

Committente:



AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.
Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.
Il Direttore Tecnico:
**Il Responsabile di Progetto
Dott. Ing. Luca Bondanelli**

Il Geologo:

PROGETTAZIONE DI:



Il Progettista:

Ing. Fabio Nigrelli
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n. 3581



A.T.I.:



Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Giovanni Maria Cepparotti
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

Progettista Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche:
Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.
Ing. Pietro Mazzoli
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 18221

Titolo Elaborato:

**GENERALE
GENERALE
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO
DELLE PAVIMENTAZIONI "PACCHETTO TIPO D"**

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTE OP	TIPO DOC	N Progr. Doc.	REV.
	RAAA	1	E	I	GE	XX	01	G	RE	014	A
A	10/10/2014	Lettera A15 prot. n° 731 del08/09/2014				A.ZANELLATO	F.NIGRELLI	MAZZOLI			
Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE				Redatto	Controllato	Approvato			

INDICE

1	PREMESSA	3
2	CRITERI ASSUNTI NELLE VERIFICHE DELLE PRESTAZIONI DELLE PAVIMENTAZIONI	3
2.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
2.2	MODELLO DI CALCOLO ADOTTATO NELLA VERIFICA NEL TEMPO DELLE PAVIMENTAZIONI: IL METODO DI ANALISI M-E PDG	3
3	DATI DI PROGETTO	5
3.1	PERIODO DI ANALISI	5
3.2	DATI DI TRAFFICO	5
3.3	PORTANZA DEL TERRENO DI SOTTOFONDO	6
3.4	CONDIZIONI CLIMATICHE	6
3.5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DELLA PAVIMENTAZIONE PREVISTA	6
3.6	AFFIDABILITÀ DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE	7
3.7	CRITERI DI VERIFICA DELLE PRESTAZIONI OFFERTE DALLE PAVIMENTAZIONI	8
3.7.1	Indicatori prestazionali	8
3.7.2	Limiti di ammissibilità assunti nelle verifiche	8
4	VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DELLE PAVIMENTAZIONI DEL PE	9
4.1.1	Risultati delle analisi	9
5	CONCLUSIONI	13

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo è relativa al dimensionamento ed alla verifica funzionale delle pavimentazioni con "Pacchetto Tipo D" di nuova realizzazione del Progetto Esecutivo (PE) del Corridoio Plurimodale Tirreno-Brennero nel tratto tra Fontevivo (PR) e lo svincolo di Trecasali-Terre Verdiane.

In tabella Tabella 1 è riportato l'elenco delle viabilità che prevedono una pavimentazione con "Pacchetto Tipo D".

Viabilità	Codice	Categoria Funzionale	Pacchetto Tipo
Raccordo Autostazione Trecasali-Rotatoria SP10	VO02	C1	D
SP10 per Cremona	VA03	C2	D
Cispadana	VA06	C1	D

Tabella 1: Elenco delle viabilità con pavimentazione "Pacchetto tipo D"

2 CRITERI ASSUNTI NELLE VERIFICHE DELLE PRESTAZIONI DELLE PAVIMENTAZIONI

2.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Ai fini delle analisi e delle valutazioni sviluppate nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- NCHRP "Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures", Ed. 2004 (Metodo M-E PDG);
- CNR B.U. 178/95 "Catalogo delle pavimentazioni stradali".

2.2 MODELLO DI CALCOLO ADOTTATO NELLA VERIFICA NEL TEMPO DELLE PAVIMENTAZIONI: IL METODO DI ANALISI M-E PDG

Le pavimentazioni previste nel PE sono state verificate valutando le prestazioni che la sovrastruttura potrà offrire nel tempo quando soggetta alle condizioni di traffico previste in progetto e nelle condizioni climatiche della zona di sedime dell'opera utilizzando la nuova procedura di analisi basata sull'impiego di metodi di tipo "empirico-razionale" prodotta dall'NCHRP per l'AASHTO Statunitense (metodo M-E PDG). La versione del codice di calcolo adottata è la 1.1 del 31 agosto 2009.

Il metodo M-E PDG consente di passare dalla tradizionale valutazione del comportamento nel tempo della pavimentazione per mezzo di correlazioni empiriche ed indici sintetici di stato ad una valutazione del progredire nel tempo delle diverse tipologie di ammaloramento (fessurazione, deformazione permanente dei diversi strati costituenti la pavimentazione, irregolarità longitudinale) determinando poi il danno complessivo per fatica che ci si può attendere nella struttura nel corso di tutto il periodo di analisi.

Tra i principali elementi di innovazione del metodo di calcolo adottato si registrano:

- la possibilità di caratterizzare i diversi strati costituenti la pavimentazione in funzione delle reali caratteristiche compositive delle miscele;
- la possibilità di tener conto delle specifiche condizioni ambientali in cui la pavimentazione andrà ad operare (con particolare riguardo all'andamento delle temperature, delle condizioni di pioggia e di irraggiamento nel tempo);
- la possibilità di analizzare separatamente l'andamento nel tempo dei diversi tipi di degrado e di comprendere quindi ove si concentrano eventuali deficienze strutturali, potendo di conseguenza pianificare in modo ottimizzato gli interventi di manutenzione che possono essere quindi focalizzati alla risoluzione dello specifico problema rilevato (cosa non possibile quando si ragiona solo in termini di danno per fatica o di indicatori sintetici di stato);

- la possibilità di schematizzare una qualunque mix di traffico, sia essa costituita da un asse standard equivalente (di qualunque peso) o da una complessa mix di veicoli pesanti, e di tener conto degli effetti di crescita del traffico del tempo. Il modello, nel calcolare il numero di ripetizioni che transita effettivamente in un dato punto della pavimentazione, tiene inoltre conto del naturale effetto di dispersione delle traiettorie all'interno della corsia di marcia lenta;
- la possibilità di progettare tenendo conto di diversi livelli di affidabilità per tipologia di strada.

