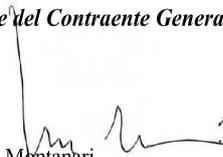
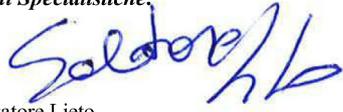


**ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA  
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA  
MAXI LOTTO 2**

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:  
SS. 318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO -VALFABBRICA  
SS. 76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO  
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.

**PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO**

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>CONTRAENTE GENERALE:</b><br><br> | <b>Il responsabile del Contraente Generale:</b><br><br><br>Ing. Federico Montanari | <b>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</b><br><br><br>Ing. Salvatore Lieto |
|---|---|--|

**PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese**

Mandataria: **PROGETTAZIONE GRANDI** Mandanti:

**INFRASTRUTTURE PROGIN S.p.A.** **LOMBARDI SA INGEGNERI CONSULENTI** **LOMBARDI-REICO INGEGNERIA S.r.l.**


**SGAI s.r.l. di E. Forlani & C.**  
 Studio di Ingegneria e Geologia Applicata  
Via Marconi 20 - 47853 Montemore di Romagna (RN) - ITALY  
 P.IVA 01984420403 - tel/fax +39 054 988277 - e-mail: sgai@sgai.com  
 pec: sgai@sgaipec.com  
[www.sgai.com](http://www.sgai.com)

|   |  |
|---|--|
| RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER L'A.T.I.<br><br><br>Ing. Antonio Grimaldi |  |
|---|--|

|  |   |  |
|--|---|--|
| VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO<br><br>Ing. Giulio Petrizzelli | IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE<br><br>Ing. Salvatore Chirico | IL DIRETTORE DEI LAVORI<br><br>Ing. Peppino Marascio |
|--|---|--|

|  |   |
|--|---|
| <b>2.1.1. - PEDEMONTANA DELLE MARCHE</b><br><b>Lotto funzionale del Sub lotto 2.1 - Tratto Fabriano - Matelica Nord</b><br><b>SISTEMAZIONE VIABILITA' INTERFERITA AL KM 2+767</b><br><br><b>Relazione tecnica e idraulica - tratto viabilità 2</b> | <b>SCALA:</b><br><br>-<br><br><b>DATA:</b><br>Luglio 2018 |
|--|---|

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C03000050021** (Assegnato CIPE 20-04-2015)

Codice elaborato:

|           |        |         |     |             |          |          |      |
|-----------|--------|---------|-----|-------------|----------|----------|------|
| Opera     | Tratto | Settore | CEE | WBS         | Id. doc. | N. prog. | Rev. |
| L 0 7 0 3 | 2 1 1  | E       | 1 1 | C S 5 0 0 4 | R E L    | 0 1      | A    |

| REV. | DATA        | DESCRIZIONE   | Redatto        |            | Controllato | Approvato   |
|------|-------------|---------------|----------------|------------|-------------|-------------|
| A    | Luglio 2018 | Emissione PED | TECNOSTRUTTURE | A. TOSIANI | S. LIETO    | A. GRIMALDI |
|      |             |               |                |            |             |             |
|      |             |               |                |            |             |             |

|   |  |               |              |           |               |                |                |           |                        |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------|-----------|------------------------|
|  | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |                |                |           |                        |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc.<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag.di Pag.<br>1 di 16 |

## INDICE

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | Premessa  | 2  |
| 2   | Viabilità al km 2+766.96                          | 2  |
| 3   | Equazioni pluviometriche di progetto              | 4  |
| 4.  | Stima delle portate                               | 5  |
| 4.1 | Metodo Razionale                                  | 5  |
| 5.  | Opere idrauliche                                  | 7  |
| 6.  | Dimensionamento idraulico                         | 8  |
| 7.  | Fosso di guardia                                  | 9  |
| 8   | Verifica delle opere di attraversamento idraulico | 10 |
|     | ALLEGATO “A”                                      | 13 |
|     | Verifica opere di attraversamento                 | 13 |
|     | ALLEGATO “B”                                      | 15 |
|     | Scala di deflusso                                 | 15 |

|   |  |               |              |           |               |                |                |           |                        |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------|-----------|------------------------|
|  | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |                |                |           |                        |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc.<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag.di Pag.<br>2 di 16 |

