



# CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

DIREZIONE TERRITORIO E MOBILITA'  
SERVIZIO PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO VIABILITA'  
UFFICIO LAVORI PUBBLICI

**OGGETTO: ACCORDO QUADRO – Interventi di manutenzione a tratti saltuari di ripristino della sovrastruttura stradale delle strade provinciali della Città Metropolitana di Genova e delle strade di proprietà dei Comuni ricompresi nel territorio della Città Metropolitana stessa.**

## RELAZIONE DI CALCOLO

REDATTO DA:			PROGETTISTI			ALLEGATO		
(Ing. Giorgia Ticconi) <i>Giorgia Ticconi</i>			(Ing. Giorgia Ticconi) <i>Giorgia Ticconi</i>			TAVOLA N°		
(Arch. Chiara Truffelli) <i>Chiara Truffelli</i>			(Arch. Chiara Truffelli) <i>Chiara Truffelli</i>			4		
			IL RESPONSABILE D'UFFICIO:			SCALA		
			(ing. Francesca Villa) <i>Francesca Villa</i>					
			IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:			DATA		
			(ing. Francesca Villa) <i>Francesca Villa</i>			30/06/21		
CONTROLLATO	SIGLA VLL	DATA 30/06/21	AGGIORNATO	SIGLA	DATA			
APPROVATO	SIGLA VLL	DATA 30/06/21	AGGIORNATO	SIGLA	DATA			



**Direzione Territorio e Mobilità**  
**Servizio Programmazione e Coordinamento**  
**Ufficio Lavori Pubblici**

\*\*\*\*\*

**OGGETTO: ACCORDO QUADRO – Interventi di manutenzione a tratti saltuari di ripristino della sovrastruttura stradale delle strade provinciali della Città Metropolitana di Genova e delle strade di proprietà dei Comuni ricompresi nel territorio della Città Metropolitana stessa.**

**RELAZIONE DI CALCOLO SULLA  
PAVIMENTAZIONE DI UNA STRADA  
PROVINCIALE STORICA**

---

# RELAZIONE DI CALCOLO SULLA PAVIMENTAZIONE STRADALE DI UNA STRADA PROVINCIALE STORICA

## 1 Premessa

La presente relazione riguarda la valutazione della pavimentazione flessibile di una strada provinciale storica. Le strade provinciali storiche, quali a titolo esemplificativo la SP 26 o la SP 48, ricadono nella classe "strada locale (F)" secondo la classificazione del D.lgs. 285/92, e sono caratterizzate da un TGM pari a 1000 con un percentuale di mezzi pesanti (peso superiore a 3 ton) pari al 10% (traffico di tipo II secondo il DM 223/92).

La pavimentazione di tali strade, generalmente, è costituita da tre strati sovrapposti di aggregati lapidei legati a bitume (usura, binder, base) e da uno strato di materiale 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. 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, sopportando 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. Viene realizzato con conglomerato bituminoso caratterizzato da notevole resistenza al taglio, generalmente è suddiviso in:

- Usura, posto a contatto con i pneumatici dei veicoli, deve garantire delle ottime condizioni di aderenza ed assicurare adeguate caratteristiche di regolarità
- Binder, (strato di collegamento) destinato a integrare le funzioni portanti dello strato superiore e ad assicurare la collaborazione con gli strati sottostanti.

Lo strato di base ha la funzione principale di ripartire i carichi sul sottostante strato di fondazione di minore qualità portante e deve possedere un'elevata resistenza ai fenomeni di fatica e all'ormaiamento. Lo strato di fondazione è la parte a contatto con il sottofondo e ha la funzione di ripartire i carichi e rendere la sollecitazione compatibile con il sottostante strato, ma ha anche la funzione di rendere la superficie regolare per stendere lo strato superiore di base.

Il presente elaborato riporta il dimensionamento delle pavimentazioni ottenuto tramite procedura empirica dell'AASHTO. Gli strati di fondazione e di base sono esistenti e quindi generalmente non suscettibili di modifiche da effettuarsi in lavori di manutenzione, ma gli spessori ottenuti da tale valutazione sono rappresentativi degli strati realmente presenti nella maggior parte delle strade provinciali storiche. Gli interventi di manutenzione dovranno invece garantire gli spessori minimi dello strato di usura e del binder ottenuti dal calcolo (rispettivamente 4 cm e 5 cm).

---

## 2 Dati

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 10 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  $PSI_f$  ritenuto generalmente accettabile per la pavimentazione flessibile, 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.

