



DGR 6273/2022 - OPERE PER LA MESSA IN SICUREZZA SUL
COLATORE GANDIOLO E DELL'ATTRAVERSAMENTO SULLA SP243
IN COMUNE DI CASTELNUOVO BOCCA D'ADDA
CUP: B18H22000760002

OGGETTO:

SERVIZIO PER LA REDAZIONE
DEL PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTO ESECUTIVO



P&P Consulting Engineers Studio Associato
Via Pastrengo, 9 - 24068 - Seriate (BG)
+39 035 3235700 - fax +39 035 3235750
E-mail: info@pepconsultingengineers.it

Timbro:



Livello di Progetto:

PFTE ☐
Esecutivo ☒

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO
PACCHETTO STRADALE

Autor:

MM

Codice:

140_21_SC

Scala:

REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:
00	31/05/2024	Prima emissione

Tavola:

A.12

Data:

Maggio 2024

INDICE

1. PREMESSE	3
2. SOLUZIONI PROGETTUALI.....	4
3. STRUCTURAL NUMBER (SN).....	7
4. ASSI DI CARICO PREVISTI “N_{8,2} TON”	8
5. ASSI DI CARICO SOPPORTABILI “W_{8,2} TON”	10
6. VERIFICA STRUTTURALE	13

1. PREMESSE

Il presente documento riporta le verifiche delle tipologie di sovrastruttura che costituisce la pavimentazione delle rampe di raccordo al nuovo ponte sulla SP243 in Comune di Castelnuovo Bocca d'Adda (LO). Dalle verifiche di seguito eseguite, è esclusa la pavimentazione stradale presente sul manufatto in quanto, data la natura dell'opera, non si prevedono fenomeni di ammaloramento dovuti a cedimenti del sottofondo.

La presente relazione tecnica evidenzia i passi concettuali e progettuali per la verifica del pacchetto di progetto della pavimentazione flessibile a seguito degli interventi di nuova pavimentazione. Tale relazione di calcolo non prende in considerazione i tratti di strada nei quali, pur rientrando nell'ambito del presente appalto, si interviene solamente sui manti di usura.

Con il termine "pavimentazione" si intende la porzione di sede stradale che garantisce la transitabilità del traffico di progetto nel rispetto delle condizioni di sicurezza e comfort. Dal punto di vista tecnico, è indicata anche con il termine di "sovrastruttura", poiché si tratta effettivamente di una vera e propria struttura soggetta a carichi di vario tipo e sollecitazioni piuttosto complesse. L'elaborato tratta il dimensionamento delle pavimentazioni ottenuto tramite procedura empirica dell'AASHTO.

Le pavimentazioni flessibili sono costituite da tre strati sovrapposti di aggregati lapidei legati a bitume (usura, binder, base) e da uno strato di materiale sciolto o semi-sciolto poggiante sul terreno di posa (fondazione). L'organizzazione a strati di queste pavimentazioni assicura la distribuzione dei carichi fino al terreno sottostante e fa sì che la sovrastruttura, anziché assorbire gli sforzi mediante resistenze flessionali, reagisca con la sua adattabilità deformativa alle azioni trasmesse dai carichi veicolari e alle reazioni del terreno sottostante.

Le pavimentazioni semirigide differiscono da quelle flessibili per l'interposizione di uno strato di materiale granulare con cemento (misto cementato) tra lo strato di base bitumato e la fondazione.

Gli strati superficiali sono direttamente esposti alle azioni del traffico e degli agenti atmosferici, mentre la struttura portante ha la funzione di mantenere inalterata la configurazione del soprastante manto, supportando e distribuendo sul sottofondo le sollecitazioni dovute al traffico. Lo strato superficiale è quello che costituisce il piano viabile destinato a far fronte alle azioni verticali e tangenziali indotte dai veicoli e a trasmetterle con intensità attenuata agli strati sottostanti.

