

Spécifications de Performance des Chaussées - Suède

Safwat Said¹ et Hans Stjernberg²

¹ Institut National Suédois d'Etude sur les Routes & Transports (VTI)

² Administration Nationale Suédoise des Routes (SNRA), Région Ouest

Résumé

La nécessité d'une procédure d'essai relativement simple basée sur les propriétés mécaniques du béton bitumineux est évidente depuis de nombreuses années. Il est important de pouvoir utiliser les propriétés mécaniques/ fonctionnelles dans le contrôle de la qualité et d'associer les propriétés des couches aux performances structurelles des couches bitumineuses. Il est également essentiel que la procédure d'essai prenne en compte l'impact de la production, de la pose et du compactage des mélanges bitumineux. La procédure doit convenir à un usage courant et être suffisamment fiable pour être employée dans les spécifications des mélanges bitumineux. L'utilisation des propriétés mécaniques dans les spécifications des mélanges facilitera l'établissement des relations entre la conception du mélange et la conception de la chaussée et permettra à son tour de lier les spécifications aux performances.

Les spécifications suédoises [ATB VÄG 2002] concernant la performance ou la fonctionnalité ont pour principe de définir les exigences eu égard à la couche bitumineuse ou aux caractéristiques de surface. Le choix du niveau dépend de l'accord entre le client et l'entrepreneur. Une vue d'ensemble des spécifications de performance et une évaluation des contrats basés sur la fonctionnalité sont exposées dans le présent rapport.

Définition des spécifications de performance

Les spécifications de performance ou spécifications fonctionnelles peuvent avoir différentes significations en fonction de l'utilisateur [rapport 2000 de l'AIPCR]. En général, les spécifications de performance ou spécifications fonctionnelles en Suède désignent des exigences basées sur les propriétés fonctionnelles qui décrivent la fonction d'un produit important pour la sécurité routière, la circulation, le confort, l'environnement et les coûts globaux sur la durée de vie.

Principes des spécifications routières suédoises

Les spécifications de performance ou spécifications fonctionnelles ont pour principe de définir les exigences eu égard à la couche bitumineuse ou aux caractéristiques de surface. Les spécifications de performance suédoises peuvent être classées comme une combinaison de spécifications de performance, basées sur les performances et le résultat final conformément à la définition du Rapport de l'AIPCR [2000]. Les limites des paramètres fonctionnels ou de performance sont généralement en corrélation avec le modèle de trafic qui est décrit ci-dessous:

Trafic de conception

Il est nécessaire de connaître le volume du trafic pour prévoir le degré de détérioration causée par les chargements répétés sur la couche bitumineuse. Les limites des exigences des spécifications suédoises sont définies par rapport au débit moyen journalier annuel (DMJA) pour chaque voie. Toutefois, différents types de trafic entraînent diverses dégradations, ex. l'orniérage d'usure est causé principalement par les voitures de tourisme avec pneus à crampons et l'orniérage de fluage est causé par les poids lourds. Le trafic de conception pour les différentes dégradations est calculé comme suit:

Pour l'orniérage d'usure; $DMJA_{l,ajust} = DMJA_l \cdot J_{DD} \cdot J_{SH} \cdot J_{KF} \cdot J_{VH}$

Où $DMJA_{l,ajust}$, $DMJA_l$, J_{DD} , J_{SH} , J_{KF} , et J_{VH} sont le DMJA de voitures de tourisme pour la voie de circulation, le DMJA pour les voies de circulation, les facteurs ajustés pour la proportion de pneus à crampons, la vitesse du trafic, la distribution latérale des voitures de tourisme et la viabilité hivernale respectivement.

Pour la fissuration de fatigue; $DMJA_{l,lourd} = DMJA_l \cdot A$

Où $DMJA_{l,lourd}$, $DMJA_l$ et A sont le DMJA poids lourds pour la voie de circulation, le DMJA du volume de trafic pour la voie de circulation et le pourcentage de poids lourds respectivement.

Pour l'orniérage de fluage; $DMJA_{l,stab} = DMJA_{l,lourd} \cdot J_t \cdot J_h$

Où $DMJA_{l,stab}$, $DMJA_{l,lourd}$, J_t et J_h sont le DMJA poids lourds pour la voie de circulation ajusté eu égard à l'orniérage de fluage, le DMJA poids lourds pour la voie de circulation, les facteurs ajustés pour la distribution latérale des poids lourds et la vitesse du trafic respectivement.

