IRI med de verkliga mätta värden som finns i LTPP databas.

Objekt: T-205-1

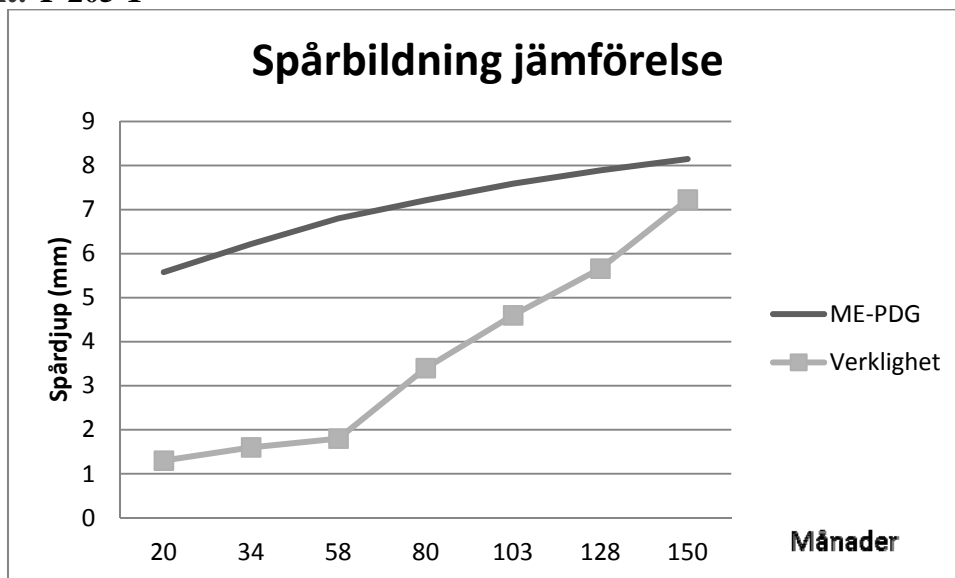


Diagram 7.1 – Resultatet från M-EPDG jämförs med spårbildning på väg T-205-1.

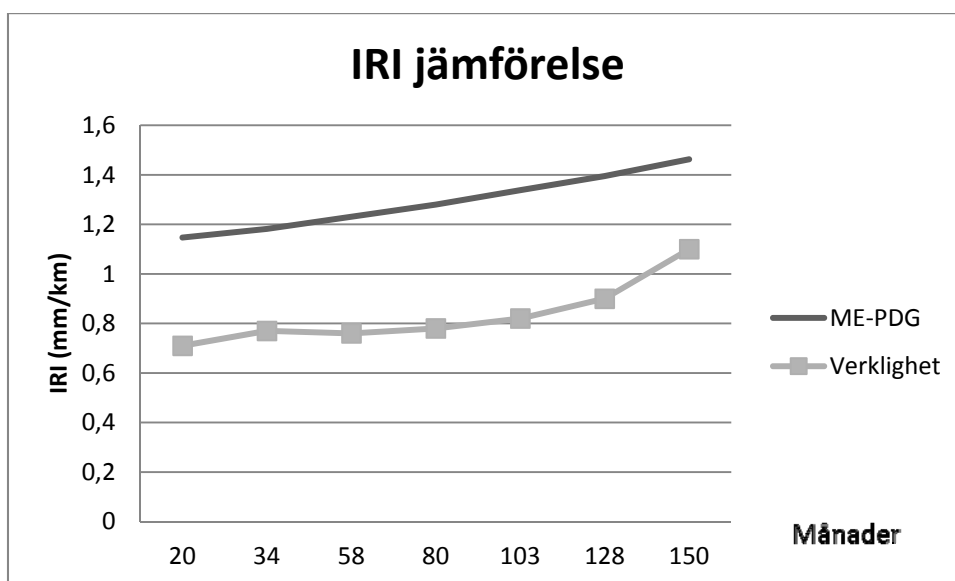


Diagram 7.2 – Resultatet från M-EPDG jämförs med IRI på väg T-205-1.

