

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria



Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

VIABILITÀ - NV

Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F

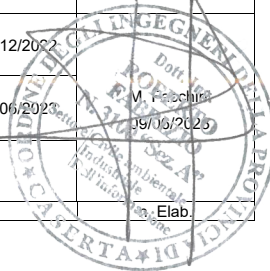


|  |  |   |
|--|--|---|
| L'Appaltatore<br>Ing. Gianguido Babini | A.A. D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.<br>Il Direttore Tecnico<br>(Ing. Gianguido Babini) | I progettisti (il Direttore della progettazione)<br>Ing. Massimo Facchini |
| Data 09/06/2023                        | firma  | Data 09/06/2023   |

|          |       |      |      |          |                    |       |     |       |
|----------|-------|------|------|----------|--------------------|-------|-----|-------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC | OPERA / DISCIPLINA | PROGR | REV | SCALA |
| L I O B  | 0 2   | E    | Z Z  | R H      | N V 0 0 0 0        | 0 0 3 | B   | ---   |

| Rev. | Descrizione                          | Redatto     | Data       | Verificato  | Data       | Approvato   | Data       | Autorizzato/Data |
|------|--------------------------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|------------------|
| A    | Emissione Esecutiva                  | A. Ostashov | 12/12/2022 | C. Facchini | 14/12/2022 | R. Fabrizio | 16/12/2022 |                  |
| B    | Revisione per RdV LI0B-RV-0000000295 | A. Ostashov | 01/06/2023 | C. Facchini | 05/06/2023 | R. Fabrizio | 07/06/2023 |                  |
|      |                                      |             |            |             |            |             |            |                  |

File: LI0B02EZZRHN0200001B.docx



|   |                                 |   |                                |                           |                         |                          |                              |  |                            |                        |
|---|---------------------------------|---|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|--|----------------------------|------------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                                |                           |                         |                          |                              |  |                            |                        |
|   |                                 | <b>VIABILITÀ – NV</b><br>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F   | <b>COMMESSA</b><br><b>LI0B</b> | <b>LOTTO</b><br><b>02</b> | <b>FASE</b><br><b>E</b> | <b>ENTE</b><br><b>ZZ</b> | <b>TIPO DOC</b><br><b>RH</b> | <b>OPERA 7 DISCIPLINA</b><br><b>NV 00 00</b> | <b>PROGR</b><br><b>003</b> | <b>REV</b><br><b>B</b> |

## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.. PREMESSA .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>2.. SCOPO DEL DOCUMENTO .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>3.. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>4.. CONFIGURAZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE E CARATTERISTICHE DEL SOTTOFONDO .....</b> | <b>6</b>  |
| 4.1 Sovrastruttura stradale.....   | 6         |
| 4.2 Sottofondo .....   | 6         |
| <b>5.. SCELTA DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE DI PROGETTO .....</b>                              | <b>8</b>  |
| <b>6.. VERIFICA DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE .....</b>  | <b>10</b> |
| 6.1 Generalità .....   | 10        |
| 6.2 Traffico di progetto.....  | 10        |
| 6.3 Descrizione della verifica attraverso l'AASHTO.....  | 11        |
| 6.4 Caratteristiche strutturali: calcolo dello "Structural Number" .....                       | 13        |
| 6.5 Calcolo del traffico in assi standard equivalenti (N <sub>8,2ton</sub> ).....              | 13        |
| 6.6 Calcolo del traffico sopportabile (W <sub>18</sub> ).....                                  | 17        |
| 6.7 Verifica della sovrastruttura.....   | 18        |
| <b>7.. CONCLUSIONI.....</b>  | <b>19</b> |

|   |  |   |  |   |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |                 |                    |
|---|--|---|--|---|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|
| MANDATARIA<br> |  | MANDANTI<br> |  | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |                 |                    |
| <b>VIABILITÀ – NV</b><br>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F           |  |   |  | COMMESSA<br><b>LI0B</b>   | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>RH</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>NV 00 00</b> | PROGR<br><b>001</b> | REV<br><b>B</b> | FOGLIO<br><b>2</b> |