Exigences structurelles basées sur les caractéristiques de la couche bitumineuse

Les spécifications relatives à la performance ou à la fonctionnalité ont pour but de définir les exigences pour chaque couche plutôt que pour les mélanges. Une couche de base doit, par exemple, répondre à certaines exigences concernant les chargements répétés et les conditions climatiques, telles que la résistance à la fissuration de fatigue. Les spécifications suédoises ne stipulent toutefois pas les types de mélanges à utiliser dans les couches de base. Le problème est que tous les types de mélanges ne peuvent pas être évalués au moyen de tests mécaniques et/ou en prélevant des échantillons de couches de la chaussée comme cela est le cas pour les couches bitumineuses minces. Il est par conséquent permis, dans ces cas, de fabriquer des échantillons en laboratoire. Des exigences plus rigoureuses sont toutefois imposées aux échantillons fabriqués en laboratoire pour garantir l'adéquation du béton bitumineux. Pour couvrir les dégradations structurelles les plus fréquentes dans ce domaine, les directives des spécifications concernant le béton bitumineux doivent inclure au moins des procédures d'essai pour l'orniérage de fluage, la fissuration de fatigue, la résistance, l'usure, et la sensibilité à l'eau selon les conditions suédoises. Les procédures d'essai sont les suivantes:

Module de résistance

La souplesse et la capacité de répartition de la charge sont deux caractéristiques importantes des couches liées au bitume. Les couches bitumineuses haute résistance protègent les couches sous-jacentes en répartissant mieux la contrainte, réduisant ainsi la contrainte imposée aux couches de chaussée sous-jacentes. Les couches bitumineuses à faible résistance sont souples et désirées dans les structures de chaussée minces en présence de faibles chargements, où l'objectif de la couche bitumineuse n'est pas essentiellement d'augmenter la portance de la route, mais plutôt d'accroître le confort de conduite et la sécurité et de protéger les couches sous-jacentes. La résistance de la couche bitumineuse est l'un des paramètres les plus importants de la conception analytique de la chaussée. Le module de résistance est mesuré sur des carottes cylindriques prélevées sur les couches bitumineuses à l'aide d'un Essai de Traction Indirecte et conformément à la norme suédoise (méthode FAS 454). L'effet du vieillissement s'est révélé extrêmement important, notamment la première année suivant la pose. L'équation de régression suivante peut être utilisée pour calculer le module de résistance de la couche de béton bitumineux eu égard au vieillissement. Cette relation est basée sur un certain nombre de carottes prélevées sur les couches de la chaussée à différentes occasions sur une période de cinq ans.

$$S_{t_2} = S_{t_1} \cdot (t_2 / t_1)^{0.08}$$

où

S_{t_2} est le module de résistance à t_2 en MPa

S_{t_1} est le module de résistance à t_1 en MPa

t_1 & t_2 sont l'âge de la couche bitumineuse en mois

Le module de résistance d'une couche de chaussée d'un an a été utilisé comme le module de résistance initial dans l'évaluation des couches bitumineuses. Les exigences en termes de caractéristiques fonctionnelles structurelles concernant le module de résistance des couches de la chaussée sont illustrées au Tableau 1. Ces valeurs sont basées sur des mesures antérieures sur des carottes prélevées sur des couches de chaussée existantes, qui avaient généralement environ 1 an.

Tableau 1 Exigences du module de résistance en MPa.

Couche	Température, °C		
	+5	+10	+20
Couche de surface	< 12 000	3 000 - 10 000	> 2 000
Couche de liaison	< 15 000	8 000 - 13 000	> 4 000
Couche de base	< 13 000	4 000 - 10 000	> 2 000

Fissuration de fatigue

Une rupture par fatigue d'une couche bitumineuse indique le développement de fissures dans la couche de la chaussée causées par des chargements répétés. Les tests de fatigue sont longs à exécuter et il est connu que la propriété de fatigue du béton bitumineux est étroitement liée à la résistance du matériau. Les tests de fatigue sont par conséquent uniquement recommandés lors de l'utilisation d'un nouveau type de mélanges (non testé auparavant) ou en cas de raisons particulières. Les exigences de résistance à la fatigue des couches bitumineuses sont basées sur le volume de trafic et le module de résistance du béton bitumineux à 10°C, comme illustré au Tableau 2. La résistance à la traction admissible à un volume de trafic spécifié est calculée à partir du critère de fatigue des mélanges bitumineux qui dépend du module de résistance de la couche de béton bitumineux. Le critère de fatigue des spécifications suédoises est basé sur des mesures en laboratoire effectuées sur des carottes et étalonnées sur le critère basé sur le terrain. La relation de fatigue peut être utilisée au lieu des exigences au Tableau 2.