I valori assunti dipendono dal tipo di strada e dalla sua ubicazione, in relazione alla strada in esame risulta pari a:

<b>AFFIDABILITÀ</b>	<b>85</b>
<b>DEVIAZIONE STANDARD</b>	<b>0.45</b>

## 3 Traffico di progetto

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. Il traffico giornaliero medio *TGM* previsto è 1'000 con una percentuale di *Veicoli Commerciali* pari a 10 % e considerando un tasso di *incremento annuale del traffico* del 2 % (tab 1)

<b>TIPOLOGIA STRADA</b>	<b>Strada extraurbana secondaria e locale</b>
<b>LEGGE DI INCREMENTO DEL TRAFFICO</b>	<b>Lineare</b>
<b>TGM</b>	<b>1'000</b>
<b>PERCENTUALE DEI VEICOLI COMMERCIALI</b>	<b>10 %</b>

<b>TASSO INCREMENTO ANNUALE DEL TRAFFICO</b>	<b>2 %</b>
<b>PERIODO DI PROGETTO</b>	<b>10</b>
<b>TRAFFICO DI PROGETTO (365 giorni lavorativi annui)</b>	<b>372'300</b>
<b>TRAFFICO IN NUMERO DI VEICOLI COMMERCIALI SULLA CORSIA PIÙ TRAFFICATA</b>	<b>186'150</b>
<b>CLASE DI TRAFFICO</b>	<b>L (leggero)</b>

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 t) 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
10) " "	"	↓60	↓90	↓90	↓100
11) " "	"	↓40	↓100		↓80
12) " "	"	↓60	↓110		↓90
13) mezzi d'opera	"	↓50	↓120		↓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.

## 4 Calcolo degli ESAL's

L'incidenza del traffico viene quasi sempre 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 numero di  $ESAL_{tot}$  ottenuto risulta essere pari a 888'728 passaggi.

Infine introducendo due ulteriori parametri  $D_l$  e  $D_d$ , che derivano dalle seguenti considerazioni:

- $D_d$  è funzione della distribuzione del traffico nelle due direzioni.  
Nel caso del progetto in esame si è scelto il valore pari a  $D_d = 0.5$
- $D_l$  è funzione della distribuzione del traffico tra le corsie nelle due direzioni. Indubbiamente la condizione di traffico più gravosa si manifesterà nella corsia più lenta, adibita al transito dei veicoli commerciali:

NUMERO DI CORSIE NELLE DUE DIREZIONI	$D_L$
1	1

Il numero di assi standard da 80 KN equivalenti al traffico sulla corsia più caricata della strada in progetto è:

$$ESAL_{progetto} = ESAL_{tot} * D_d * D_l = 444'364 \text{ Passaggi}$$

## 5 Portanza del sottofondo

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 la descrizione del suolo,  $M_r = 60 \text{ N/mm}^2$ .

La capacità portante della sovrastruttura è rappresentata dallo *Structural Number (SN)*. 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.

SN = 2.75			
STRATO	TIPO MATERIALE	METODO DI CALCOLO	COEFFICIENTE STRUTTURALE
USURA	Conglomerato bituminoso	Stabilità Marshall	$a_1 = 0.410$
BINDER	Conglomerato bituminoso	Stabilità Marshall	
BASE	Conglomerato bituminoso	Stabilità Marshall	$a_2 = 0.276$
FONDAZIONE	Misto granulare	Stima del modulo resiliente	$a_3 = 0.129$

I coefficienti di drenaggio  $m_i$  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. Il coefficiente di drenaggio viene considerato solo per il misto granulare sciolto dello strato di fondazione:  $m_3 = 0.8$

---

## 6 Spessore strati

La pavimentazione 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

Il dimensionamento ottenuto dei vari strati risulta essere:

STRATO	MATERIALE	SPESSORE (cm)
USURA	Conglomerato bituminoso	4
BINDER	Conglomerato bituminoso	5
BASE	Conglomerato bituminoso	6
FONDAZIONE	Misto granulare	16





**Direzione Territorio e Mobilità**  
**Servizio Programmazione e Coordinamento**  
**Ufficio Lavori Pubblici**

\*\*\*\*\*

**OGGETTO: ACCORDO QUADRO – Interventi di manutenzione a tratti saltuari di ripristino della sovrastruttura stradale delle strade provinciali della Città Metropolitana di Genova e delle strade di proprietà dei Comuni ricompresi nel territorio della Città Metropolitana stessa.**

**RELAZIONE DI CALCOLO SULLA  
PAVIMENTAZIONE DI UNA STRADA EX  
ANAS**

---

# RELAZIONE DI CALCOLO SULLA PAVIMENTAZIONE STRADALE DI UNA STRADA “ EX ANAS”

## 1 Premessa

La presente relazione riguarda la valutazione della pavimentazione flessibile di una strada provinciale “ex Anas” Le strade provinciali “ex Anas”, quale la SP 226, SP 227 e SP 333 ricadono nella classe “strada locale (F)” secondo la classificazione del D.lgs. 285/92, e sono caratterizzate da un TGM pari a 7500 con un percentuale di mezzi pesanti (peso superiore a 3 ton) pari al 15% (traffico di tipo III secondo il DM 223/92).

La pavimentazione di tali strade, generalmente, è costituita da tre strati sovrapposti di aggregati lapidei legati a bitume (usura, binder, base) e da uno strato di materiale 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. 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, sopportando 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. Viene realizzato con conglomerato bituminoso caratterizzato da notevole resistenza al taglio, generalmente è suddiviso in:

- Usura, posto a contatto con i pneumatici dei veicoli, deve garantire delle ottime condizioni di aderenza ed assicurare adeguate caratteristiche di regolarità
- Binder, (strato di collegamento) destinato a integrare le funzioni portanti dello strato superiore e ad assicurare la collaborazione con gli strati sottostanti.