## 1. PREMESSA

Nell'ambito del Progetto Definitivo di raddoppio della tratta ferroviaria Termoli-Lesina – Lotti 2 e 3 (raddoppio Termoli-Ripalta) della Linea Pescara-Bari, per gli interventi riferiti alle viabilità di progetto sono previste le seguenti configurazioni di sovrastruttura stradale.

| Tipo pavimentazione                                     | Viabilità                   | Categoria   |
|---|-----------------------------|---|
| <b>Tipo 1</b><br>(5+6+18+15 = 44 cm)                    | NV18                        | Strada Extraurbana Secondaria (Cat. C)            |
| <b>Tipo 2</b><br>(4+5+12+15 = 36 cm)                    | NV03                        | Strada Locale in Ambito Extraurbano (Cat. F)      |
|   | NV07A                       |   |
|   | NV07B                       |   |
|   | NV11                        |   |
|   | NV12                        |   |
|   | NV13                        |   |
|   | NV16                        |   |
|   | NV04A-Tratto 1              |   |
|   | NV04A-Tratto 2              |   |
|   | NV04B-Rotatoria Ovest       |   |
|   | NV04C-Rotatoria Campomarino |   |
| NV04D-Rotatoria Est                                     |                             |   |
| <b>Tipo 3</b><br>(4+5+8+15 = 32 cm)                     | NV08A                       | Strada locale a destinazione particolare          |
|   | NV08B                       |   |
|   | NV08C                       |   |
|   | NV19A                       |   |
|   | NV19B                       |   |
|   | NV20A                       |   |
|   | NV20B                       |   |
|   | NV09                        |   |
|   | NV21                        |   |
|   | NV14A                       |   |
|   | NV14B                       |   |
|   | NV14C                       |   |
|   | NV15                        |   |
|   | NV17                        |   |
| <b>Tipo 4</b><br>(3+4+8+20 = 35 cm) come da Manuale RFI | NV02A                       | Viabilità di accesso piazzali / aree di sicurezza |
|   | NV02B                       |   |
|   | NV22                        |   |
|   | NV05                        |   |
|   | NV10                        |   |
| <b>Tipo 5</b><br>(50 cm misto gran. stab.)              | NV19B                       | Strada bianca                                     |
|   | NV06                        |   |

|   |  |                               |                             |                              |                                  |  |                  |                  |                                |                            |                               |
|---|--|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| <p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p>  | <p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p> |                               |                             |                              |                                  |  |                  |                  |                                |                            |                               |
| <p><b>VIABILITÀ – NV</b></p> <p>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F</p>  | <p>COMMESSA</p> <p><b>LI0B</b></p>   | <p>LOTTO</p> <p><b>02</b></p> | <p>FASE</p> <p><b>E</b></p> | <p>ENTE</p> <p><b>ZZ</b></p> | <p>TIPO DOC</p> <p><b>RH</b></p> | <p>OPERA 7 DISCIPLINA</p> <p><b>NV</b></p> | <p><b>00</b></p> | <p><b>00</b></p> | <p>PROGR</p> <p><b>003</b></p> | <p>REV</p> <p><b>B</b></p> | <p>FOGLIO</p> <p><b>3</b></p> |

**La presente relazione di calcolo riporta la verifica della sovrastruttura stradale “Tipo 2” prevista per le viabilità inquadrate funzionalmente come Strade Locali in Ambito Extraurbano (Cat. F).**

Per la scelta della pavimentazione da adottare si è fatto riferimento al “Catalogo delle pavimentazioni stradali” redatto dal Consiglio Nazionale delle Ricerche. Il catalogo delle pavimentazioni stradali suggerisce al progettista un ventaglio di soluzioni di sovrastrutture stradali di varie tipologie per le condizioni di traffico e ambientali tipiche dell’Italia.

Le tipologie di pavimentazioni che vengono considerate sono: flessibile, semirigida e rigida. Per ciascuna di esse, il catalogo, fornisce soluzioni che, per un determinato tipo di strada, portanza del sottofondo e condizioni di traffico, sono equivalenti tra loro sotto l’aspetto della durata strutturale, ma differenti per i materiali impiegati, per gli spessori degli strati e per i costi.