Tableau 2 Exigences de résistance à la traction eu égard à la fissuration de fatigue en fonction du trafic de conception.

Couche	Paramètre	DMJAI _{lourd} en Milliers			
		< 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	> 2,0
Surface	Résistance à 10°C, MPa	< 4000	3000 - 5000	4000 - 6000	6000 - 10000
	Résistance à la traction, $\mu\epsilon$	100 - 500	100 - 170	80 - 100	60 - 80
Liaison	Résistance à 10°C, MPa	-	8000 - 10000	10000 - 12000	> 12000
	Résistance à la traction, $\mu\epsilon$	-	80 - 100	60 - 80	< 60
Base	Résistance à 10°C, MPa	< 4000	4000 - 6000	6000 - 10000	6000 - 10000
	Résistance à la traction, $\mu\epsilon$	100 - 190	80 - 100	< 80	< 80

Orniéage de fluage

Malgré le climat froid suédois, l'orniéage de fluage est l'un des types de dégradation les plus fréquents sur les routes à fort débit. Ceci est principalement dû à l'emploi de liants plus souples. La résistance de la couche de béton bitumineux à l'orniéage de fluage est mesurée sur des carottes cylindriques représentatives de la couche d'enrobé à l'aide d'un Essai de Fluage Axial Répété conformément à la norme suédoise (Méthode FAS 468). Les exigences de caractéristiques fonctionnelles structurelles concernant la résistance à l'orniéage de fluage des couches de chaussée bitumineuses sont illustrées au Tableau 3. Toutefois, en raison des difficultés pratiques, il n'existe pas d'exigences pour les couches bitumineuses de moins de 25 mm d'épaisseur. Les couches bitumineuses d'une épaisseur de 25-40 mm peuvent être testées à l'aide d'échantillons compactés en laboratoire après approbation de l'Administration de la Route. Ces exigences sont basées sur des expériences antérieures de tests de fluage sur des carottes. Comme cela est le cas avec le module de résistance, l'effet du vieillissement s'est avéré extrêmement important sur les résultats de fluage. Une relation similaire a par conséquent été déterminée pour les tests de fluage. L'équation suivante peut être utilisée pour calculer la déformation en fluage de la couche de béton bitumineux en fonction du vieillissement.

$$D_{t_2} = D_{t_1} \cdot (t_1 / t_2)^{0.23}$$

où

D_{t_2} est la déformation permanente à t_2 en $\mu\epsilon$

D_{t_1} est la déformation permanente à t_1 en $\mu\epsilon$

t_1 & t_2 sont l'âge de la couche bitumineuse en mois

Tableau 3 Exigences de déformation en fluage en fonction du trafic de conception

DMJA _{I,stab}	Déformation permanente en $\mu\epsilon$		
	Couche de surface	Couche de liaison	Couche de base
Charge extrême	< 12500	< 10000	< 12500
> 3600	< 15000	10000 - 12500	12500 - 15000
1800 - 3600	15000 - 20000	12500 - 15000	15000 - 20000
900 - 1800	20000 - 30000	15000 - 20000	20000 - 30000
450 - 900	30000 - 40000	20000 - 30000	30000 - 40000
< 450	-	-	-

Orniéage d'usure

L'orniéage occasionné par les voitures de tourisme avec pneus à crampons est l'une des causes majeures de détérioration de la chaussée sur les routes à haut débit en Suède. Par conséquent, le choix du type de granulat et du modèle de mélange sont des paramètres importants pour limiter ce type d'orniéage. La résistance à l'usure du béton bitumineux est mesurée sur des carottes cylindriques prélevées sur les couches d'enrobé selon la méthode de Prall conformément à la norme préliminaire suédoise (Méthode FAS 471). Les couches bitumineuses de moins de 25 mm d'épaisseur seront testées à l'aide d'échantillons compactés en laboratoire. Le Tableau 4 illustre les exigences de résistance à l'usure des couches bitumineuses en fonction du modèle de trafic. Ces exigences sont calculées avec un modèle d'usure. Pour une prévision plus précise de l'orniéage d'usure dans le temps, l'utilisation du modèle est recommandée dans les spécifications.