Objekt: Z-E45-3

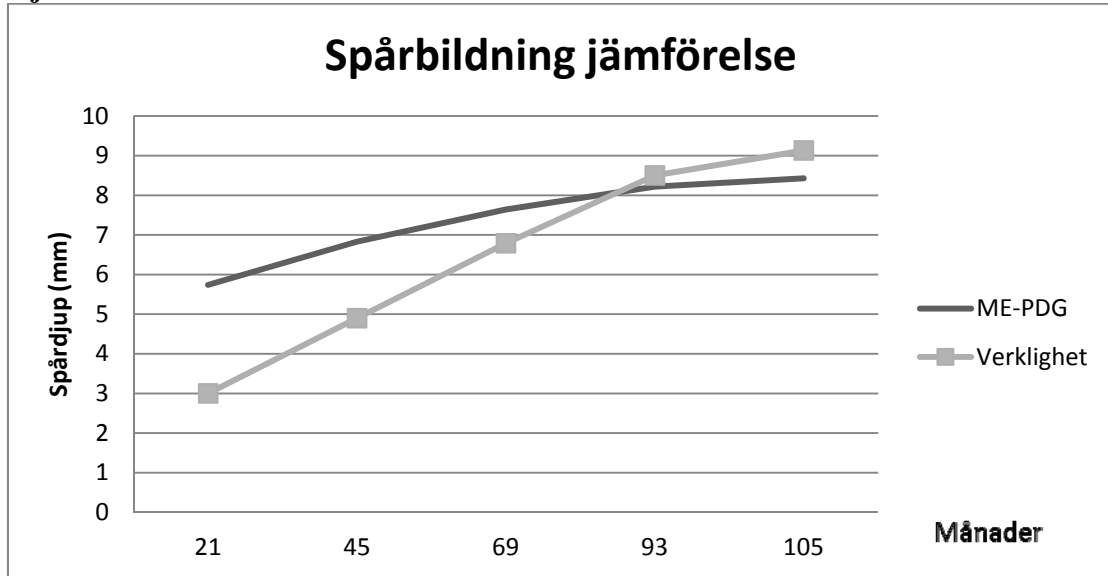


Diagram 7.3 – Resultatet från M-EPDG jämförs med spårbildning på väg Z-E45-3.

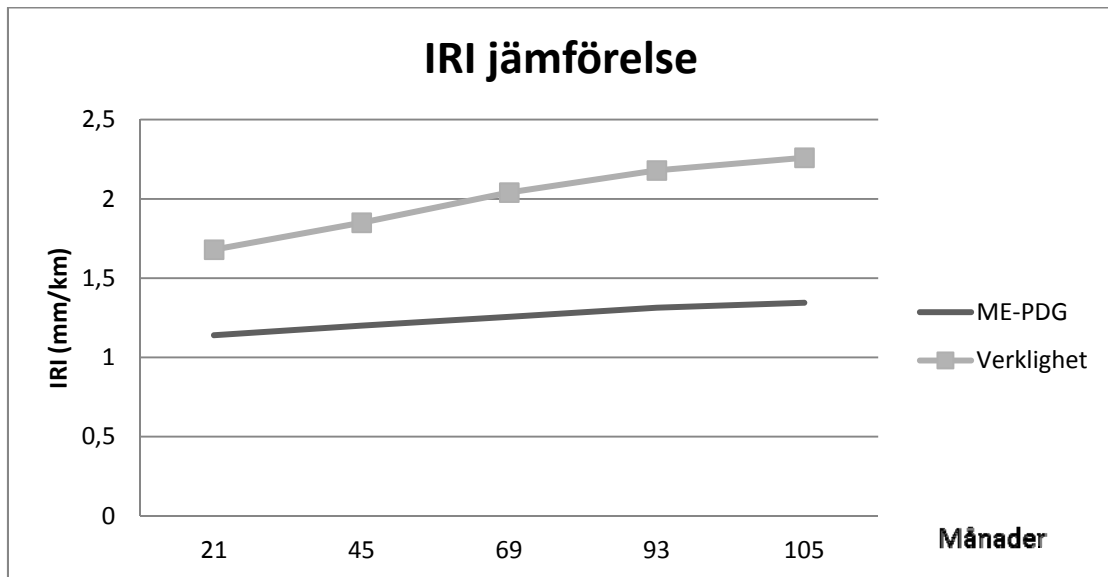


Diagram 10.4 – Resultatet från M-EPDG jämförs med IRI på väg Z-E45-3.

