

Aspetti tecnici ed organizzativi dei progetti di manutenzione stradale in UK

Technical and organizational aspects of some projects of road management in UK

LUCIA DE FERRARIIS, ROB EVANS, JAMES NASH,
KIREN RATHAUR, MARTYN STONECLIFFE-JONES

Jacobs Pavement Management - Jacobs Engineering UK Ltd – Derby UK

Riassunto

Il presente articolo si propone di evidenziare alcuni dei principali aspetti tecnici ed organizzativi dei progetti di manutenzione stradale in UK. Un esempio concreto è la gestione integrata della manutenzione stradale in Scozia, frutto della collaborazione ormai quasi decennale tra l'Agenzia Governativa Transport of Scotland e la Società BEAR, costituita da Jacobs Engineering UK, Ennstone Plc e Ringway Group. I contenuti tecnici si riferiscono ai risultati dello studio delle condizioni strutturali e funzionali di un tratto della A96 tra Allanfean e Stratton ed alla successiva valutazione e progettazione dei migliori interventi di ripristino. Al fine di migliorare la presentazione dei risultati è stata inoltre fornita una breve descrizione della vigente normativa tecnica riportata nel Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) – Volume 7 "Pavement Design and Maintenance". Il Design Manual for Roads and Bridges è stato introdotto nel 1992 come riferimento normativo in Inghilterra e Galles per essere poi successivamente esteso anche alla Scozia ed all'Irlanda del Nord. Articolato in 15 volumi il DMRB contiene una raccolta completa delle Norme, corredata da un grande numero di Note e Documenti Tecnici relativi alla progettazione, alla valutazione ed alla gestione delle infrastrutture stradali.

Summary

The paper has the aim of putting in evidence the principal technical aspects of some of the most relevant projects of road management in UK. In concrete terms it has been provided an example of how the road maintenance has been successfully managed for nearly 10 years in Scotland as a result of the alliance between Transport of Scotland and BEAR, a company created by the partnership among Jacobs Engineering UK, Ennstone Plc and Ringway Group. The technical details are related to the pavement conditions evaluation and to the subsequent pavement design options with reference to a section of the A96 carriageway, between Allanfean and Stratton. In order to improve the presentation of the achieved results it has been included a brief description of the contents of Design Manual for Roads and Bridges (DMRB) – Volume 7 "Pavement Design and Maintenance". The Design Manual for Roads and Bridges was introduced in 1992 in England and Wales, and subsequently in Scotland and Northern Ireland. It provides a comprehensive manual system which accommodates in 15 volumes all current standards, advice notes and other published documents relating to the design, assessment and operation of infrastructures.

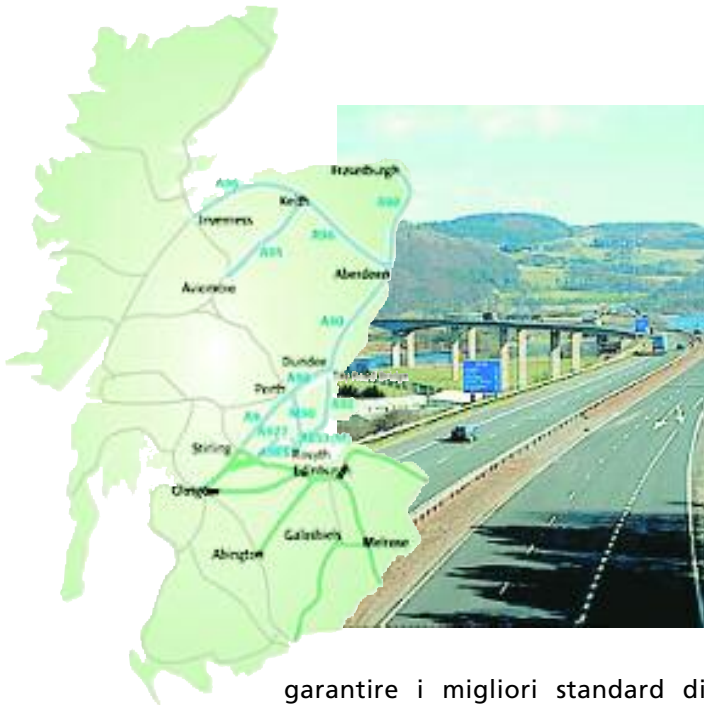
1. L'esperienza di BEAR in Scozia

Nata nel 2000 dalla joint venture tra Jacobs Engineering UK, Ennstone Plc e Ringway Group, BEAR Scotland è la società responsabile per la gestione della manu-