Tableau 4 Exigences de résistance à l'usure en fonction du trafic de conception pour les couches de surface.

DMJA _{l,ajust} en Milliers	Valeur de Prall en cm ³
> 7000	< 25
3500 – 7000	25 – 32
1500 – 3500	33 – 39
500 – 1500	40 – 50
< 500	-

Sensibilité à l'eau

La durabilité des couches bitumineuses plus spécialement pour contrer les effets de l'eau et de l'humidité est l'un des facteurs les plus importants qui contribuent à la dégradation des chaussées bitumineuses en Suède. Les conditions de gel-dégel peuvent également amoindrir la cohésion et la résistance des couches bitumineuses. La sensibilité à l'eau du béton bitumineux est déterminée en testant des carottes cylindriques de couches de la chaussée à l'aide de l'essai de traction indirecte. Le Rapport de Résistance à la Traction Indirecte (ITSR) (valeur d'adhérence) est obtenu en déterminant le rapport entre la résistance à la traction des échantillons conditionnés et des échantillons non conditionnés conformément à la norme suédoise (Méthode FAS 446). Les couches bitumineuses de moins de 40 mm d'épaisseur seront testées à l'aide d'échantillons compactés en laboratoire. Les échantillons seront compactés à la teneur en vide d'air prévue sur le terrain. La valeur ITSR sera supérieure à 75 pour-cent pour les couches bitumineuses.

Exigences fonctionnelles basées sur les caractéristiques de surface

Les exigences basées sur les caractéristiques de surface sont principalement liées à la sécurité routière et au confort de roulement. Pour certaines propriétés, comme l'uni, plusieurs méthodes de test sont acceptées pour des questions d'ordre pratique. Il convient de préciser que des efforts importants ont été déployés dans l'évaluation de la variabilité et la détermination des limites d'acceptation. Les exigences de caractéristiques des surfaces de roulement sont généralement apparentées au type de route, au volume de trafic, aux paramètres environnementaux, etc. par client. Les exigences générales pour la détérioration de surface la plus fréquente sont décrites ci-dessous:

Adhérence

L'adhérence de la surface de roulement est définie en calculant le coefficient de frottement généralement à l'aide d'un test de frottement en mode de glissement de roue. Les valeurs du coefficient de frottement ne doivent pas être inférieures à 0,5.

Uni

L'uni de la surface de la chaussée est déterminé à partir du profil longitudinal en calculant les valeurs de l'IRI (Indice de Rugosité International). Les valeurs IRI maximum admissibles, en fonction de la catégorie de route, sont généralement comprises entre 0,9 et 1,5 mm/m sur un tronçon de route de 400 m.

Etude de cas

Route 610 Brotorpet

Cette route est située dans la province du Halland dans l'ouest de la Suède. La route mesure environ 5 km de long et 9 m de large. Le DMJA est d'environ 8 500 véhicules avec près de 5 pour-cent de poids lourds et une vitesse maximum de 90 km/h. L'entrepreneur est responsable de la conception,

de la construction et des garanties de performance de la route. La période de garantie est de 7 ans, période jugée suffisante pour déceler toutes défauts et éviter toute détérioration prématurée. Les exigences de performance et les montants des primes/pénalités sont indiqués ci-dessous conformément au plan contractuel.

1. Exigences de performance et montants des primes/pénalités à l'ouverture de la route
(1 SEK \cong 0,1€), (couche de surface = couche de roulement, base = couche de base)

Tableau 5 Résistance à l'usure (pneus à crampons)

Valeur cible	Prime	Pénalité
27 cm ³	2 SEK/m ²	2 SEK/m ²
	< 25 cm ³	30-36 cm ³

Tableau 6 Sensibilité à l'eau

Couche bitumineuse	Valeur cible	Prime		Pénalité	Méthode d'essai
		2 SEK/m ²	3 SEK/m ²	2 SEK/m ²	
Couche de base	60 %	≥ 75 %	-	50 – 55 %	Méthode FAS 449
Couche de liaison	75 %	≥ 79 %	-	60 – 69 %	
Couche de surface	75 %	79 – 85 %	> 85 %	63 – 69 %	

Stabilité au fluage

La valeur cible pour la déformation au fluage est de < 25000 microdéformations pour la couche de liaison conformément à la norme suédoise relative à l'essai de fluage (Méthode FAS 468).