In questa fase di progetto si è fatto riferimento, per la definizione dei dati di input, al livello III previsto dal nuovo metodo di calcolo (dati di input prevalentemente tratti da letteratura o di default). I dati di input necessari per il Livello III sono riportati in Tabella 2.

PARAMETRO	SIGNIFICATO
Dati caratterizzanti i materiali con presenza di bitume nel legante	
p3/4	Trattenuto cumulativo al setaccio ASTM 3/4 (corrispondente ad un diametro nominale di 19.1 mm)
p3/8	Trattenuto cumulativo al setaccio ASTM 3/8 (corrispondente ad un diametro nominale di 9.52 mm)
p4	Trattenuto cumulativo al setaccio ASTM 4 (corrispondente ad un diametro nominale di 4.76 mm)
p200	passante al setaccio ASTM 200 (corrispondente ad un diametro nominale di 0.074 mm)
Va	Volume dei vuoti residui (%)
Vb	Volume effettivo di bitume (%)
A, VTS	parametri caratterizzanti il comportamento del legante
H	spessore dello strato (cm)
Dati caratterizzanti le fondazioni in misto granulare non legato	
MAT	Tipo di materiale (secondo classificazione AASHTO/CNR-UNI 10006 o in base al tipo di materiale – di frantumazione, naturale alluvionale, da riciclaggio di conglomerato bituminoso etc)
H	spessore dello strato (cm)
E	modulo elastico dello strato (MPa)
Dati caratterizzanti il sottofondo (per ciascuno strato caratterizzante il sottofondo)	
MAT	Tipo di materiale (secondo classificazione AASHTO/CNR-UNI 10006 o secondo la classificazione Unified Soil Classification)
H	spessore dello strato, se non si tratta dell'ultimo (cm)
Dati caratterizzanti il traffico	
TGM	Traffico Giornaliero Medio di mezzi pesanti per carreggiata
CMIX	composizione della mix (% per ogni tipo di mezzo)
-	Descrizione dei mezzi che compongono la mix (percentuale di assi di un dato tipo e con un dato carico per asse)
CC	percentuale di mezzi transitanti sulla corsia più caricata
Dati caratterizzanti le condizioni climatiche (per ogni ora e giorno dell'anno)	
Ta	Temperatura dell'aria
V	Velocità del vento
P	Pioggia
S	% sole
U	umidità %
PF	profondità della falda dalla quota pavimentazione (in m)

Tabella 2 - Sintesi dei dati di input necessari per l'impiego del metodo M-E PDG al livello III

Nella fase di studio finale delle miscele in fase costruttiva dovranno essere comunque eseguite le prove di laboratorio di Livello I (prove reologiche per la determinazione del modulo dinamico E^* a diverse temperature e con diverse condizioni di carico) al fine di consentire la caratterizzazione di dettaglio delle specifiche miscele adottate.

3 DATI DI PROGETTO

3.1 PERIODO DI ANALISI

Le pavimentazioni sono state verificate con riferimento ad un periodo di analisi di 20 anni che va dall'anno 2016 al 2035 compresi.

3.2 DATI DI TRAFFICO

Il traffico adottato per il PE delle pavimentazioni della viabilità interferita è stato desunto dal PD con il traffico adottato per il PE delle pavimentazioni delle viabilità interferita è stato desunto dal PD con riferimento agli orizzonti temporali 2012 e 2042 (v. elaborato RAAA/GNRL/PD/04.01.01).

Dal citato documento sono stati estratti i dati di traffico utili al calcolo delle pavimentazioni della viabilità secondaria "Raccordo autostazione Trecasali-Rotatoria SP10" (VO02) relativi agli anni 2012 e 2042.

Per le altre viabilità secondarie (extraurbane secondarie) di classe C di cui non è noto il traffico si procede all'assimilazione con le altre viabilità di cui tale valore è noto. In particolare le assunzioni effettuate nelle analisi sono quelle indicate in Tabella 3:

Viabilità	Cat. Strada	Traffico ipotizzato
SP 10 per Cremona	C	Assimilata a SP10 per Viarolo
Cavalcavia Cispadana	C	Assimilata a Raccordo SP10 - Autostazione (PR01)

Tabella 3 – Viabilità secondarie assimilate a viabilità con traffico noto

I valori del traffico di progetto sono riassunti nella Tabella 4:

Viabilità	Cat. Strada	2012		2042	
		VTOT	% VP	VTOT	% VP
Raccordo autostazione Trecasali-Rotatoria SP10	C1	4800	21%	6800	26%
SP10 per Cremona (*)	C2	9000	22%	16000	41%
Cispadana (**)	C1	4300	7%	7400	14%

(*) Traffico non noto, viabilità assimilata alla SP10 per Viarolo.
 (**) Traffico non noto, viabilità assimilata alla PR01 Raccordo SP10-Autostazione Trecasali.