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

|  |  |                               |                             |                              |                                  |  |                  |                  |                                |                            |                               |
|--|--|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| <p>MANDATARIA</p>  <p>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</p> <p>MANDANTI</p>  | <p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p> |                               |                             |                              |                                  |  |                  |                  |                                |                            |                               |
| <p><b>VIABILITÀ – NV</b></p> <p>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F</p>   | <p>COMMESSA</p> <p><b>LI0B</b></p>   | <p>LOTTO</p> <p><b>02</b></p> | <p>FASE</p> <p><b>E</b></p> | <p>ENTE</p> <p><b>ZZ</b></p> | <p>TIPO DOC</p> <p><b>RH</b></p> | <p>OPERA 7 DISCIPLINA</p> <p><b>NV</b></p> | <p><b>00</b></p> | <p><b>00</b></p> | <p>PROGR</p> <p><b>001</b></p> | <p>REV</p> <p><b>B</b></p> | <p>FOGLIO</p> <p><b>4</b></p> |

## 2. SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è la verifica della sovrastruttura stradale “Tipo 2”, prevista per le viabilità inquadrata funzionalmente come Strade Locali in Ambito Extraurbano (Cat. F), nell’ambito del Progetto Definitivo di raddoppio della tratta ferroviaria Termoli-Lesina – Lotti 2 e 3 (raddoppio Termoli-Ripalta) della Linea Pescara-Bari.

Nel seguito, dopo aver riportato le normative di riferimento adottate, si riporta:

- La configurazione della sovrastruttura stradale e le caratteristiche del sottofondo;
- La scelta della sovrastruttura stradale di progetto;
- La verifica della sovrastruttura stradale.

|   |  |                               |                             |                              |                                  |  |                  |                  |                                |                            |                               |
|---|--|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| <p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p>  | <p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p> |                               |                             |                              |                                  |  |                  |                  |                                |                            |                               |
| <p><b>VIABILITÀ – NV</b></p> <p>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F</p>  | <p>COMMESSA</p> <p><b>LI0B</b></p>   | <p>LOTTO</p> <p><b>02</b></p> | <p>FASE</p> <p><b>E</b></p> | <p>ENTE</p> <p><b>ZZ</b></p> | <p>TIPO DOC</p> <p><b>RH</b></p> | <p>OPERA 7 DISCIPLINA</p> <p><b>NV</b></p> | <p><b>00</b></p> | <p><b>00</b></p> | <p>PROGR</p> <p><b>003</b></p> | <p>REV</p> <p><b>B</b></p> | <p>FOGLIO</p> <p><b>5</b></p> |

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in conformità alla seguente normativa:

- D. L.vo 30/04/1992 n. 285: “Nuovo codice della strada”;
- D.M. 05/11/2001: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- D.M. 14-01-18 (NTC-2018): “Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- CNR - Bollettino Ufficiale - Norme Tecniche - Anno XXIX – N.178: “Catalogo delle pavimentazioni stradali”.

Sono state considerate, inoltre, le indicazioni e prescrizioni riportate nei seguenti documenti:

- AASHTO: “Guide for Design of Pavement Structures”;
- “Portanza dei sottofondi”: Fondazione politecnica per il mezzogiorno d’Italia – P. Giannattasio, C. Caliendo, L. Esposito, B. Festa, W. Pellicchia – Napoli , Dicembre 1989

|   |                                 |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |                 |
|---|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |                 |
|   |                                 | <b>VIABILITÀ – NV</b><br>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F   | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>RH</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>NV 00 00</b> | PROGR<br><b>001</b> | REV<br><b>B</b> |

## 4. CONFIGURAZIONE DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE E CARATTERISTICHE DEL SOTTOFONDO

### 4.1 Sovrastruttura stradale

La configurazione della sovrastruttura stradale “Tipo 2”, oggetto della presente relazione (prevista per le viabilità inquadrate funzionalmente come Strade Locali in Ambito Extraurbano (Cat. F)) è composta dai seguenti strati.

