

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CONTRATTO ISTITUZIONALE DI SVILUPPO PER LA REALIZZAZIONE DELLA DIRETTRICE FERROVIARIA NAPOLI-BARI- LECCE-TARANTO

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO ESECUTIVO

LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO

SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE PL E CONSOLIDAMENTO SEDE.

LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE

Relazione tecnica pavimentazioni stradali

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I A 4 K 4 2 E 7 8 R H NV 0 8 0 6 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	L. Marino	Ottobre 2021	G. Ficerella	Ottobre 2021	G. Lestingi	Ottobre 2021	D. J. Oberon ITAFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direz. Infrastrutture Sud UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Paolo Tiberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10879

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3	SOVRASTRUTTURA STRADALE DI PROGETTO.....	5
3.1	PORTANZA DEL SOTTOFONDO	7
3.2	MIX DESIGN	8
4	VERIFICA DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE.....	9
4.1	PAVIMENTAZIONE.....	9
4.1.1	Traffico di progetto	9
4.1.2	Descrizione della verifica attraverso l'AASHTO	10
4.1.3	Caratteristiche strutturali: calcolo dello "Structural Number"	11
4.1.4	Calcolo del traffico in assi standard equivalenti ($N_{8,2ton}$).....	15
4.1.5	Calcolo del traffico sopportabile (W_{18})	18
4.1.6	Verifica della sovrastruttura	19
5	CONCLUSIONI	20



LINEA POTENZA – FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE					
Relazione tecnica pavimentazioni stradali	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E 78 RH	DOCUMENTO NV08 06 001	REV. A FOGLIO 3 di 20

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la descrizione e la verifica della **pavimentazione** relativa al Progetto Esecutivo di ammodernamento della linea Foggia – Potenza del lotto 4 sottoprogetto 2- NV08 relativo alla soppressione PL al km 73+295 nei comuni di Rionero in Vulture e di Barile.

In particolare, per la verifica della pavimentazione stradale si è adottato il metodo empirico/probabilistico proposto all'interno del manuale di progettazione dell'ASTHO (ASTHO Guide for Design of Pavement Structures).

	LINEA POTENZA – FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE						
Relazione tecnica pavimentazioni stradali	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E 78 RH	DOCUMENTO NV08 06 001	REV. A	FOGLIO 4 di 20

2 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto delle viabilità sono state considerate le principali normative di riferimento riportate nel seguito:

- [N.1]. D.M. 5 novembre 2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- [N.2]. D.M. 22 aprile 2004 “Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade””;
- [N.3]. Linee guida per gli interventi di adeguamento delle strade esistenti – 21 marzo 2006;
- [N.4]. Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285 Nuovo codice della strada e s.m.i.;
- [N.5]. D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;
- [N.6]. Decreto 19/04/2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”;
- [N.7]. D.M. 18/02/1992: “Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza”;
- [N.8]. D.M. 03/06/1998: “Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale”;
- [N.9]. D.M. 21/06/2004: “Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”.
- [N.10]. CNR n.178 settembre 1995 – Catalogo delle pavimentazioni stradali

2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti documenti.

- [D.1]. AASHTO Guide for design of pavement structures
- [D.2]. Portanza dei sottofondi – Fondazione politecnica per il mezzogiorno d’Italia – P. Giannatasio, C. Caliendo, L. Esposito, B. Festa, W. Pellecchia – Napoli, dicembre 1989

	LINEA POTENZA – FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE						
Relazione tecnica pavimentazioni stradali	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E 78 RH	DOCUMENTO NV08 06 001	REV. A	FOGLIO 5 di 20

3 SOVRASTRUTTURA STRADALE DI PROGETTO

Il Nuovo Codice della Strada classifica le strade in sei diverse tipologie, ognuna delle quali è individuata da una lettera che va da A a F. Tra queste strade e quelle previste attualmente dalle Norme CNR si può stabilire - per quanto riguarda le caratteristiche tecniche, costruttive e funzionali - la corrispondenza riportata in Tabella 1.

NUOVO CODICE DELLA STRADA	NORME CNR
A) Autostrade extraurbane	Strade tipo I e II
Autostrade urbane	Strade primarie
B) Strade extraurbane principali	Strada tipo III
C) Strade extraurbane secondarie	Strada tipo IV, A, V, VI e B
D) Strade urbane di scorrimento	Strade urbane di scorrimento
E) Strade di quartiere	Strade urbane di quartiere
F) Strade extraurbane locali	Strada tipo C
Strade urbane locali	Strade urbane locali

Tabella 1 – Classificazione delle strade secondo il Nuovo Codice della Strada e le Norme CNR

Il catalogo delle pavimentazioni presenta schede per ognuna delle categorie di strada del Nuovo Codice, con esclusione delle strade extraurbane locali per l'atipicità del traffico che può interessarle (strade agricole, forestali, ecc.).