Tabella 4 – dati di traffico delle viabilità secondarie agli anni 2012 - 2042

Attraverso questi dati è stata desunto il tasso di crescita cumulato (a) per i 20 anni dell'orizzonte temporale considerato attraverso le relazioni di seguito riportate:

$$VP_i = VP_0(1 + a)^i$$

$$a = \sqrt[i]{\frac{VP_i}{VP_0}} - 1$$

Applicando le formule indicate precedentemente si trova un tasso di crescita differente per ogni viabilità considerata e pari ai valori indicati in Tabella 5:

Viabilità	a
SP 10 per Cremona	4.0%
Raccordo autostazione Trecasali-Rotatoria SP10	2.0%
Cavalcavia Cispadana	4.0%

Tabella 5 – tassi di crescita delle viabilità secondarie con traffico noto

Nei calcoli delle pavimentazioni si assume un tasso di crescita uniforme e pari al 4.0% per tutte le viabilità secondarie.

Per le viabilità secondarie di classe C1 lo spettro di progetto dei veicoli pesanti è assunto pari a quello delle strade “extraurbane secondarie a forte traffico” previsto nel “Catalogo delle Pavimentazioni stradali” del CNR mentre per le viabilità secondarie di classe C2 lo spettro di progetto dei veicoli pesanti è assunto pari a quello delle strade “extraurbane secondarie ordinarie”.

3.3 PORTANZA DEL TERRENO DI SOTTOFONDO

Come sottofondo si è assunto un terreno avente M_r pari a 100 MPa, a cui può esser associato un valore di Modulo di Deformazione (M_d) di 50 MPa in fase di controllo.

Trattandosi di una struttura stratificata non omogenea, occorrerà comunque valutare in fase di esecuzione gli interventi necessari per ottenere $M_r \geq 100$ MPa sul piano di appoggio della fondazione e prevedere una diffusa campagna di prove con Light Weight deflectometer (LWD) con massa da 20 kg e 3 geofoni per verificare l'effettivo raggiungimento di $M_r \geq 100$ MPa prima della stesa della pavimentazione.

3.4 CONDIZIONI CLIMATICHE

Per le verifiche delle pavimentazioni sono state considerate condizioni climatiche specifiche della zona in esame. La stazione climatica assunta a riferimento è quella di Parma.

Nelle verifiche svolte con il software M-E PDG le condizioni meteo sono caratterizzate mediante i valori orari delle seguenti entità:

- Temperatura;
- Velocità del vento;
- Umidità relativa dell'aria;
- Altezza di pioggia;
- Percentuale di insolazione.

I valori richiamati sono riferiti ad un arco temporale minimo di due anni.

I dati relativi alle entità sopracitate sono stati estratti dal sito internet www.wunderground.com.

3.5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DELLA PAVIMENTAZIONE PREVISTA

In Tabella 6 sono rappresentate le principali caratteristiche fisico meccaniche necessarie alla schematizzazione, nel software di calcolo utilizzato, dei materiali costituenti la stratigrafia delle pavimentazioni delle viabilità secondarie di PE:

PARAMETRO	$\rho_{3/4}$ [%]	$\rho_{3/8}$ [%]	ρ_4 [%]	ρ_{200} [%]	Va [%]	Vb [%]	A	VTS	E (*) (MPa)
USURA in CB con bitume tradizionale	0.5	19.6	41.7	5.0	4.5	13.0	10.6508	-3.5537	7000
BINDER in CB con bitume tradizionale	4.3	27.2	43.9	7.0	5.0	11.3	10.6508	-3.5537	8000
BASE in CB con bitume tradizionale	26.0	43.9	56.8	5.0	6.0	10.1	10.6508	-3.5537	9000
Misto Granulare Non Legato	-	-	-	-	-	-	-	-	1000

(*) Per i conglomerati bituminosi è riportato, a titolo meramente indicativo, il modulo elastico calcolato a 20°C a bassa frequenza (4 Hz) rappresentativo di un modulo di laboratorio. Il calcolo è fatto sulla base delle proprietà fisiche dei materiali; per i materiali legati a cemento è riportato il modulo elastico del materiale in condizione microfessurata.

Tabella 6 - Parametri utilizzati per l'analisi con il metodo M-E PDG delle pavimentazioni delle viabilità secondarie

Come nel caso precedente si ricorda che i valori di A e VTS per le miscele tradizionali sono calcolati direttamente dall'M-EPDG per un dato tipo di bitume a partire dal valore della penetrazione.

Lo strato di usura è sempre realizzato in conglomerato bituminoso di tipo chiuso.

Per gli strati di usura, di binder e di base sono previsti conglomerati bituminosi (CB) con bitume tradizionale. La sottobase stradale è realizzata con misto granulare non legato (MGNL).

Tutte le quantità utilizzate nel calcolo sono coerenti con quanto riportato nelle Norme Tecniche del CSA. In Tabella 7 è riportato il confronto tra i dati utilizzati in progetto e quelli riportati nel CSA, in particolare nel Cap. 38.