Ai fini della verifica della soluzione progettuale si è fatto ricorso all'algoritmo empirico della AASHTO. Tale metodo permette di calcolare il numero di passaggi di assi standard del peso di 8,2 ton che la pavimentazione può supportare prima di raggiungere un grado di ammaloramento ritenuto non più accettabile. Il numero ricavato è stato poi confrontato con il numero di passaggi di assi standard al termine della "vita utile" calcolato attraverso lo spettro di traffico messo a disposizione dal "Catalogo delle pavimentazioni stradali", redatto dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.

2. SOLUZIONI PROGETTUALI

La stratigrafia della pavimentazione stradale oggetto di verifica è stata concordata con la Provincia di Lodi, che prenderà in gestione l'opera, ed è così costituita:

- strato di usura con spessore di 4 cm;
- strato collegamento con spessore di 6,0 cm;
- tout venant bitumato con spessore di 10,0 cm;
- fondazione stradale in stabilizzato cementato con spessore di 20 cm;
- rilevato con misto riciclato di spessore variabile.

Nelle verifiche strutturali non è stato considerato il contributo positivo sulla vita utile dell'opera della membrana antipumping, posta sia interfaccia del ponte sia in prossimità dei raccordi con la strada esistente. È stato altresì trascurato il rilevato stradale realizzato con misto riciclato.

L'obiettivo che ci si prefigge nella progettazione della sovrastruttura è di assicurare attraverso normali operazioni di manutenzione un livello minimo di funzionalità, per un prefissato periodo di tempo; poiché:

- le caratteristiche dei materiali utilizzati non si mantengono costanti nel tempo,
- i carichi sono dispersi per posizione ed entità,
- il fenomeno stesso della rottura per fatica risulta essere un fenomeno aleatorio;

L'obiettivo deve essere definito in termini probabilistici. Il dimensionamento di una sovrastruttura stradale dipende dalla composizione e dall'entità del traffico, valutato tra l'entrata in esercizio e il termine del periodo di progetto dell'infrastruttura. Il Periodo di riferimento per il progetto della pavimentazione, entro il quale deve mantenere adeguati livelli di prestazione senza interventi programmati di manutenzione, è pari a 20 anni. Il PSI (Present Serviceability Index) rappresenta una misura del grado di ammaloramento della sovrastruttura, in termini di sicurezza e comfort. Il livello di funzionalità finale PSI_f (finale), ritenuto generalmente accettabile per la pavimentazione semirigida prima che si rendano necessari radicali interventi sulla pavimentazione, è 2.5 Utilizzando un metodo sperimentale, occorre eseguire alcune considerazioni di carattere probabilistico, introducendo una variabile come l'Affidabilità (%), la quale rappresenta la probabilità che il numero di passaggi di assi singoli equivalenti che la pavimentazione possa sopportare, prima di raggiungere un prefissato grado di ammaloramento finale, sia maggiore o uguale al numero di passaggi che realmente si verificano sulla corsia più carica durante il periodo di progetto. L'Affidabilità comprende sia l'errore che si può commettere sulla valutazione del traffico sia la variabilità delle prestazioni della pavimentazione. Per il calcolo del traffico medio giornaliero si è fatto riferimento al Verbale di Deliberazione della Giunta Provinciale REGGP/136/2002 del 13/07/2005, con il quale veniva approvata la Nuova classificazione funzionale delle strade provinciali della provincia di Lodi ed i valori di traffico giornaliero medio.

Dall'Allegato 5 si ricava che il TGM per la SP243, oggetto di intervento, è pari a 300 veicoli/giorno e ricade in categoria F – strade locali.

DENOMINAZIONE STRADE PROVINCIALI	TGM al 3/12/94	TGM al 3/12/04	Classificazione S.P. dichiarazione di corrispondenza ai sensi del D.L.vo n. 285/92	Conversione rispetto al Nuovo Codice della Strada
SP 206 Livraga-Senna	2216	2614	C	C
SP 213 S.Giacomo-Rovedara	1196	1411	C	C
SP 218 Casalmaiocco- Villavesco	428	512	F	F
SP 219 Casalmaiocco-Vizzolo	7405	8737	F	C
SP 222 Casalp-Turano	800	944	F	C
SP 223 Somaglia- Guardamiglio	590	696	F	C
SP 237 Turano- Cavenago	768	906	F	F
SP 243 Castelnuovo- Maccastorna	255	300	F	F
SP 244 S.Fiorano-Emilia + Dir.	957	1129	F	F
SPexSS472 – Bergamina	5418	7197	C	C
SPexSS415 – Paullese	26600	33757	C	C
SP ex SS412 - della Val Tidone	20234	23876	C	C
SP ex SS235 - di Orzinuovi	8362- 10774	19492	C	C