#### Pavimentazione stradale Configurazione Tipo 2 (Strade Locali in Ambito Extraurbano – Cat. F)

| Strato                | Materiale                    | Spessore [cm] |
|-----------------------|------------------------------|---------------|
| Usura                 | conglomerato bituminoso      | 4             |
| Collegamento (binder) | conglomerato bituminoso      | 5             |
| Base                  | conglomerato bituminoso      | 12            |
| Fondazione            | misto granulare stabilizzato | 15            |

36

Tale configurazione è prevista sia lungo i tratti in rilevato che lungo i tratti in trincea.

In corrispondenza delle opere d’arte in cavalcavia, la sovrastruttura è composta dai primi due strati (usura da 4 cm + binder da 5 cm).

#### 4.1.1 Mix design

Per gli elementi caratteristici del mix design (miscela inerti, caratteristiche inerti, caratteristiche bitume), si rimanda alla tabella materiali riportata nell’ambito degli elaborati di “Sezioni Tipo”.

### 4.2 Sottofondo

In corrispondenza dei tratti con corpo stradale in rilevato, è prevista la realizzazione di uno strato di sottofondazione avente le seguenti caratteristiche:

- per rilevati di altezze minori di 2,00 m è previsto uno strato di sottofondazione, in terre di categoria A1, A2\_4, A2\_5 ed A3, denominato “supercompattato” di spessore 30cm con modulo di deformazione pari a  $M_d = 50 \text{ MPa}$ ;
- per rilevati di altezze maggiori o uguali di 2,00 m di uno strato di sottofondazione in misto cementato di spessore 30cm con modulo di deformazione pari a  $M_d = 200 \text{ MPa}$ .

L’inserimento dello strato di sottofondazione, aumentando la rigidità dell’intera sovrastruttura, garantisce una minore deformabilità e in definitiva una maggiore durata. Al fine di ottenere un risultato a favore di sicurezza, nel dimensionamento della sovrastruttura stradale tale strato non verrà preso in considerazione.

|   |  |                               |                             |                              |                                  |  |                  |                  |                                |                            |                               |
|---|--|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| <p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p>  | <p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p> |                               |                             |                              |                                  |  |                  |                  |                                |                            |                               |
| <p><b>VIABILITÀ – NV</b></p> <p>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F</p>  | <p>COMMESSA</p> <p><b>LI0B</b></p>   | <p>LOTTO</p> <p><b>02</b></p> | <p>FASE</p> <p><b>E</b></p> | <p>ENTE</p> <p><b>ZZ</b></p> | <p>TIPO DOC</p> <p><b>RH</b></p> | <p>OPERA 7 DISCIPLINA</p> <p><b>NV</b></p> | <p><b>00</b></p> | <p><b>00</b></p> | <p>PROGR</p> <p><b>003</b></p> | <p>REV</p> <p><b>B</b></p> | <p>FOGLIO</p> <p><b>7</b></p> |

#### 4.2.1 Portanza del sottofondo

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

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

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

dove:

CBR (% *Californian Bearing Ratio*) = Indice di portanza del sottofondo, tale che sia

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

Il valore del modulo di deformazione del sottofondo deve risultare pari  $\geq 50$ MPa come da Capitolato.

A favore di sicurezza nei calcoli si assumerà un valore di  $M_d=45$ MPa. Pertanto si ha che:

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

$$Mr = 10 * CBR(\%) = 10 * 9 = 90 \text{ MPa.}$$

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



|   |                                 |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |                 |
|---|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |                 |
|   |                                 | <b>VIABILITÀ – NV</b><br>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F   | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>RH</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>NV 00 00</b> | PROGR<br><b>001</b> | REV<br><b>B</b> |

## 5. SCELTA DELLA 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 ad 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 – Classificazione delle strade secondo il Nuovo Codice della Strada e le Norme CNR

| 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.).

Non avendo un riferimento diretto dal Catalogo per la tipologia di strada in oggetto si sono valutate le diverse schede costituenti il Catalogo stesso sulla base della classe di traffico inteso come numero di passaggi di veicoli commerciali, della categoria di sottofondo, tipologia di strada e della tipologia di sovrastruttura.

