

**SITEBSi srl**  
**Rassegna  
del bitume**

**RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE**

ESTRATTO DAL N° **22/94**

**Il PMS (Pavement Management System) delle Autovie Venete**

*Gianfranco Battiato*

*C.R.S. - Centro Ricerche Stradali, Trieste*

*Marino Donada*

*C.R.S. - Centro Ricerche Stradali, Trieste*

# Il PMS (Pavement Management System) delle Autovie Venete

GIANFRANCO BATTIATO, MARINO DONADA  
C.R.S. - Centro Ricerche Stradali, Trieste

## 1. Introduzione

La pianificazione della manutenzione stradale può essere definita come l'insieme di molteplici attività che hanno come obiettivo il miglioramento nel tempo della qualità delle pavimentazioni e della sicurezza della rete stradale mediante l'impiego efficiente ed economico delle risorse disponibili.

La complessità di gestione di una rete autostradale richiede l'utilizzo di moderne metodologie di PMS (Pavement Management System) per la formulazione dei programmi di manutenzione delle pavimentazioni.

Il metodo RO.MA. (Road Management System) sviluppato dalla Società RO.DE.CO. è stato applicato con successo fin dal 1985 per la gestione della manutenzione delle pavimentazioni lungo i 160 km circa della rete autostradale delle Autovie Venete A4 Venezia-Trieste, A23 Udine-Palmanova e A28 Pordenone-Portogruaro. In passato la manutenzione stradale veniva fatta generalmente a scadenze prefissate e in base alla disponibilità delle risorse con l'obiettivo di ripristinare il livello di qualità originale delle pavimentazioni (manutenzione tradizionale).

Il concetto di manutenzione «funzionale» seguita nel metodo RO.MA., ha invece l'obiettivo, tramite il monitoraggio continuo delle caratteristiche delle pavimentazioni, di adeguare il livello di qualità e sicurezza della pavimentazione alle esigenze sempre crescenti dell'utenza.

Il metodo RO.MA. utilizza nella fase di Pavement Evaluation moderni sistemi ad alto rendimento che consentono di misurare accuratamente ed in poco tempo i parametri fisici (superficiali e strutturali) che caratterizzano il comportamento delle pavimentazioni.

I parametri raccolti sono elaborati mediante l'utilizzo di modelli ingegneristici, statistici ed economici e immagazzinati in una Banca Dati informatica che rappresenta lo strumento fondamentale di gestione dei programmi di manutenzione delle pavimentazioni della rete autostradale.

La Banca Dati è installata su Personal Computer presso gli Uffici Tecnici delle Autovie Venete e permette di conoscere lo stato delle pavimentazioni in ogni punto della rete, di formulare i piani manutentori futuri scegliendo tra diverse tecniche di intervento e di preparare la lista di priorità degli interventi manutentori.

La Banca Dati è aggiornata ogni anno, in base al monitoraggio sullo stato delle pavimentazioni ed agli interventi di manutenzione effettuati nel corso dell'anno stesso.

Nell'articolo è riportata una descrizione sintetica del PMS delle Autovie Venete e dei risultati della sua applicazione nella formulazione del piano triennale di manutenzione degli interventi 1994-96 della Società Concessionaria.

## 2. Descrizione del PMS delle Autovie Venete

Lo studio di pianificazione degli interventi si sviluppa attraverso tre fasi successive:

- 1) Pavement Evaluation: rilievo dello stato superficiale e strutturale delle pavimentazioni utilizzando i sistemi ad alto rendimento.
- 2) Elaborazione dei dati rilevati con modelli ingegneristici e statistici.  
Realizzazione della Banca Dati sullo stato delle pavimentazioni, per sezioni autostradali omogenee.
- 3) Studio e formulazione del programma di intervento ottimale.

### *Pavement Evaluation*

I sistemi di Pavement Evaluation comunemente usati nel metodo RO.MA. sono:

- Il Falling Weight Deflectometer (foto 1) per valutare le proprietà strutturali dei diversi strati della pavimentazione simulando le condizioni reali di carico dinamico provocato dal passaggio dei veicoli pesanti. I bacini di deflessione prodotti dalle prove di F.W.D. sono successivamente elaborati per calcolare:



**Foto 1 - Prove di portanza con il Falling Weight Deflectometer**



**Foto 2 - Misura della regolarità (International Roughness Index), dei profili longitudinali e trasversali con sistemi LASER.**

- moduli elastici dei diversi strati della pavimentazione nelle condizioni di prova
  - moduli calcolati nelle diverse stagioni dell'anno
  - vita residua a fatica della pavimentazione
  - rinforzo teorico necessario a sopportare il traffico previsto.
- Il C.L.P. Laser Profilometer (foto 2) è un sistema molto accurato per la misura dei profili longitudinali e trasversali delle pavimentazioni. E in grado di effettuare un campionamento ogni 0.5 cm di strada.