tenzione di gran parte della rete stradale in Scozia, sulla base di un contratto pluriennale stipulato con l'agenzia del Governo Scozzese Transport Scotland.

Tra i principali compiti gestionali di BEAR figurano:

► il coordinamento di tutti i lavori sulla rete volti a ►



garantire i migliori standard di circolazione;

- ▶ le attività relative al rilievo dello stato della rete, alla progettazione degli interventi di manutenzione ed alla valutazione dell'adeguatezza di materiali e tecnologie;
- ▶ le attività volte al miglioramento degli standard di sicurezza;
- ▶ la manutenzione ciclica delle carreggiate, ponti, barriere di sicurezza e sistemi di illuminazione;
- ▶ il ripristino della segnaletica stradale;

Sotto la supervisione di Transport Scotland sono stati portati a compimento 35 progetti di manutenzione ed altri 12 sono in fase di avvio nel corso del 2009.

2. Il caso della A96: Allanfearn to Stratton



Quanto di seguito riportato si riferisce ai risultati dello studio delle condizioni strutturali e funzionali di un tratto di circa 3200 m su entrambe le corsie della A96 tra Allanfearn e Stratton ed alla successiva valutazione dei migliori interventi di ripristino. Le informazioni preliminari alla base del progetto sono contenute nel database SERIS messo a disposizione da Transport Scotland.

Le valutazioni di tipo progettuale ed analitico sono state effettuate con riferimento alla vigente normativa UK riportata nel Design Manual for Roads and Bridges (DMRB).

Per la definizione ed i requisiti dei materiali da costruzione, bitumi e conglomerati bituminosi in particolare, si è fatto riferimento alla Normativa Europea, ormai di fatto assorbita dal British Standard Institute.

2.1 SERIS database - Analisi dei dati preliminari

Il database SERIS contiene informazioni aggiornate relative alla presenza di ormaie, al livello di aderenza, tessitura e profilo superficiale.

Fanno inoltre parte del database le informazioni relative alle aspettative di vita residua della pavimentazione, basate sulle deflessioni registrate nell'ambito di precedenti campagne di prova con il Deflettografo.

Sulla base dei dati SERIS lo stato di ormaio del tratto in esame, riepilogato in **Tab. 1**, è in massima parte riconducibile alla Categoria 1, ovvero a deformazioni contenute tra 5mm e 10 mm, secondo le indicazioni riportate nel Design Manual for Road and Bridges Vol. 7 – HD 29/08 "Data for Pavement Assessment".

Tab. 1 Riepilogo dei dati relativi alle ormaie

Riferimento	Categoria 0 (<5mm)	Categoria 1 (5-10mm)	Categoria 2 (10-20mm)	Categoria 3 (>20mm)
WB NSWT	29%	68%	3%	0%
WB OSWT	28%	71%	1%	0%

Per ciò che attiene la tessitura, i dati SERIS riportano che in massima parte il sito è riconducibile alla Categoria 1 con altezze variabili tra 0,5 mm e 1 mm.

Tab. 2 Riepilogo dei dati relativi alla tessitura superficiale

Riferimento	Categoria 0 (>1,0mm)	Categoria 1 (0,5-1,0mm)	Categoria 2 (<0,5mm)
WB NSWT	24%	75%	1

I dati SERIS relativi all'aderenza mostrano un coefficiente variabile tra 0,32 e 0,47 sull'intera lunghezza del sito, non confrontabile tuttavia con un valore di soglia prestabilito. I risultati delle prove di deflessione, infine, attestano su gran parte del tratto una vita utile residua inferiore alle aspettative dell'Ente Gestore.

