

S.S. 38 - LOTTO 4: VARIANTE DI TIRANO DALLO SVINCOLO DI STAZZONA (COMPRESO) ALLO SVINCOLO DI LORETO (CON COLLEGAMENTO ALLA DOGANA DI POSCHIAVO)

S.S. 38 - LOTTO 4: NODO DI TIRANO -
TRATTA "A" (SVINCOLO DI BIANZONE - SVINCOLO LA GANDA)
E TRATTA "B" (SVINCOLO LA GANDA - CAMPONE IN TIRANO)

PROGETTO ESECUTIVO

 Ing. Renato Vaira (Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)	 Ing. Valerio Bajetti Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211	ING. RENATO DEL PRETE Ing. Renato Del Prete Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073	 Arch. Nicoletta Frattini Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433	 Ing. Gabriele Incecchi Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102
	 Società designata: GA&M	 Prof. Ing. Luigi Monterisi Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771	 Ing. Gioacchino Angarano Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970	DOTT. GEOL. DANILO GALLO Dott. Geol. Danilo Gallo Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Dott. Ing. Giancarlo LUONGO	RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Valerio BAJETTI	GEOLOGO  Dott. Geol. Francesco AMANTIA SCUDERI	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE  Ing. Gaetano RANIERI
--	--	--	---

<h1>D002</h1>	<h2>D - PROGETTO STRADALE</h2> <h3>RELAZIONE DI CALCOLO PAVIMENTAZIONE STRADALE</h3>
---------------	--

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. M I 3 2 4 E 1 8 0 1	NOME FILE D002 -P00PS00TRARE03_B.dwg	REVISIONE B	SCALA: -
CODICE ELAB. P 0 0 P S 0 0 T R A R E 0 3			

C					
B	EMISSIONE A SEGUITO DI ISTRUTTORIA ANAS	FEBBRAIO 2020	ING. NICOLA MANGIALARDI	ING. GAETANO RANIERI	ING. VALERIO BAJETTI
A	EMISSIONE	FEBBRAIO 2019	ING. NICOLA MANGIALARDI	ING. FABRIZIO BAJETTI	ING. VALERIO BAJETTI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSE	2
2	LA METODOLOGIA AASHTO	2
2.1	Il Numero di Struttura SN	3
2.2	L’Affidabilità	6
2.3	ANALISI DEL TRAFFICO	7
2.4	PORTANZA DEL SOTTOFONDO	10
3	VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE DELL’ASTA PRINCIPALE	11
4	VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE DELLA VIABILITÀ SECONDARIA	13

1 PREMESSE

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo delle pavimentazioni previste sull'asta principale e sulla viabilità secondaria nell'ambito del progetto esecutivo della variante della SS38. Nel progetto esecutivo sono state confermate le sovrastrutture stradali previste nel progetto definitivo:

- sulla piattaforma dell'asta principale di categoria C1, le rotatorie e i relativi rami è stata prevista una pavimentazione semirigida così composta:

○ Strato di usura in conglomerato bituminoso (CB)	5 cm
○ Strato di collegamento in conglomerato bituminoso (CB)	6 cm
○ Strato di base in conglomerato bituminoso (CB)	12 cm
○ Strato di sottobase in misto cementato (MC)	20 cm
○ Strato di fondazione in misto granulare (MG)	<u>20 cm</u>
○ Totale	63 cm

- per le strade di categoria F urbane ed extraurbane è stata prevista una pavimentazione flessibile composta da:

○ Strato di usura in conglomerato bituminoso (CB)	4 cm
○ Strato di collegamento in conglomerato bituminoso (CB)	6 cm
○ Strato di base in conglomerato bituminoso (CB)	10 cm
○ Strato di fondazione in misto granulare (MG)	<u>15 cm</u>
○ Totale	35 cm

La metodologia di calcolo adottata per il progetto/verifica di tali sovrastrutture è quella AASHTO, i cui principali contenuti sono richiamati nelle pagine che seguono.

2 LA METODOLOGIA AASHTO

La metodologia di dimensionamento proposta dall' *AASHTO* si basa sulla quantificazione della capacità strutturale di una pavimentazione attraverso il Numero di Struttura *SN* (*Structural Number*), che rappresenta un coefficiente di equivalenza tra gli strati componenti della pavimentazione atto a confrontare, dal punto di vista strutturale, pavimentazioni di diverso spessore e natura, a parità di portanza di sottofondo.

Il metodo di dimensionamento (*AASHTO Guide Design of Pavement Structures*) si fonda sul contributo di 4 fattori che considerano i seguenti aspetti:

traffico di progetto;

grado di affidabilità del procedimento di dimensionamento;

decadimento limite ammissibile della sovrastruttura;

caratteristiche degli strati che compongono la sovrastruttura (Numero di struttura SN);

portanza del sottofondo.