Pertanto, per la scelta della sovrastruttura stradale di progetto, si è proceduto dapprima fissando il Traffico Commerciale pari a 1.500.000 di veicoli corrispondenti al 2° livello e successivamente calcolando il Traffico Giornaliero Medio (TGM), secondo quanto indicato dal Catalogo delle Pavimentazioni Stradali. Si segnala che sono stati ipotizzati la percentuale di veicoli pesanti (assunta pari al pari al 7%) ed il 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 ( $M_r = 90$  MPa), è stato assegnato il pacchetto stradale prendendo a riferimento le schede contenute nel Catalogo delle Pavimentazioni Stradali.

Si segnala che non essendo trattata nel Catalogo la categoria "F" (Strada Locale in ambito extraurbano) si è fatto riferimento ai pacchetti assegnati per le Strade Secondarie Extraurbane - Turistiche (Scheda n. 5F).

Si è deciso quindi di adottare una pavimentazione di tipo flessibile, costituita dai seguenti spessori.

|  |                                 |   |                                |                           |                         |                          |                              |  |                            |                        |
|--|---------------------------------|---|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|--|----------------------------|------------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br><small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</small> | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                                |                           |                         |                          |                              |  |                            |                        |
|  |                                 | <b>VIABILITÀ – NV</b><br>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F   | <b>COMMESSA</b><br><b>LI0B</b> | <b>LOTTO</b><br><b>02</b> | <b>FASE</b><br><b>E</b> | <b>ENTE</b><br><b>ZZ</b> | <b>TIPO DOC</b><br><b>RH</b> | <b>OPERA 7 DISCIPLINA</b><br><b>NV 00 00</b> | <b>PROGR</b><br><b>003</b> | <b>REV</b><br><b>B</b> |

| STRATO            | Spessore [cm] | Materiale costituente        |
|-------------------|---------------|------------------------------|
| <b>Usura</b>      | 4             | Conglomerato bituminoso      |
| <b>Binder</b>     | 5             | Conglomerato bituminoso      |
| <b>Base</b>       | 12 (*)        | Conglomerato bituminoso      |
| <b>Fondazione</b> | 15            | Misto granulare stabilizzato |

*(\*) Si vuole segnalare che lo spessore dello strato di base è stato aumentato di 2cm (rispetto al valore di 10cm riportato nella scheda del catalogo 5F) al fine di far verificare la pavimentazione per i carichi da traffico ipotizzati.*

*Nel seguito si riportano esclusivamente le verifiche della sovrastruttura nella sua configurazione finale.*

Tale pavimentazione è in grado di sopportare durante la sua Vita Utile un traffico commerciale pari a 1.500.000 di veicoli (Livello di traffico 2°).

|   |  |   |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
|---|--|---|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
|   |  | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |           |          |           |           |                    |           |           |            |          |           |
| <b>VIABILITÀ – NV</b><br>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F   |  | COMMESSA  | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           | PROGR     | REV        | FOGLIO   |           |
|   |  | <b>LI0B</b>   | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>RH</b> | <b>NV</b>          | <b>00</b> | <b>00</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>10</b> |

## 6. VERIFICA DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

### 6.1 Generalità

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.

### 6.2 Traffico di progetto

Come dichiarato al §.5, non avendo a disposizione i dati di traffico nell'area oggetto di intervento, si è deciso di adottare il numero di veicoli commerciali definiti dalla scheda del catalogo per la sovrastruttura scelta. Pertanto, assunto un traffico commerciale previsto pari a 1.500.000 di veicoli e definiti i seguenti parametri:

- Vita Utile della pavimentazione  $N = 20$  anni
- percentuale dei veicoli commerciali  $p_c = 7\%$
- tasso incremento annuo traffico commerciale  $R = 2.5\%$

si determina il valore del Traffico Giornaliero Medio.

|   |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |        |
|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|--------|
|   | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |        |
|   | <b>VIABILITÀ – NV</b><br>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F   | COMMESSA  | LOTTO    | FASE      | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           | PROGR      | REV      | FOGLIO |
|   | <b>LI0B</b>   | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>RH</b> | <b>NV</b> | <b>00</b>          | <b>00</b> | <b>003</b> | <b>B</b> | 11     |