## 1 Premessa

La presente relazione riporta i calcoli eseguiti per il dimensionamento e la verifica dei manufatti di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche pertinenti alla sede stradale e ai fossi di guardia della Viabilità interferita al km 2+766.96, inserita nel Progetto Esecutivo della Pedemontana delle Marche tratto Fabriano–Matelica Nord Sub Lotto 2.1. nell’ambito dell’Asse viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna.

## 2 Viabilità al km 2+766.96

La viabilità è ubicata in parallelo all’asse della Pedemontana sul lato destro in corrispondenza della progr. 2+975 e progr. 3+028. Da una strada sterrata esistente la viabilità in progetto, con uno sviluppo di 66.86m, permette il collegamento ad aree abitative e l’accesso ad aree agricole.

La sezione tipo della viabilità presenta una larghezza totale della piattaforma di 5.0m e ai cigli arginelli di terreno vegetale posti a filo piattaforma di 0.50m. La copertura della viabilità è prevista con inerti stabilizzati all’acqua compattati e saturati con graniglia e pietrisco per uno spessore di 30cm.

Una pendenza trasversale a falda unica verso il ciglio destro del 2.5% permette, in caso di intense precipitazioni, l’immediato deflusso delle portate in modo laminare all’esterno dove sono intercettate dai fossi di guardia a sezione trapezoidale in terra di dimensione minima 50x50x50cm ubicati al ciglio di monte della viabilità.

Al ciglio sinistro le acque meteoriche ricadenti sulla scarpata del rilevato e su una limitata area a verde possono defluire a valle ed essere intercettate dai fossi di guardia previsti lungo la Pedemontana



|   |  |               |              |           |               |                |                |           |                        |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------|-----------|------------------------|
|  | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |                |                |           |                        |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc.<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag.di Pag.<br>4 di 16 |

### 3 Equazioni pluviometriche di progetto

Nel progetto esecutivo le portate massime di deflusso sia lungo i versanti naturali che lungo la piattaforma stradale sono state calcolate mediante la formula Razionale assumendo le curve di possibilità pluviometrica della Stazione pluviometrica di Fabriano, giudicata più significativa per l'entità delle precipitazioni registrate e rappresentativa, data la sua ubicazione baricentrica rispetto ai bacini idrografici.

Le curve di possibilità pluviometrica a cui fare riferimento sono state rilevate dalla Relazione Idraulica di piattaforma par. 3.1 “Calcolo delle portate “.

Riguardo alle esigenze progettuali e alle caratteristiche della viabilità in esame, è stata considerata, per il calcolo dell'intensità di precipitazione e successiva stima delle massime portate, la retta pluviometrica corrispondente ad un evento meteorico avente un tempo di ritorno di 50 anni e dato il limitato sviluppo del sistema drenante un tempo di pioggia cautelativo pari a 5' (0.0833 h) con precipitazioni intense e di breve durata.

Nella seguente tabella si mostrano le equazioni pluviometriche elaborate statisticamente della Stazione Pluviografica di Fabriano, corrispondenti sia all'altezza di precipitazione (h mm) che alla corrispondente intensità oraria (l mm/h).

| Tempo di ritorno<br>(anni) | Altezza di precipitazione<br>(mm) | Intensità oraria<br>(mm/h) |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 50                         | $56.30 \times T^{0.51}$           | $56.30 \times T^{-0.49}$   |
|                            |                                   |                            |

dove: T = tempo di corrvazione in ore

|   |  |               |              |           |               |               |                |           |                        |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|---------------|----------------|-----------|------------------------|
|  | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |               |                |           |                        |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag.di Pag.<br>5 di 16 |