Il software sviluppato dalla RO.DE.CO. consente di ricavare dai dati raccolti con il C.L.P.:

- il profilo longitudinale in termini di I.R.I. (International Roughness Index)
- le irregolarità longitudinali per onde corte (1-3 metri) e onde medie (3-13 metri)
- il profilo trasversale per una estensione di 3 m
- l'altezza delle ormaie
- il raggio di curvatura.

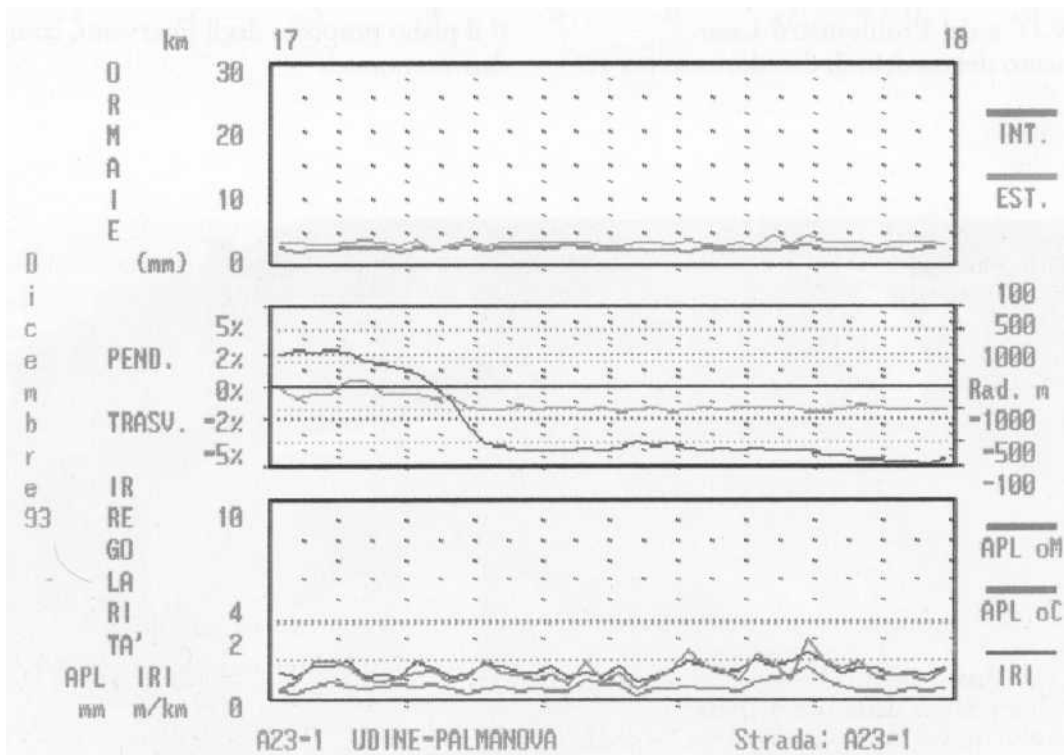
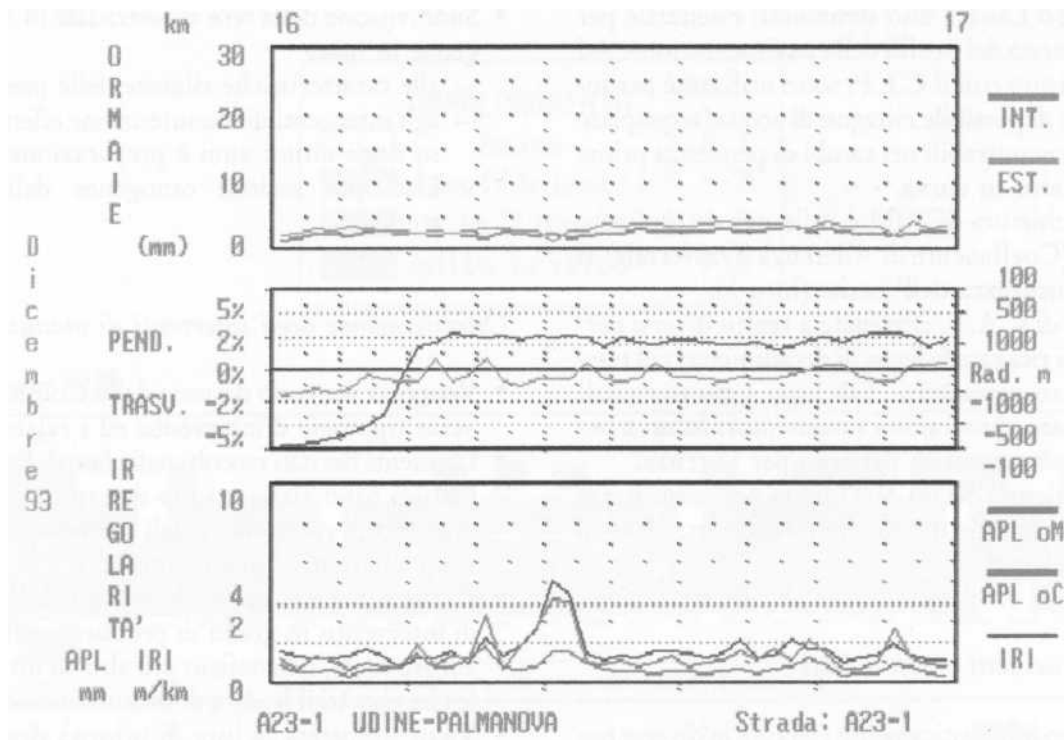