Quantità relative allo strato di base con bitume tradizionale o modificato	fonte	minimo	massimo	progetto
trattenuto setaccio 3/4in = 20 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	18	36	26.0
trattenuto setaccio 3/8in = 10 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	34	52	43.9
trattenuto setaccio #4 = 5 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	47	65	56.8
passante setaccio #200 = 0.063 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	2	8	5.0
vuoti residui	Par.38.4.10	4	8	5.0
Quantità relative allo strato di collegamento con bitume tradizionale o modificato	fonte	minimo	massimo	progetto
trattenuto setaccio 3/4in = 20 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	0	14	4.3
trattenuto setaccio 3/8in = 10 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	17	35	27.2
trattenuto setaccio #4 = 5 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	33	51	43.9
passante setaccio #200 = 0.063 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	3	9	7.0
vuoti residui	Par.38.4.11	4	7	4.5
Quantità relative allo strato di usura con bitume tradizionale	fonte	minimo	massimo	progetto
trattenuto setaccio 3/4in = 20 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	0	0	0.0
trattenuto setaccio 3/8in = 10 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	11	25	19.6
trattenuto setaccio #4 = 5 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	33	47	41.7
passante setaccio #200 = 0.063 mm	Tab. N°2 par. 38.4.2	3	7	5.0
vuoti residui	Par.38.4.13	3	7	4.5

Tabella 7: Confronto dati di progetto con dati di CSA per le viabilità secondarie

3.6 AFFIDABILITÀ DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE

Il metodo empirico-razionale utilizzato per il dimensionamento della pavimentazione consente di tener conto dell'affidabilità delle soluzioni, definita come la probabilità che le prestazioni offerte dalle pavimentazioni siano superiori a quelle calcolate.

Il valore di affidabilità previsto dal Catalogo delle Pavimentazioni del CNR (BU 178/95) per le viabilità

secondarie di classe C1 ed adottato nelle verifiche effettuate, è pari al 90%, che rappresenta una condizione in cui il rischio di dover effettuare interventi di manutenzione prima di quanto desumibile dalle verifiche effettuate è limitato al solo 10%. Per le viabilità di classe C2 si assume invece un livello di affidabilità pari all'85%.

3.7 CRITERI DI VERIFICA DELLE PRESTAZIONI OFFERTE DALLE PAVIMENTAZIONI

3.7.1 INDICATORI PRESTAZIONALI

Le prestazioni delle pavimentazioni sono state valutate per mezzo dei seguenti indicatori:

- L'estensione della fessurazione in superficie dovuta a lesioni che si propagano dal basso verso l'alto (fessure di tipo "bottom-up") al termine del periodo di analisi della pavimentazione;
- La fessurazione superficiale dovuta a lesioni che si propagano dall'alto verso il basso (fessure di tipo "top-down") al termine del periodo di analisi della pavimentazione;
- Danno cumulato a fatica al termine del periodo di analisi;
- La profondità delle ormaie al termine del periodo di analisi, valutata con riferimento al valore di affidabilità assunto come riferimento per il progetto della sezione considerata;
- La regolarità longitudinale, rappresentata mediante l'indice IRI, misurato su una base di almeno 100 metri di sviluppo longitudinale, al termine del periodo di analisi con riferimento al valore di affidabilità di progetto assunto come riferimento per il progetto delle diverse sezioni stradali considerate.

3.7.2 LIMITI DI AMMISSIBILITÀ ASSUNTI NELLE VERIFICHE

In Tabella 8 sono riportati i valori limite assunti per ciascun indice prestazionale considerato nella verifica delle sovrastrutture del progetto definitivo al di sopra del quale si ritiene necessario un intervento di riqualifica delle pavimentazioni.

INDICATORE PRESTAZIONALE	UNITÀ DI MISURA	LIMITE MASSIMO	NOTE
Fessurazione "bottom up"	%	25	A
Fessurazione "top down"	m/km	200	B
Danno a fatica	-	0.5	C
Profondità di ormaie	mm	12.0	D
IRI	mm/m	2.9	E

Tabella 8 - Limiti di ammissibilità per gli indicatori prestazionali

Note:

- A. Il valore è riferito alla % di superficie di pavimentazione interessata da fessurazione. Il limite del 25% rappresenta il raggiungimento di un ammaloramento tale da provocare, in relazione al livello di affidabilità assunto nel progetto, la perdita di funzionalità per la sovrastruttura, rilevata in base al comfort di marcia.
- B. Il valore rappresenta lo sviluppo complessivo di fessure longitudinali presenti in 1 km di strada. Il valore limite di 200 m/km rappresenta il raggiungimento del livello di fessurazione superficiale che provoca, in relazione al livello di affidabilità considerato, un grave decadimento delle caratteristiche di portanza della pavimentazione nel suo complesso a causa di eccessive infiltrazioni di acqua all'interno della struttura e ad una maggiore frequenza di condizioni di carico al bordo.
- C. Il valore rappresenta il valore complessivo del danno cumulato per fenomeni di fessurazione di tipo "bottom up" calcolato secondo la legge di Miner. Il limite di Miner teorico di rottura per fatica di tipo "bottom up" è rappresentato dal valore 1.0. Nell'applicazione del criterio al dimensionamento delle pavimentazioni stradali l'esperienza evidenzia che al di sopra di valori

del rapporto di Miner di $0.1 \div 0.5$ la progressione nel tempo delle rotture per fatica della pavimentazione aumenta in modo esponenziale.