Adhérence

Le coefficient de frottement doit être supérieur à 0,5 conformément à la méthode de test VVMB 104.

Homogénéité

Mesures de densité par capteur de densité roulant, DOR

Pente transversale

La valeur cible doit être inférieure à $0 \pm 0,26$ %, conformément à la méthode de test VVMB 111.

Tableau 7 Profil longitudinal, IRI

Valeur cible	Prime		Pénalité		
	5 SEK/m ²	10 SEK/m ²	5 SEK/m ²	10 SEK/m ²	20 SEK/m ²
1,20 mm/m	0,90-1,10 mm/m	<0,90 mm/m	1,30-1,40 mm/m	1,40-1,50 mm/m	1,50-1,65 mm/m

Portance

L'évaluation de la portance est basée sur les mesures du Déflexomètre à Masse Tombante. Un indicateur prévisionnel simple, appelé Indice Structurel (SI), est utilisé pour classer la route ou des portions de la route eu égard aux performances de la chaussée. L'Indice Structurel (Figure 1) est une expression basée uniquement sur une déformation calculée d'après les mesures de déflexion conformément à la norme suédoise VVMB 114 et comme suit:

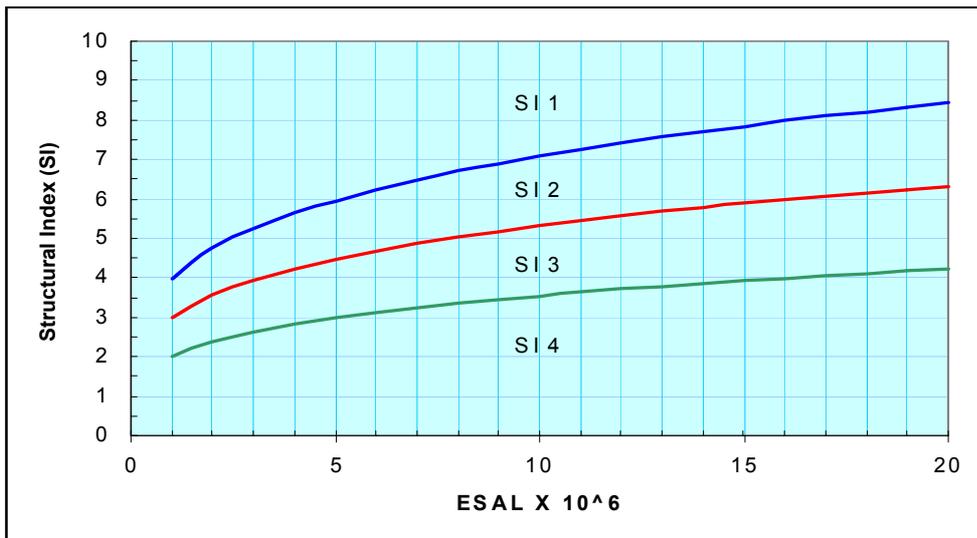


Figure 1 montre la classification relative à la portance (VVMB114).

Indice Structurel (SI)

$$\varepsilon_a = 37,4 + 0,988 \cdot D_0 - 0,533 \cdot D_{300} - 0,502 \cdot D_{600}$$

$$SI = \frac{1000}{\varepsilon_a}$$

Où ε_a est la résistance à la traction au bas d'une couche bitumineuse en microdéformation, et D_0 , D_{300} et D_{600} sont les déflexions à 0,300 et 600 mm à partir du centre de la plaque de charge.