Fig. 1 - Esempio di risposta da Profilometro Laser.

Un esempio di risposta del Profilometro Laser è riportato in figura 1.

Il Profilometro Laser è uno strumento essenziale per un'analisi accurata dei profili della pavimentazione. Ad esempio le misure con il C.L.P. sono utilizzate per individuare aree di possibile ristagno di acqua (acquaplaning), spesso riscontrabili nei cambi di pendenza prima o dopo un tratto in curva.

- L'apparecchiatura SCRIM è utile per determinare il C.A.T. (Coefficiente di Aderenza Trasversale) ai fini della sicurezza dell'utente (foto 3).

Le misure di C.A.T. effettuate a tempi diversi permettono di ricavare la legge di decadimento nel tempo di questo parametro. Tali leggi sono essenziali per preparare i programmi manutentori futuri e per prevenire situazioni di pericolo per l'utenza.

- Apparecchiatura RDM 5000 usata per identificare le diverse tipologie di ammaloramento stradale ed livelli di severità.

#### *Elaborazione dei dati e Banca Dati*

Sono di seguito schematicamente elencate le diverse fasi di elaborazione dei dati e la creazione della Banca Dati:

- Utilizzazione modelli ingegneristici per elaborare i dati di F.W.D. e del Profilometro Laser.
- Aggiornamento dei modelli di decadimento per re-

golarità (C.A.T.), l'ammaloramento, con i nuovi dati raccolti.

- Suddivisione della rete autostradale in sezioni omogenee in base:
  - alle caratteristiche rilevate delle pavimentazioni
  - agli interventi di manutenzione effettuati nel corso degli ultimi anni e preparazione della Banca Dati per sezioni omogenee dell'intera rete studiata.

#### *Ottimizzazione degli interventi di manutenzione*

- Vengono vengono desunte dalla Committente le diverse tipologie d'intervento ed i relativi costi.
- L'insieme dei dati raccolti nella fase di Pavement Evaluation sono elaborati per determinare a livello di progetto gli effetti funzionali e strutturali di ogni possibile alternativa manutentoria.
- Si determina la combinazione ottimale dei diversi tipi di intervento in grado di produrre, a livello di rete autostradale, il beneficio più alto ad un costo globale che rispetti il budget di manutenzione disponibile.
- Viene preparata la lista di priorità degli interventi di manutenzione su base annuale e triennale.

Al termine dello studio viene inserito nella Banca Dati il piano proposto degli interventi, comprensivo dei dati economici.