#### 4. Stima delle portate

##### 4.1 Metodo Razionale

Per la stima delle portate si è calcolata l'intensità oraria di precipitazione corrispondente ad un tempo di ritorno di 50 anni e per un tempo di pioggia 5'.

$$T < 1h \quad I = 56.30 \times 0.0833T^{(0.51-1)} = 190.28 \text{ mm/h}$$

e avvalendosi del Metodo Razionale è stata stimata una portata specifica ad ettaro (qs/ha).

$$Q_{50} = \text{Area} \times C \times I \times 0.277$$

dove:

- Q = portata di massima piena m<sup>3</sup>/s
- A = area in km<sup>2</sup> (pavimentazione stradale, scarpata e area esterna)
- C = coefficienti di deflusso adimensionali (C1, C2 e C3)
- I = intensità di pioggia mm/h
- 0.277= fattore di conversione (1/3.6)

I coefficienti di deflusso (C) proposti nel progetto per le diverse tipologie e grado di permeabilità delle aree interessate sono i seguenti:

|                      |                |        |
|----------------------|----------------|--------|
| Area esterna a verde | C <sub>3</sub> | = 0.20 |
| Area della scarpata  | C <sub>2</sub> | = 0.50 |
| Pavimentazione       | C <sub>1</sub> | = 0.90 |

Il calcolo di un coefficiente di afflusso globale viene valutato come media pesata sulle aree contribuenti dei coefficienti di afflusso tipici di ciascuna superficie drenata.

|   |  |               |              |           |               |                |                |           |                        |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------|-----------|------------------------|
|  | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |                |                |           |                        |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc.<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag.di Pag.<br>6 di 16 |

Di seguito a semplificazione dei calcoli si è determinata, mediante il Metodo Razionale, una portata specifica ad ettaro ( $qs/ha$ ) per le differenti tipologie di copertura, assumendo l'intensità di pioggia di 190.28 mm/h corrispondente ad un tempo di corrivazione minimo di 5'.

il contributo ad ettaro relativo alle diverse aree sottese risulta quindi:

- Drenaggio area a verde

$$qs_{50} = 0.01 \times 0.2 \times 190.28 \times 0.277 = 0.105 \text{ m}^3/s/ha$$

- Drenaggio area scarpata

$$qs_{50} = 0.01 \times 0.5 \times 190.28 \times 0.277 = 0.263 \text{ m}^3/s/ha$$

- Drenaggio pavimentazione stradale

$$qs_{50} = 0.01 \times 0.9 \times 190.28 \times 0.277 = 0.474 \text{ m}^3/s/ha$$

Mediante la cartografia disponibile, sono state delimitate le aree sottese ai vari punti di chiusura più significativi della rete drenante, quantificate le relative aree e calcolati i valori delle portate massime.

Data la morfologia esistente le portate defluiscono nel I fosso di guardia e hanno esito finale nell'opera d'imbocco del tombino  $\Phi 600$  in attraversamento della Viabilità 2. A valle un fosso di guardia 50x50x50cm assicura il deflusso delle portate nel fosso di guardia rivestito previsto al piede della Pedemontana.

La massima portata afferente, stimata in funzione del contributo ad ettaro per aree a verde risulta:

$$qs_{50} = 0.105 \times 0.8 = 0.084 \text{ m}^3/s \quad (84 \text{ l/s})$$

|   |  |               |              |           |               |               |                |           |                        |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|---------------|----------------|-----------|------------------------|
|  | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |               |                |           |                        |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag.di Pag.<br>7 di 16 |

## 5. Opere idrauliche

Nella seguente tabella si riporta per l'opera idraulica  $\Phi 600$  l'estensione del bacino idrografico sotteso al fosso di guardia previsto sul lato destro della viabilità, la portata massima afferente e la quota di scorrimento in corrispondenza dell'opera d'imbocco.

