

COMUNE DI SCISCIANO

(PROVINCIA DI NAPOLI)

RIQUALIFICAZIONE INTERSEZIONE STRADALE VIA CUPA DI NOLA - VIA SPARTIMENTO I LOTTO

PROGETTO ESECUTIVO

	- RELAZIONE DI CALCOLO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE	
DATA: SET. 2016		
TAV. 3		
IL SINDACO:		IL R.U.P.:
PROGETTISTA: Ing. Serafino CALABRESE		

Il dimensionamento degli spessori degli strati della pavimentazione flessibile è stato effettuato con il metodo empirico statistico dell'AASHTO (1993) che prende in considerazione i seguenti fattori:

- indice di prestazione finale della pavimentazione (PSI_f)
- traffico
- caratteristiche del sottofondo
- caratteristiche dei materiali utilizzati nella costruzione
- condizioni ambientali
- condizioni di drenaggio per gli strati non legati
- affidabilità.

Il metodo si basa su un calcolo di verifica: in funzione delle caratteristiche del traffico, dei materiali che compongono la pavimentazione, delle caratteristiche del sottofondo, delle condizioni di drenaggio degli strati non legati, dell'affidabilità richiesta e, quindi, del grado di ammaloramento ammesso della pavimentazione dopo un prefissato periodo di tempo, si verifica se il numero di assi standard che la pavimentazione può sopportare è superiore a quello previsto in relazione alle caratteristiche ed all'incremento del traffico stimato. Nel caso la verifica non fosse soddisfatta si procederà ad aumentare gli spessori fino al soddisfacimento della stessa.

Le equazioni di progetto sono state ricavate da analisi statistiche di osservazioni e misurazioni effettuate su piste di prova in scala reale nel corso di un vasto programma sperimentale avviato già negli anni '50.

La relazione desunta da tali prove sperimentali ed indicata nel metodo dell'"AASHTO Guide" del 1993 è la seguente:

$$\frac{N_{80kN}}{Z_R S_0} \left(\frac{PSI_i}{PSI_f} \right)^{0.25} \left(\frac{M_R}{M_R'} \right)^{0.25} = 1$$

dove:

N_{80kN} è il numero sopportabile di passaggi di assi singoli da 80 kN

Z_R e S_0 sono parametri legati all'affidabilità R

SN è l'indice strutturale della pavimentazione

PSI_i e PSI_f rappresentano il grado di funzionalità della pavimentazione all'inizio ed alla fine della vita utile

M_R è il modulo resiliente effettivo del sottofondo.

Ai sensi della normativa vigente, D.Leg.vo 30 aprile 1992, n. 285 - “**Nuovo codice della strada**” e D. Min. Infr. Trasp. 5 novembre 2001, n. 6792 – “**Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade**” e ss.mm. e ii, la strada viene classificata come **strada di tipo F “locale urbana”**.

Ai fini della progettazione della sovrastruttura sono state condotte indagini, seppur limitate nel tempo, che hanno consentito di stimare i seguenti volumi di traffico:

- **TGM = 12400 veic/gg**
- **TGM_p = 3,5 % TGM = 434 veic/gg.**

Dai rilievi effettuati e dall’esame del contesto territoriale si è potuto desumere che la composizione del traffico commerciale presenta uno spettro di distribuzione più simile a quello individuato nel *Catalogo Italiano delle pavimentazioni stradali* per le **strade extraurbane secondarie ordinarie**.

Tipo di veicolo	Tipologia degli assi	Distribuzione dei carichi per asse in KN			
1) autocarri leggeri	S + S	↓10	↓20		
2) " "	S + S	↓15	↓30		
3) autocarri medi e pesanti	S + S	↓40	↓80		
4) " " "	S + S	↓50	↓110		
5) autocarri pesanti	S + T	↓40	80↓ ↓80		
6) " "	S + T	↓60	100↓ ↓100		
7) autotreni e autoarticolati (1)	S + S + S + S	↓40	↓90	↓80	↓80
	S + S + T	↓40	↓90		80↓ ↓80
8) autotreni e autoarticolati (1)	S + S + S + S	↓60	↓100	↓100	↓100
	S + T + T	↓60	↓100		100↓ ↓100
9) autotreni e autoarticolati (2)	S + T + T	↓40	80↓ ↓80		80↓ ↓80
	S + T + S + S	↓40	80↓ ↓80	↓80	↓80
10) autotreni e autoarticolati (2)	S + T + S + S	↓60	90↓ ↓90	↓100	↓100
	S + T + T	↓60	90↓ ↓90		100↓ ↓100
11) autoarticolati	S + S + TR	↓50	↓100	↓80	↓80↓80
12) autoarticolati	S + S + TR	↓60	↓110	↓90	↓90↓90
13) mezzi d'opera	S + S + TR	↓50	↓120	↓130	↓130↓130
14) autobus	S + S	↓40*	↓80		
15) autobus	S + S	↓60	↓80		
16) autobus	S + S	↓50	↓80		