**Foto 3 - Misura del coefficiente di aderenza con apparecchiatura SCRIM.**

# A28 - AUTOVIE VENETE

RODECO

SEZIONI CRITICHE

GENNAIO 94

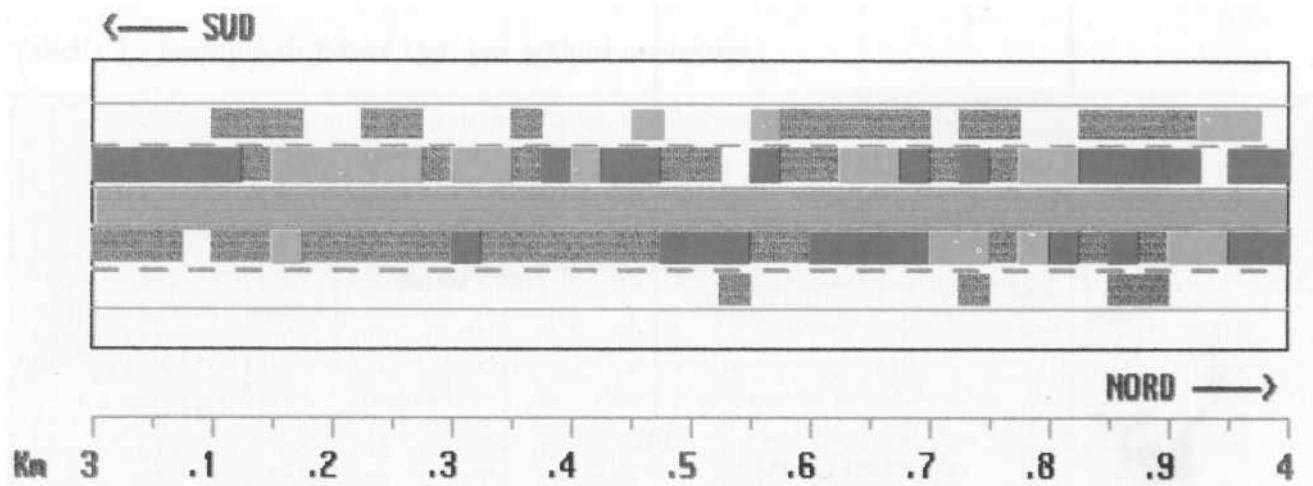
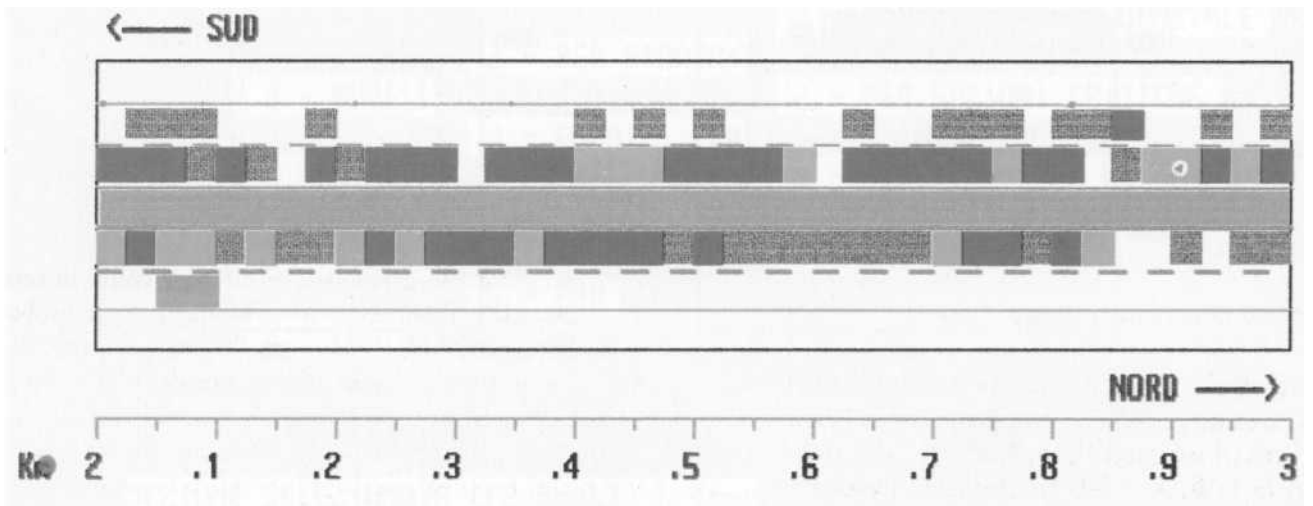
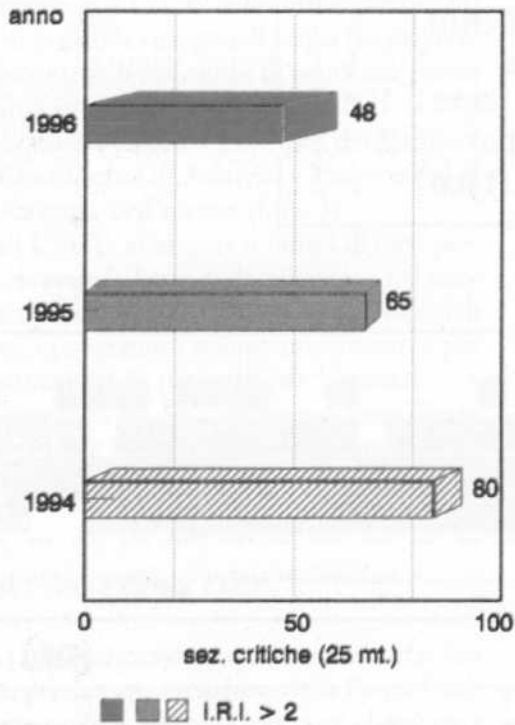
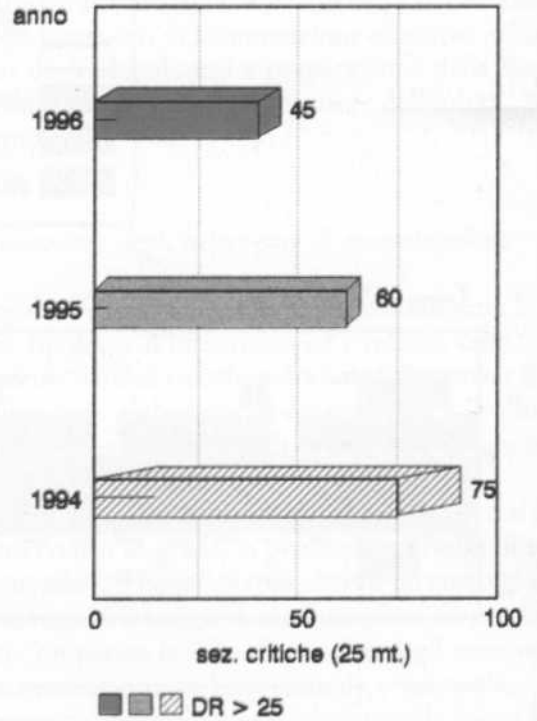