L'espressione analitica assunta nell'*AASHTO Guide* come relazione fondamentale di dimensionamento è la seguente

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07 \quad (1)$$

dove:

- il primo addendo $Z_R S_0$ rappresenta il grado di affidabilità accettato nel dimensionamento;
- il secondo addendo rappresenta le caratteristiche strutturali della pavimentazione di progetto;
- il terzo addendo rappresenta il decadimento limite ammissibile per la pavimentazione in progetto in relazione alle sue caratteristiche strutturali;
- il quarto addendo rappresenta la "bontà" del sottofondo su cui va a posare la pavimentazione;
- W_{18} è il carico massimo ammissibile della pavimentazione, espresso come assi equivalenti da 80 kN, che, per la verifica della pavimentazione, deve risultare maggiore del volume di traffico equivalente W_T ottenuto dal probabile traffico equivalente transigente sulla stessa durante la sua prestabilita vita utile.

SN è il numero di struttura ovvero il coefficiente di strato;

Come si nota dalle formule, per esplicitare il numero di assi equivalenti che transitano durante la vita utile di una sovrastruttura stradale, è necessario calcolare il numero di struttura SN, che viene descritto dettagliatamente nel paragrafo successivo, instaurando un ciclo iterativo di calcolo.

2.1 IL NUMERO DI STRUTTURA SN

Come detto in precedenza, il Numero di Struttura SN (*Structural Number*) rappresenta un coefficiente di equivalenza tra gli strati componenti della pavimentazione atto a confrontare dal punto di vista strutturale pavimentazioni di diverso spessore.

In pratica, viene assegnato ad ogni strato (di spessore H_i) un coefficiente di struttura (a_i), che rappresenta il contributo dello strato alla prestazione complessiva della pavimentazione. Viene inoltre considerato un ulteriore fattore (d_i) per considerare gli effetti del drenaggio di ciascun strato componente della pavimentazione. Il contributo di ogni singolo strato alla prestazione complessiva della pavimentazione è dato dal prodotto dei 2 coefficienti a_i, d_i per il suo spessore H_i .

$$SN_i = a_i H_i d_i \quad (2)$$

- SN_i = numero di struttura dell'i-esimo strato;
 a_i = coefficiente di strato dell'i-esimo strato;
 H_i = spessore dell'i-esimo strato;
 d_i = coefficiente di drenaggio dell'i-esimo strato.

I coefficienti di spessore a_i si ricavano, per gli strati legati, in funzione del relativo modulo resiliente, calcolato o richiesto, attraverso formule di correlazione o con l'ausilio di specifici abachi, come quelli rappresentati nella figure seguenti¹ che correlano il coefficiente di struttura alla stabilità Marshall e al *Modulo Resiliente* (espressi in psi)²:

¹ YANG H. HUANG, *Pavement Analysis and Design*, Pearson, United State of America, 2004;

² 1 psi = 6,91 KPa

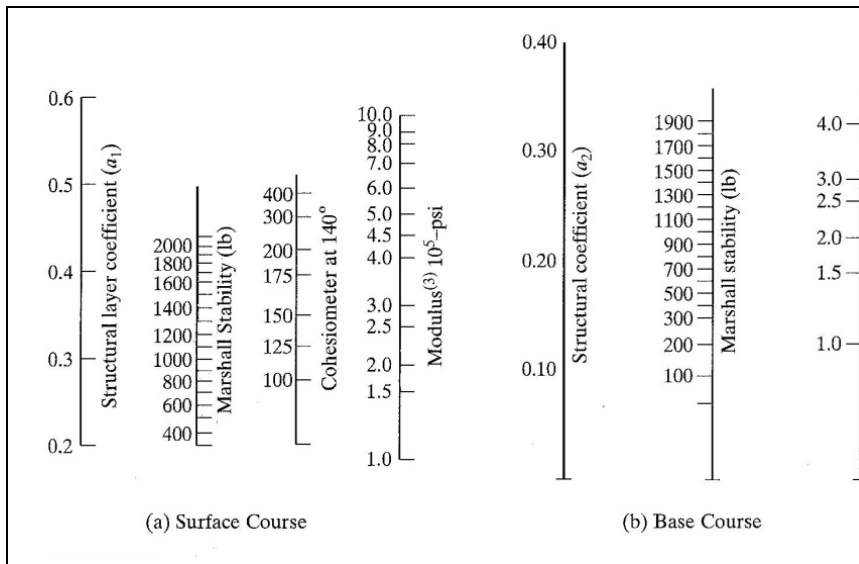


Figura 1: abaco di correlazione fra coefficiente di struttura, stabilità Marshall e modulo resiliente per stradi di usura e binder (surface course) e di binder (base course)