Tableau 8 Valeurs de l'Indice Structurel

Valeur cible	Prime	Pénalité	Rejeté
	20 SEK/m ²	20 SEK/m ²	
85% ≥ SI 1-1 (=4,2) ET 100% > SI 2 (=3,9)	85% ≥ SI 1+1 (=6,2) ET 100% > SI 1 (=5,2)	85% ≥ SI 2 (=3,9) ET 100% > SI 3 (=2,6)	15% < SI 2 (=3,9) OU Valeur SI < SI 3 (=2,6)

2. Exigences de performance et montants des primes/pénalités à l'année 7.

Tableau 9 Orniérage

Valeur cible	Prime		Pénalité		
	5 SEK/m ²	10 SEK/m ²	5 SEK/m ²	10 SEK/m ²	20 SEK/m ²
8 mm	4-6 mm	<4 mm	10-12 mm	12-15 mm	15-17 mm

Tableau 10 Profil longitudinal, IRI

Valeur cible	Prime		Pénalité	
	5 SEK/m ²	10 SEK/m ²	5 SEK/m ²	10 SEK/m ²
1,6 mm/m	1,20-1,40 mm/m	<1,20 mm/m	1,80-2,00 mm/m	2,00-2,20 mm/m

Tableau 11 Pente transversale

Valeur cible	Prime	Pénalité	
	2 SEK/m ²	2 SEK/m ²	5 SEK/m ²
0,5 %	<0,4 %	0,6-0,9 %	0,9-1,2 %

Tableau 12 Fissuration de fatigue

Valeur cible	Pénalité	
	4 SEK/m ²	10 SEK/m ²
Niveau de sévérité 1 (fissures capillaires marbrées sur <20% de la surface)	Niveau de sévérité 2 (fissures capillaires sur 20-50 % de la surface)	Niveau de sévérité 3 (fissures sur >50% de la surface)

Adhérence

Le coefficient de frottement doit être supérieur à 0,5 conformément à la méthode de test VVMB 104.

Désenrobage

Dégradation de la surface de la chaussée causée par le détachement de particules de granulat. La valeur cible indiquée pour le désenrobage doit être inférieure à 20 pour-cent de la surface.

Portance

L'évaluation de la portance est effectuée à l'ouverture de la route mais sans exigences d'acceptation. Pour expérience future.

Remarques sur l'étude de cas

Il convient de noter d'après l'étude de cas ci-dessus que l'accord entre le client et l'entrepreneur est basé sur différents paramètres de performance (paramètres de matériau, structurels et de surface), par exemple les caractéristiques des couches de la chaussée qui sont la résistance à l'usure et la sensibilité à l'eau déterminées sur des carottes à l'ouverture de la route. Les exigences de construction, portance comprise, déterminées par DMT et de caractéristiques de surface telles que uni, orniéage, fissuration et pente transversale, doivent être satisfaites sur la chaussée en service après sept années de trafic.

Evaluation des mélanges basés sur la fonctionnalité

Le premier mélange bitumineux basé sur des exigences fonctionnelles a été posé en 1991 dans l'ouest de la Suède et le contrat était l'un des premiers de ce type en Suède. Le Tableau 13 offre un résumé des contrats de béton bitumineux qui ont été utilisés dans cette évaluation [Asp 2003]. Seuls les projets qui ont plusieurs années d'existence sont compris dans cette évaluation, même si le volume des contrats basés sur les exigences fonctionnelles a augmenté au fil des ans. Cette évaluation n'est que la première partie et est basée sur le développement de la profondeur des ornières. Des évaluations basées sur d'autres exigences fonctionnelles sont prévues outre l'évaluation socio-économique basée sur l'analyse des coûts globaux sur la durée de vie. Le développement de la profondeur des ornières a été l'une des exigences les plus courantes incluses dans des contrats avec exigences fonctionnelles au moins depuis le début des années 90. Les Figures 2 et 3 montrent le développement de la profondeur des ornières avec le temps pour les couches d'enrobé bitumineux SMA exécutées conformément à des contrats avec exigences fonctionnelles. Une relation générale de l'évolution des ornières avec le temps pour des mélanges SMA dont les caractéristiques sont spécifiés est également illustrée aux Figures 2 et 3.