(1) il catalogo del CNR prevede solo lo schema per l'autotreno; (2) il catalogo del CNR prevede solo lo schema per l'autoarticolato

Tabella 1: Classificazione in tipi dei veicoli commerciali secondo il Catalogo Italiano delle pavimentazioni stradali

SPETTRO DI TRAFFICO DEI VEICOLI COMMERCIALI PER 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. Autostrada extraurbana	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. Autostrada urbana	18.2	18.2	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	18.2	27.3	-
3. Strade extraurbane 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 extraurbane secondarie ordinarie	-	-	58.8	29.4	-	5.9	-	2.8	-	-	-	-	0.2	-	-	2.9
5. Strade extraurbane secondarie turistiche	24.5	-	40.8	16.3	-	4.15	-	2	-	-	-	-	0.05	-	-	12.2
6. Strade urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	18.2	27.3	-
7. Strade urbane di quartiere e locali	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
8. Corsie Preferenziali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	53	-

Tabella 2: Distribuzione percentuale delle varie tipologie di veicoli rispetto al volume totale del traffico commerciale secondo il Catalogo Italiano delle pavimentazioni stradali

Per tale ragione il calcolo di verifica sarà effettuato considerando un numero di passaggi di assi equivalenti da 80 kN riferiti allo spettro di traffico relativo alle strade di tipo 4 (*strade extraurbane secondarie ordinarie*) della precedente tabella 2.

Il numero totale di passaggi di ciascuna tipologia di veicolo durante la vita utile (V_k) viene valutato in base al volume ed alla composizione del traffico transitante:

dove

V_k è il numero totale di passaggi della classe k-esima durante la vita utile

N è la vita espressa in anni

G è il prevedibile tasso (%) di incremento annuo del traffico

p_k è la percentuale di veicoli k-esimi rispetto al volume di traffico commerciale (tab. 2)

TGM traffico giornaliero medio della strada (entrambi i sensi di marcia)

p_c è la percentuale dei veicoli commerciali che compone il TGM

D è il fattore di distribuzione direzionale del traffico commerciale (pari a 0,5 per traffico egualmente distribuito tra le due direzioni di marcia)

C è il fattore di distribuzione per corsia del traffico commerciale

365 è il numero di giorni presenti in un anno.

Nel caso in esame si ottiene:

tipo di veicolo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
passaggi	-	-	1025481	512740	-	102897	-	48832	-	-	-	-	99658	-	-	50577

Per ricavare il numero di passaggi equivalenti a quelli di assi singoli da 80 kN, si raggruppano gli assi dello stesso tipo e dello stesso peso presenti su tipologie differenti di veicoli (es. l'asse tandem da 80+80 kN è presente sia nei veicoli del tipo 5 che in quelli del tipo 9 - Tab. 1). Il numero complessivo di passaggi di ciascuna delle classi di assi individuate (n_i) viene valutato attraverso la seguente relazione: $n_i =$

dove

n_i è il numero totale di passaggi di assi della classe i-esima durante la vita utile

m_{ik} è il numero di assi della i-esima classe presenti nel veicolo della k-esima tipologia

k sono le tipologie di veicoli che compongono il traffico transitante.