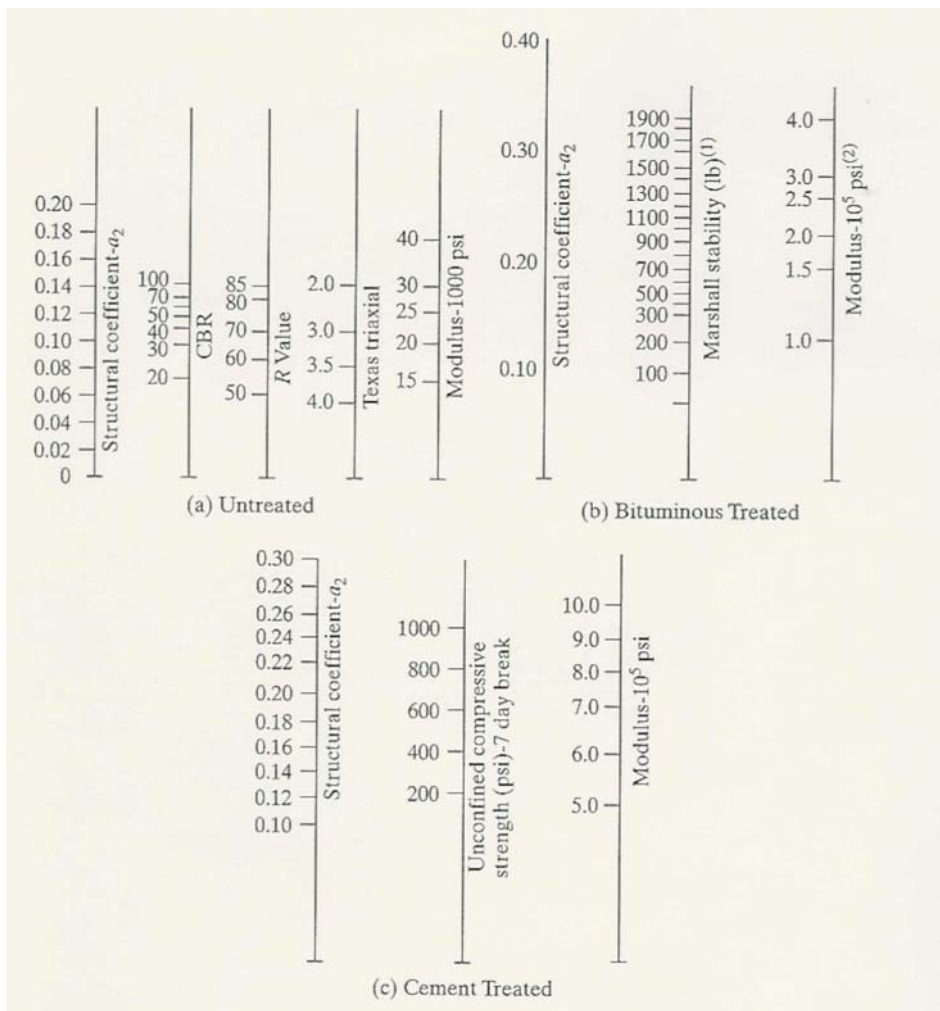


Figura 2: abaco di correlazione fra coefficiente di struttura, stabilità Marshall e modulo resiliente per stradi di base

Nello specifico, per gli strati superficiali la metodologia AASHTO si basa sulla relazione mostrata per conglomerati di tipo tradizionale è pari $a_1 = 0.44$, corrispondente ad un modulo resiliente dello strato superficiale pari a 3.1 GPa (450.000 Psi).

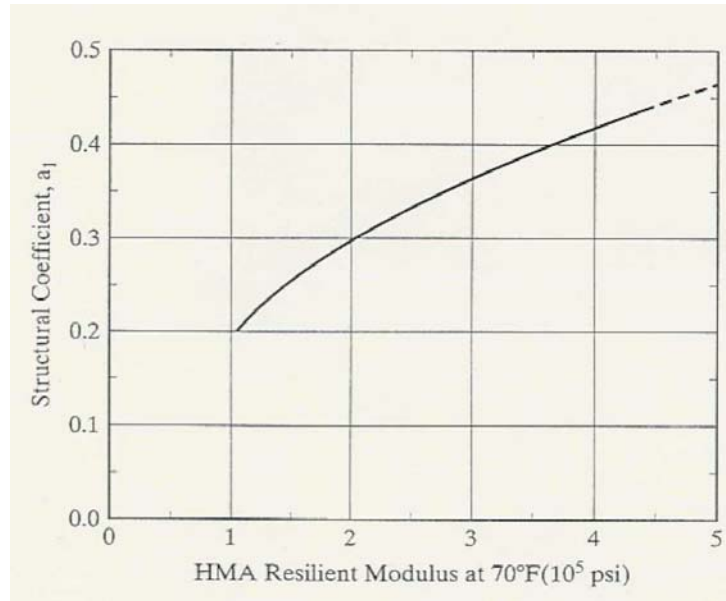


Figura 3: correlazione fra modulo resiliente del conglomerato bituminoso superficiale e coefficiente di spessore

Per gli strati di base, trattati e non, la correlazione è basata sulla seguente equazione:

$$a_2 = 0.249(\log E_2) - 0.977 \quad (3)$$

che lega il coefficiente di spessore a_2 al modulo resiliente dello strato.