Lo strato di base ha la funzione principale di ripartire i carichi sul sottostante strato di fondazione di minore qualità portante e deve possedere un'elevata resistenza ai fenomeni di fatica e all'ormaiamento. Lo strato di fondazione è la parte a contatto con il sottofondo e ha la funzione di ripartire i carichi e rendere la sollecitazione compatibile con il sottostante strato, ma ha anche la funzione di rendere la superficie regolare per stendere lo strato superiore di base.

Il presente elaborato riporta il dimensionamento delle pavimentazioni ottenuto tramite procedura empirica dell'AASHTO. Gli strati di fondazione e di base sono esistenti e quindi generalmente non suscettibili di modifiche da effettuarsi in lavori di manutenzione, ma gli spessori ottenuti da tale valutazione sono rappresentativi degli strati realmente presenti nella maggior parte delle strade provinciali “ex Anas”. Gli interventi di manutenzione dovranno invece garantire gli spessori minimi dello strato di usura e del binder ottenuti dal calcolo (rispettivamente 4 cm e 5 cm).

---

## 2 Dati

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 10 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  $PSI_f$  ritenuto generalmente accettabile per la pavimentazione flessibile, 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. I valori assunti dipendono dal tipo di strada e dalla sua ubicazione, in relazione alla strada in esame risulta pari a:

<b>AFFIDABILITÀ</b>	<b>85</b>
<b>DEVIAZIONE STANDARD</b>	<b>0.45</b>

## 3 Traffico di progetto

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. Il traffico giornaliero medio *TGM* previsto è 7500 con una percentuale di *Veicoli Commerciali* pari a 15 % e considerando un *tasso di incremento annuale del traffico* del 2 % (tab 1)

<b>TIPOLOGIA STRADA</b>	<b>Strada extraurbana secondaria e locale</b>
<b>LEGGE DI INCREMENTO DEL TRAFFICO</b>	<b>Lineare</b>
<b>TGM</b>	<b>7'500</b>
<b>PERCENTUALE DEI VEICOLI COMMERCIALI</b>	<b>15 %</b>
<b>TASSO INCREMENTO ANNUALE DEL TRAFFICO</b>	<b>2 %</b>
<b>PERIODO DI PROGETTO</b>	<b>10</b>
<b>TRAFFICO DI PROGETTO (365 giorni lavorativi annui)</b>	<b>4'188'375</b>
<b>TRAFFICO IN NUMERO DI VEICOLI COMMERCIALI</b>	<b>186'150</b>

<b>SULLA CORSIA PIÙ TRAFFICATA</b>	
<b>CLASE DI TRAFFICO</b>	<b>L (leggero)</b>

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 t) 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
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		

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.

---

## 4 Calcolo degli ESAL's

L'incidenza del traffico viene quasi sempre 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 numero di  $ESAL_{tot}$  ottenuto risulta essere pari a 8'992'677 passaggi.

Infine introducendo due ulteriori parametri  $D_I$  e  $D_d$ , che derivano dalle seguenti considerazioni:

- $D_d$  è funzione della distribuzione del traffico nelle due direzioni.

Nel caso del progetto in esame si è scelto il valore pari a  $D_d = 0.5$

- $D_I$  è funzione della distribuzione del traffico tra le corsie nelle due direzioni. Indubbiamente la condizione di traffico più gravosa si manifesterà nella corsia più lenta, adibita al transito dei veicoli commerciali:

NUMERO DI CORSIE NELLE DUE DIREZIONI	$D_L$
1	1

Il numero di assi standard da 80 KN equivalenti al traffico sulla corsia più caricata della strada in progetto è:

$$ESAL_{progetto} = ESAL_{tot} * D_d * D_I = 4'496'338 \text{ Passaggi}$$

## 5 Portanza del sottofondo

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 la descrizione del suolo,  $M_r = 60 \text{ N/mm}^2$ .

La capacità portante della sovrastruttura è rappresentata dallo *Structural Number (SN)*. 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.

SN = 4.02			
STRATO	TIPO MATERIALE	METODO DI CALCOLO	COEFFICIENTE STRUTTURALE
USURA	Conglomerato bituminoso	Stabilità Marshall	$a_1 = 0.410$
BINDER	Conglomerato bituminoso	Stabilità Marshall	
BASE	Conglomerato bituminoso	Stabilità Marshall	$a_2 = 0.276$
FONDAZIONE	Misto granulare	Stima del modulo resiliente	$a_3 = 0.129$

I coefficienti di drenaggio  $m_i$  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.

Il coefficiente di drenaggio viene considerato solo per il misto granulare sciolto dello strato di fondazione e/o base:  $m_3 = 0.8$

## 6 Spessore strati

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

Il dimensionamento ottenuto dei vari strati risulta essere:

STRATO	MATERIALE	SPESSORE (cm)
USURA	Conglomerato bituminoso	4
BINDER	Conglomerato bituminoso	5
BASE	Conglomerato bituminoso	15
FONDAZIONE	Misto granulare	24