

**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

<p>CONTRAENTE GENERALE:</p> 	<p><i>Il responsabile del Contraente Generale:</i></p> <p align="center">Ing. Federico Montanari</p>	<p><i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i></p> <p align="center">Ing. Salvatore Lieto</p>
---	--	---

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese

<p><i>Mandataria:</i> PROGETTAZIONE GRANDI INFRASTRUTTURE PROGIN S.p.A.</p>	<p><i>Mandanti:</i></p>  	 <p>SGAI s.r.l. di E. Forlani & C. Studio di Ingegneria e Geologia Applicata <small>Via Marconi, 20 - 47033 Monteciano S. Rufina (RN) - ITALY P.IVA 0199420403 - tel/fax +39 0 54198277 - e-mail: sgai@sgai.com pec: sgai@sgai.pcc.com</small></p> <p align="right"><small>Sist. Gest. Qual. ISO 9001:08 RNA 4387005</small></p>
---	--	---

<p>RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE PER L'A.T.I.</p> <p align="center">Ing. Antonio Grimaldi</p>	
--	--

<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p align="center">Ing. Iginio Farotti</p>	<p>IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE</p> <p align="center">Ing. Vincenzo Pardo</p>	<p>IL DIRETTORE DEI LAVORI</p> <p align="center">Ing. Peppino Marascio</p>
--	--	--

<p>2.1.1. - PEDEMONTANA DELLE MARCHE Lotto funzionale del Sub lotto 2.1 - Tratto Fabriano - Matelica Nord SISTEMAZIONE VIABILITA' INTERFERITA Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 RELAZIONE TECNICA E IDRAULICA</p>	<p>SCALA:</p> <p align="center">--</p> <p>DATA:</p> <p align="center">Luglio 2020</p>
---	--

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 1 9 G 0	R E L	0 1	B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	Luglio 2018	Emissione PED	TECNOSTRUTTURE	A. TOSIANI	S. LIETO	A. GRIMALDI
B	Luglio 2020	Revisione generale	TECNOSTRUTTURE	A. TOSIANI	S. LIETO	A. GRIMALDI

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 1 di 21

INDICE

1	Premessa	2
2	Viabilità al km 6+721	2
3	Equazioni pluviometriche di progetto	6
4.	Stima delle portate	7
4.1	Metodo Razionale	7
5.	Opere idrauliche	9
6.	Dimensionamento idraulico	11
7.	Fosso di guardia	12
8	Verifica delle opere di attraversamento idraulico	14
	ALLEGATO “A”	17
	Verifica opere di attraversamento	17
	ALLEGATO “B”	20
	Scala di deflusso	20

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B

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 6+721, 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 6+721

La viabilità è ubicata in parallelo all’asse della Pedemontana sul lato destro tra la progr. 6+740 e progr. 7+513. Con uno sviluppo di 907m la viabilità ripristina l’accesso alle aree agricole, interferite dal progetto della Pedemontana e permette il collegamento ad aree abitative.

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 sinistro del 2.5% permette, in caso di intense precipitazioni, l’immediato deflusso delle portate in modo laminare all’esterno verso la valle dove sono intercettate dai fossi di guardia rivestiti previsti sul lato destro della strada in progetto Pedemontana.

Mentre al ciglio destro sono previsti fossi di guardia in terra a sezione trapezoidale di dimensione minima 50x50x50cm per intercettare le acque meteoriche provenienti dalle aree a verde delle pendici.