Verbale di Deliberazione della Giunta Provinciale REGGP/136/2002 del 13/07/2005 - estratto
allegato 5 – Classificazione funzionale delle strade

Pertanto, considerando la tabella A dell'Allegato 1 e la tabella A dell'Allegato 6, la SP243 ricade nella categoria stradale 1, con traffico medio giornaliero minore di 1000 veicoli/giorno.

**TABELLA A (ALLEGATO 1)
CATEGORIA STRADE PROVINCIALI**

Traffico giornaliero medio	Categoria strada
0 - 1000	1^ categoria
1000 – 3000	2^ categoria
3000 – 7500	3^ categoria
7500 – 15000	4^ categoria
Oltre 15000	5^ categoria

Verbale di Deliberazione della Giunta Provinciale REGGP/136/2002 del 13/07/2005
allegato 1 Classificazione funzionale delle strade

S.P.	DENOMINAZIONE	TRATTA	CAT. aggiornata
206	Livraga - Senna Lod.		2
213	S.Giacomo - Rovedara		2
218	Casalmaiocco - Villavesco		1
219	Casalmaiocco - conf. Vizzolo Pred.		4
222	Casalpusterlengo - Turano		1
223	Somaglia - Guardamiglio		1
237	Turano - Cavenago		1
243	Castelnuovo - Maccastorna		1
244	S.Fiorano - Via Emilia e dir.		2
Ex SS234	CODOGNESE	Casalpusterlengo – Casello autostradale A1	5
Ex SS234	CODOGNESE	Casalpusterlengo – Codogno Casello A1 – Orio Litta	4
Ex SS235	di ORZINUOVI	da rotatoria A/1 a rotatoria SS. 9	5
Ex SS235	di ORZINUOVI		5

**Verbale di Deliberazione della Giunta Provinciale REGGP/136/2002 del 13/07/2005 - estratto
allegato 6 – Aggiornamento in base al TGM del 3 dicembre 2004**

Su indicazione della Pubblica Amministrazione, in considerazione di possibili future modifiche alla viabilità locale, in sede verifica della stratigrafia della pavimentazione stradale si è ipotizzato un TGM pari a 7500 veicoli/giorno, corrispondente al massimo flusso di veicoli per una strada di III categoria.

In quest'ottica di massimizzare il traffico giornaliero stimato, l'incremento del traffico annuo non è stato considerato.

Per il calcolo dell'incidenza del traffico pesante, si è fatto riferimento alla vicina SP196, analoga, secondo la Pubblica Amministrazione, per caratteristiche di traffico a quella in previsione. Per tale strada, secondo il PGT del Comune di Cornegliano – DdP 1.7 allegato dello studio del traffico, è prevista una percentuale di transito di veicoli pesanti pari a circa il 20%.

I valori assunti nella verifica della stratigrafia del pacchetto stradale dipendono pertanto dal tipo di strada e dalla sua ubicazione. Tenuto conto di quanto sopra riportato, in relazione alla strada in esame risulta si adottano i seguenti parametri di calcolo:

Affidabilità	90%
Deviazione Standard	0.45
Tipo di Strada	Extraurbana secondaria
Traffico giornaliero medio (TGM)	7500
Incremento del traffico annuo	/
Percentuale veicoli commerciali	20%
Dispersione delle traiettorie	90%
Vita utile	20 anni

3. STRUCTURAL NUMBER (SN)

Si introduce ora il parametro Structural Number, SN, che rappresenta la capacità portante della sovrastruttura stradale. L'AASHTO fornisce una relazione che tiene conto delle caratteristiche strutturali dei diversi strati, consentendo di ripartire tra di essi la capacità portante complessiva.

$$SN = a_1 h_1 + a_2 m_2 h_2 + a_3 m_3 h_3$$

Dove:

- h_i = spessore dello strato i-esimo (valori incogniti da determinare);
- a_i = coefficienti strutturali che indicano l'aliquota di resistenza fornita dal materiale costituente lo strato;
- m_i = coefficiente che tiene conto delle condizioni del drenaggio.