Per le basi non legate, il valore base adottato nel metodo è pari a 0.14, corrispondente ad un modulo resiliente di 207 MPa (30.000 Psi.).

Anche per gli strati non legati, la determinazione dei coefficienti di spessore a_i può effettuarsi con l'ausilio di specifici abachi, mostrati in seguito, che correlano il coefficiente di struttura al CBR ed al Modulo Resiliente del materiale adottato:

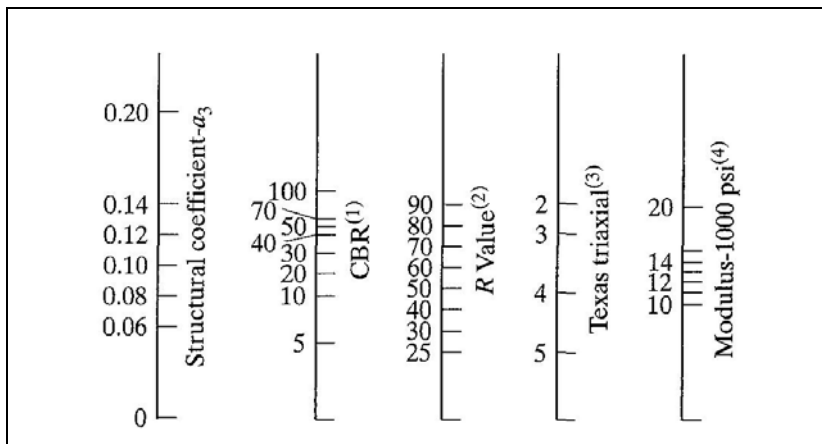


Figura 4: abaco di correlazione fra coefficiente di struttura, modulo resiliente e CBR per strati di fondazione stradale

Per le fondazioni non legate la correlazione è basata sulla seguente equazione:

$$a_3 = 0.227(\log E_3) - 0.839 \quad (4)$$

che lega il coefficiente di spessore a_3 al modulo resiliente dello strato.

Per le fondazioni non legate, il valore base adottato nel metodo è pari a 0.11, corrispondente ad un modulo resiliente di 104 MPa (15.000 Psi.).

Con l'ausilio degli abachi e delle formulazioni sopra esposti sono stati ricavati i coefficienti di spessore degli strati componenti le pavimentazioni in progetto. Nell'elenco puntato che segue sono riportati i valori prudenzialmente adottati nel calcolo/verifica delle pavimentazioni:

- conglomerato bituminoso per strato di usura tradizionale: $a_1 = 0.44$
- conglomerato bituminoso per strato di binder: $a'_1 = 0.38$
- conglomerato bituminoso per strato di base: $a_2 = 0.28$
- misto cementato per strato di sottobase: $a'_2 = 0.25$
- misto granulare per strato di fondazione: $a_3 = 0.13$

Per quanto attiene il coefficiente di drenaggio, esso si applica ai soli strati non legati per tenere conto dei deleteri effetti che la persistente presenza di acqua ha sulla loro resistenza meccanica.

I coefficienti si applicano in ragione della seguente tabella che ne fornisce il valore in funzione del tempo di permanenza dello strato in condizioni prossime alla saturazione.

Qualità del drenaggio	Tempo di rimozione dell'acqua
Eccellente	2 ore
Buona	1 giorno
Media	1 settimana
Scarsa	1 mese
Molto scarsa	Non rimossa

Qualità del drenaggio	Percentuale di tempo nel quale gli strati non legati sono in condizioni prossime alla saturazione			
	< 1%	Da 1% a 5%	Da 5% a 25%	> 25%
Eccellente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Buona	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Media	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Scarsa	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Molto scarsa	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Tabella 1 valori del coefficiente di drenaggio

Cautelativamente si è adottato un coefficiente $d = 0.8$ sia per lo strato di misto granulare che per quello di misto cementato, così da tener conto della potenziale presenza di acqua nei tratti stradali in trincea.