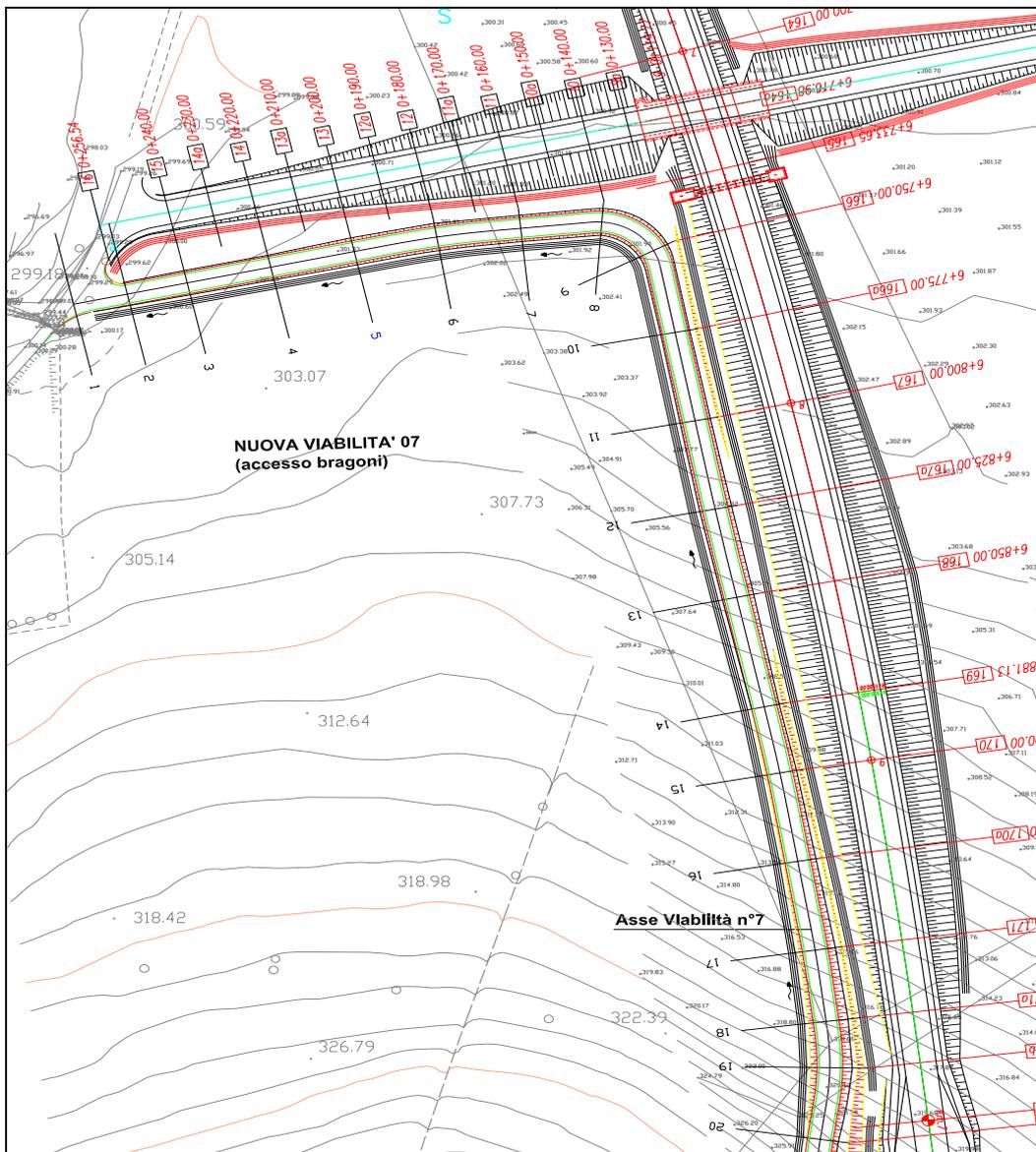
Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 3 di 21
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	------------------------

Tramite i fossi di guardia in terra i flussi d'acqua hanno quindi esito finale nelle opere idrauliche previste in attraversamento della viabilità per garantire la continuità idraulica preesistente.

Nella seguente corografia di figura 1, 2 e 3 si mostra l'ubicazione della Viabilità interferita e l'asse di progetto della Pedemontana. Si mostra inoltre l'ubicazione del tombino scatolare di dimensioni 2.0x2.0m prevista a progr. 0+812.49. a monte del tombino di dimensioni similari della Pedemontana a progr. 7+419.73.