Objekt: Z-E45- 4

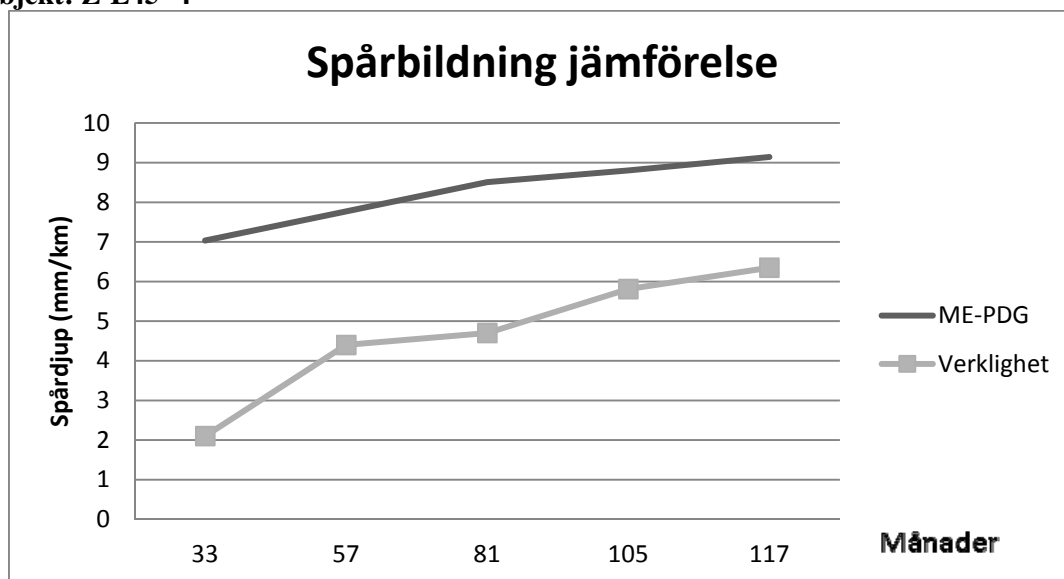


Diagram 7.5 – Resultatet från M-EPDG jämförs med spårbildning på väg Z-E45- 4.

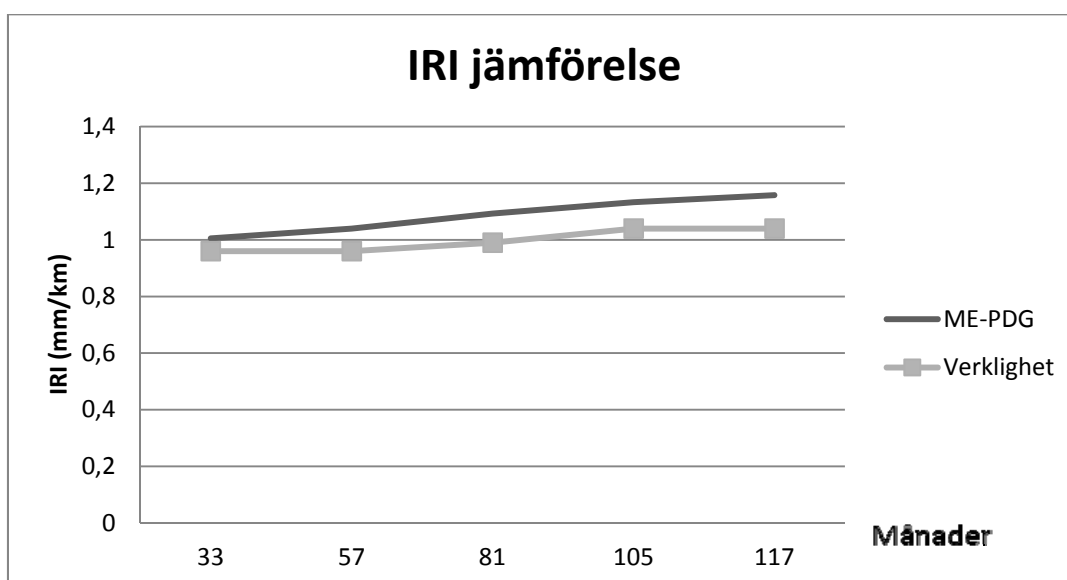


Diagram 7.6 – Resultatet från ME-PDG jämförs med IRI på väg Z-E45- 4.