| Bacino<br>'n°          | Tombino<br>'m | Progressiva<br>'km | Area bacino<br>km <sup>2</sup> | Q max<br>l/s | Quota<br>imbocco |
|------------------------|---------------|--------------------|--------------------------------|--------------|------------------|
| Sottobacino<br>del B11 | $\Phi 600$    | 0+063.66           | 0.008                          | 84           | 293.0            |

Nella seguente fig.2 si mostra in pianta l'ubicazione dell'opera idraulica  $\Phi 600$  in attraversamento della Viabilità a pk 0+063.66 ed il fosso di collegamento a valle con il fosso della Pedemontana.

fig. 2



|   |  |               |              |           |               |               |                |           |                        |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|---------------|----------------|-----------|------------------------|
|  | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |               |                |           |                        |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag.di Pag.<br>8 di 16 |

## 6. Dimensionamento idraulico

Per la verifica delle opere di drenaggio proposte nell'ambito della Viabilità interferita sono stati calcolati i massimi livelli idrici in funzione delle portate massime afferenti, avvalendosi della formula di Gauckler-Strikler, secondo la quale, il flusso di moto uniforme in condizione di deflusso libero, la velocità media in una sezione di pendenza ( $i$ ), raggio idraulico ( $R_i$ ) e coefficiente di scabrezza ( $n$ ) sono correlati dal seguente rapporto:

$$V = \frac{1}{n} \times R_i^{(2/3)} \times i^{(1/2)}$$

dove:

$V$  = velocità media del flusso in m/s

$n$  = coefficiente di scabrezza medio (di esercizio)

$R_i$  = raggio idraulico (rapporto tra luce idraulica ( $m^2$ ) e perimetro bagnato (m.))

$i$  = pendenza longitudinale (m/m)

Portata e velocità sono legate dalla seguente equazione di continuità:

$$Q = V \times A$$

dove:

$Q$  = portata in  $m^3/s$

$A$  = area liquida in  $m^2$

Per la verifica si considerano come criteri di base.

- Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strikler  $K_s = 60m^{1/3}/s$  per opere in cls. e  $K_s = e K = 33 m^{1/3}/s$  per i fossi a sezione trapezoidale in terra;

Nella tabella n°3 dell'allegato "B", per il fosso in terra a sezione trapezoidale, sono indicati le relazioni intercorrenti tra portata e pendenza motrice in funzione di differenti gradi di riempimento, mentre nel grafico corrispondente si evidenzia, per una pendenza unitaria il rapporto ( $Q/i^{0.5}$ ).

Negli elaborati grafici delle planimetrie e profili idraulici è mostrata l'ubicazione del sistema di drenaggio e specifiche caratteristiche.

|   |  |               |              |           |               |                |                |           |                        |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------|-----------|------------------------|
|  | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |                |                |           |                        |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc.<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag.di Pag.<br>9 di 16 |

## 7. Fosso di guardia

Lungo l'asse della Viabilità è stato inserito al piede del rilevato sul lato destro un fosso di guardia in terra a sezione trapezoidale di dimensioni 50x50x50cm per l'intercettazione delle limitate portate provenienti sia dalla sede stradale che dal bacino idrografico sotteso.

Il fosso di guardia in terra a sezione trapezoidale di dimensioni 50x50x50cm è adeguato al deflusso delle portate afferenti di 84 l/s poiché i livelli idrici anche per una pendenza longitudinale minima del 0.002m/m, sono interamente contenuti nella sezione del fosso con un'altezza massima di 0.26m e una velocità del flusso accettabile non superiore ad 1.0 m/s.

Per limitare eventuali erosioni del fosso in terra dovute alla velocità del flusso d'acqua si prevede un rivestimento in calcestruzzo non armato a copertura dell'opera d'ingresso e del fosso trapezoidale per uno sviluppo di almeno 2-3m a monte dell'opera d'ingresso del nuovo tombino  $\Phi 600$ mm. In modo simile una protezione in cls allo sbocco e nel fosso di valle.