2.2 Dati di traffico

Le informazioni fornite da Transport Scotland in termini di flusso di traffico giornaliero medio annuale (AADF) sono relative al 2007.

La normativa UK sul traffico, riportata nel Design Manual for Road and Bridges – Vol. 7 – HD 24/06 “Traffic Assessment”, prevede la distinzione tra le seguenti categorie di Veicoli Commerciali:

- ▶ PSV “Public Service Vehicle”;
- ▶ OGV “Other Goods Vehicle”.

Nell’ambito della categoria OGV esiste un’ulteriore distinzione:

- ▶ OGV1: 2 assi (rigido), 3 assi (rigido);
- ▶ OGV2: 3 assi (articolato), 4 assi (rigido), 4 assi (articolato), 5 assi (articolato), 6 assi o più (articolato).

In funzione del tipo di strada la normativa prevede inoltre una percentuale minima riferita al numero totale di Veicoli Commerciali giornalieri ed all’interno di quest’ultima una percentuale minima di OGV2.

Il traffico di progetto, in milioni di assi standard da 80 t, viene calcolato secondo normativa attraverso la formula:

$$T = 365 \cdot F \cdot Y \cdot G \cdot W \cdot P \cdot 10^{-6} \text{ msa}$$

F = Flusso di traffico per ogni classe di veicoli commerciali

Y = Periodo di progetto (anni)

Tab. 3 Distribuzione veicoli commerciali per tipologia di strada

	Autostrade e Strade principali a forte traffico	Strade secondarie
Veicoli commerciali riferiti al Traffico Giornaliero Medio	11 %	4%
OCV2 riferiti ai veicoli commerciali	65%	38%