Resultaten för spårbildning stämmer inte riktigt överens med värden från LTPP databas. M-EPDG ger för höga värde, redan i tidigt skede av vägens livslängd. Spårbildning som ges av M-EPDG har en långsammare utveckling jämfört med uppmätta data från LTPP databas. Fältdata från LTPP databas ger lägre värde vid början av vägens livslängd men utvecklas snabbt jämfört med utveckling med M-EPDG. Anledningen kan vara att E-modul för materialet i vägens överbyggnad är inte den samma som programmet räknar med. För ojämnheteren stämmer de beräknade värde bättre med de uppmätta.

8. Diskussion och slutsats

De parametrarna som ger störst utslag på livslängden är lagertjocklek, ÅDT, de kemiska egenskaperna för bitumen, Poissons tal och bindemedelshalten för slitlager.

Beräkningarna av livslängd utförs genom att beräkna påkänningarna av laster i kritiska punkter i bitumenbundna lager underkant av beläggningen. Den horisontella dragtöjningens storlek i underkanten av beläggningen är avgörande för uppkomsten av sprickor. Genom noggrann val av material och lagertjocklekar kan påfrestningens storlek påverkas.

Tvärgående sprickor påverkas av klimatet och för att minska tvärgående sprickor krävs kännedom om bitumenbundna materials utmattningsegenskaper.

Variation i asfaltproduktion kan få stora effekter på vägens prestanda. Olämpligt val av asfalt bindemedel kan till exempel leda till tidig sprick bildning och förkorta vägens livslängd. Andra faktorer, såsom luftens hålrums halt i asfalt lager, kan också ha betydande inverkan på prestanda.

Beräkningarna av spårdjup i M-EPDG tyder på överskattning av det verkliga spårdjupet i början av vägens livslängd och långsammare utveckling jämfört med verkligheten.

Slutsats

Huvudsyftet med examensarbetet var att få en uppfattning om vilka parametrar som ger störst inverkan på livslängden hos vägöverbyggnad. Antalet skador påverkas mest av lagertjocklek och kemiska egenskap. Faktorer som klimat och ÅDT är svårt att förutsäga och beräkningarna i programmet måste ta hänsyn till denna osäkerhet. De vanligaste förekommande skador är längsgående och tvärgående sprickbildning.

Resultatet från känslighetsanalysen:

- Tvärgående sprickor (termiska sprickor i asfalten) påverkas av:
 - Klimat
 - Lagertjocklek
 - Värmeledningsförmåga.
 - Värmekapacitet
 - Bindemedelshalt.
- Längsgående sprickor (nergående sprickor i slitlager) påverkas av:
 - ÅDT
 - Terrasstyp
 - Poissons tal
 - Bindemedelshalten.
- Krackelering (Sprickor nerifrån upp) påverkas av:
 - ÅDT
 - Lagertjocklek
 - Poissons tal.

- Spårbildning påverkas av:
 - ÅDT
 - Dimensionerade hastighet.
- IRI påverkas av:
 - Vägensålder.

Tabell 8.1 – Sammanställning av resultatet: tabellen visar variationen av skador avseende på olika faktorer.

Skadegrad										
	1-50 %									
	50-100%									
	> 100 %									
Skador	Dimsår	ÅDT	Klimat	Hastighet	Terrass	Tjocklek	Poissons tal	Värmeledning	Värmekapacitet	Bindemedelshalt
IRI										
Längsgående sprickor										
Krackelering										
Tvärgående sprickor										
Utmattning										
Spår bildning										

Sekundärt syfte var att jämföra resultatet från M-EPDG av spårbildning och IRI med verkliga uppmätta värde som finns i LTPP databas. Resultatet av spårbildning stämmer inte riktigt överens med värdet från LTPP databas, men däremot ojämnheter visar stor överstämmelse.

Intressant är att i M-EPDG har de tagit hänsyn till den kemiska sammansättning, för även små skillnader i den kemiska sammansättning kan ge variationer i töjningar i asfalten som i sin tur har stora konsekvenser för den beräknade livslängden. Detta beaktas inte i PMS Objekt.