Il termine:

- $a_1 h_1$ rappresenta la capacità portante fornita dagli strati superficiali → usura + binder,
- $a_2 h_2 m_2$ rappresenta la capacità portante dello strato di base,
- $a_3 h_3 m_3$ rappresenta la capacità portante della fondazione.

Pertanto, per le due soluzioni progettuali proposte si ha che:

STRATO	TIPO MATERIALE	METODO DI CALCOLO	SPESSORE DELLO STRATO [cm]	COEFFICIENTE STRUTTURALE
USURA	Conglomerato bituminoso	Stabilita' Marshall	4	$a_1 = 0.430$
BINDER	Conglomerato bituminoso	Stabilita' Marshall	6	$a_1 = 0.400$
BASE	Conglomerato bituminoso	Stabilita' Marshall	<u>10</u>	$a_2 = 0.300$
FONDAZIONE	Misto granulare	Stima del modulo resiliente	20	$a_3 = 0.150$

$$SN = a_1 h_1 + a_2 m_2 h_2 + a_3 m_3 h_3 = 10,06 \text{ cm} = 3,96 \text{ inc}$$

I coefficienti di drenaggio tengono conto dell'effetto dell'acqua sulle proprietà dei materiali e quindi sulla capacità portante della pavimentazione, sono funzione della qualità del drenaggio dei materiali e della percentuale di tempo in cui la pavimentazione è esposta ad un grado d'umidità prossimo alla saturazione.

4. ASSI DI CARICO PREVISTI “N_{8,2} TON”

Nell'analisi del traffico devono tenersi in considerazione solo i veicoli pesanti, ossia quei veicoli che scaricano per asse più di 3 tonnellate, ciò significa supporre che i veicoli leggeri al loro passaggio non arrechino alcun danno alla sovrastruttura.

La classificazione dei veicoli è in genere effettuata in funzione del numero di assi e del peso per asse. La procedura di classificazione più utilizzata è standardizzata dalla norma ASTM E1572-93 per la classificazione dei veicoli partendo dal numero e dalla interdistanza degli assi. Riferendosi ai veicoli commerciali (massa complessiva, corrispondente al peso totale a terra, maggiore o uguale a 3 ton) il catalogo italiano delle pavimentazioni stradali adotta la seguente classificazione:

Tipo di veicolo	N° Assi	Distribuzione dei carichi per asse in KN	
1) autocarri leggeri	2	↓10	↓20
2) " "	"	↓15	↓30
3) autocarri medi e pesanti	"	↓40	↓80
4) " " "	"	↓50	↓110
5) autocarri pesanti	3	↓40	↓80 ↓80
6) " "	"	↓60	↓100 ↓100
7) autotreni e autoarticolati	4	↓40	↓90 ↓80 ↓80
8) " " "	"	↓60	↓100 ↓100 ↓100
9) " " "	5	↓40 ↓80 ↓80	↓80 ↓80
10) " " "	"	↓60 ↓90 ↓90	↓100 ↓100
11) " " "	"	↓40 ↓100	↓80 ↓80 ↓80
12) " " "	"	↓60 ↓110	↓90 ↓90 ↓90
13) mezzi d'opera	"	↓50 ↓120	↓130 ↓130 ↓130
14) autobus	2	↓40	↓80
15) " "	2	↓60	↓100
16) " "	2	↓50	↓80

associando ad essa opportuni spettri di traffico per tipologia di strada, per questo progetto è stata scelta la seguente tipologia di strada: Strada extraurbana secondaria e locale