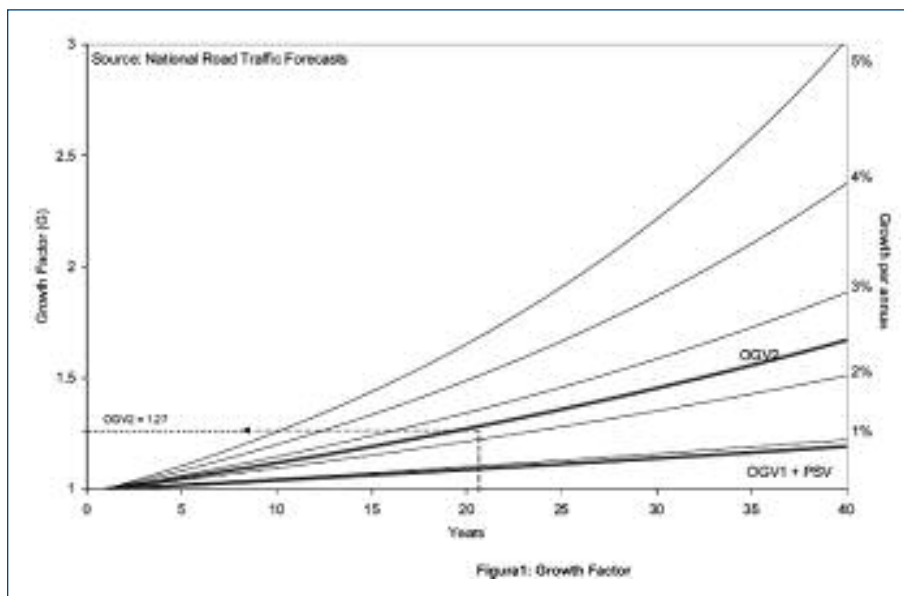


Fig. 1 Fattore di Crescita del Traffico

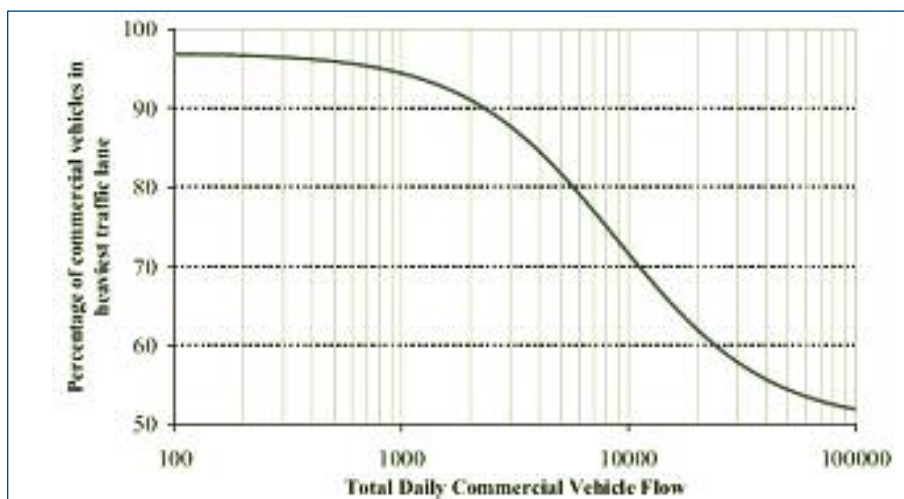


Fig. 2 Percentuale di veicoli nella corsia più sollecitata

G = Fattore di Crescita del Traffico - Growth Factor (**Fig. 1**)

P = Percentuale di veicoli nella corsia più sollecitata (**Fig. 2**)

W = Fattore di Usura - Wear Factor per ogni classe di traffico (**Tab. 4**).

Con riferimento alla metodologia sopra esposta la distribuzione dei veicoli commerciali è riportata in **Tab. 5** per entrambe le carreggiate della A96.

La stima del traffico di progetto per una durata di 10, 20 e 40 anni è riportata in **Tab. 6**.

Tab. 4 Fattore di Usura (Wear Factor) per tipo di Veicolo Commerciale nel caso di interventi di manutenzione o di nuove costruzioni

Fattore di usura	Manutenzione W_M	Nuovo W_N
Autobus	2,6	3,9
2-asse rigido	0,4	0,6
3-asse rigido	2,3	3,4
4-asse rigido	3,0	4,6
3 e 4-asse articolato	1,7	2,5
5-asse articolato	2,9	4,4
6-asse articolato	3,7	5,6
OGV1 + PSV	0,6	1,0
OGV2	3,0	4,4

Tab. 5 Distribuzione dei veicoli commerciali

Direzione	Tipo di veicolo			Totale VC/giorno
	OGV1	OGV2	OGV3	
Est	334	348	28	710
Ovest	331	344	28	703

Tab. 6 Stima del traffico di progetto - 10, 20 e 40 anni

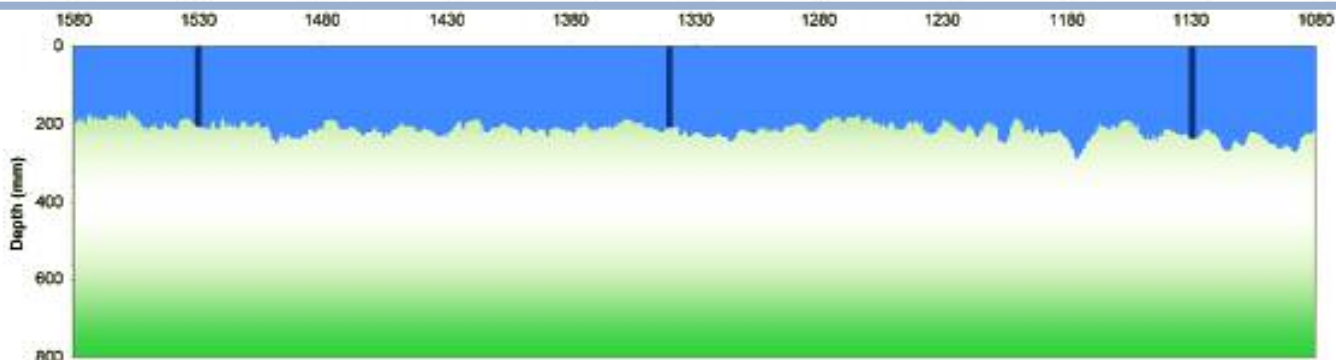
Vita utile di progetto	Stima del traffico (msa)	
	Est	Ovest
10 anni	6,11	6,04
20 anni	12,82	12,68
40 anni	30,69	30,35

2.3 Risultati delle analisi

I dati contenuti nel database SERIS sono stati integrati da una campagna di analisi dettagliate al fine di pervenire alla migliore progettazione dell'intervento di manutenzione.