Stor vikt bör läggas på att bestämma trafiken som trafikerar vägen. ÅDT kan ge stora skillnader i dimensionerad och verklig livslängd. Klimatförhållanden har en betydande inverkan på resultatet för flexibla överbyggnader.

Det är viktigt att skaffa sig en helhetsbild av omgivande miljö där vägöverbyggnaden befinner sig i, och vilken sorts trafik som kommer att belasta vägen, vägöverbyggnaden samt materialets egenskaper. Optimering av överbyggnaden och besparing i bitumenbundna lager kan ge stora ekonomiska vinster. Om man lyckas minska antalet skador eller fördröja dem kan det dessutom ge lägre driftkostnader.

Förslag på fortsatta studier

För att optimera dimensionering och undvika en ogynnsam riktning med avseende på vägslitage krävs kännedom av:

- Mer kännedom av materialets och E-modul
- Mer känslighet analys av olika överbyggnader/Undersökning av utmattningsegenskaper bör utföras för olika beläggningstyper
- Ytterligare studier av temperaturens inverkan på utmattningen av olika beläggningar
- Gör en ny känslighetsanalys på den nya versionen av M-EPDG efter utvärdering
- Studier av utmattningssambandens form, speciellt vad som sker vid små respektive stora töjningar.

Referenslista

Aashtoware (2011). Tillgängligt: <<http://www.aashtoware.org/Pages/DARWin-ME.aspx>>. [Hämtat 2011-11-15]

Animesh D. (2004) Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology *Principles of bituminous pavement design and the recent trends, publication*, Kanpur

Dr. Ed, H. (2004) *Guide for Mechanistic-Empirical Design*. Introduction, Appendix D, Traffic, NCHRP. Tillgänglig på Internet: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/mepdg/home.htm> [Hämtad 2011-06-01]

Göran L. (2003) *Bära eller Brista*, Svenska Kommunförbundet, Stockholm

Göransson N-G. (2010) *Manual till den svenska nationella LTPP-databasen*. Publikation 2010, vit, Linköping

Jonsson H., Said S. (2001) *Töjningskriterier tunna beläggningar*, VTI notat 30-2001, Linköping

Jolanda P. Feng H. & Jorge A. (2007) *A rational mechanistically-based approach for allocating highway cost*. Publication. The University of Texas at Austin

Langesten B. (2003) *Hållfasthetslära – tillämpning på trä och stål*

Lennart D. Leif W. & Carlsson H. (1996) *Dimensionering vid nybyggnad*, Publikation VTI meddelande 778, Linköping

Lindén L-Å. (2002) *Hållfasthetslära odontologiska tillämpningar*, Karolinska Institutet, Solna. Tillgänglig på Internet: http://pingpong.ki.se/public/pp/public_courses/course06177/published/1326561941179/resourceId/4226494/content/infoweb/node-1656211/hallfasthetslara.pdf [Hämtat 2011-06-15]

Mork H. (1990). *Analyse av lastresponsar for vegkonstruksjonar*, Norges Tekniske Høgskole: Institutt for Veg- og jernbanebygging. Trondheim

Nationalencyklopedin (2011) Sök : Värmeledningsförmåga , Värmekapacitet . Tillgänglig: <<http://www.ne.se/>> [Hämtat 2011-09-30]

Oscarsson E (2011). *Evaluation of the Mechanistic-Empirical Pavment Design Guide model for permanent deformations in asphalt concrete*.

PMS Objekts hjälp manual (Version: 4.2) (2005) [Datorprogram]. Tillgängligt på Internet: <http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Vag/Tekniska-dokument/Vagteknik/PMS-Objekt/> [Hämtat 2011-06-10]

Raul V et al., (2009). *Implementation of the MEPDG for New and Rehabilitated Pavement Structures for Design of Concrete and Asphalt Pavements in Minnesota*, Publikation MN/RC 2009-06

TRVK (2011). *Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion*, Publikation 2011:072, Borlänge
Trafikverket (2011). *TRVMB 301 Beräkning av tjällyftning*. Publikation 2011: 081, Borlänge