TIPO DI STRADA	TIPO DI VEICOLO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Autostrada extraurbana	12,2	0	24,4	14,6	2,4	12,2	2,4	4,9	2,4	4,9	2,4	4,9	0,1	0	0	12,2
Autostrada urbana	18,2	18,2	16,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	18,2	27,3	0
Strada extraurb. Princ. e second. a forte traffico	0	13,1	39,5	10,5	7,9	2,6	2,6	2,5	2,6	2,5	2,6	2,6	0,5	0	0	10,5
Strada extraurbana secondaria ordinaria	0	0	58,8	29,4	0	5,9	0	2,8	0	0	0	0	0,2	0	0	2,9
Strada extraurbana secondaria-turistica	24,5	0	40,8	16,3	0	4,15	0	2	0	0	0	0	0,05	0	0	12,2
Strada urbana di scorrimento	18,2	18,2	16,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	18,2	27,3	0
Strade urbane di quartiere e locali	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0
Corsie preferenziali	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	53	0

Il traffico è stato convertito in un numero di passaggi di assi standard equivalenti impiegando il criterio suggerito dall'AASHTO.

$$n_{vca} = TGM_{tot} * p_c * p_{sm} * p_{corsia} * d_t * 365$$

Dove:

- TGM_{tot} = Traffico Giornaliero Medio [veicoli/giorno]
- p_c = 20% percentuale di veicoli commerciali;
- p_{sm} = 50% percentuale di traffico nel senso di marcia
- p_{corsia} = 1 percentuale dei veicoli commerciali transitanti sulla corsia di calcolo;
- d_t = 90% dispersione delle traiettorie.

$$n_{vca} = TGM_{tot} * p_c * p_{sm} * p_{corsia} * d_t * 365 = 4.927.500 \text{ veicoli}$$

L'incidenza del traffico viene considerata mediante una semplificata ed ampiamente accettata procedura basata sull'utilizzo di fattori di equivalenza che permettono di convertire ogni gruppo di carico in un singolo asse equivalente. La metodologia degli assi equivalenti (ESAL) permette di ricondurre le diverse tipologie di assi reali transitanti sulla strada ad un asse di riferimento da 80 KN (8,2 t); conseguentemente all'utilizzo di opportuni coefficienti di equivalenza, è possibile valutare il danno a fatica prodotto dal numero di passaggi dei carichi reali.

Il coefficiente di equivalenza C_{SN} tra il generico asse reale e l'asse standard, val per il caso in esame

$$C_{SN} = 1,965$$

Pertanto, il numero di assi equivalenti risulta essere pari a:

$$N_{8,2 \text{ ton}} = n_{vca} * C_{sn} = 4.927.500 * 1,965 = 9.683.956 \text{ passaggi di assi equivalenti}$$

5. ASSI DI CARICO SOPPORTABILI “W_{8,2} TON”

Il sottofondo è quella parte di terreno posto al di sotto della fondazione della sovrastruttura, il cui stato tensionale può ancora essere causa di cedimenti. Il parametro che caratterizza il sottofondo è la portanza, o capacità portante, ossia il carico massimo sopportabile, in determinate condizioni, che realizza un prestabilito cedimento. Il piano di posa della sovrastruttura stradale, sia nei tratti in trincea che in quelli in rilevato, dovrà garantire un valore minimo della portanza del sottofondo, individuato attraverso il California Bearing Ratio (C.B.R.).

In considerazione della stratigrafia del terreno riportata in relazione geologica, per la determinazione dell'indice C.B.R. teorico si è fatto riferimento alla classificazione dei terreni di Casagrande, di cui si riporta la seguente tabella.