Risulta pertanto:

- $a'_2 = 0.8 \times 0.25 = 0.20$
- $a_3 = 0.8 \times 0.13 = 0.10$

2.2 L'AFFIDABILITÀ

Questo fattore di dimensionamento considera le condizioni aleatorie che possono inficiare le previsioni di traffico e le prestazioni delle pavimentazioni. L'affidabilità R (Reliability) esprime la

probabilità che il numero di applicazioni di carico N_t che la struttura può sopportare prima di raggiungere un prefissato grado di ammaloramento finale (PSI_{fin}) sia maggiore o uguale al numero di applicazioni di carico $Z N_T$ che realmente sono applicati alla sovrastruttura nel periodo di progettazione T considerato (vita utile).

$$R(\%) = 100 \cdot \text{Prob}(N_t \geq N_T) \quad (5)$$

In sintesi R esprime la probabilità di sopravvivenza della strada in relazione al periodo di vita utile prefissato e le grandezze Z_R ed S_0 sono strettamente collegate a tale affidabilità.

Z_R rappresenta il valore della variabile standardizzata δ_0 al quale corrisponde la probabilità R che si abbiano valori ad esso superiori. Considerando l'espressione di δ_0 , l'affidabilità può essere riscritta come $R(\%) = 100 \cdot \text{Prob}(\delta_0 \geq 0)$ con δ_0 variabile aleatoria caratterizzata da una legge di probabilità normale, valore medio pari a $\bar{\delta}_0$ e deviazione standard S_0 .

Per questo ultimo parametro, nel caso di pavimentazioni flessibili solitamente si assume un valore compreso tra 0.35 e 0.50 tenendo conto dell'errore che si commette sul traffico e sulle prestazioni previste per la sovrastruttura. Valori inferiori sottintendono il fatto che il reale comportamento del traffico e dell'efficienza della pavimentazione è meno disperso intorno al valore medio. Nella successiva *Tabella 1* si riportano i valori di Z_R in funzione di R^3 .

R %	Z _R	R %	Z _R	R %	Z _R	R %	Z _R	R %	Z _R
50	- 0	80	-0.841	92	-1.405	96	-1.751	99.9	-3.090
60	-0.253	85	-1.037	93	-1.476	97	-1.881	99.99	-3.750
70	-0.524	90	-1.282	94	-1.555	98	-2.054		
75	-0.674	91	-1.340	95	-1.645	99	-2.327		

Tabella 2 - : valori del parametro Z_R in funzione dell'affidabilità

Si rammenta che per "vita utile" si intende il periodo oltre il quale la degradazione subita dalla strada rende necessari importanti interventi di manutenzione straordinaria, al limite il suo completo rifacimento.

Nel caso di specie per l'asta principale e per la viabilità secondaria si è adottato un livello di affidabilità pari al 95%.

³ AASHTO, *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, published by the American Association of State Highway and Transportation Officials, 1986

2.3 ANALISI DEL TRAFFICO

I dati di traffico sono stati ricavati dall'elaborato del progetto definitivo ILW011_D_SW_RG_IF0005_004_A "Verifica di funzionalità del nuovo collegamento".

Da tale documento risulta che il traffico medio giornaliero bidirezionale previsto alla data presunta di entrata di esercizio della **nuova SS.38** è di 5.200 veicoli/giorno con un'incidenza dei veicoli pesanti del 31%. Si ha che il traffico medio giornaliero bidirezionale dei veicoli pesanti è pari a 1.612 veicoli/giorno. In un anno transiteranno:

$$365 \times 1.612 = 588.380 \text{ VP.}$$

che, nell'ipotesi di equa distribuzione del traffico sulle due corsie, corrispondono a 294.190 veicoli pesanti per ciascuna di esse.

Considerando in via cautelativa un tasso di crescita del 5% anno e, quindi, un fattore di crescita F_c nei venti anni pari a:

$$20 \cdot F_c = [(1+0,05)^{20}-1]/0.05 = 33.07,$$

si ha nei 20 anni di vita utile della pavimentazione un numero di passaggi di veicoli pesanti per corsia pari a:

$$294.190 \times 33,07 = \mathbf{9.728.863 \text{ VP}}$$

Per quanto concerne la composizione del traffico, sono stati presi in considerazione i dati riportati nel "Catalogo delle pavimentazioni" redatto dal CNR (B.U. 178/95) nel quale vengono indicati i valori di riferimento rispetto ai quali orientare la progettazione.

Nello specifico, lo spettro di traffico suggerito per le strade extra-urbane secondarie a forte traffico è quello riassunto nello specchio riportato di seguito:

CATEGORIA DI VEICOLO												
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16
13,1%	39,5%	10,5%	7,9%	2,6%	2,6%	2,5%	2,6%	2,5%	2,6%	2,6%	0,5%	10,5%

dove, con l'aiuto della successiva tabella 3, è possibile attribuire a ciascun tipo di veicolo i corrispondenti assi, così da conoscere quante volte ciascun tipo di asse caricherà la pavimentazione in progetto.