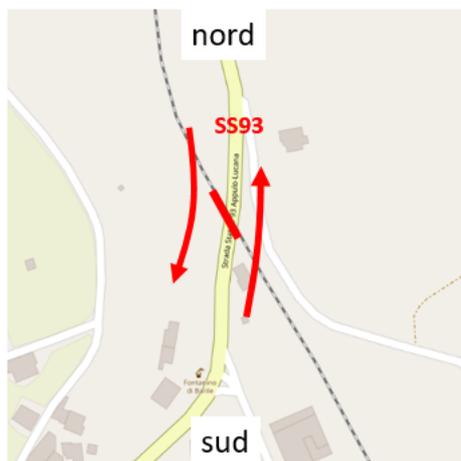
Le strade di progetto sono sintetizzate nella seguente tabella:

WBS		INQUADRAMENTO FUNZIONALE	SEZIONE TIPO PIATTAFORMA
Codice	Descrizione		
Asse 2	SS93 LATO ATELLA	E urbana	Corsia 3m + banchina 0.50m
Asse 3	VIA PADRE PIO	F urbana locale	Corsia 3.50m + banchina 0.50m
Asse 4	SS93 LATO BARILE	E urbana	Corsia 3.50m + banchina 1m
Asse 5	RAMPA AZIENDA VINICOLA	Strada a destinazione particolare	Corsia 2.75m + banchina 0.50m
Asse 6	RAMPA CASELLO FS	Strada a destinazione particolare	Piattaforma 4m
Asse 7	ACCESSO AL FABBRICATO	Strada a destinazione particolare	Piattaforma 4m
Asse 8	VIA DELLE MORE	F2 extraurbana	Corsia 2.75m + banchina 0.25m

Tabella 2 – Viabilità di progetto

Per la scelta della sovrastruttura stradale di progetto, si è proceduto dapprima alla valutazione del TGM (Traffico giornaliero medio). In particolare, sono stati adottati i dati riferiti al TGM della SS 93 (infrastruttura principale della rete di progetto oggetto dell'intervento) di seguito riportati.

TGM SS93



Questa tabella riporta il traffico giornaliero medio sulla SS93 suddiviso per direzione.

TGM è relativo ai veicoli che attraversano il passaggio al livello in una giornata feriale di novembre

SS93-SEZIONE PL	TGM ESPANSO	
	SUD-NORD	NORD-SUD
DIREZIONE		
Veicoli leggeri	2.643	2.728
Veicoli pesanti	90	68

Tabella 3 – Dati di TGM SS93

Dalla Tabella 3 , si desume che il TGM bidirezionale è pari a 5529 veic/g, con percentuale di veicoli pesanti pari a 2.85%. Tuttavia, ai fini del dimensionamento è stata adottata una percentuale di veicoli pesanti pari a 5%. È stato, inoltre, adottato un tasso di incremento annuo del traffico pari al 2.5%.

Successivamente, sulla base della categoria di traffico assegnata e del valore del modulo resiliente del sottofondo ($M_r = 90\text{MPa}$), è stato definito il pacchetto stradale. In particolare è stata adottata la seguente tipologia di pavimentazione.

La pavimentazione prevista in progetto è di spessore complessivo pari a 32 cm, con l'esclusione dello strato di supercompattato di 30 cm.

Partendo dal basso, la sovrastruttura è costituita da:

- Supercompattato sp. 30 cm
- Fondazione (miscela di inerti stabilizzati per granulometria e compattati) sp. 15 cm
- strato di base in misto bitumato (conglomerato bituminoso aperto) sp. 8 cm
- strato di collegamento in conglomerato bituminoso semiaperto (binder) sp. 5 cm
- manto di usura (conglomerato bituminoso chiuso) sp. 4 cm

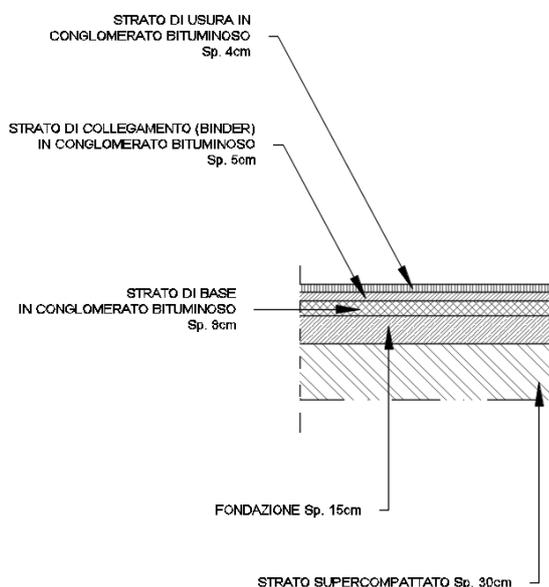


Figura 1- Particolare pavimentazione

3.1 PORTANZA DEL SOTTOFONDO

La portanza del sottofondo viene espressa attraverso il Modulo Resiliente M_r .