tipo di terra	sigla	NOME	Comportamento come fondazione	Comportamento come strato di base	Azione del gelo	Compressibilità ed espansione	Caratteristiche del drenaggio	Macchine per il costipamento	Peso per unità di volume (γ / m^3)	C B R	K (MPa/m)
terreno a grana grossa (terreni ghiaioso-sabbiosi) CBR	ghiaia o terreno ghiaioso	GV Ghiaia o ghiaia sabbiosa ben graduata	eccellente	buono	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo statico Rullo gommato trattore cingolato	20.000 - 22.500	60 - 80	≥ 80
		GP Ghiaia o ghiaia sabbiosa poco graduata	da eccellente a buono	da scadente a discreto	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo statico Rullo gommato trattore cingolato	19.000 - 21.000	35 - 60	≥ 80
		GU Ghiaia o ghiaia sabbiosa uniforme	buono	scadente	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo gommato trattore cingolato	18.500 - 20.000	25 - 60	≥ 80
		GN Ghiaia limosa o ghiaia sabbia limosa	da eccellente a buono	da discreto a buono	da lieve a media	molto lieve	da discreto a scadente	Rullo gommato Rullo costip. a piede di montone	21.000 - 23.000	10 - 60	≥ 80
		GC Ghiaia argillosa o ghiaia sabbia argillosa	buono	scadente	da lieve a media	lieve	da scadente a praticamente impermeabile	Rullo gommato Rullo costip. a piede di montone	19.000 - 22.500	20 - 40	≥ 80
	sabbia o terreno sabbioso	SV Sabbia o sabbia ghiaiosa ben graduata	buono	scadente	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo gommato trattore cingolato	17.500 - 21.000	20 - 40	60 - 80
		SP Sabbia o sabbia ghiaiosa poco graduata	da discreto a buono	scadente o inadatto	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo gommato trattore cingolato	17.000 - 19.000	15 - 25	60 - 80
		SY Sabbia o sabbia ghiaiosa uniforme	da discreto a buono	non adatto	nessuna o lieve	pressocche' nulla	eccellente	Rullo gommato trattore cingolato	16.000 - 18.500	10 - 20	60 - 80
		SH Sabbia limosa o sabbia limo-ghiaiosa	buono	scadente	da lieve a bassa	molto lieve	da discreta a scadente	Rullo gommato Rullo costip. a piede di montone	19.000 - 21.500	20 - 40	60 - 80
		SC Sabbia argillosa o sabbia argillosa-ghiaiosa	da discreto a buono	non adatto	da lieve a bassa	da lieve a media	da scadente a praticamente impermeabile	Rullo gommato Rullo costip. a piede di montone	17.000 - 21.000	10 - 20	60 - 80

Classificazione di Casagrande

Le caratteristiche del sottofondo vengono considerate nella formula di dimensionamento proposto da AASHTO attraverso il modulo resistente M_R .

L'indice C.B.R. teorico è stato assunto pari a $C.B.R._{teo} = 15\%$, che può essere considerato un valore medio cautelativo per i sottofondi delle pavimentazioni in esame. In linea generale, è possibile tenere conto della variabilità della capacità portante del sottofondo (al variare del suo contenuto di acqua), utilizzando il modulo resiliente effettivo M_R definito come quel valore di modulo resiliente del sottofondo che si mantiene costante durante tutto l'anno solare, per il quale si avrebbe nella pavimentazione una variazione della funzionalità (ΔPSI) uguale a quella che si produce in presenza di diversi valori assunti dal modulo resiliente nelle varie condizioni climatiche che si hanno nell'arco dell'anno.

La portanza va valutata per ogni periodo in cui essa si può supporre costante. In generale si possono definire 4 periodi, corrispondenti alle stagioni, ciascuno caratterizzato da un Proprio M_{Rj} .

Si suppone che il $C.B.R._{teo}$ si ottenga in condizioni di umidità tipiche d'estate, mentre per le altre stagioni si prevede il seguente decremento percentuale:

- $C.B.R._{primavera} = 70\% C.B.R._{teo}$
- $C.B.R._{estate} = 100\% C.B.R._{teo}$
- $C.B.R._{autunno} = 75\% C.B.R._{teo}$
- $C.B.R._{inverno} = 50\% C.B.R._{teo}$

In mancanza di misure dirette il modulo resiliente può essere calcolato mediante la seguente correlazione:

$$M_{Rj} = 10 * C.B.R._j [\%]$$

Si procede quindi al calcolo del modulo resiliente effettivo $M_{R,eff}$, valutando il “danno” apportato in ciascun periodo stagionale al modulo resiliente.