Il coefficiente di equivalenza e_i tra gli assi della classe i-esima e l'"asse standard" da 80 kN, il cui numero di passaggi è considerato ai fini della perdita di funzionalità indotta nella sovrastruttura, è calcolato attraverso la seguente formula:

dove

P_i è il peso complessivo dell'asse (singolo, tandem o tridem) [kN]

T_i indica la tipologia dell'asse e assume i seguenti valori ($T_i = 1$ asse singolo, $T_i = 2$ asse tandem, $T_i = 3$ asse tridem)

B_{80} è il coefficiente B_i calcolato per l'asse singolo da 80 kN

SN è lo structural number [cm].

Tipo di asse	Peso	Numero di assi	Coefficiente di equivalenza	Numero di assi equivalenti da 80kN
singolo	10	-	0.00032	0
singolo	15	-	0.00130	0
singolo	20	-	0.00388	0
singolo	30	-	0.01963	0
singolo	40	1025481	0.06402	65 651
singolo	50	662975	0.15958	105 798
singolo	60	151729	0.33126	50 262
singolo	80	1076058	1.00000	1 076 058
singolo	90	-	1.54850	0
singolo	100	97664	2.28402	223 067
singolo	110	512740	3.25244	1 667 656
singolo	120	99658	4.51172	449 629
tandem	80+80	-	1.37554	0
tandem	90+90	-	2.13003	0
tandem	100+100	127313	3.14177	399 988
tridem	80+80+80	-	1.65758	0
tridem	90+90+90	-	2.56677	0
tridem	130+130+130	99658	10.16499	1 013 023
Totale numero di assi equivalenti da 80kN = N_{80kN}^*				5 051 132

Considerando che la variante al tracciato si sviluppa sulla sede dell'attuale rilevato ferroviario, al fine del presente calcolo si assume come parametro rappresentativo della capacità portante del sottofondo: **$M_R = 70 \text{ MPa}$ (CBR = 7).**

I parametri **Z_R** e **S_0** sono parametri legati all'affidabilità **R** che rappresenta la probabilità che la sovrastruttura sia in grado di assicurare, con normali operazioni di manutenzione, il livello minimo di funzionalità della sovrastruttura ritenuto accettabile (PSI_f) per l'intera durata della vita utile.

R %	Z_R
50	- 0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674

R %	Z_R
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340

R %	Z_R
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645

R %	Z_R
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327

R %	Z_R
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Valori assunti da **Z_R** in funzione del livello di affidabilità **R** prescelto

In considerazione del tipo di strada in esame e della ubicazione si assume un valore di **$R = 90\%$** , per cui **Z_R** e **S_0** assumeranno i seguenti valori: **$Z_R = -1.282$** ; **$S_0 = 0.45$** .

Il parametro **SN [cm]**, "Structural Number", tiene conto della resistenza strutturale della pavimentazione e viene valutato in funzione dello spessore dei vari strati e delle caratteristiche di resistenza dei materiali che li compongono: **$SN = a_1 \cdot s_1 + a_2 \cdot s_2 + m_3 \cdot a_3 \cdot s_3 + m_4 \cdot a_4 \cdot s_4$**

dove:

S_1, S_2, S_3, S_4 sono rispettivamente gli spessori degli strati di usura, collegamento, base e fondazione espressi in cm

a_1, a_2, a_3, a_4 sono i rispettivi coefficienti strutturali funzione del tipo e delle caratteristiche dei materiali utilizzati (vedi tabella seguente)

m_3, m_4 sono i coefficienti di drenaggio per i materiali non legati (vedi tabella seguente); $m_3 = 0$ quando lo strato di base è costituito da miscele legate.

Tabella 4-4 Valori indicativi dei coefficienti strutturali a_i per le caratteristiche di resistenza che generalmente si riscontrano sui materiali utilizzati in Italia.