Tale modulo può trovarsi, in mancanza di misure dirette, mediante le seguenti correlazioni:

$$M_r = 10 * CBR (\%)$$

dove:

$CBR (\%)$ *Californian Bearing Ratio*) = Indice di portanza del sottofondo

$$CBR (\%) = 0.2 * M_d$$

Il valore del modulo di deformazione del sottofondo deve risultare pari $\geq 50MPa$ come da Capitolato. A favore di sicurezza nei calcoli si assumerà un valore di $M_d=45MPa$. Pertanto, si ha che:

$$CBR (\%) = 0.2 * M_d = 0.2 * 45MPa = 9$$

$$M_r = 10 * CBR (\%) = 10 * 9 = 90MPa$$

Tale valore sarà il riferimento per la scelta della pavimentazione da adottare nella consultazione del catalogo delle pavimentazioni.

	<p>LINEA POTENZA – FOGGIA - AMMODERNAMENTO</p> <p>SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE</p> <p>LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE</p>						
<p>Relazione tecnica pavimentazioni stradali</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA IA4K</td> <td>LOTTO 42</td> <td>CODIFICA E 78 RH</td> <td>DOCUMENTO NV08 06 001</td> <td>REV. A</td> <td>FOGLIO 8 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E 78 RH	DOCUMENTO NV08 06 001	REV. A	FOGLIO 8 di 20
COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E 78 RH	DOCUMENTO NV08 06 001	REV. A	FOGLIO 8 di 20		

3.2 MIX DESIGN

Si rimanda alla tabella materiali presente nelle sezioni tipo delle viabilità in progetto.

	LINEA POTENZA – FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE						
Relazione tecnica pavimentazioni stradali	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E 78 RH	DOCUMENTO NV08 06 001	REV. A	FOGLIO 9 di 20

4 VERIFICA DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

La verifica della pavimentazione stradale è stata condotta utilizzando il metodo empirico/probabilistico proposto all'interno del manuale di progettazione dell'AASHTO (AASHTO Guide for Design of Pavement Structures).

Il procedimento consiste nel determinare il numero di assi standard (assi da 8,2ton) che la pavimentazione può sopportare, raggiungendo un fissato grado di ammaloramento finale (PSI_f) che è funzione di vari parametri, quali: le caratteristiche meccaniche dei materiali, gli spessori dei vari strati della pavimentazione, la portanza del sottofondo etc.

I veicoli realmente transitanti sull'infrastruttura si differenziano per il numero, carico e tipologia degli assi, pertanto sarà necessario determinare il numero di assi standard equivalenti, ovvero il numero di assi standard che determinano lo stesso danno dei veicoli realmente transitanti.

Per determinare il numero di assi standard che transiteranno, è necessario stabilire preliminarmente i coefficienti di equivalenza tra ciascun asse reale e quello standard, tali coefficienti sono funzione di alcuni parametri, come le caratteristiche meccaniche dei materiali, gli spessori dei vari strati della pavimentazione e la portanza del sottofondo.

La verifica consiste nel controllare che il numero di assi standard che la pavimentazione può sopportare sia maggiore del numero di assi equivalenti che transitano durante la vita utile della stessa.

4.1 PAVIMENTAZIONE

4.1.1 Traffico di progetto

Avendo a disposizione i dati di traffico nell'area oggetto di intervento si è assunto un TGM pari a 5529 veic/g.

Pertanto, definiti i seguenti parametri:

- Vita Utile della pavimentazione $N = 20$ anni
- Percentuale dei veicoli commerciali $p_c = 5\%$
- Tasso incremento annuo traffico commerciale $R = 2.5\%$

si valuta il traffico commerciale previsto.