- D. Il valore limite rappresenta la massima profondità delle ormaie accettabile per cui con riferimento ad una pendenza trasversale del 2.5%, è possibile evitare ristagni di acqua in carreggiata.
- E. Il valore 2.9 rappresenta la soglia di irregolarità superficiale corrispondente al valore di PSI=2.5 previsto dal Catalogo delle Pavimentazioni del CNR al termine della vita utile di strade tipo principali e secondarie a forte traffico e secondarie ordinarie.

Gli indicatori che regolano il comportamento a fatica della pavimentazione sono la fessurazione "bottom up", la fessurazione "top down" ed il danno a fatica di tipo "bottom up" mentre gli indicatori relativi alla formazione delle ormaie e delle irregolarità longitudinali caratterizzano il comportamento delle pavimentazioni in termini deformativi.

4 VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DELLE PAVIMENTAZIONI DEL PE

Per le viabilità secondarie in oggetto è previsto un pacchetto di pavimentazione flessibile descritto in Tabella 9. Il nome del pacchetto è assegnato in modo tale da esser concorde con quello riportato negli elaborati delle sezioni tipo delle viabilità secondarie oggetto della presente relazione. (cod. RAAA1EIVOVO02GST001, RAAA1EIAPVA03GST001, RAAA1EIAPVA06GST001)

Pavimentazione "Tipo D"	Spessore	
Usura in CB con bitume tradizionale	cm	4
Strato di collegamento in CB con bitume tradizionale	cm	5
Strato di base in CB con bitume tradizionale	cm	12
Strato di sottobase in MGNL	cm	30
TOTALE	cm	51

Tabella 9 – Stratigrafia del pacchetto tipo D

In Tabella 10 sono elencate le varie viabilità secondarie con associato il loro pacchetto e il traffico di veicoli pesanti di progetto considerato nei 20 anni di periodo di analisi:

Viabilità	Codice	Pacchetto	Traffico VP in 20 anni
SP10 per Cremona	VA03	D	11.0 milioni (assimilato a SP10 per Viarolo)
Raccordo Autostazione Trecasali-Rotatoria SP10	VO02	D	5.5 milioni
Cispadana	VA06	D	1.7 milioni (assimilato a Raccordo SP10- Autostazione Trecasali)

Tabella 10 – Elenco viabilità con relativo pacchetto e traffico di VP in 20 anni

In grassetto è evidenziata la condizione peggiore di traffico per il pacchetto di pavimentazione "Tipo D" che corrisponde alle analisi effettuate.

4.1.1 RISULTATI DELLE ANALISI

Pacchetto tipo D delle viabilità di classe C1

Il pacchetto tipo D, verificato mediante il metodo M-E PDG con i dati di progetto esplicitati nel capitolo 3 hanno fornito i risultati riportati in Tabella 12 da cui si osserva che nessuno degli indicatori di fatica supera i limiti di cui al paragrafo 3.7.2:

TRAFFICO DI PE	
Traffico	5.5 milioni di VP
Affidabilità	R = 90%
INDICATORE DI PRESTAZIONE	
Fessurazione di tipo "bottom-up" (%)	1.54
Fessurazione di tipo "top-down" (m/km)	51.64
Danno per fatica (Bottom-up)	0.0124
Profondità ormaie (mm)	11.90
IRI (mm/m)	2.085

Tabella 11 - Risultati delle verifiche effettuate con il metodo M-E PDG sul pacchetto D

La Figura 4, Figura 5 e la Figura 6 mettono in evidenza come la struttura del pacchetto D della viabilità di classe C1 mantenga deformazioni al di sotto del limite, un basso stato fessurativo e di irregolarità superficiale per tutti i 20 anni di esercizio della pavimentazione.