**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                          | <i>Locale Extraurbano</i> | <b>F</b>     |            |
| Vita Utile della Pavimentazione              | <i>N</i>                  | <b>20</b>    | [anni]     |
| Traffico Giornaliero Medio                   | <i>TGM</i>                | <b>3.283</b> | [veic./gg] |
| Percentuale traffico nel senso di marcia     | <i>p<sub>sm</sub></i>     | <b>70</b>    | [%]        |
| Percentuale veicoli commerciali              | <i>p<sub>c</sub></i>      | <b>7,0</b>   | [%]        |
| Percentuale veicoli commerciali sulla corsia | <i>p<sub>corsia</sub></i> | <b>1,0</b>   |            |
| Tasso incremento annuo traffico commerciale  | <i>R</i>                  | <b>2,5</b>   | [%]        |

*Traffico annuo*    *n<sub>vca</sub>*    58.721

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

*Traffico commerciale previsto*    **T<sup>N</sup>**    **1.500.000**

*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<sub>sm</sub>*) vuole tenere conto delle possibili diverse ripartizioni stagionali del traffico; inoltre la percentuale di veicoli commerciali sulla corsia (*p<sub>corsia</sub>*) assunta pari ad 1 vuole indicare la presenza di una corsia per senso di marcia.

### 6.3 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<sub>i</sub>*, della “resistenza” dei materiali impiegati rappresentata attraverso i “coefficienti strutturali di strato” *a<sub>i</sub>* e della loro sensibilità all'acqua rappresentata attraverso i “coefficienti di drenaggio” *m<sub>i</sub>*.

L'espressione analitica dello *structural number* è:  $SN = \sum_i a_i \cdot m_i \cdot S_i$

dove:

- *i* è il numero degli strati costituenti la sovrastruttura stradale;

|  |  |                               |                             |                              |                                  |  |                  |                  |                                |                            |                                |
|--|--|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <p>MANDATARIA<br/><b>HUB</b> ENGINEERING<br/>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L.</p> <p>MANDANTI<br/><b>HYpro</b> S.P.A.</p> | <p><b>LINEA PESCARA – BARI</b></p> <p><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b></p> <p><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b></p> |                               |                             |                              |                                  |  |                  |                  |                                |                            |                                |
| <p><b>VIABILITÀ – NV</b></p> <p>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F</p>                                     | <p>COMMESSA</p> <p><b>LI0B</b></p>   | <p>LOTTO</p> <p><b>02</b></p> | <p>FASE</p> <p><b>E</b></p> | <p>ENTE</p> <p><b>ZZ</b></p> | <p>TIPO DOC</p> <p><b>RH</b></p> | <p>OPERA 7 DISCIPLINA</p> <p><b>NV</b></p> | <p><b>00</b></p> | <p><b>00</b></p> | <p>PROGR</p> <p><b>001</b></p> | <p>REV</p> <p><b>B</b></p> | <p>FOGLIO</p> <p><b>12</b></p> |

- $a_i$  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 ad 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%.

|   |                                 |   |                                |                           |                         |                          |                              |  |                            |                        |
|---|---------------------------------|---|--------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|--|----------------------------|------------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                                |                           |                         |                          |                              |  |                            |                        |
|   |                                 | <b>VIABILITÀ – NV</b><br>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F   | <b>COMMESSA</b><br><b>LI0B</b> | <b>LOTTO</b><br><b>02</b> | <b>FASE</b><br><b>E</b> | <b>ENTE</b><br><b>ZZ</b> | <b>TIPO DOC</b><br><b>RH</b> | <b>OPERA 7 DISCIPLINA</b><br><b>NV 00 00</b> | <b>PROGR</b><br><b>003</b> | <b>REV</b><br><b>B</b> |

#### 6.4 Caratteristiche strutturali: calcolo dello “Structural Number”

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**                      **7,90**                      [cm]

|                | <b>z<sub>i</sub> [cm]</b> | <b>a<sub>i</sub></b> |
|----------------|---------------------------|----------------------|
| Usura          | 4                         | 0,35                 |
| Collegam.      | 5                         | 0,33                 |
| Base           | 12                        | 0,28                 |
| Fondazione MG  | 15                        | 0,11                 |
|                | <b>m<sub>i</sub></b>      |                      |
| a <sub>1</sub> |                           |                      |
| a <sub>2</sub> |                           |                      |
| a <sub>3</sub> | 1                         |                      |
| a <sub>4</sub> | 0,9                       |                      |
| m <sub>1</sub> |                           |                      |
| m <sub>2</sub> |                           |                      |

*Step 2 – Calcolo dello Structural Number SN*

#### 6.5 Calcolo del traffico in assi standard equivalenti (N<sub>8,2ton</sub>)

Il parametro caratterizzante il traffico è il numero totale di assi singoli da 18 chilo-pounds W<sub>18</sub> (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<sub>8,2t</sub> 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.