Tableau 13 Résumé des contrats avec exigences fonctionnelles

Titre du projet	Années	Nbre d'années	Profondeur des ornières maximum admissible, mm	Profondeur mesurée des ornières, mm	Prime/Pénalité SEK/m ²	Prime/Pénalité SEK*10 ³
Råda-Landvetter	91-94	3	5	5	0	0
Karlstad-Alster	91-94	3	7	5,8	7,7	402
Långås-Tvååker	92-97	5	12	4	24,1	1300
Jörlanda-St.Höga N	90-00	7	12	5,3	40,3	1450
Jörlanda-St.Höga S	93-00	7	12	5,5	40,3	1450
Tingstadstunneln S	93-00	7	14	10,7	19,8	258
Tingstadstunneln N	93-00	7	14	13,5	19,8	258
Viskan-Frillesås	95-00	5	7	2,7	5,5	251
Torpa-Fjärås	95-00	5	7	2,7	0	0
Kungsbacka S-C	95-00	5	7	3,9	1,5	27
Varnhem-Våmb	95-00	5	5	3,2	4,6	498
Arendal norrut	94-01	7	11	6,7	14,2	510
Arendal söderut	94-01	7	11	5,5	14,2	510
Kareby-Jörlanda	94-01	7	11	7,9	11,7	490
Frillesås-Viskan	96-01	5	7	5,2	9,4	386
Dönstorp-Simmarorp	94-02	8	7,5	3,9	7,3	2100
Karlstad österut	97-02	5	7	6,8	4	387
Karlstad västerut	97-02	5	7	6,3	4	387

Les relations concernant les mélanges SMA basés sur des exigences fonctionnelles sont présentées par projet routier. Il est évident que les mélanges SMA basés sur des exigences fonctionnelles affichent un développement de profondeur d'ornières dans le temps inférieur à celui des mélanges SMA dont les caractéristiques sont spécifiées. Les mélanges SMA basés sur des exigences fonctionnelles semblent également s'être améliorés (développement d'ornières inférieur) ces dernières années par rapport au début des années 90 lorsque l'utilisation de contrats basés sur les performances a débuté.

En moyenne, les développements de la profondeur des ornières pour les autoroutes avec les mélanges SMA dont les caractéristiques sont spécifiées et les mélanges SMA basés sur des exigences fonctionnelles sont de 1,04 mm/an et 0,69 mm/an respectivement. Voir Figure 2. La durée de vie du béton bitumineux avec les mélanges SMA basés sur des exigences fonctionnelles a augmenté de 33 %. Toutefois, le coût de construction pour l'Administration de la Route a augmenté en moyenne de 12 SEK/m². Pour les artères principales présentées à la Figure 3, la durée de vie du béton bitumineux avec des mélanges SMA basés sur des exigences fonctionnelles a augmenté de 29 % par rapport aux mélanges dont les caractéristiques sont spécifiées. Le coût de construction a augmenté de 6 SEK/m². Il est conclu à ce stade que les contrats fonctionnels offrent de nombreux avantages et que ces contrats impliquent des coûts annuels inférieurs. Une étude des coûts globaux sur la durée de vie est en cours, visant à clarifier l'impact des contrats avec exigences fonctionnelles sur le coût de la chaussée. Ces conclusions concordent également avec les conclusions publiées par la Nordic Road Association – Comité 33 [NVF 1998].

Remarques générales

En général, les spécifications de performance suédoises sont une combinaison de spécifications de performance et de spécifications basées sur les performances complétant l'approche traditionnelle (caractéristiques spécifiées). Les spécifications suédoises offrent une grande liberté à condition que le client et l'entrepreneur parviennent à un accord. La procédure est relativement simple, utile et pratique, mais doit encore être largement développée pour constituer une spécification de performance complète. Il est également conclu que les contrats avec exigences fonctionnelles offrent de nombreux avantages et que ces contrats impliquent des coûts annuels inférieurs.