VVK Väg (2009). *Vägverkets Tekniska Krav*, Publikation 2009:120, Borlänge

VVMB (2001). *Beräkning av tjällyftning*. Publikation 2001:101, Borlänge

VVTBT (2010). *Bitumenbundna lager 09 rev 2*, TRV Publ 2010:093, Borlänge

Vägverket (2007). *Alternativa material i väg och järnvägsbyggnad*, Publikation 2007:110, Borlänge

Worldweather . Tillgänglig: < <http://www.worldweather.org/093/c00729.htm>>.[Hämtat 2011-06-17]

Bilaga 1

Anmärkningar:

Klimatologiska information är baserad på World Meteorological Organization för 30-årsperioden 1961-1990.(Worldweather 2011)

Klimat 1= Malmö

Month	Mean Temperature °C		Mean Total Precipitation (mm)	Mean Number of Precipitation Days
	Daily Minimum	Daily Maximum		
Jan	-3	2	49	17
Feb	-3	2	30	13
Mar	-1	5	40	14
Apr	2	10	38	12
May	7	16	41	12
Jun	11	20	52	12
Jul	13	21	61	14
Aug	12	21	58	13
Sep	10	17	59	14
Oct	7	12	57	15
Nov	3	7	61	17
Dec	-1	4	58	16

Klimat 1= Massachusetts, Boston

Month	Mean Temperature °C		Mean Total Precipitation (mm)	Mean Number of Precipitation Days
	Daily Minimum	Daily Maximum		
Jan	-5.8	2.1	91.2	9.0
Feb	-5.0	3.1	91.9	7.6
Mar	-0.4	7.7	93.7	9.1
Apr	4.6	13.3	91.4	8.6
May	9.9	19.2	82.6	8.9
Jun	15.1	24.6	78.5	8.3
Jul	18.4	27.7	72.1	7.2
Aug	17.8	26.6	82.3	7.8
Sep	13.8	22.7	77.7	6.7
Oct	8.3	17.1	83.8	6.9
Nov	3.5	11.2	107.2	8.9
Dec	-2.9	4.7	101.9	9.7

Klimat 2= Stockholm

Month	Mean Temperature °C		Mean Total Precipitation (mm)	Mean Number of Precipitation Days
	Daily Minimum	Daily Maximum		
Jan	-5	-1	39	18
Feb	-5	-1	27	15
Mar	-3	3	26	13
Apr	1	9	30	11
May	6	16	30	11
Jun	11	21	45	12
Jul	13	22	72	15
Aug	13	20	66	14
Sep	9	15	55	15
Oct	5	10	50	14
Nov	1	5	53	17
Dec	-3	1	46	18

Klimat 2= New York, Rochester

Month	Mean Temperature °C		Mean Total Precipitation (mm)	Mean Number of Precipitation Days
	Daily Minimum	Daily Maximum		
Jan	-8.7	-0.6	52.8	11.1
Feb	-8.6	0.3	53.3	10.1
Mar	-3.5	5.9	57.9	9.7
Apr	2.2	13.3	66.3	9.9
May	7.9	19.9	69.1	9.0
Jun	12.4	24.3	76.2	8.9
Jul	15.3	27.1	68.8	7.6
Aug	14.3	25.6	86.4	8.8
Sep	10.9	22.1	75.4	8.5
Oct	5.3	15.8	62.0	9.0
Nov	0.7	8.8	74.2	11.0
Dec	-5.3	2.1	69.3	12.9

Klimat 5 = Kiruna

Month	Mean Temperature °C		Mean Total Precipitation (mm)	Mean Number of Precipitation Days
	Daily Minimum	Daily Maximum		
Jan	-19	-10	30	17
Feb	-18	-8	25	14
Mar	-14	-4	26	14
Apr	-8	1	27	13
May	-1	7	34	12
Jun	5	14	49	13
Jul	7	17	86	16
Aug	6	14	74	17
Sep	1	8	49	15
Oct	-5	2	47	16
Nov	-12	-5	42	16
Dec	-17	-8	34	17