STRATO	MATERIALE	Stabilità Marshall (S_{50})	Resistenza a compressione a 7gg [Kg/cm^2]	CBR [%]	COEFFICIENTI STRUTTURALI a_i
Usura	Cong. Bitum.	1000+1100			0.43+0.45
Collegamento	Cong. Bitum.	900+1000			0.40+0.43
Base	Cong. Bitum.	700+800			0.30+0.35
Fondazione/base	Misto cem.		≈ 37		0.15+0.20
Fondazione	Misto gran.			≈ 60	0.11+0.13

N.B. Per maggiori dettagli circa i valori assunti dai coefficienti di equivalenza in funzione delle caratteristiche di resistenza meccanica consultare il manuale dell'"AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES"

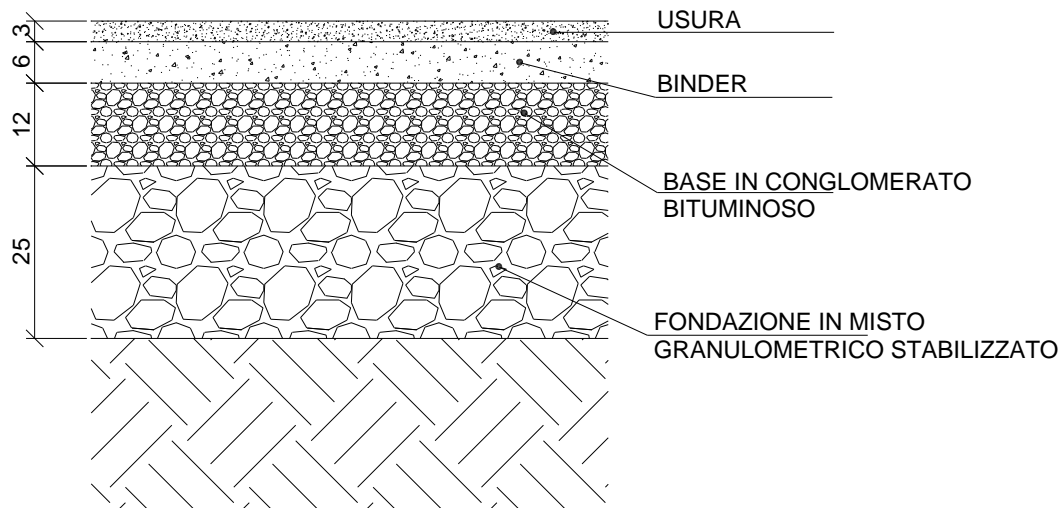
Tabella 4-5 Valori indicativi dei coefficienti di drenaggio m_i per i materiali non legati per strati di fondazione e di base di pavimentazioni flessibili.

Qualità del drenaggio	Percentuale di tempo durante il quale si è in presenza di condizioni prossime alla saturazione	
	<1%	>25%
molto buono	≈ 1.40	≈ 1.20
medio	≈ 1.20	≈ 0.80
molto scadente	≈ 1.00	≈ 0.40

L'indice **PSI**, che esprime la funzionalità della pavimentazione, varia tra 5 (pavimentazione in ottime condizioni) e 0 (pavimentazione in pessime condizioni).

Nel nostro caso si è assunto **PSI_i (inizio della vita utile)** pari a **4.2**, per tenere conto delle inevitabili imperfezioni costruttive, e **PSI_f (stato limite ultimo)** pari a **2.5**.

La pavimentazione di progetto è costituita da uno strato di fondazione di spessore 25 cm in misto granulometrico stabilizzato con legante naturale, da uno strato di base di spessore 12 cm in conglomerato bituminoso, da uno strato di collegamento (binder) di spessore 6 cm in conglomerato bituminoso e da uno strato di usura dello spessore di 3 cm in conglomerato bituminoso confezionato con una miscela di pietrischetti e graniglia aventi perdita di peso alla prova Los Angeles < 20%.



Per la pavimentazione di progetto si ha un valore del parametro SN pari a:

$$SN = a_1 \cdot s_1 + a_2 \cdot s_2 + m_3 \cdot a_3 \cdot s_3 + m_4 \cdot a_4 \cdot s_4 = 0.44 \cdot 3 + 0.42 \cdot 6 + 0.32 \cdot 12 + 1 \cdot 0.12 \cdot 25 = \mathbf{10,68 \text{ cm.}}$$

Dalla relazione

$$\frac{N_{80kN}}{N_{80kN}^*} = \left(\frac{SN}{SN^*} \right)^{10}$$

si ottiene un numero di passaggi di assi equivalenti da 80 kN sopportabili in 20 anni dalla pavimentazione pari a:

$$\boxed{N_{80kN} = 6\,660\,321 > N_{80kN}^* = 5\,051\,132}$$

Scisciano lì gennaio 2014

Il Progettista