Fig. 3 Carota prelevata in fase di studio preliminare

- Prelievo di campioni in 20 punti al fine di identificare la composizione degli strati. In **Fig. 3** un esempio di carota riportante la distribuzione del materiale in situ.
- Prove con penetrometro Dinamico a Cono - Dynamic Cone Penetrometer (DCP) tests effettuati in corrispondenza di 15 dei 20 punti di prelievo. I risultati delle prove attestano che il sottofondo ha caratteristiche di portanza riconducibili ad un CBR=100% e sono stati pienamente utilizzati per una migliore valutazione delle caratteristiche degli strati profondi nelle diverse soluzioni di manutenzione.
- Indagine GPR condotta al fine di individuare tipologia e spessore degli strati della pavimentazione. La metodologia di riferimento per le prove GPR è riportata nel Design Manual for Road and Bridges - Vol.7 - HD 29/08 "Structural Assessment Methods". Un esempio della costituzione degli strati della pavimentazione esistente è riportata in **Fig. 4**.


Fig. 4 Esempio di output del GPR

► Prove con FWD Dynatest 8002-27, calibrato secondo quanto previsto dalla normativa specifica (HD29/08) ed in possesso dell'attestato del superamento del circuito di correlazione del Transportation Research Laboratory.

In corrispondenza di ogni punto di misura il carico applicato in superficie e la corrispondente deflessione sono stati misurati con una precisione di 1 kPa e 1 micron rispettivamente. Le deflessioni superficiali sono state misurate ogni 20 m, in corrispondenza del centro della piastra di carico di 300mm di diametro ed alle distanze riportate in **Tab. 7**.

Tab. 7 Misura delle deflessioni distanze dal punto di applicazione del carico

DMRB Deflessione Ref.	Distanza dal centro di applicazione del carico (mm)	JPME Riferimento di preferenza basato su un offset dal centro della piastra di carico
d1	0	d0
d2	200	d200
d3	300	d300
d4	600	d600
d5	900	d900
d6	1200	d1200
d7	1500	d1500
d8	1800	d1800
d9	2100	d2100

I principali parametri di deflessione a cui si è fatto riferimento nelle elaborazioni sono riportati in **Fig. 5**:

- *d0* indicatore della risposta dell'intera pavimentazione
- *d0-d900* indicatore della risposta degli strati legati
- *d1500* indicatore della risposta della fondazione/sottofondo.

Un'analisi CUSUM delle deflessioni, riportata in **Fig. 6**, è stata effettuata al fine di identificare eventuali sezioni omogenee nel tratto in esame. I moduli ricavati dalla back analysis delle deflessioni sono stati confrontati con i riferimenti normativi riportati nella **Tab. 8**.

I risultati della back analysis in termini di moduli e delle aspettative di vita residua della pavimentazione sono riportati nelle **Tab. 9-10**. Dalle tabelle 9 e 10 si evince che le condizioni strutturali della pavimentazione esistente