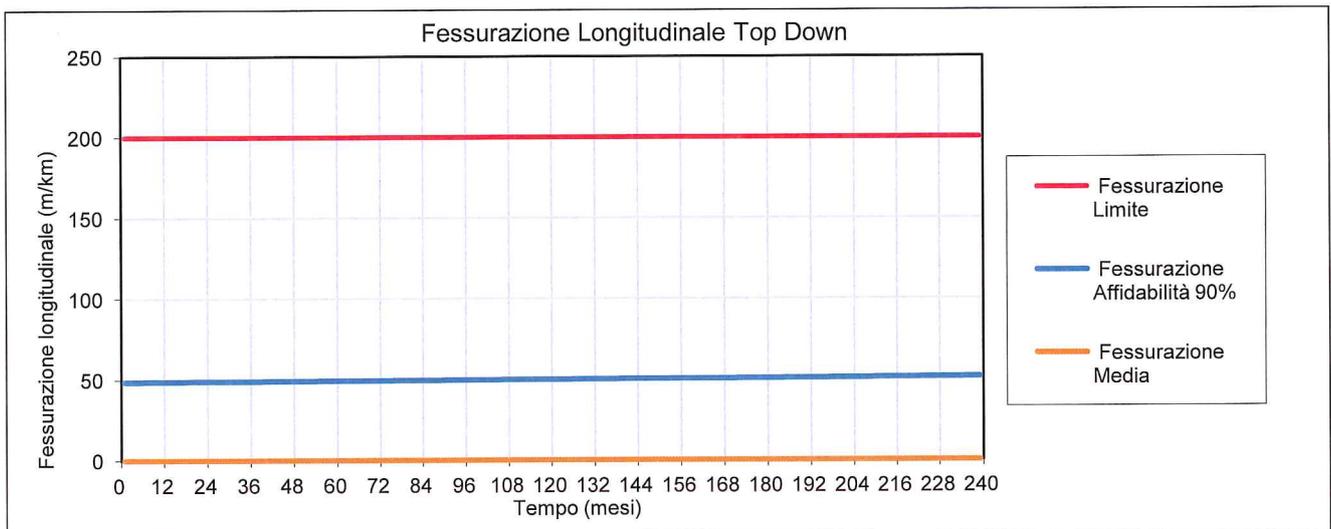


Figura 1 - Andamento della fessurazione longitudinale "top-down" nella pacchetto tipo D

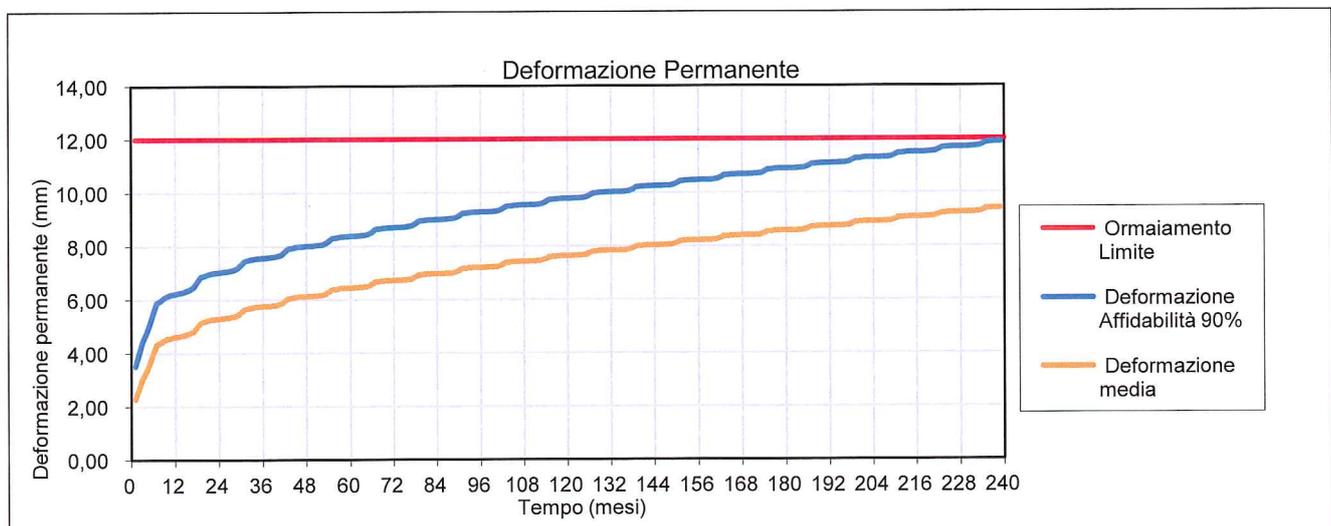


Figura 2 - Andamento della deformazione permanente nel pacchetto tipo D

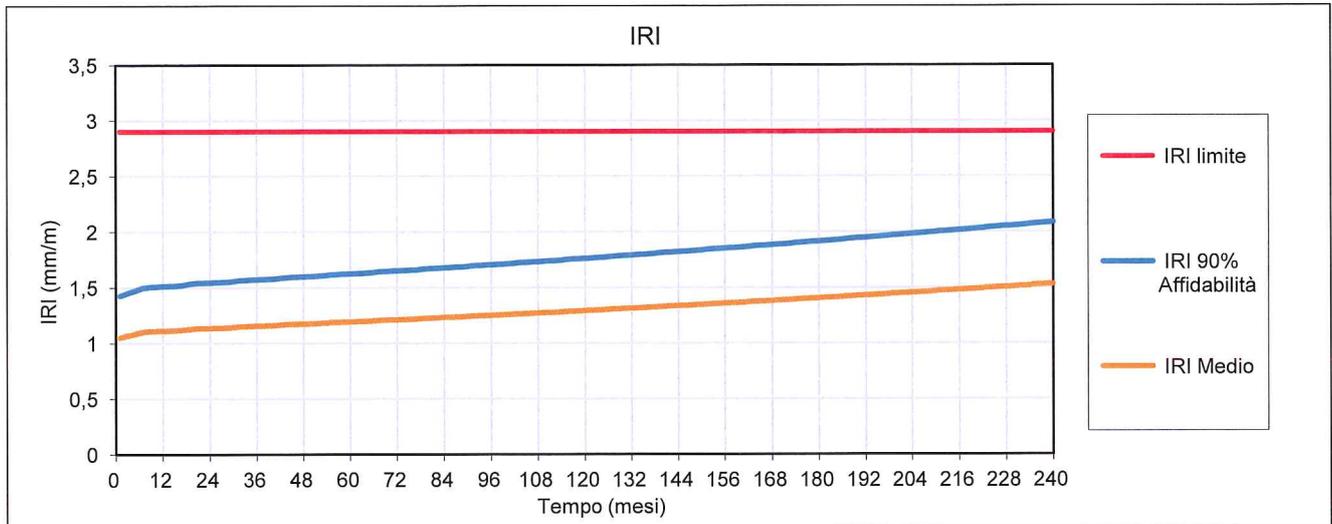


Figura 3 - Andamento della irregolarità longitudinale (indice IRI) nel pacchetto tipo D