Negli elaborati grafici delle planimetrie e profili idraulici è mostrata l'ubicazione del sistema di drenaggio e specifiche caratteristiche.

|   |  |               |              |           |               |                |                |           |                         |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------|-----------|-------------------------|
|  | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |                |                |           |                         |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc.<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag.di Pag.<br>10 di 16 |

## 8 Verifica delle opere di attraversamento idraulico

Alle opere in calcestruzzo è attribuito un coefficiente di scabrezza  $K_s$  (coefficiente di Gauckler-Strickler) pari a  $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , valore di resistenza al moto per opere in cemento in non perfette condizioni. Questo al fine di ricavare la portata massima transitabile nelle condizioni più sfavorevoli, ossia quelle di innalzamento massimo del pelo libero del corso d'acqua rilevabile in fase di esercizio corrente.

Le verifiche idrauliche per le opere di attraversamento sono di due tipi:

- verifica che l'altezza d'acqua all'imbocco del tombino risulti minore o al limite uguale al 70% l'altezza dell'opera;
- calcolo dell'altezza e della velocità all'interno della canna del tombino.

Il livello idrico di monte è valutato in base ai diagrammi sperimentali del (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts - Bureau of Public Roads - 1964 U.S.A.).

Il primo fornisce tale livello in condizioni di "controllo da monte", assumendo la portata di progetto e la geometria dell'ingresso (forma ed area della sezione); il secondo nella condizione di "controllo da valle".

Entrambi consentono di valutare il livello idrico tenendo conto della scabrezza, della lunghezza della canna e di eventuali livelli idrici a valle. La verifica è compiuta per ambedue i tipi di funzionamento assumendo come rappresentativo il maggiore dei due.

Quanto al livello idrico di valle del tombino esso viene assunto, nel caso di verifica con "controllo da valle", pari al valore medio tra l'altezza della canna e l'altezza critica della stessa.

La velocità e l'altezza dell'acqua all'interno del tombino sono stimate nell'ipotesi di raggiungimento del moto uniforme, condizione non sempre possibile data la lunghezza dell'opera di attraversamento.

|   |  |               |              |           |               |                |                |           |                         |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------|-----------|-------------------------|
|  | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |                |                |           |                         |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc.<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag.di Pag.<br>11 di 16 |

A tal fine si è adottata la formula di Chèzy:

$$Q = C A \sqrt{R i}$$

In tal caso la velocità media (in m/s) è esprimibile per mezzo dell'equazione:

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

A area della sezione bagnata;

R raggio idraulico pari al rapporto fra l'area A e il perimetro bagnato P [m];

i pendenza di fondo [m/m].

$K_S = 1/n$  coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler pari a 60 [m<sup>1/3</sup>/s];

$C = K_S R^{1/6}$  indice di scabrezza.

Per l'attraversamento in esame sono state eseguite le verifiche idrauliche tramite il programma di calcolo "Hydraulic design of Highway Culverts" che, in funzione delle portate massime afferenti, della tipologia dell'opera d'ingresso e della pendenza longitudinale determina i livelli idrici a monte dell'opera (inlet control) e quelli relativi lungo la canna e allo sbocco (outlet control). Si mostrano inoltre i risultati relativi alla velocità media del flusso (m/s) e grado di riempimento (h/H). (vedi tabella n°2 dell'allegato "A")

Le verifiche effettuate attestano l'idoneità del dimensionamento dell'opera idraulica di attraversamento, poiché i livelli idrici all'imbocco (inlet) sono inferiori all'altezza dell'opera e lungo la canna hanno un grado di riempimento inferiore al 70%, con velocità media del flusso d'acqua, nella canna e allo sbocco accettabili.

I risultati ottenuti tramite il programma di calcolo (inlet - outlet) sono mostrati nella seguente tab. n°1.