Cat.	Tipo di Veicolo	Assi	Distribuzione dei carichi per asse [kN]			
1	Autocarri leggeri	2	10		20	
2	"	2	15		30	
3	"	2	40		80	
4	Autocarri medi e pesanti	2	50		110	
5	"	3	40		80+80	
6	"	3	60		100+100	
7	Autotreni ed Autoarticolati	4	40		90	80
8	"	4	60		100	100
9	"	5	40	80+80		80+80
10	"	5	60	90+90		100+100
11	"	5	40	100		80+80+80
12	"	5	60	110		90+90+90
13	Mezzi d'opera	5	50	120		130+130+130
14	Autobus	2	40		80	
15	"	2	60		100	
16	"	2	50		80	

Tabella 3 - Distribuzione dei carichi per asse dei veicoli commerciali (CNR 178/95)

La **Tabella 4** riporta il numero di volte che ciascuna tipologia di asse, caricherà la pavimentazione nell'arco dei 20 anni di vita utile.

Numero totale passaggi di veicoli pesanti:		CATEGORIA DI VEICOLO													Totale passaggi per tipo di asse
9.728.863		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16	
% passaggi per ogni categ.	13,1%	39,5%	10,5%	7,9%	2,6%	2,6%	2,5%	2,6%	2,5%	2,6%	2,6%	0,5%	10,5%		
asse da 15 KN	1.274.481													1.274.481	
asse da 30 KN	1.274.481													1.274.481	
asse da 40 KN		3.842.901			768.580				252.950		252.950			5.117.382	
asse da 50 KN			1.021.531										48.644	1.021.531	
asse da 60 KN						252.950	252.950	243.222	243.222		252.950			1.245.294	
asse da 80 KN		3.842.901					505.901							1.021.531	
asse da 90 KN							252.950							252.950	
asse da 100 KN								729.665			252.950			982.615	
asse da 110 KN			1.021.531								252.950			1.274.481	
asse da 120 KN					768.580								48.644	48.644	
asse tandem da 160 KN								505.901						1.274.481	
asse tandem da 180 KN									243.222					243.222	
asse tandem da 200 KN						252.950			243.222					496.172	
asse triplo da 240 KN											252.950			252.950	
asse triplo da 270 KN												252.950		252.950	
asse triplo da 390 KN													48.644	48.644	

Tabella 4 - Ripetizioni di carico dei diversi assi per i 20 anni di vita utile della pavimentazione suddivisa per tipologia di assi.

Per poter passare dal numero di assi transitanti durante la vita utile della pavimentazione a quello di assi equivalenti è necessario il calcolo del coefficiente di struttura SN che a sua volta dipende dal tipo di pavimentazione considerata.

Per quanto attiene il traffico sulla viabilità secondaria in progetto **di categoria F**, si è fatto riferimento, in assenza di altre statistiche sul traffico, al livello di traffico di primo tipo indicato dal Catalogo delle Pavimentazioni (tab.4) del CNR per le strade extra-urbane secondarie ordinarie. Il volume di traffico pesante transitante nei venti anni di vita utile è stato posto pari a 400.000 veicoli. Anche in questo caso per quanto concerne la composizione del traffico, sono stati presi in considerazione i dati riportati nel "Catalogo delle pavimentazioni" redatto dal CNR (B.U. 178/95) nel quale vengono indicati i valori di riferimento rispetto ai quali orientare la progettazione.

Nello specifico, lo spettro di traffico suggerito per le strade extra-urbane secondarie di tipo ordinario è quello riassunto nello specchio riportato di seguito:

CATEGORIA DI VEICOLO														
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	58,8%	29,4%		5,9%		2,8%					0,2%			2,9%

dove, con l'aiuto della tabella 3 vista in precedenza, è possibile attribuire a ciascun tipo di veicolo i corrispondenti assi, così da conoscere quante volte ciascun tipo di asse caricherà la pavimentazione in progetto.

La **Tabella 5** riporta il numero di volte che ciascuna tipologia di asse, caricherà la pavimentazione nell'arco dei 20 anni di vita utile.