Pacchetto tipo D delle viabilità di classe C2

Il pacchetto tipo D, verificato mediante il metodo M-E PDG con i dati di progetto esplicitati nel paragrafo hanno fornito i risultati riportati in Tabella 12 da cui si osserva che nessuno degli indicatori di fatica supera i limiti di cui al paragrafo 3.7.2:

TRAFFICO DI PE	
Traffico	11.0 milioni di VP
Affidabilità	R = 85%
INDICATORE DI PRESTAZIONE	
Fessurazione di tipo "bottom-up" (%)	1.39
Fessurazione di tipo "top-down" (m/km)	40.79
Danno per fatica (Bottom-up)	0.00731
Profondità ormaie (mm)	12.62
IRI (mm/m)	2.010

Tabella 12 - Risultati delle verifiche effettuate con il metodo M-E PDG sul pacchetto D

La Figura 4 e la Figura 6 mettono in evidenza come la struttura del pacchetto D mantenga un basso stato fessurativo e di irregolarità superficiale per tutti i 20 anni di esercizio della pavimentazione.

Dal punto di vista funzionale si ravvisa la necessità di un intervento di sostituzione del manto di usura della viabilità SP10 per Cremona (che presenta il maggior carico di traffico) verso la fine del periodo di analisi (v. Figura 5).

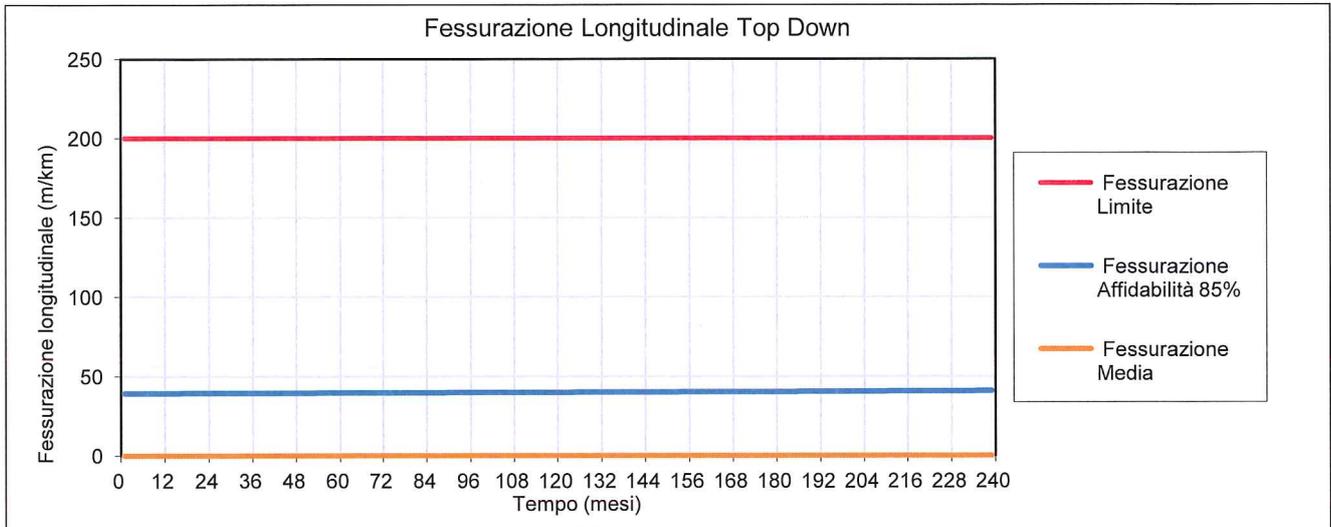


Figura 4 - Andamento della fessurazione longitudinale "top-down" nella pacchetto tipo D