**DETERMINAZIONE DEL TGM
DAL NUMERO DI PASSAGGI DI VEICOLI COMMERCIALI AL "N" ANNO**

$$n_{vca} = TGM_{TOT} \cdot p_{sm} \cdot p_c \cdot p_{corsia} \cdot 365$$

Tipologia di Strada	Quartiere	E	
Vita Utile della Pavimentazione	<i>N</i>	20	[anni]
Traffico Giornaliero Medio	<i>TGM</i>	5.529	[veic./gg]
Percentuale traffico nel senso di marcia	<i>p_{sm}</i>	70	[%]
Percentuale veicoli commerciali	<i>p_c</i>	5,0	[%]
Percentuale veicoli commerciali sulla corsia	<i>p_{corsia}</i>	1,0	
Tasso incremento annuo traffico commerciale	<i>R</i>	2,5	[%]

Traffico annuo *n_{vca}* **70.633**

$$T^N = n_{vca} \cdot \left[\frac{(1 + R)^N - 1}{R} \right]$$

Traffico commerciale previsto *T^N* **1.804.295**

Step 1 – Determinazione del TGM dal numero di passaggi di veicoli commerciali al "N" anno

Si osserva che la percentuale di traffico del senso di marcia assunta pari a 70% (*p_{sm}*) vuole tenere conto delle possibili diverse ripartizioni stagionali del traffico; inoltre la percentuale di veicoli commerciali sulla corsia (*p_{corsia}*) assunta pari ad 1 vuole indicare la presenza di una corsia per senso di marcia.

4.1.2 Descrizione della verifica attraverso l'AASHTO

Nella metodologia dell'“AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” si tiene conto della “resistenza strutturale” della pavimentazione attraverso un parametro che va sotto il nome di “*structural number*” SN.

Esso è funzione degli spessori degli strati *s_i*, della “resistenza” dei materiali impiegati rappresentata attraverso i “coefficienti strutturali di strato” *a_i* e della loro sensibilità all'acqua rappresentata attraverso i “coefficienti di drenaggio” *m_i*.

L'espressione analitica dello *structural number* è:

$$SN = \sum_i a_i \cdot m_i \cdot S_i$$

	LINEA POTENZA – FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE						
Relazione tecnica pavimentazioni stradali	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E 78 RH	DOCUMENTO NV08 06 001	REV. A	FOGLIO 11 di 20

dove:

- i è il numero degli strati costituenti la sovrastruttura stradale;
- a_i è un coefficiente che esprime la capacità relativa dei materiali impiegati nei vari strati della pavimentazione a contribuire come componenti strutturali alla funzionalità della sovrastruttura. Tali coefficienti sono funzione del tipo e proprietà del materiale;
- S_i è lo spessore dello strato;
- m_i è un coefficiente funzione della qualità del drenaggio e della percentuale di tempo durante il quale la pavimentazione è esposta a livelli di umidità prossimi alla saturazione. Per il minor effetto che l'acqua ha sui materiali legati quali i conglomerati bituminosi rispetto a quelli non legati il coefficiente di drenaggio viene considerato solo per il misto granulare sciolto dello strato di fondazione. Tale coefficiente varia tra 0.4 e 1.4 però facendo riferimento ad una percentuale di tempo durante il quale si è in presenza di livelli di umidità prossimi alla saturazione compresi tra il 5 % e il 25% ed una qualità del drenaggio media si assume uguale a 0,9.

Nello specifico, i coefficienti strutturali relativi agli strati di usura (a_1) e di base (a_3) si ricavano direttamente dai monogrammi presenti sull'AASHTO GUIDE in funzione della stabilità Marshall scelta per i rispettivi strati. Il valore del coefficiente relativo allo strato di collegamento (a_2) si ricava per interpolazione lineare dei parametri a_1 e a_3 , ricavati sempre dall'ASSHTO GUIDE però con il valore della stabilità Marshall relativa allo strato di collegamento, con le rispettive quote. Infine, il coefficiente relativo allo strato di fondazione (a_4) si ricava sempre dall'ASSHTO GUIDE in funzione del CBR.

Si osserva che poiché in Italia si utilizza lo strato superficiale in usura e binder, con conseguente minore rigidità a parità degli altri fattori (quali ad esempio spessori degli strati, materiali), i valori ottenuti da tali monogrammi per tali strati sono stati ridotti nella misura del 10%.

4.1.3 Caratteristiche strutturali: calcolo dello "Structural Number"

I coefficienti strutturali a_i sono stati calcolati tramite gli abachi riportati nell'AASHTO.