Fig. 2 - A28 Autovie Venete.

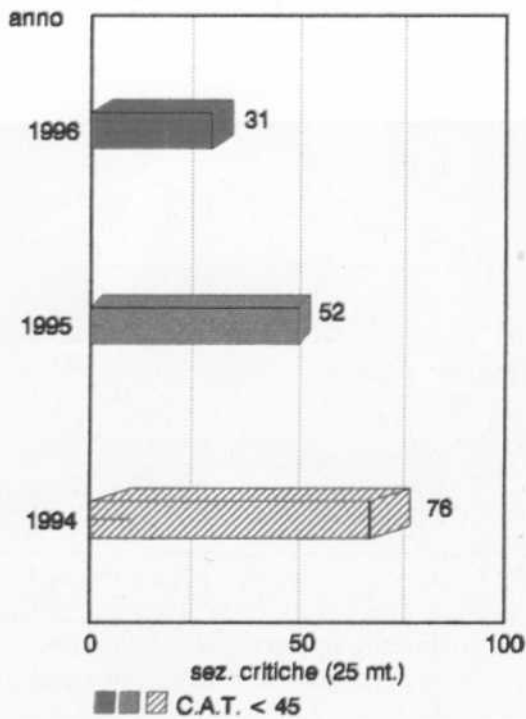
I.R.I.  
A4 MESTRE - TRIESTE (tutte le corsie)



AMMALORAMENTO  
A4 MESTRE - TRIESTE (tutte le corsie)



C.A.T.  
A4 MESTRE - TRIESTE (corsie di marcia)



Numero sezioni critiche da 25 m.  
previste nel triennio 1994 - 1996  
rispetto alla situazione 1993  
(1993 = 100)

Fig. 3 - S.p.A. Autovie Venete - PMS 1994-1996.

BANCA DATI STRADALE PER SEZIONI OMOGENEE

AUTOSTRADA:

MENU PRINCIPALE

INTERROGAZIONE

RETE

1 - INTERRU

2 - MODIFI

3 - MODELL

4 - STAMPA

5 - GRAFIC

6 - END

1 - BANCA DATI

2 - PER STRADA/

3 - CONDIZ. PER

4 - CONDIZ. PER

5 - END

1 - ORDINAMENTO SEQUENZIALE

2 - PER SEZIONI CRITICHE

3 - SELEZIONE PER km

4 - END

OPZIONE SELEZIONATA (F2=Back): 1 <---

Fig. 4 - Esempio di menu della Banca Dati delle pavimentazioni.