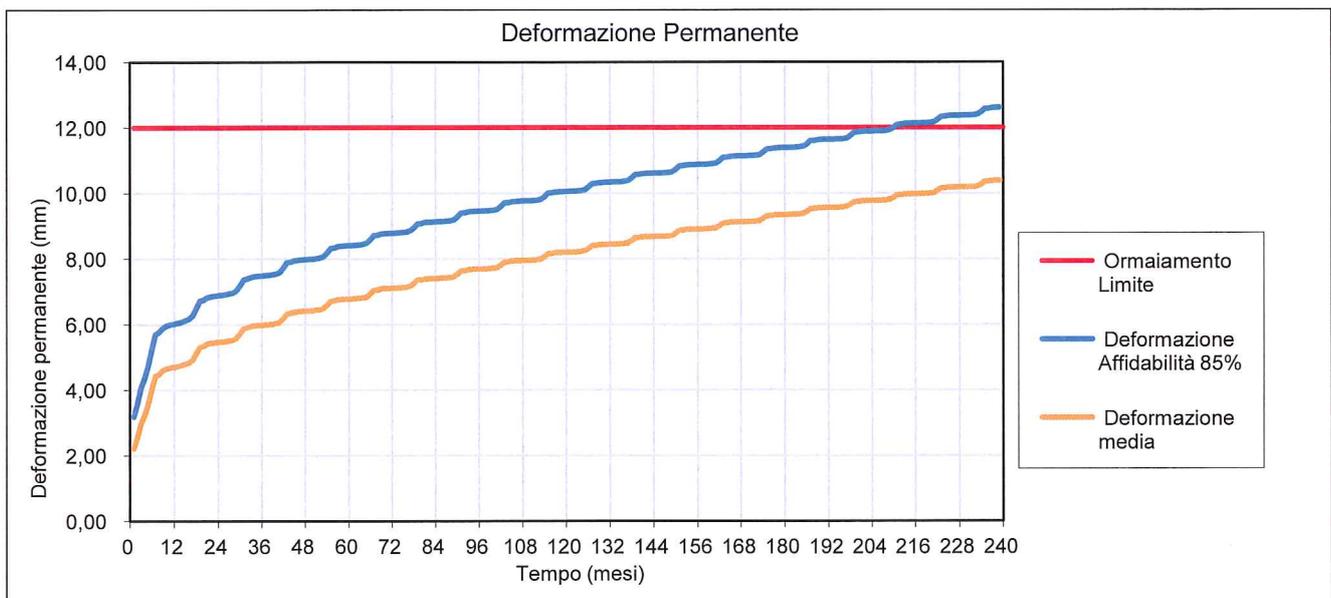


Figura 5 - Andamento della deformazione permanente nel pacchetto tipo D

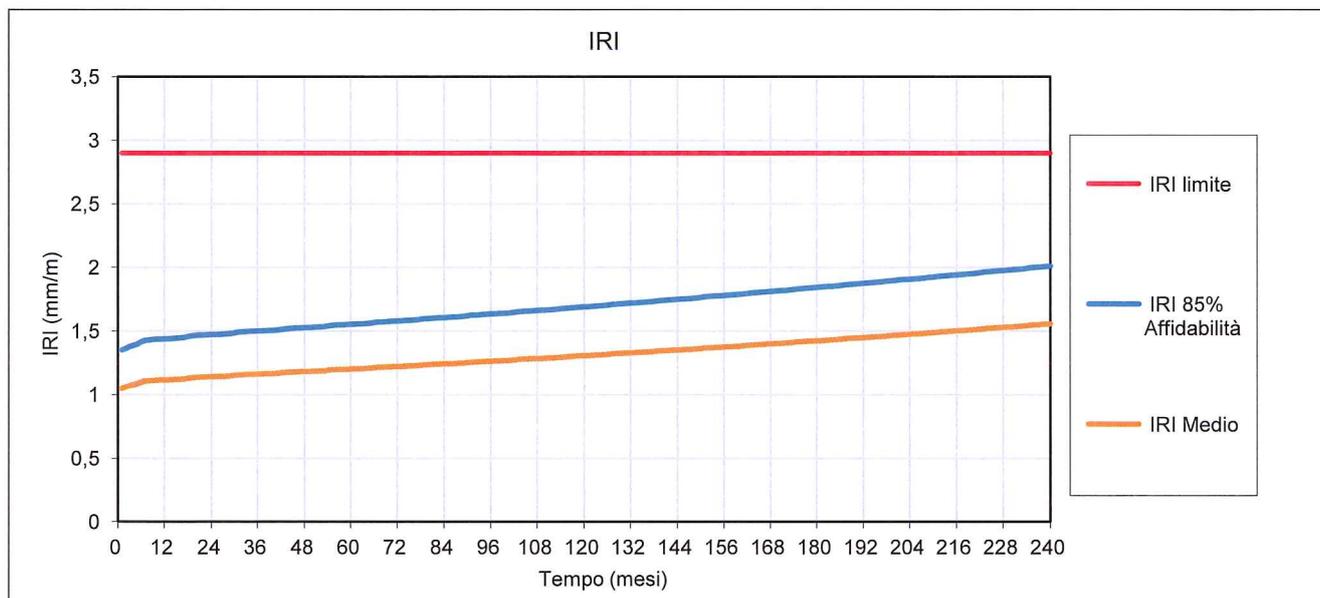


Figura 6 - Andamento della irregolarità longitudinale (indice IRI) nel pacchetto tipo D

5 CONCLUSIONI

Le viabilità secondarie di classe C1 caratterizzate da un pacchetto di pavimentazione di "Tipo D" non presentano alcun tipo di criticità per quanto concerne le deformazioni permanenti, lo stato fessurativo e la regolarità superficiale.

La pavimentazione della viabilità secondaria di classe C2 con pacchetto "Tipo D" considerando un periodo di analisi di 20 anni risulta ampiamente verificata per quanto riguarda le fessurazioni longitudinali e la regolarità superficiale.

Per quanto concerne l'ormaiamento con affidabilità al 85% si verifica un superamento del livello massimo considerato in progetto di 12 mm verso la fine del periodo di analisi. In ogni caso la sovrastruttura potrà mantenere gli standard prestazionali previsti con un solo rifacimento dell'usura al termine del periodo di analisi.