Klimat 5 = Michigan, Detroit

Month	Mean Temperature °C		Mean Total Precipitation (mm)	Mean Number of Precipitation Days
	Daily Minimum	Daily Maximum		
Jan	-9.1	-0.9	44.7	7.7
Feb	-8.0	0.7	44.2	7.3
Mar	-2.8	6.9	64.8	9.4
Apr	2.7	14.3	74.9	9.6
May	8.4	20.9	74.2	8.3
Jun	13.5	26.1	91.7	8.5
Jul	16.3	28.5	80.8	7.7
Aug	15.3	27.4	87.1	7.3
Sep	11.4	23.3	73.4	7.8
Oct	4.9	16.4	53.3	7.0
Nov	0.1	8.9	67.8	8.6
Dec	-5.9	1.8	71.6	9.9

Bilaga 2

Variation av dimensioneringsår

20 år

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

30 år

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	137,1	83,16	Fail
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	44	93,75	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	2,8	96,51	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	138,9	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,11	99,97	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,36	99,999	Pass

40 år

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	171,5	50,44	Fail
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	71,5	90,83	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	3,9	93,56	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	389,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,12	99,7	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,39	99,999	Pass

Variation av ÅDT

400 ÅDT

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

1000 ÅDT

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	113,2	96,83	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	92	89,26	Fail
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	4,7	92,62	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	39	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,14	98,96	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,41	99,999	Pass

2000 ÅDT

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	118,9	94,69	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	260	82,35	Fail
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	9,5	86,34	Fail
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	39	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,19	82,77	Fail
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,49	99,82	Pass

Variation av klimat

Klimat 1 = Massachusetts klimat

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Klimat 2 = New York klimat

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	119,1	94,78	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	27,9	96,13	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,9	99,99	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	1185,8	21,86	Fail
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,35	99,999	Pass

Klimat 3 = Michigan klimat

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	118,8	94,85	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	27,5	96,2	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	2,4	98,78	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	931,5	63,29	Fail
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,15	96,63	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,4	99,999	Pass

Variation av hastighet

50 km/h

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

90 km/h

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	107,6	98,41	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	18,4	97,87	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,5	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	39	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,08	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,31	99,999	Pass

110 km/h

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	107,3	98,47	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	17	98,14	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,4	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	39	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,07	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,31	99,999	Pass

Variation av terrass

A-1a

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	105	98,86	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	36,4	94,8	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	146,9	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,32	99,999	Pass

A-2-5

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

A-3

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	104,2	98,98	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	33,7	95,21	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,7	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	156,7	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,32	99,999	Pass

A-4

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	113,8	96,78	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	5,6	99,89	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	2	99,93	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	152,9	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,41	99,999	Pass

A-6

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	113,6	96,85	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	6	99,86	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	2	99,94	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	149,7	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,37	99,999	Pass

A-7-b

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	114,9	96,42	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	2,8	99,99	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	2,1	99,73	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	149,2	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,37	99,999	Pass

Variation av asfalt / bärlager tjocklek

Asfalt -25 %

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,5	97,92	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	41,8	94,04	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	2,3	98,76	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	8,7	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,99	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,35	99,999	Pass

Asfalt 0 %

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Asfalt +25 %

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	107,3	98,47	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	18,1	97,9	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,3	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	4,8	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,08	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,31	99,999	Pass

Bärlager -25 %

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	112,6	97,01	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	69,6	91,01	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	4,8	92,38	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	22,9	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,11	99,96	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,39	99,999	Pass

Bärlager 0 %

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Bärlager +25 %

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	106,8	98,57	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	8,5	99,59	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	0,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	15,2	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,31	99,999	Pass

Variation av Poissons tal för asfalt/bärlager/obunden/förstärkning

Asfalt

Låg

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	110,8	97,66	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	39,2	94,4	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	2	99,99	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,12	99,91	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,36	99,999	Pass

Mellan

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Hög

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,3	98,04	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	14,1	98,66	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,7	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,33	99,999	Pass

Bärlager

Låg

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	110,1	97,83	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	25,5	96,55	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	2	99,99	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,99	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Mellan

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Hög

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,3	98,04	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	22	97,2	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,6	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,33	99,999	Pass

Förstärkning

Låg

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,5	98,01	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	13,9	98,72	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,6	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,33	99,999	Pass

Mellan

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Hög

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,9	97,9	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	26,4	96,41	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,9	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Obunden bärlager

Låg

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,7	97,96	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	19,4	97,66	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,6	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Mellan

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Hög

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,9	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	24,1	96,81	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,9	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Variation av värmeledningförmåga för asfalt / bärlager