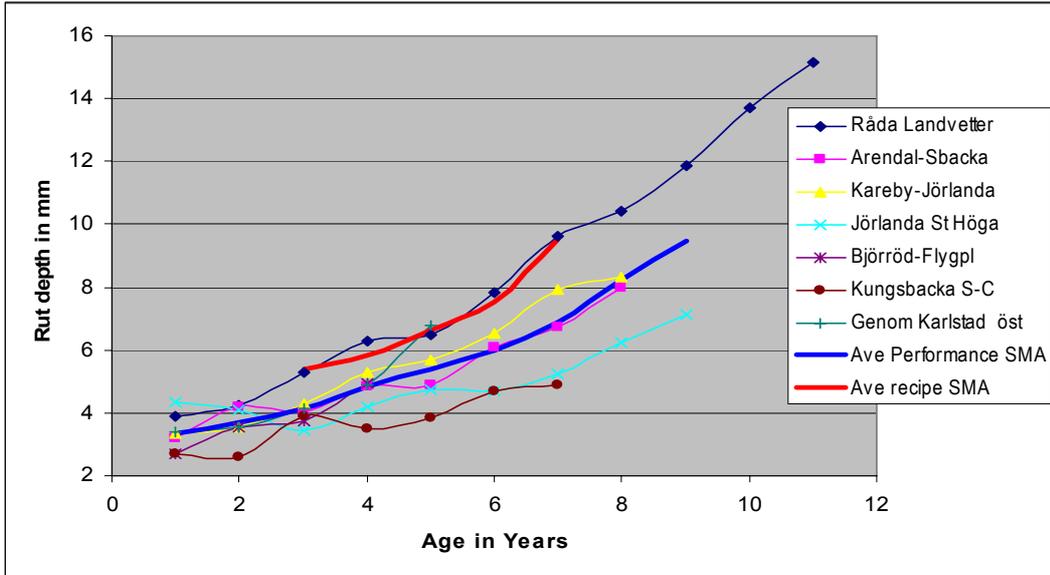


Figure 2 Développements de la profondeur des ornières pour les autoroutes avec un DMJA proche de 10.000 véhicules par voie

Profondeur des ornières en mm
 Age en années
 SMA Performance Moyen
 SMA Recette Moyen

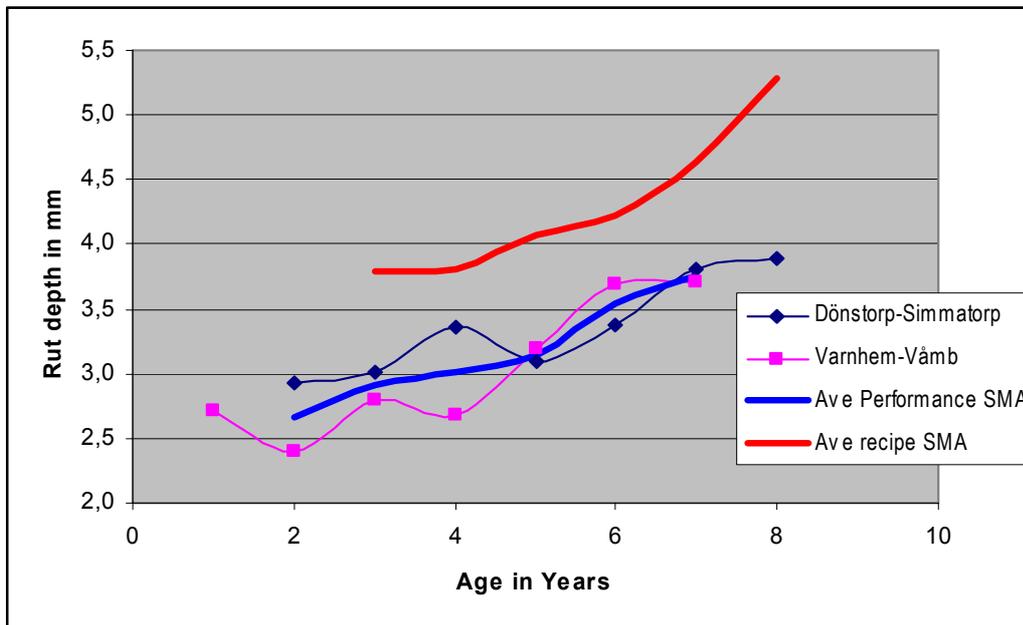


Figure 3 Développements de la profondeur des ornières pour les artères principales avec un DMJA proche de 4.000 véhicules par voie

Profondeur des ornières en mm
 Age en années
 SMA Performance Moyen
 SMA Recette Moyen

Références

ATB VÄG, Spécifications techniques générales de construction routière, Administration Nationale Suédoise des Routes, 2002.

Rapport AIPCR 08.08.B "Chaussées souples, évolution des spécifications et des systèmes de qualité en vue d'assurer la performance" 2000.

Thomas Asp "Évaluation des mélanges SMA basés sur la fonction – 1^{ère} partie" Rapport Intérimaire, Administration Nationale Suédoise des Routes – Région Ouest, Göteborg 2003. En suédois.

Rapport NVF "Upphandling av funktionella egenskaper inom beläggningsområdet" Nordic Road Association, Rapport NVF 2 1998-4.