Tabella 1 - Esempio di Banca Dati per sezioni omogenee

A4 - corsia di marcia, carreggiata da Trieste per Venezia													
St.	Dal km	Al km	IRI	ASSI 12t	VSS aa	Amm /km	H1 mm	E1 MPa	H2 mm	E2 MPa	E3 MPa	Rin mm	CAT
A44	0.000	2.600	1.32	500.000	8	4	230	1271	400	646	123	1	64
A44	2.600	3.200	1.73	500.000	3	13	180	2963	147	1414	115	0	41
A44	3.200	11.500	1.39	500.000	8	5	200	6351	400	5548	295	0	56
A44	11.500	14.000	1.58	500.000	7	13	200	9976	400	3477	307	0	56
A44	14.000	15.000	1.32	500.000	7	11	180	6602	400	921	130	0	64
A44	15.000	20.000	1.61	500.000	8	2	200	2617	400	292	276	49	66
A44	20.800	21.300	1.26	500.000	6	2	200	3316	400	624	176	0	66
A44	21.300	22.800	1.84	500.000	8	3	200	3316	400	624	176	0	66
A44	22.800	23.450	2.09	500.000	6	12	200	3525	400	401	244	11	67
A44	23.450	25.900	1.48	500.000	8	6	200	3238	400	641	186	0	66
A44	25.900	26.400	1.95	500.000	5	6	200	3773	400	341	190	50	67