Strato di usura

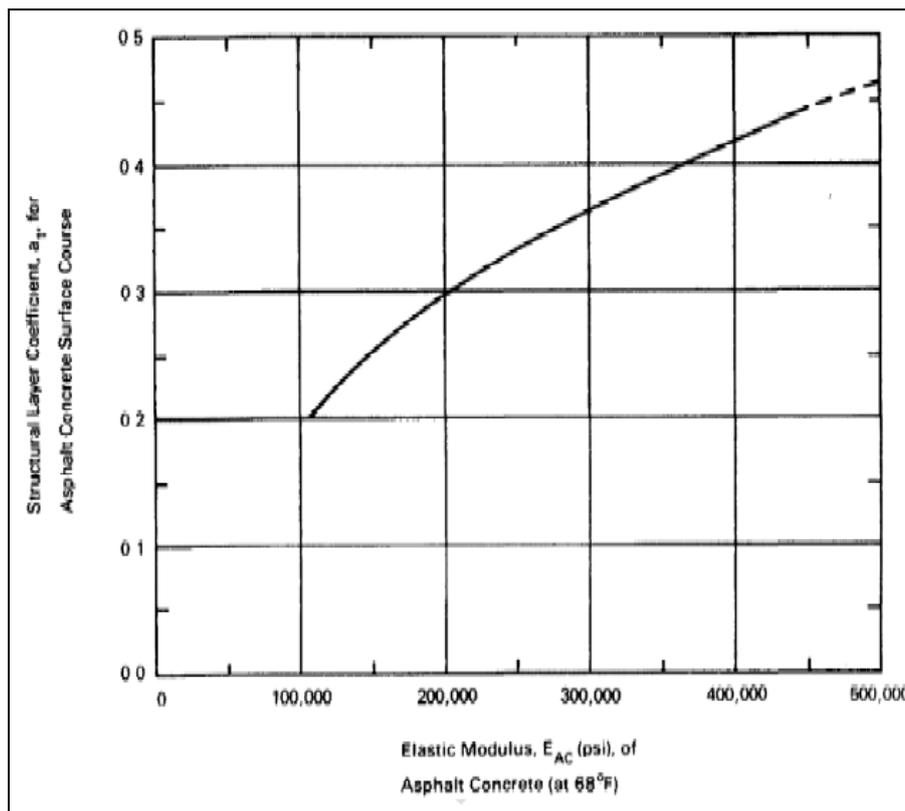
Per il coefficiente dello strato di usura, l'AASHTO prevede come dato di input il Modulo Resiliente a 68°F (20°C). il modulo resiliente verrà calcolato tramite la formulazione del modulo complesso:

$$Mr = \beta \cdot \left| E^* \right|_{\text{previsionale-medio}}$$

Essendo $\beta = 1$ ci basterà calcolare il modulo complesso previsionale.

Per il calcolo del modulo complesso previsionale è stato utilizzato il metodo proposto dalla Shell francese facendo riferimento ai valori di un bitume di classe 50/70:

Sb [Pa] t.c. E[20°C]	
°C	20
2,15E+07	
α	
9,50E+00	
E [Pa]	
3,13E+09	
E [PSI]	
454.491	



$E^* = 455$ [PSI]