Numero totale passaggi di veicoli pesanti:		CATEGORIA DI VEICOLO													Totale passaggi per tipo di asse
400.000		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16	
% passaggi per ogni categ.			58,8%	29,4%		5,9%		2,8%					0,2%	2,9%	
asse da 15 KN															0
asse da 30 KN															0
asse da 40 KN			235.200												235.200
asse da 50 KN				117.600									800	11.600	130.000
asse da 60 KN						23.600		11.200							34.800
asse da 80 KN			235.200											11.600	246.800
asse da 90 KN															0
asse da 100 KN								33.600							33.600
asse da 110 KN				117.600											117.600
asse da 120 KN													800		800
asse tandem da 160 KN															0
asse tandem da 180 KN															0
asse tandem da 200 KN						23.600									23.600
asse triplo da 240 KN															0
asse triplo da 270 KN															0
asse triplo da 390 KN													800		800

Tabella 5 - Ripetizioni di carico dei diversi assi per i 20 anni di vita utile della pavimentazione suddivisa per tipologia di assi.

Per passare dal numero di assi transitanti durante la vita utile della pavimentazione a quello di assi equivalenti, è necessario il calcolo del coefficiente di struttura SN che a sua volta dipende dal tipo di pavimentazione considerata.

Tali calcoli verranno pertanto riportati nello specifico capitolo riguardante la verifica di ciascuna pavimentazione.

2.4 PORTANZA DEL SOTTOFONDO

La "portanza" di un terreno è la sua capacità di sopportare i carichi senza che si verifichino eccessive deformazioni, che risultano essere di tipo elasto – plastico - viscoso.

Infatti, la necessità di avere contenute deformazioni nel sottofondo, al fine di garantire le regolarità del piano viabile e consentire un'accettabile vita utile della sovrastruttura, condiziona decisamente lo spessore complessivo della pavimentazione e quindi il relativo costo di costruzione.

Coerentemente con le prove effettuate e le analisi contenute nella relazione geotecnica si è cautelativamente assunto per tutte le pavimentazioni in progetto un coefficiente di sottofondo pari a CBR 10% corrispondente ad un modulo resiliente pari a MR=90 N/mm² (13.000 psi) ed a un modulo di deformabilità del sottofondo Md = 50 kPa .

3 VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE DELL'ASTA PRINCIPALE

Si riporta di seguito il calcolo dello Structural Number della pavimentazione in questione.

Calcolo del Structural Number Pavimentazione AP				
Spessori pavimentazione:	cm	pollici	Coefficienti SN	SN (pollici)
usura in CLB	5	1,97	0,44	0,87
binder in CLB	6	2,36	0,38	0,90
base in CLB	12	4,72	0,28	1,30
sottobase in MC	20	7,87	0,20	1,57
fondazione in MG	20	7,87	0,10	0,79
Totale	63		Totale	5,43

Tabella 6 - calcolo dello Structural Number della pavimentazione dell'asta principale

Per l'applicazione del metodo AASHTO sono stati assunti i dati riportati nella sottostante tabella:

Z_R (R=95%)	-1,645
S_0	0,45
PSI iniziale	4,20
PSI finale	2,50

Tabella 7 - dati di input per il calcolo del valore ammissibile di ripetizioni di carico

Con tali dati è innanzitutto possibile calcolare il numero di ripetizioni di carico dell'asse standard da 80 kN equivalenti al numero di passaggi di veicoli pesanti attesi (pari a 9.728.863 veicoli – cfr. par. 2.3).

La tabella riportata di seguito mostra i risultati dei calcoli eseguiti.

	kN (Lx)	kips (Lx)	L2	β_x	Coeff. di equivalenza	totale passaggi	Totale passaggi assi std equivalenti
asse da	15	3,37	1	0,400608922	0,001040442	1.274.481	1.326
asse da	30	6,74	1	0,403858982	0,015936511	1.274.481	20.311
asse da	40	8,99	1	0,408789767	0,053279724	5.117.382	272.653
asse da	50	11,24	1	0,416928744	0,137750006	2.091.706	288.132
asse da	60	13,48	1	0,429183784	0,299281212	1.245.294	372.693
asse da	80	17,98	1	0,469866414	0,994904757	5.370.332	5.342.969
asse da	90	20,22	1	0,500289141	1,601710749	252.950	405.153
asse da	100	22,47	1	0,538811628	2,427872176	982.615	2.385.664
asse da	110	24,72	1	0,586500756	3,508360961	1.274.481	4.471.340
asse da	120	26,97	1	0,644447219	4,881551618	48.644	237.460
asse tandem da	160	35,96	2	0,469866414	1,368533098	1.274.481	1.744.170
asse tandem da	180	40,45	2	0,500289141	2,203220116	243.222	535.871
asse tandem da	200	44,94	2	0,538811628	3,339639707	496.172	1.657.036
asse tridem da	240	53,93	3	0,469866414	1,649139085	252.950	417.150
asse tridem da	270	60,67	3	0,500289141	2,654971524	252.950	671.576
asse tridem da	390	87,64	3	0,713763901	10,92792482	48.644	531.581
				N. totale passaggi asse standard equivalente (n):			19.355.085

Tabella 8 - Calcolo del numero di ripetizioni di carico dell'asse standard da 80kN

Dalla applicazione dell'equazione (1) si ottiene, infine:

Modulo Resiliente (psi) =	13.000			
PSI iniziale =	4,2			
PSI finale =	2,5			
ZR (95%) =	-1,645		$N_{8,2} =$	46.621.077
So =	0,45		$n_{8,2} =$	19.355.085
			$F =$	2,41
log N8,2 =	7,668582			

Il numero massimo di ripetizioni di carico dell'asse standard da 80 kN che la pavimentazione è in grado di sopportare è dunque pari a 46.621.077 a fronte di un numero di ripetizioni di carico attese dell'asse standard da 80kN pari a 19.355.085.