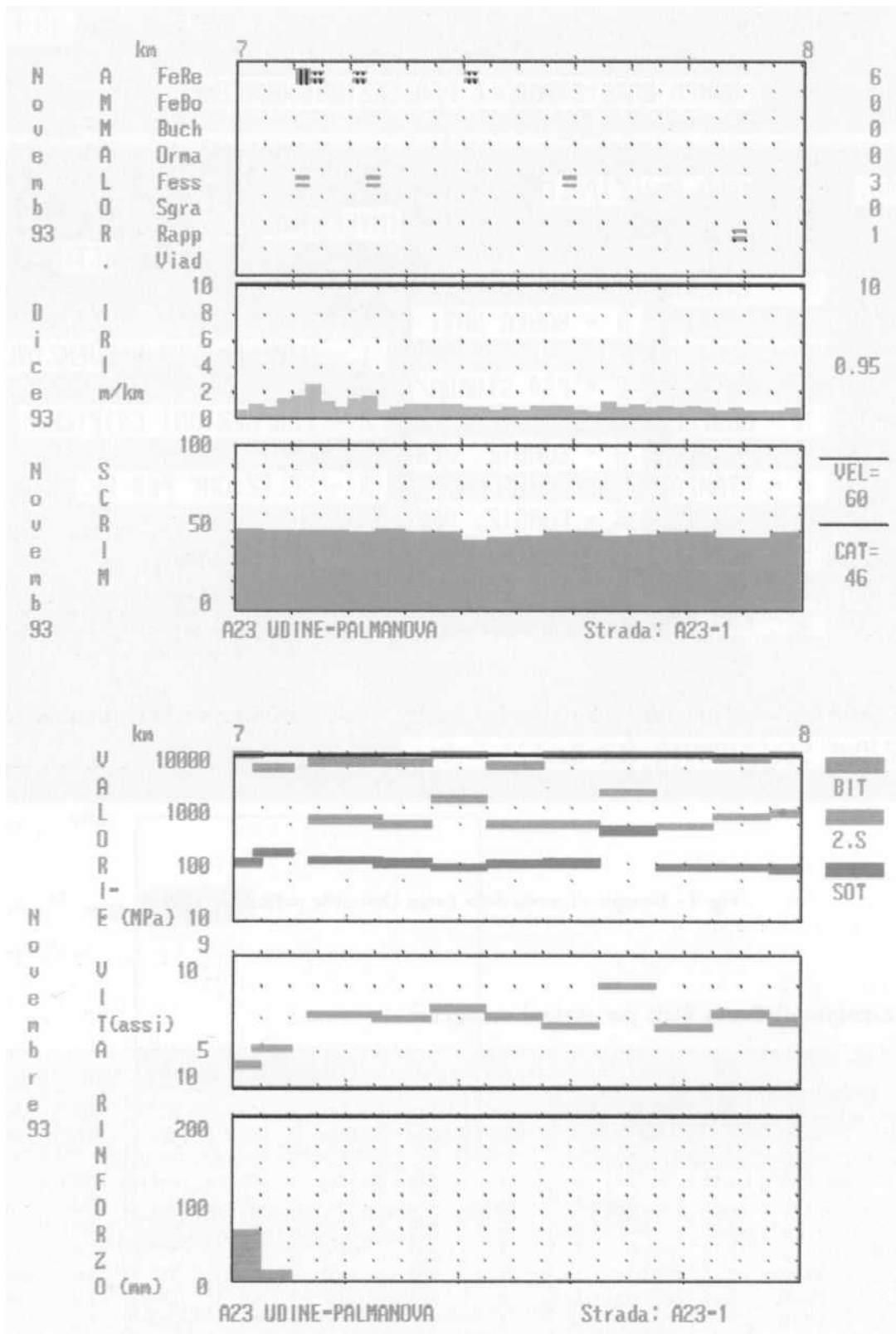


Fig. 5 - Scheda grafica della pavimentazione per km di corsia.

Tabella 2 - Autovie Venete P.M.S. 1994-1996

Programma triennale degli interventi di riqualifica															
LEGENDA															
x = Insuff.		I = IRI			RINF-3 = RINF. 3 CM.										
xx = Critico		D = DISTRESS			RINF-4 = RINF. 4 CM.										
		C = CAT			DREN = MICROTAPP. SEMIDREN.										
		R = RINF			SCAR. = SCARIF. 4 CM + RINF. 4 CM										
A28 Carreggiata Nord															
Progressiva		A28-1 Marcia				A28-2 Sorp.				Interv. 94	L. Mil.	Interv. 95	L. Mil.	Interv. 96	L. Mil.
		I	D	C	R*	I	D	C	R*						
0.000	0.575				*				*						
0.575	1.100	xx	x	x	*				*		Rinf-3	55			
1.100	1.625	xx		x	*				*		Rinf-3	55			
1.625	6.400				*	xx	xx		*	Scar.	196			Rinf-3	495
6.400	21.600	xx	x	x	*	xx	xx		*	Scar.	624			Rinf-3	1577
21.600	23.225	xx	x		*	xx	x		*			Rinf-3	168		
23.225	27.900	xx			*	xx			*			Rinf-3	485		
<b>Costo parziale (milioni di lire)</b>										<b>820</b>	<b>763</b>	<b>2072</b>			

Tabella 3 - Esempio delle caratteristiche funzionali e strutturali delle pavimentazioni di una sezione omogenea della Banca dati

Autovie C.R.S. S.p.A.				03-03-1994	
Banca dati stradale per sezioni omogenee					
Nome file: A4-1		Interrogazione: Banca dati rete sequenziale		N° Sezione omogenea: 3/44 Prg: 3	
1/12 km 0.000 - 126.000					
Denominazione carreggiata e corsia: VE-TS marcia				Larghezza (m). 4.2 Area (m²): 18060	
Dal (km): 2.900 Al (km): 7.200				Anno misura: '93	
IRI (mm/m): 1.20				ORMAIA SX: 0.00 ORMAIA DX: 0.00	
APLoc: 0.94 APLom: 0.48 (mm)				Pendenza trasversale (%): 0.00	
Traffico assi eq. 12 t/a: 500.000				Anno misura: '93	
Ammaloramento totale /km: 2 (basso)					
Vita residua strato superficiale (anni): 6					
Rinforzo spessore (mm): 44		Anno misura '93: (temp. 27°C)			
Spessore primo strato (mm): 180		Modulo E1 (MPa): 6421 (alto)			
Spessore secondo strato (mm): 400		Modulo E2 (MPa): 380 (basso)			
Vita a fatica (Assi Eq. 12t): 2.30E+06		Modulo E3 (MPa): 98 (medio)			
Scrim (CAT): 49		Anno misura: '93			
Intervento proposto (indice max. 5): 4		Rinf. 4 cm usura mfz (11.4 m)			
Costo totale rete L.: 8560.20 (10 <sup>6</sup> )		Costo sezione L.: 514.71 (10 <sup>6</sup> )			
Anno intervento previsto: '94		Modifica banca dati: 1-12-93			
Anno ultimo intervento: 86		Commento:			
F+=Out File		ESC-Esci		Invio: ?	