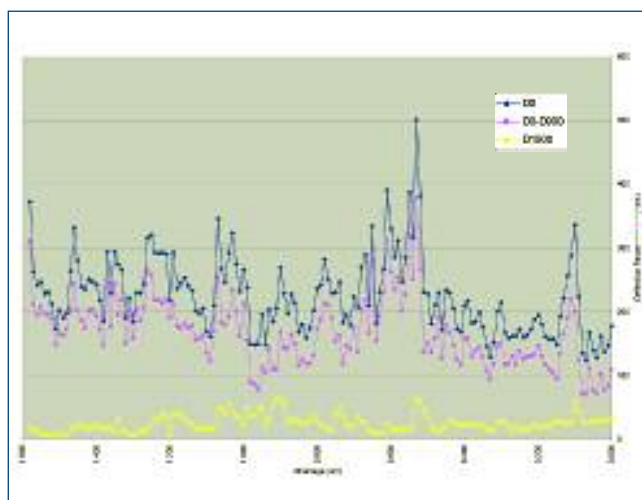


Fig. 5 Carreggiata EST: Andamento delle Deflessioni

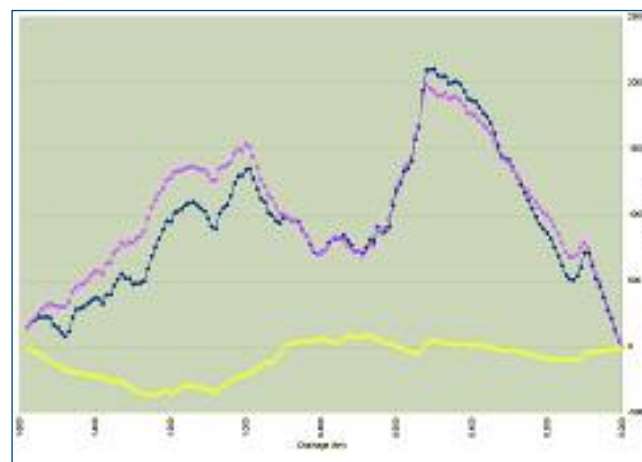


Fig. 6 Carreggiata EST: Analisi CUSUM

Tab. 8 Condizioni dello strato e relativi valori dei moduli

Materiale	Condizione	Modulo a 20 °C (MPa)	Riferimento Normativo
Conglomerato Bituminoso	Scarsa integrità	<3000	HD 30/08
	Leggero degrado	3000-7000	HD 30/08
	Buona integrità	>7000	HD 30/08
Misto Cementato Magro	Scarsa integrità	<8000	HD 30/08
	Leggero degrado	8000-15000	HD 30/08
	Buona integrità	>15000	HD 30/08
Calcestruzzo per pavimentazioni ad alta qualità	Scarsa integrità	<20000	HD 30/08
	Leggero degrado	20000-30000	HD 30/08
	Buona integrità	>30000	HD 30/08
Sottobase Granulare	Buona	100-150	LR1132
Fondazione	Buon livello di portanza	90-100	RR87 & HD 30/08
Sottofondo	5% CBR	50	LR1132 & HD 30/08
	10% CBR	77	
	15% CBR	50	

Tab. 9 Carreggiata EST - Moduli a vita residua

Risultati della back-calculation				
Riferimento della sezione SERIS	Progressive (m)		Modulo del conglomerato bituminoso (MPa)	Modulo del sottofondo (MPa)
	Iniziale	Finale		
12685/45	1580	1140	2,939	179
	1130	1090	2,556	328
	1080	1000	2,504	236
	990	810	6,312	262
	800	520	3,366	253
	510	150	5,769	332
	140	100	3,360	231
	90	0	4,151	259

Moduli e Vita residua Risultati della back-calculation trattati statisticamente					
Rif. della sezione SERIS	Progressive (m)		Modulo del Congl. Bitum. (MPa)	Modulo del sottofondo (MPa)	Vita Residua (anni)
	Iniziale	Finale			
12685/45	1580	1140	2,209	112	<5
	1130	1090	2,116	218	6
	1080	1000	1,970	185	<5
	990	810	3,394	201	5
	800	520	1,765	193	<5
	510	150	3,303	277	<5
	140	100	2,497	190	<5
	90	0	3,153	233	14

sono piuttosto deboli, con valori dei moduli variabili tra 1700MPa to 3500MPa.

Dai prelievi effettuati è inoltre possibile osservare che in molti casi vi è assenza di condizioni di aderenza tra gli strati legati a bitume. Il contributo degli strati di fondazione è tuttavia ad un livello accettabile come dimostrano i valori dei moduli ovunque superiori ai 100MPa.

3. Progettazione degli interventi di manutenzione

Al fine di ottimizzare al meglio le scelte manutentive sono state elaborate le seguenti soluzioni progettuali lungo il tratto in esame.