La pavimentazione risulta dunque **verificata**.

4 VERIFICA DELLA PAVIMENTAZIONE DELLA VIABILITÀ SECONDARIA

Si riporta di seguito il calcolo dello Structural Number della pavimentazione in questione.

Calcolo del Structural Number Pavimentazione Assi secondari				
Spessori pavimentazione:	cm	pollici	Coefficienti SN	SN (pollici)
usura in CLB	4	1,57	0,44	0,69
binder in CLB	6	2,36	0,38	0,90
base in CLB	10	3,94	0,28	1,10
fondazione in MG	15	5,91	0,10	0,59
Totale	35		Totale	3,28

Tabella 9 - calcolo dello Structural Number della pavimentazione degli assi secondari

Per l'applicazione del metodo AASHTO sono stati assunti i dati riportati nella sottostante tabella:

Z _R (R=95%)	-1,645
S ₀	0,45
PSI iniziale	4,20
PSI finale	2,00

Tabella 10 - dati di input per il calcolo del valore ammissibile di ripetizioni di carico

Con tali dati è innanzitutto possibile calcolare il numero di ripetizioni di carico dell'asse standard da 80 kN equivalenti al numero di passaggi di veicoli pesanti attesi (pari a 400.000 veicoli – cfr. par. 2.3).

La tabella riportata di seguito mostra i risultati dei calcoli eseguiti.

	kN (Lx)	kips (Lx)	L2	βx	Coeff. di equivalenza	totale passaggi	Totale passaggi assi stnd equivalenti
asse da	15	3,37	1	0,40499431	0,001178858	0	0
asse da	30	6,74	1	0,431650925	0,017664884	0	0
asse da	40	8,99	1	0,472092653	0,057494863	235.200	13.523
asse da	50	11,24	1	0,538847598	0,144016944	130.000	18.722
asse da	60	13,48	1	0,639362021	0,304237453	34.800	10.587
asse da	80	17,98	1	0,973036239	0,994818462	246.800	245.521
asse da	90	20,22	1	1,222559919	1,628894829	0	0
asse da	100	22,47	1	1,538516898	2,548630293	33.600	85.634
asse da	110	24,72	1	1,929657604	3,844032724	117.600	452.058
asse da	120	26,97	1	2,404927791	5,622561234	800	4.498
asse tandem da	160	35,96	2	0,973036239	1,368414396	0	0
asse tandem da	180	40,45	2	1,222559919	2,240612954	0	0
asse tandem da	200	44,94	2	1,538516898	3,505747547	23.600	82.736
asse tridem da	240	53,93	3	0,973036239	1,648996043	0	0
asse tridem da	270	60,67	3	1,222559919	2,700031443	0	0
asse tridem da	390	87,64	3	2,973455192	13,27759764	800	10.622
						N. totale passaggi asse standard equivalente (n):	923.902

Tabella 11 - Calcolo del numero di ripetizioni di carico dell'asse standard da 80kN

Dalla applicazione dell'equazione (1) si ottiene, infine:

Modulo Resiliente (psi) =	13.000			
PSI iniziale =	4,2			
PSI finale =	2			
ZR (95%) =	-1,645		$N_{8,2} =$	2.272.590
So =	0,45		$n_{8,2} =$	923.902
			$F =$	2,46
log N8,2 =	6,356521			

Il numero massimo di ripetizioni di carico dell'asse standard da 80 kN che la pavimentazione è in grado di sopportare è dunque pari a 2.272.590 a fronte di un numero di ripetizioni di carico attese dell'asse standard da 80kN pari a 923.902.

La pavimentazione risulta dunque **verificata**.

Per le strade interpoderali, per le quali è previsto lo strato superficiale bitumato, il pacchetto della sovrastruttura, in relazione al fatto che su tali strade non è previsto il passaggio di veicoli pesanti, è:

- Strato di usura in conglomerato bituminoso (CB) 4 cm
- Strato di collegamento in conglomerato bituminoso (CB) 6 cm
- Strato di fondazione in misto granulare (MG) 25 cm
- Totale 35 cm