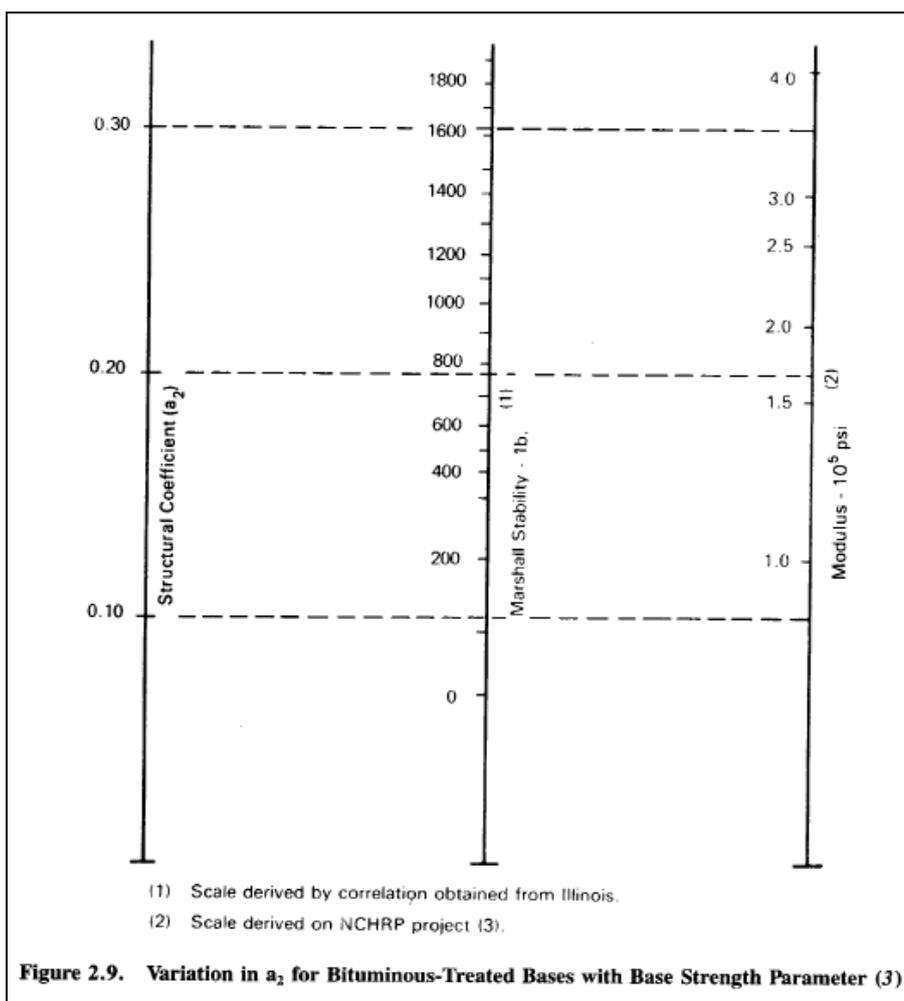
$a_1 = 0.41$

Strato di base

Per il coefficiente dello strato di base, il dato di input per entrare nell'abaco è la Stabilità Marshall. Per questa sono stati utilizzati i valori medi tra quelli di Autostrade Spa

Stabilità Marshall	Autostrade		
	S ₇₅ [kg]	S ₅₀ [kg]	S ₅₀ (lb)
Usura	1.100	917	2.017
Collegam.	1.000	833	1.833
Base	800	667	1.467

S _{M50} =1467 [lb]	a ₃ =0.30
-----------------------------	----------------------



Strato di collegamento (binder)

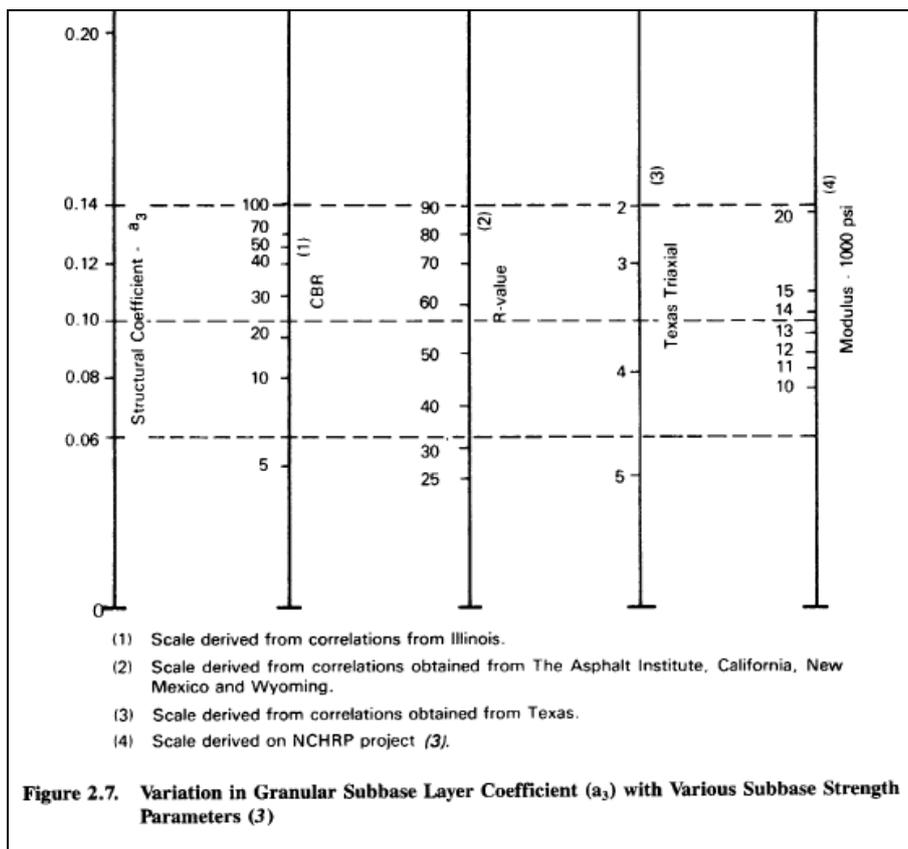
Poiché lo strato di collegamento non è previsto nella configurazione standard impiegata nell'esperimento AASHTO Guide, il coefficiente a_2 verrà calcolato interpolando linearmente i coefficienti dell'usura e della base.

$$a_2 := a_{1c} - \frac{a_{1c} - a_{3c}}{\frac{h_1}{2} + h_2 + \frac{h_3}{2}} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$$

$$a_2 = 0.36$$

Strato di fondazione

Per il coefficiente relativo allo strato di fondazione, in misto granulare, è stato utilizzato il seguente abaco proposto dall'AASHTO Guide:



$$a_4 = 0.11$$

Sulla base delle prescrizioni di Capitolato Anas, l'indice di portanza C.B.R. (CNR UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50, per un intervallo di + 2% rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Il calcolo dello Structural Number viene riportato di seguito.