- ▶ Intervento superficiale (Do minimum option);
- ▶ Rafforzamento (Structural Overlays).
- ▶ Ricostruzione parziale (Partial Reconstruction - Bituminous Inlays/Overlays).
- ▶ Ricostruzione totale (Full Reconstruction).

Tab. 10 Carreggiata OVEST - Moduli a vita residua

Risultati della back-calculation				
Riferimento della sezione SERIS	Progressive (m)		Modulo del conglomerato bituminoso (MPa)	Modulo del sottofondo (MPa)
	Iniziale	Finale		
12685/45	0	190	3,678	298
	200	620	2,659	229
	630	660	3,418	389
	670	910	3,323	182
	920	990	6,001	143
	1000	1070	3,315	181
	1080	1400	3,116	222
	1410	1570	3,069	139

Moduli e Vita residua Risultati della back-calculation trattati statisticamente					
Rif. della sezione SERIS	Progressive (m)		Modulo del Congl. Bitum. (MPa)	Modulo del sottofondo (MPa)	Vita Residua (anni)
	Iniziale	Finale			
12685/45	0	190	2,574	263	<5
	200	620	1,961	186	<5
	630	660	2,933	357	5
	670	910	2,551	120	<5
	920	990	3,478	105	<5
	1000	1070	2,422	141	<5
	1080	1400	2,180	145	<5
	1410	1570	2,065	95	<5

Intervento superficiale (Do minimum option)

In caso di slittamento temporale dei lavori di manutenzione l'opzione "Do Minimum" può essere considerata come una misura temporanea.

Le informazioni contenute nel database SERIS indicano nella presenza di ormaie superficiali la principale forma di degrado superficiale, con possibili problemi di sicurezza in caso di ristagno di acqua.

Sulla base delle condizioni superficiali della pavimentazione l'intervento ipotizzato consiste nell'applicazione di un trattamento superficiale.

Tale opzione non è evidentemente destinata ad incrementare le condizioni strutturali della pavimentazione ma solo a ripristinare le caratteristiche funzionali di regolarità ed aderenza, con una vita utile residua attesa inferiore ai 5 anni.

Rafforzamento (Structural Overlays)

Il rafforzamento della pavimentazione esistente, corrispondente ad uno strato di binder in conglomerato

Tab. 11 Spessori calcolari nell'ipotesi di Rafforzamento e HRA

Rafforzamento e strato si usura tipo Hot Rolled Asphalt (HRA)										
Carreggiata	Riferimento SERIES	Progressive (m)		HRA (mm)	Spessore del Binder (mm)			Incremento (mm)		
		da	a		10 anni	20 anni	40 anni	10 anni	20 anni	40 anni
EB	12685/45	1580	1140	50	70	95	130	70	95	130
		1130	1090	50	-	50	80	-	50	80
		1080	1000	50	80	110	150	80	110	150
		990	810	50	-	55	90	-	55	90
		800	520	50	105	135	175	105	135	175
		510	150	50	50	75	110	50	75	110
		140	100	50	80	115	155	80	115	155
		90	0	50	-	-	50	-	-	50
WB	12685/45	0	190	50	50	70	110	50	70	110
		200	620	50	100	130	170	100	130	170
		630	660	50	-	55	90	-	55	90
		670	910	50	95	125	170	95	125	170
		920	990	50	60	90	135	60	90	135
		1000	1070	50	105	140	180	105	140	180
		1080	1400	50	50	65	95	50	65	95
		1410	1570	50	85	110	150	85	110	150

bituminoso, è stato calcolato con riferimento ad una vita utile di 10, 20 e 40 anni. Per ciò che attiene i materiali superficiali sono state considerate due possibili opzioni, Hot Rolled Asphalt (HRA) e Thin Surface Course (TSC) da porre al di sopra dello strato di binder. Prima del rafforzamento è prevista comunque una scarifica di 50 mm di materiale ammalorato.

Gli spessori di progetto relativi per entrambi i materiali sono riepilogati nelle **Tab. 11-12**.