**VIABILITÀ – NV**

Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           |           | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>RH</b> | <b>NV</b>          | <b>00</b> | <b>00</b> | <b>001</b> | <b>B</b> | <b>14</b> |

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 2 – Tipologia di traffico secondo le Norme CNR

Le categorie di strada indicate nella tabella 2 non sono direttamente assimilabili a quelle di cui al D.M. 05.11.2001 per cui possiamo ritenere che, nel presente caso, la categoria di tabella 2 più vicina al caso reale possa essere la n.5: "strade secondarie extraurbane - turistiche".

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.

**VIABILITÀ – NV**

Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F

| COMMESSA    | LOTTO     | FASE     | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA | PROGR      | REV      | FOGLIO    |
|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|--------------------|------------|----------|-----------|
| <b>LI0B</b> | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>RH</b> | <b>NV 00 00</b>    | <b>003</b> | <b>B</b> | <b>15</b> |

### CALCOLO DEL NUMERO DI PASSAGGI DI ASSI STANDARD EQUIVALENTI

Numero di passaggi di assi standar equivalenti

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

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

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

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

Structural Number

$SN$  7,90 [cm]

Peso dell'asse i-esimo

$P_i$  [kN]

$T_i$  1 asse singolo  
2 asse tandem  
3 asse tridem

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

$C_{SNi}$  **1,4849554**

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

$N_{8,2}$  **2.227.433**

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

A seguire si riassumono i calcoli svolti:





|   |                                 |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |                     |
|---|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|--|---------------------|
| MANDATARIA<br><b>HUB</b> ENGINEERING<br>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE A R.L. | MANDANTI<br><b>HYpro</b> S.P.A. | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |  |                     |
|   |                                 | <b>VIABILITÀ – NV</b><br>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F   | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>RH</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>NV 00 00</b> |  | PROGR<br><b>003</b> |

## 6.6 Calcolo del traffico sopportabile ( $W_{18}$ )

L'equazione per la verifica delle pavimentazioni flessibili è la seguente:

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

in cui:

- $W_{18}$  è il numero di passaggi di assi singoli equivalenti da 18 Kpounds (8.2 t o 80 KN) sopportabile;
- $Z_r$  è il valore della variabile standardizzata legata all'affidabilità R (che è la probabilità che il numero di ripetizioni di carico  $N_r$  (max) che portano il valore  $PSI = PSI_{fin}$  sia maggiore o uguale al numero di ripetizioni  $N_T$  realmente applicati alla sovrastruttura);
- $S_0$  è la deviazione standard che tiene conto dell'errore che si commette nelle previsioni dei volumi di traffico e delle prestazioni della pavimentazione;
- $PSI_{ini}$  è il grado di efficienza iniziale;
- $PSI_{fin}$  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:

|   |   |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |                 |                     |
|---|---|-------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|   | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |                         |                    |                  |                   |                       |                                       |                     |                 |                     |
|   | <b>VIABILITÀ – NV</b><br>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F   | COMMESSA<br><b>LI0B</b> | LOTTO<br><b>02</b> | FASE<br><b>E</b> | ENTE<br><b>ZZ</b> | TIPO DOC<br><b>RH</b> | OPERA 7 DISCIPLINA<br><b>NV 00 00</b> | PROGR<br><b>001</b> | REV<br><b>B</b> | FOGLIO<br><b>18</b> |