CALCOLO DELLO STRUCTURAL NUMBER "SN"

$$SN = \sum_i a_i \cdot m_i \cdot S_i$$

Structural Number **SN** **7,32** [cm]

	z_i [cm]	a_i		m_i	
Usura	4	0,41	a_1		
Collegam.	5	0,36	a_2		
Base	8	0,30	a_3	1	m_1
Fondazione MG	15	0,11	a_4	0,9	m_2

Step 2 – Calcolo dello Structural Number SN

4.1.4 Calcolo del traffico in assi standard equivalenti ($N_{8,2t}$)

Il parametro caratterizzante il traffico è il numero totale di assi singoli da 18 chilo-pounds W_{18} (8.2 tonnellate) equivalenti, agli effetti del deterioramento, a quelli reali caratterizzati da carichi diversi “applicati” alla sovrastruttura nel periodo di esercizio previsto in sede di progetto.

Il valore del termine $N_{8,2t}$ deriva dall'analisi del traffico e dipende dalla categoria della strada e dallo “spettro di traffico dei veicoli commerciali”, costituito dalla distribuzione percentuale delle diverse tipologie di veicoli commerciali che si prevede vi possano transitare.

Per il suddetto spettro, in mancanza di una migliore determinazione, si impiega quello proposto dalle norme CNR 178/1995.

Tab. 2 - Tipi di veicoli commerciali, numero di assi, distribuzione dei carichi per asse.

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
10) " " "	"	↓60	↓90	↓90	↓100
11) " " "	"	↓40	↓100	↓80	↓80
12) " " "	"	↓60	↓110	↓90	↓90
13) mezzi d'opera	"	↓50	↓120	↓130	↓130
14) autobus	2	↓40	↓80		
15) " "	2	↓60	↓100		
16) " "	2	↓50	↓80		

Tab. 3 - Tipici spettri di traffico di veicoli commerciali per ciascun tipo di strada.

Tipo di strada	Tipo di veicolo															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1) autostrade extraurbane	12.2	----	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	----	----	12.2
2) " urbane	18.2	18.2	16.5	----	----	----	----	----	----	----	----	----	1.6	18.2	27.3	----
3) strade extr. principali e secondarie a forte traffico	----	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
4) strade extraurb. second. ordin.	----	----	58.8	29.4	----	5.9	----	2.8	----	----	----	----	0.2	----	----	2.9
5) " extr. second.-turistiche	24.5	----	40.8	16.3	----	4.15	----	2	----	----	----	----	0.05	----	----	12.2
6) " urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	----	----	----	----	----	----	----	----	----	1.6	18.2	27.3	----
7) " " di quartiere e locali	80	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	20	----	----
8) corsie preferenziali	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	47	53	----

Tabella 4 – Tipologia di traffico secondo le Norme CNR

Nel presente caso si associa alla viabilità oggetto di verifica lo spettro di traffico corrispondente al n.7: “*strade di quartiere e locali*”, richiamato in Tabella 4 .

Utilizzando quindi il criterio definito dall’AASHTO, il traffico è stato convertito in un numero di passaggi di assi standard (8.2 tonnellate) equivalenti tramite la relazione:

$$N_{8,2} = T^N \cdot C_{SN}$$

dove:

- T^N rappresenta il numero di veicoli commerciali transitante durante la vita utile dell’opera;
- C_{SN} è un coefficiente di equivalenza tra il generico asse reale, caratterizzato da un peso P_i e tipologia T_i , e l’asse singolo standard da 8.2 ton.

CALCOLO DEL NUMERO DI PASSAGGI DI ASSI STANDARD EQUIVALENTI

Numero di passaggi di assi standar equivalenti

$$C_{SNi} = C_{SN}(P_i, T_i, PSI_f) = 10^{-A}$$

$$A = \left\{ 4,79 \cdot [\log(18 + 1) - \log(0,225 \cdot P_i \cdot T_i)] + 4,33 \cdot \log(T_i) + \frac{G}{B_i} - \frac{G}{B^*} \right\}$$

$$G = \log\left(\frac{PSI_{in} - PSI_{fin}}{2.7}\right)$$

$$B_i = 0.4 + \frac{0.081 \cdot (0.225 \cdot P_i + T_i)^{3.23}}{\left(\frac{SN}{2.54} + 1\right)^{5.19} \cdot T_i^{3.23}}$$

Structural Number

SN 7,32 [cm]

Peso dell'asse i-esimo

P_i [kN]
 T_i 1 asse singolo
2 asse tandem
3 asse tridem

$$C_{SN} = \sum_i (n_i \times C_{SNi})$$

C_{SNi} 0,2209203

$$N_{8,2} = T^N \cdot C_{SN}$$

$N_{8,2}$ 398.606

Step 3 – Calcolo del numero di passaggi di assi standard equivalenti

A seguire si riassumono i calcoli svolti:

Categorie di veicoli	Assi singoli [kN]											Assi Tandem [kN]			Assi Tridem [kN]			
	10	15	20	30	40	50	60	80	90	100	110	120	80+80	90+90	100+100	80+80+80	90+90+90	130+130+130
1 Autocarri leggeri	1		1															
2 Autocarri leggeri		1		1														
3 Autocarri medi e pesanti					1			1										
4 Autocarri medi e pesanti						1				1								
5 Autocarri pesanti							1						1					
6 Autocarri pesanti								1							1			
7 Autotreni ed autoarticolati					1			2	1									
8 Autotreni ed autoarticolati							1			3								
9 Autotreni ed autoarticolati					1								2					
10 Autotreni ed autoarticolati						1								1	1			
11 Autotreni ed autoarticolati					1					1						1		
12 Autotreni ed autoarticolati							1				1						1	
13 mezzi d'opera						1						1						1
14 autobus					1			1										
15 autobus							1			1								
16 autobus						1		1										

- PSI_{fin} è il grado di efficienza finale;
- M_r è il modulo resiliente del sottofondo [psi] (oss.: 1 MPa = 145 psi);
- SN è lo structural number [inch].

Per quanto riguarda il valore dell'affidabilità R, è possibile ricavare il valore della variabile Z_r dalla tabella dell'ASSHTO GUIDE; mentre la variabile S_0 assume un valore medio compreso tra 0.40 e 0.50. Nel caso in esame si è assunto:

CALCOLO DEL NUMERO MASSIMO DI ASSI STANDARD SOPPORTABILI DALLA PAVIMENTAZIONE

Affidabilità	R	80	[%]
	Z_R	-0,841	
	S_0	0,45	
Grado efficienza iniziale	PSI_{iniz}	4,2	
Grado efficienza finale	PSI_{fin}	2,5	
Structural Number	SN	2,88	[poll]
Modulo resiliente del sottofondo	M_r (psi)	13050	[psi]

$$\log W_{18} = Z_r \cdot S_0 + 9.36 \cdot \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\log \left(\frac{PSI_{in} - PSI_{fin}}{4.2 - 1.5} \right) + (2.32 \cdot \log M_r)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} - 8.07$$

$\log W_{18}$	6,26368
$W_{8.2}$	1.835.173

PAVIMENTAZIONE VERIFICATA

Step 4 – Calcolo del numero massimo di assi standard sopportabili dalla pavimentazione

4.1.6 Verifica della sovrastruttura

Con riferimento all'asse standard da 8.2 ton impiegato nei calcoli ed una vita utile della sovrastruttura stimata in 20 anni si ha che:

- n. di passaggi sopportabili $W_{8.2t} = 1.835.173$
- n. di passaggi previsti $N_{8.2t} = 398.606$

Pertanto, poiché $W_{8.2t} > N_{8.2t}$ la sovrastruttura risulta verificata.

	LINEA POTENZA – FOGGIA - AMMODERNAMENTO					
	SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE						
Relazione tecnica pavimentazioni stradali	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E 78 RH	DOCUMENTO NV08 06 001	REV. A	FOGLIO 20 di 20

5 CONCLUSIONI

Il progetto della sovrastruttura stradale è stato condotto partendo da un TGM pari a 5529veic/gg, secondo quanto indicato dal Catalogo delle Pavimentazioni Stradali. Ai fini del calcolo del TGM sono stati ipotizzati la percentuale di veicoli pesanti $p_c=5\%$ e la percentuale del tasso di incremento annuo del traffico $R=2.5\%$.

Successivamente, sulla base della categoria di traffico assegnata e del valore del modulo resiliente del sottofondo ($M_r=90\text{MPa}$), è stato definito un pacchetto stradale.

Si è quindi svolta la verifica della sovrastruttura attraverso il metodo empirico/probabilistico proposto all'interno del manuale di progettazione dell'AASHTO (AASHTO Guide for Design of Pavement Structures); verificando quindi che il numero di passaggi sopportabili $W_{8,2\text{ton}}$ risulti maggiore del numero di passaggi previsti $N_{8,2\text{ton}}$.

Infine, si vuole osservare che la verifica della pavimentazione con il metodo empirico dell'AASHTO vuole rappresentare la indicazione di una prestazione offerta della sovrastruttura sulla base delle assunzioni fatte. Sarà l'Ente gestore della strada che sulla base dei dati di flusso in suo possesso potrà programmare al meglio i cicli di manutenzione al fine di garantire all'utente una sempre corretta fruibilità della sovrastruttura".