Il P.M.S. triennale 1994-96 concordato con le Autovie Venete aveva i seguenti obiettivi:

- aggiornare la Banca Dati 1993 con il rilievo delle caratteristiche superficiali di regolarità, aderenza ed ammaloramento su gran parte della rete autostradale,
- controllare la qualità degli interventi manutentori effettuati nel 1993,
- formulare i programmi manutentori per il 1994 e proporre un programma triennale di interventi con l'obiettivo di ottenere il più alto livello di qualità delle pavimentazioni nei limiti di budget previsti per il triennio 1994-96.

Ai fini della preparazione del piano manutentorio sono state considerate le seguenti alternative di intervento:

- Microtappeto semidrenante (con bitume modificato)
- Rinforzo 3 o 4 cm con tappeto di usura multifunzionale
- Scarifica 4 o 5 cm e rinforzo con tappeto di usura multifunzionale di equivalente spessore

Nella tabella 1 è riportata, a titolo di esempio, una sintesi, per sezioni omogenee, di una parte della corsia di marcia della A4 Venezia-Trieste (direzione Venezia) contenente le più importanti caratteristiche rilevate nella fase di Pavement Evaluation.

Sono stati riportati:

- la progressiva inizio e fine della sezione omogenea
- l'indice I.R.I. mm/metro, valori superiori a 2 mm/metro sono da considerarsi insufficienti
- il traffico espresso come numero di assi equivalenti da 12 ton/anno
- la vita residua dello strato superficiale in anni (VSS 3
- l'ammaloramento per km: valori inferiori a 20 indicano basso ammaloramento, valori compresi tra 20-50 medio, superiore a 50 ammaloramento elevato,
- H1, H2, spessori rispettivamente dello strato bitumato e della fondazione,
- moduli elastici E1, E2 rispettivamente dello strato bitumato (a 25 °C) e della fondazione, E3 modulo del sottofondo,
- rinforzo teorico per sopportare il traffico previsto nei prossimi 10 anni (mm),
- C.A.T. (Coefficiente di Aderenza Trasversale), (eventuali sezioni con valori inferiori a 40 cominciano a denotare potenziali problemi di aderenza).

Nella tabella 2 è riportato, sempre a titolo di esempio, uno stralcio degli interventi di manutenzione trienna-

li previsti per la carreggiata Nord della A28 Pordenone-Portogruaro.

Il budget totale di spesa per il 1994 per tutta la rete autostradale è pari ad oltre 8 miliardi di lire.

Il piano triennale 1994-96 degli interventi è stato preparato in base allo stato delle pavimentazioni, quale risulta dalla Banca Dati, ed alla conoscenza delle leggi di decadimento dei diversi parametri della pavimentazione (regolarità, C.A.T., ammaloramento, etc.).

Il piano prevede un impegno di spesa in 3 anni di circa 25 miliardi di lire.

I benefici del piano sono stati valutati analizzando il livello qualitativo delle pavimentazioni, prima e dopo gli interventi proposti nel corso del triennio.

In figura 2 è riportato un esempio di rappresentazione per km di autostrada delle sezioni (da 25 metri) che hanno valori critici di ammaloramento durante rilievi 1993. I benefici del piano triennale sono illustrati nella figura 3 riportando per ogni anno la riduzione prevista del numero delle sezioni autostradali che hanno valori critici di I.R.I., ammaloramento e C.A.T.

Dai grafici si può notare il beneficio degli interventi proposti nel triennio, che consentono un notevole miglioramento del livello di qualità delle pavimentazioni. In figura 4 e nella tabella 3 sono riportati rispettivamente un esempio di menù della Banca Dati installata su Personal Computer delle Autovie Venete, e le informazioni relative ai parametri funzionali e strutturali delle pavimentazioni immagazzinate nella Banca Dati per ogni sezione omogenea.

Nella figura 5 è riportato infine un esempio di scheda grafica, ottenibile dalla Banca Dati, in cui sono riassunte graficamente per km di corsia di autostrada, le principali caratteristiche delle pavimentazioni.

In conclusione il software della Banca Dati permette:

- un uso semplice del programma anche ad utenti non provvisti di conoscenze informatiche
- la visualizzazione/modifica di tutti i parametri delle pavimentazioni contenuti in termini numerici e grafici,
- un modello di previsione dello stato delle pavimentazioni fino a 3 anni successivi all'ultimo rilievo di P.E.,
- una verifica della bontà dell'insieme degli interventi programmati dal «Pavement Management System».