**2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto**  
**2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord**  
**Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96**  
 Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2

|                |                |              |           |               |                 |                 |           |                          |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|
| Opera<br>L0703 | Tratto<br>2-11 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id. doc.<br>REL | N. progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag. di Pag.<br>12 di 16 |
|----------------|----------------|--------------|-----------|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------|

**Verifica attraversamenti idraulici Viabilità interferita km 2+766.96**

**tab. 1**

| Posizione |          | Caratteristiche opera di attraversamento |         |                 | Input di verifica Tombino |                        |                        | Output di Verifica Tombino |                            |                   |                |
|-----------|----------|--|---------|-----------------|---------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|
| Tombino   | Progr,   | larghezza                                | altezza | lunghezza canna | Portata                   | pendenza longitudinale | Coefficiente scabrezza | Altezza idrica imbocco     | Altezza idrica nella canna | Grado riempimento | Velocità media |
| N°        | km       | m  | M       | m               | l/s                       | m/m                    | 1/n                    | m                          | m                          | %                 | m/s            |
| 1         | 0+063.66 | 1 x φ600                                 |         | 9.0             | 84                        | 0.08                   | 60                     | 0.27                       | 0.10                       | 16                | 2.64           |
|           |          |  |         |                 |                           |                        |                        |                            |                            |                   |                |
|           |          |  |         |                 |                           |                        |                        |                            |                            |                   |                |

|   |  |               |              |           |               |               |                |           |                         |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|---------------|----------------|-----------|-------------------------|
|  | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |               |                |           |                         |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A | Pag.di Pag.<br>13 di 16 |

**ALLEGATO “A”**

**Verifica opere di attraversamento**

**Tombino  $\Phi 600$  a pk 0+063.66**
**Tab. 2**
**Dati INPUT :**

|                                 |                         |                   |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Progressiva                     | Km =                    | 0+063.66          |
| Dimensioni Struttura            | diametro =              | 1 $\times$ 0.60 m |
| Lunghezza del tombino           | L [ m ] =               | 9.000             |
| Tombino in                      | Calcestruzzo            |                   |
| Tipo di imbocco                 | Muri di testa           |                   |
| Coefficiente per imbocco        | Ke =                    | 0.50              |
| Portata massima                 | Q [m <sup>3</sup> /s] = | 0.084             |
| Pendenza della struttura        | i [m/m] =               | 0.0800            |
| Coefficiente di scabrezza       | K [1/n] =               | 60.000            |
| Altezza acqua imposta in uscita | h [ m ] =               | 0.300             |

**Risultati con funzionamento con controllo in INLET**

|                             |            |       |
|-----------------------------|------------|-------|
| Altezza d'acqua all'imbocco | Hw [ m ] = | 0.274 |
|-----------------------------|------------|-------|

**Risultati per un flusso a moto uniforme ( Manning )**

|                                 |            |       |
|---------------------------------|------------|-------|
| Altezza d'acqua nella struttura | hu [ m ] = | 0.100 |
| Velocità dell'acqua in uscita   | V [m/s] =  | 2.641 |

**Risultati con funzionamento con controllo in OUTLET**

|                               |             |       |
|-------------------------------|-------------|-------|
| Perdita di carico all'imbocco | dhe [ m ] = | 0.003 |
| Perdita di carico distribuita | dhf [ m ] = | 0.003 |
| Perdita di carico allo sbocco | dhs [ m ] = | 0.005 |
| Perdita di carico totale      | dht [ m ] = | 0.011 |

|                               |            |        |
|-------------------------------|------------|--------|
| Altezza d'acqua all'imbocco   | Hw [ m ] = | -0.409 |
| Altezza d'acqua in uscita     | h [ m ] =  | 0.300  |
| Velocità dell'acqua in uscita | V [m/s] =  | 0.637  |

|                                  |            |        |
|----------------------------------|------------|--------|
| Pendenza critica della struttura | ic [m/m] = | 0.0075 |
| Altezza d'acqua critica          | hc [ m ] = | 0.190  |
| Velocità dell'acqua critica      | Vc [m/s] = | 1.171  |