Ricostruzione parziale (Partial Reconstruction - Bituminous Inlays/Overlays)

Per la definizione di questo tipo di intervento di manutenzione sono stati considerati spessori di 100mm e

Tab. 12 Spessori calcolari nell'ipotesi di Rafforzamento e TSC

Rafforzamento e strato si usura tipo Thin Surface Course (TSC)										
Carreggiata	Riferimento SERIES	Progressive (m)		HRA (mm)	Spessore del Binder (mm)			Incremento (mm)		
		da	a		10 anni	20 anni	40 anni	10 anni	20 anni	40 anni
EB	12685/45	1580	1140	35	85	110	145	70	95	130
		1130	1090	35	-	65	95	-	50	80
		1080	1000	35	95	125	165	80	110	150
		990	810	35	-	70	105	-	55	90
		800	520	35	120	150	190	105	135	175
		510	150	35	65	90	125	50	75	110
		140	100	35	95	130	170	80	115	155
		90	0	35	-	-	65	-	-	50
WB	12685/45	0	190	35	65	85	125	50	70	110
		200	620	35	115	145	185	100	130	170
		630	660	35	-	70	105	-	55	90
		670	910	35	110	140	185	95	125	170
		920	990	35	75	105	150	60	90	135
		1000	1070	35	120	155	195	105	140	180
		1080	1400	35	65	80	110	50	65	95
		1410	1570	35	100	125	165	85	110	150

200mm di ricostruzione parziale. Le vite utili stimate sono riportati in **Tab. 13**.

Ricostruzione totale (Full Reconstruction)

Per l'ipotesi di ricostruzione totale si è fatto riferimento alla metodologia di progettazione riportata nel Design Manual for Road and Bridges – Vol.7 – HD 26/06 "Pavement Design", con riferimento ad una durata di 20 e 40 anni.

Nella **Tab. 14** sono riepilogate tre diverse opzioni per i materiali di base.

Gli spessori indicati sono tuttavia comprensivi delle seguenti due alternative per i materiali di usura e binder:

- ▶ 50mm HRA Hot Rolled Asphalt, strato di usura + 50mm, strato di binder
- ▶ 35mm TWC Thin Wearing Course, strato di usura + 50mm, strato di binder.

Per ciò che attiene le caratteristiche degli strati di fondazione si è fatto riferimento alle Classi 2, 3 e 4 previste dal Design Manual for Road and Bridges - Vol. 7 - IAN 73/06 "Design guidance form road pavement foundation". ■

Tab. 13 Vite utili calcolate nel caso di ricostruzione parziale

Carreggiata	Riferimento SERIS	Progressive (m)		Vita Utile (Anni)	
		da	a	100mm	200mm
EB	12685/45	1580	1140	7	-
		1130	1090	32	27
		1080	1000	6	
		990	810	26	
		800	520	5	-
		510	150	10	
		140	100	4	
		90	0	No structural strengthening required	
WB	12685/45	0	190	28	
		200	620	5	
		630	660	10	
		670	910	5	-
		920	990	6	
		1000	1070	2	
		1080	1400	22	20
		1410	1570	7	5

Tab. 14 Aspetti tecnici ed organizzativi dei progetti di manutenzione stradale in UK

Differenti tipi di base	Spessore dello strato di conglomerato (mm)					
	Classe 2 di fondazione		Classe 3 di fondazione		Classe 4 di fondazione	
	20 anni	40 anni	20 anni	40 anni	20 anni	40 anni
DBM50/HDM50	280	310	250	280	210	240
HMB35	280	310	250	280	210	240
EME2	-	-	210	240	200	200

▶ **DBM50**: conglomerato bituminoso per strato di base a granulometria continua confezionato con bitume di gradazione 40/60 secondo le BS EN 12591:2000
 ▶ **HDM50**: conglomerato bituminoso per strato di base ad alte prestazioni confezionato con bitume di gradazione 40/60 secondo le BS EN 12591:2000
 ▶ **HMB35**: conglomerato bituminoso per strato di base ad alto modulo confezionato con bitume di gradazione 30/45 secondo le BS EN 12591:2000
 ▶ **EME2**: conglomerato bituminoso per strato di base ad alto modulo di tecnologia francese previsto dalla normativa UK.