Asfalt

Låg

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,93	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	24,3	96,77	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,9	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	118,2	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Mellan

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Hög

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	110	97,88	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,5	96,91	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	194,1	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Bärlager

Låg

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	108,8	98,15	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23	97,02	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,7	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	58	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,33	99,999	Pass

Mellan

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Hög

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	111	97,63	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	24,5	96,73	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,9	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	268,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Variation av värmekapacitet för Asfalt/bärlager

Asfalt

Låg

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	111,7	97,42	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	24,2	96,77	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,9	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	366	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Mellan

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Hög

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	108,6	98,2	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,1	96,98	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,7	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	33,5	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,33	99,999	Pass

Bärlager

Låg

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	112,1	97,31	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	24,3	96,77	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,9	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	369,4	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,11	99,98	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,35	99,999	Pass

Mellan

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Hög

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	108,5	98,22	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23	96,99	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	39	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,33	99,999	Pass

Variation av bindemedel för asfalt och bärlager

Asfalt 40-50 bärlager 200-300 motsvarar 60/70 bärlager 160/220 i svensk standard

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	111,3	97,55	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	9,4	99,46	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,7	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	412	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,09	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,33	99,999	Pass

Mellan

Asfalt 85-100 bärlager 200-300 motsvarar asfalt 70/100 bärlager 160/220 i svensk standard

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Hög

Asfalt 200-300 bärlager 200-300 motsvarar asfalt 160/220 bärlager 160/220 i svensk standard

Performance Criteria	Distress	Reliability	Distress	Reliability	Acceptable
	Target	Target	Predicted	Predicted	
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,4	98	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	46,7	93,41	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	2	99,93	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	1	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,11	99,98	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,36	99,999	Pass

Bärlager

Låg

Asfalt 85-100 bärlager 40-50 motsvarar 160/220 bärlager 60/70 i svensk standard

Performance Criteria	Distress	Reliability	Distress	Reliability	Acceptable
	Target	Target	Predicted	Predicted	
Terminal IRI (in/mi)	172	90	105,3	98,82	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	15,7	98,37	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	0,1	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	39	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,05	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,27	99,999	Pass

Mellan

Asfalt 85-100 bärlager 85-100 motsvarar 70/100 bärlager 70/100 i svensk standard

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	105,9	98,73	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	19	97,73	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	0,1	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	39	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,06	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,29	99,999	Pass

Hög

Asfalt 85-100 bärlager 200-300 motsvarar 70/100 bärlager 160/220 i svensk standard

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	109,8	97,91	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	23,8	96,88	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	1,8	99,999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	154,3	99,999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0,25	90	0,1	99,999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0,75	90	0,34	99,999	Pass

Bilaga 3

Underlaget och resultatet från PMS objekt för Smedjegatan

Projektnamn: Smedjegatan		
Klimatzon:	Klimatzon 1	
Referenshastighet(km/h):	50	
Trafikberäkning avsnitt		
Beräkningsmetod:	Beräkning enligt ATB VÄG	
ÅDTk:	4 000	
Antagen trafikförändring per år(%):	1	
Andel tunga fordon(%):	10	
Standardaxlar per tungt fordon:	2	
Beräknat antal standardaxlar:	6 493 845	
Lageröversikt		
Lager	Tjocklek(mm)	Namn
1	40	Bitumenbundet slitlager
2	120	Bitumenbundet bärlager
3	80	Obundet bärlager
4	450	Förstärkningslager krossat material
5	0	Skyddslager
6	0	4a - Blandkornig jord > 30%
Total tjocklek ovanför övre terrassyta: 690 mm		

Resultat:

Antal axellaster, ackumulerad avseende:	
Krav i underkant bitumenlager	
Ntill, bb:	9 670 783(Brott i bitumenlager)
Nkv:	6 493 845(ÅDT efter 20 år)
Kvot:	0,67
Terrassytekrav	
Ntill, te:	17 400 390 (Brott i terrassytan)
Nkv * 2:	12 987 690(Brott I terrassytan enligt säkerhet 2)
Kvot:	0,75
Tjälberäkning	
Beräknat lyft(mm):	0
Maximalt beräknat tjäldjup(mm):	619
Max tillåtet lyft(mm):	160