$$U_j = 10^{-(2.32 * \log(M_{Rj}) - 3.056)}$$

Noti i valori di U_j , si calcola il “danno medio” al modulo resiliente nel corso della stagionalità.

$$U_{medio} = \frac{\sum_{j=1}^n U_j}{n}$$

Il modulo resiliente effettivo sarà fornito infine dalla relazione:

$$M_{R,eff} = \left(\frac{10^{3.056}}{U_{medio}} \right)^{\frac{1}{2.32}}$$

La pavimentazione progettata è tenuta ad assolvere le seguenti funzioni:

- Ripartire sul sottofondo le azioni dei veicoli in modo che siano compatibili con le caratteristiche di portanza,
- Mantenimento della regolarità e dell'aderenza del piano viabile affinché il moto avvenga in condizioni di comfort e sicurezza
- Protezione degli strati sottostanti dall'azione degli agenti atmosferici

Si procede quindi al calcolo del traffico sopportabile W_{8,2} ton mediante l'applicazione della formula seguente proposta dalla AASHTO:

$$\log W_{8,2} = Z_R * S_0 + 9,36 * \log \left(\frac{SN}{2,54} + 1 \right) - 0,20 + \frac{\log \frac{PSI_i - PSI_f}{4,2 - 1,5}}{0,40 + \frac{1094}{\left(\frac{SN}{2,54} + 1 \right)^{5,19}}} + 2,32 * \log M_R - 3.056$$

Dove i coefficienti Z_R, S₀ ed M_R assumono i seguenti valori:

- Z_R è la variabile standardizzata legata all'affidabilità R che nel caso in oggetto, ovvero con un'affidabilità pari al 90%, vale:

$$Z_R = -1,282$$

- S₀ è la deviazione standard costante per le pavimentazioni flessibile e vale:

$$S_0 = 0,45$$

- M_R è il modulo resiliente del sottofondo calcolato in precedenza e vale 100,07 Mpa.

Pertanto, il traffico sopportabile equivalente è pari a:

$$W_{8,2} = 10.412.550 \text{ passaggi di assi equivalenti}$$

6. VERIFICA STRUTTURALE

La verifica strutturale è stata condotta mediante confronto tra il numero di assi di carico previsti sulla pavimentazione in un arco di vita utile di 20 anni ($N_{8,2}$), come calcolati al precedente Capitolo 4, e il numero di assi di carico che la pavimentazione può sopportare prima di raggiungere un grado di ammaloramento ritenuto non più accettabile ($W_{8,2}$), come calcolati al precedente Capitolo 5.

In particolare, deve essere rispettata la seguente disequazione:

$$\text{Assi di carico sopportabili } (W_{8,2}) > \text{Assi di carico previsti } (N_{8,2})$$

Orbene, i risultati di tale verifica sono sintetizzati nella successiva tabella, dalla quale si evince che la soluzione progettuale garantisce un numero di assi di carico sopportabile maggiore del numero di assi previsti nel corso della vita utile della pavimentazione (20 anni).

STRATIGRAFIA	ASSI DI CARICO SOPPORTABILI ($W_{8,2}$)	ASSI DI CARICO PREVISTI ($N_{8,2}$) (situazione più sfavorevole)	ESITO VERIFICA
Usura da 4 cm Binder da 6,0 cm Base da 10,0 cm Stabilizzato cementato da 20 cm	10.412.550	9.683.956	OK

Si sottolinea comunque come il pacchetto stratigrafico adottato offra ulteriori ampie garanzie di durata in termini di vita utile, poiché:

- nei calcoli di verifica strutturale non è stato considerato il contributo positivo della presenza della geogriglia di rinforzo e anti-risalita delle fessure al lembo inferiore dello strato di binder, a favore di sicurezza;
- nell'arco della vita utile della pavimentazione (20 anni) è ragionevole prevedere il rifacimento del tappeto d'usura (almeno una volta nei 20 anni) per il normale decadimento delle prestazioni funzionali (per riduzione della tessitura superficiale), ciò comporta un ulteriore incremento della vita utile, anche questo non tenuto in considerazione nei calcoli di verifica, sempre a favore di sicurezza.