### CALCOLO DEL NUMERO MASSIMO DI ASSI STANDARD SOPPORTABILI DALLA PAVIMENTAZIONE

|                                  |              |            |        |
|----------------------------------|--------------|------------|--------|
| Affidabilità                     | $R$          | 80         | [%]    |
|                                  | $Z_R$        | -0,841     |        |
|                                  | $S_0$        | 0,45       |        |
| Grado efficienza iniziale        | $PSI_{iniz}$ | <b>4,2</b> |        |
| Grado efficienza finale          | $PSI_{fin}$  | <b>2,5</b> |        |
| Structural Number                | $SN$         | 3,11       | [poll] |
| Modulo resiliente del sottofondo | $M_r$ (psi)  | 13050      | [psi]  |

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

|              |                  |
|--------------|------------------|
| $log W_{18}$ | 6,46337          |
| $W_{8,2}$    | <b>2.906.478</b> |

**PAVIMENTAZIONE VERIFICATA**

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

## 6.7 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  $W_{8,2t} = 2.906.478$
- n. di passaggi previsti  $N_{8,2t} = 2.227.433$

Pertanto, poiché  $W_{8,2t} > N_{8,2t}$  la sovrastruttura risulta verificata.

|   |   |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |        |
|---|---|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|------------|----------|--------|
|   | <b>LINEA PESCARA – BARI</b><br><b>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</b><br><b>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</b> |           |          |           |           |           |                    |           |            |          |        |
|   | <b>VIABILITÀ – NV</b><br>Relazione di calcolo sovrastruttura stradale - strade Cat. F   | COMMESSA  | LOTTO    | FASE      | ENTE      | TIPO DOC  | OPERA 7 DISCIPLINA |           | PROGR      | REV      | FOGLIO |
|   | <b>LI0B</b>   | <b>02</b> | <b>E</b> | <b>ZZ</b> | <b>RH</b> | <b>NV</b> | <b>00</b>          | <b>00</b> | <b>003</b> | <b>B</b> | 19     |

## 7. CONCLUSIONI

Il progetto della sovrastruttura stradale è stato condotto dapprima fissando il Traffico Commerciale pari a 1.500.000 di veicoli corrispondenti al 2° livello e successivamente calcolando il Traffico Giornaliero Medio (TGM), secondo quanto indicato dal Catalogo delle Pavimentazioni Stradali. Ai fini del calcolo del TGM sono stati ipotizzati la percentuale di veicoli pesanti e la percentuale del tasso di incremento annuo del traffico.

Successivamente, sulla base della categoria di traffico assegnata e del valore del modulo resiliente del sottofondo ( $M_r=90\text{MPa}$ ), è stato assegnato il pacchetto stradale prendendo a riferimento le schede contenute nel Catalogo delle Pavimentazioni Stradali. Si segnala che non essendo trattata nel Catalogo la categoria "F" (Strada Locale in Ambito Extraurbano), si è fatto riferimento ai pacchetti assegnati per le Strade Secondarie Extraurbane - Turistiche (Scheda n. 5F).

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  $N_{8,2\text{ton}}$ .

La prima verifica della pavimentazione effettuata, con il pacchetto stradale corrispondente nella scheda e pari a 4cm di Usura, 5cm di Binder, 10cm di Base e 15cm di MS non è risultata essere soddisfatta pertanto, si è deciso di incrementare di 2cm lo spessore dello strato di Base portandolo così a 12cm (lasciando invariati gli altri spessori) e ripetendo le verifiche. Con il nuovo pacchetto assegnato la verifica con il metodo AASHTO è risultata soddisfatta.

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.

In merito al calcolo delle sovrastrutture stradali per le viabilità oggetto del presente appalto va sottolineato che in sede di realizzazione, raggiunto lo strato di interfaccia del sottofondo stradale, bisognerà procedere con prove in sito tese alla valutazione del modulo resiliente  $M_r$  (prove di carico su piastra, prove CBR, ecc), al fine di confrontarlo con le ipotesi di calcolo. Qualora emergano valori inferiori a quanto ipotizzato, bisognerà procedere a bonifica del sottofondo fino al raggiungimento dei valori di calcolo o, eventualmente, modificare gli spessori e verificare nuovamente la sovrastruttura.

**Il calcolo della pavimentazione già presente in PD, pertanto, può ritenersi valido e suscettibile di modifiche esclusivamente in fase di esecuzione delle opere.**