Essendo  $TW < (hc+h)/2$   
 e  $HW < h + (1+Ke) * V^2 / (2 * G)$   
 il moto nel tombino avviene a superficie libera anche in OUTLET CONTROL

|   |  |               |              |           |               |                |                |           |
|---|--|---------------|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------|-----------|
|  <b>QUADRILATERO</b><br>Marche Umbria S.p.A. | <b>2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE - Lotto funzionale del Sub Lotto</b><br><b>2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord</b><br><b>Sistemazione viabilità interferita al km 2+766.96</b><br>Relazione tecnica e idraulica – tratto viabilità 2 |               |              |           |               |                |                |           |
|   | Opera<br>L0703   | Tratto<br>211 | Settore<br>E | CEE<br>11 | WBS<br>CS5004 | Id.doc.<br>REL | N.progr.<br>01 | REV.<br>A |

## ALLEGATO “B”

### Scala di deflusso

Tab. 3

Fosso di guardia in terra 50x50x50 cm

| Base minore struttura [m] =       |           | 0.50    |        |                               |       |       |        |
|-----------------------------------|-----------|---------|--------|-------------------------------|-------|-------|--------|
| Base maggiore struttura [m] =     |           | 1.50    |        |                               |       |       |        |
| Altezza max struttura [m] =       |           | 0.50    |        |                               |       |       |        |
| Coeff. di scabrezza Manning 1/n = |           | 33.0    |        |                               |       |       |        |
| Altezza idrica                    | Altezza % | Area m2 | Q mc/s | Portata mc/s (f) Pendenza m/m |       |       |        |
|                                   |           |         | 1      | 0.002                         | 0.005 | 0.010 | 0.020  |
| 0.025                             | 5         | 0.013   | 0.035  | 0.002                         | 0.002 | 0.004 | 0.005  |
| 0.050                             | 10        | 0.028   | 0.111  | 0.005                         | 0.008 | 0.011 | 0.016  |
| 0.075                             | 15        | 0.043   | 0.219  | 0.010                         | 0.016 | 0.022 | 0.031  |
| 0.100                             | 20        | 0.060   | 0.357  | 0.016                         | 0.025 | 0.036 | 0.051  |
| 0.125                             | 25        | 0.078   | 0.524  | 0.023                         | 0.037 | 0.052 | 0.0741 |
| 0.150                             | 30        | 0.098   | 0.718  | 0.032                         | 0.051 | 0.07  | 0.102  |
| 0.175                             | 35        | 0.118   | 0.942  | 0.042                         | 0.067 | 0.09  | 0.133  |
| 0.200                             | 40        | 0.140   | 1.194  | 0.053                         | 0.084 | 0.12  | 0.169  |
| 0.225                             | 45        | 0.163   | 1.476  | 0.066                         | 0.104 | 0.15  | 0.209  |
| 0.250                             | 50        | 0.188   | 1.788  | 0.080                         | 0.126 | 0.18  | 0.253  |
| 0.275                             | 55        | 0.213   | 2.131  | 0.095                         | 0.151 | 0.21  | 0.301  |
| 0.300                             | 60        | 0.240   | 2.506  | 0.112                         | 0.177 | 0.25  | 0.354  |
| 0.325                             | 65        | 0.268   | 2.913  | 0.130                         | 0.206 | 0.29  | 0.412  |
| 0.350                             | 70        | 0.298   | 3.354  | 0.150                         | 0.237 | 0.34  | 0.474  |
| 0.375                             | 75        | 0.328   | 3.829  | 0.171                         | 0.271 | 0.38  | 0.541  |
| 0.400                             | 80        | 0.360   | 4.338  | 0.194                         | 0.307 | 0.43  | 0.614  |
| 0.425                             | 85        | 0.393   | 4.884  | 0.218                         | 0.345 | 0.49  | 0.691  |
| 0.450                             | 90        | 0.428   | 5.466  | 0.244                         | 0.386 | 0.55  | 0.773  |
| 0.475                             | 95        | 0.463   | 6.085  | 0.272                         | 0.430 | 0.61  | 0.861  |
| 0.500                             | 100       | 0.500   | 6.743  | 0.302                         | 0.477 | 0.67  | 0.954  |