Corografia Viabilità

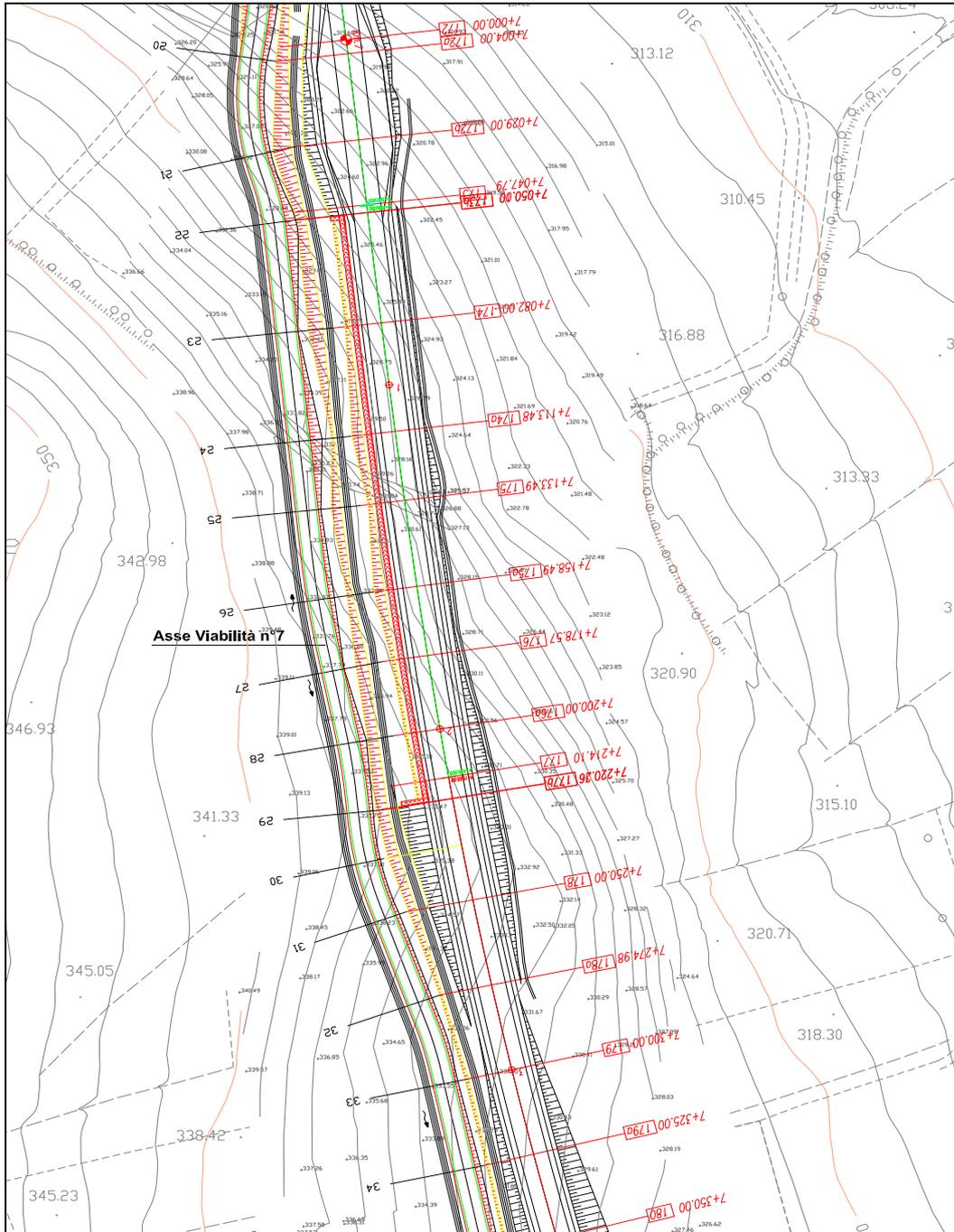
fig.1



Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 4 di 21
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	------------------------

Corografia Viabilità

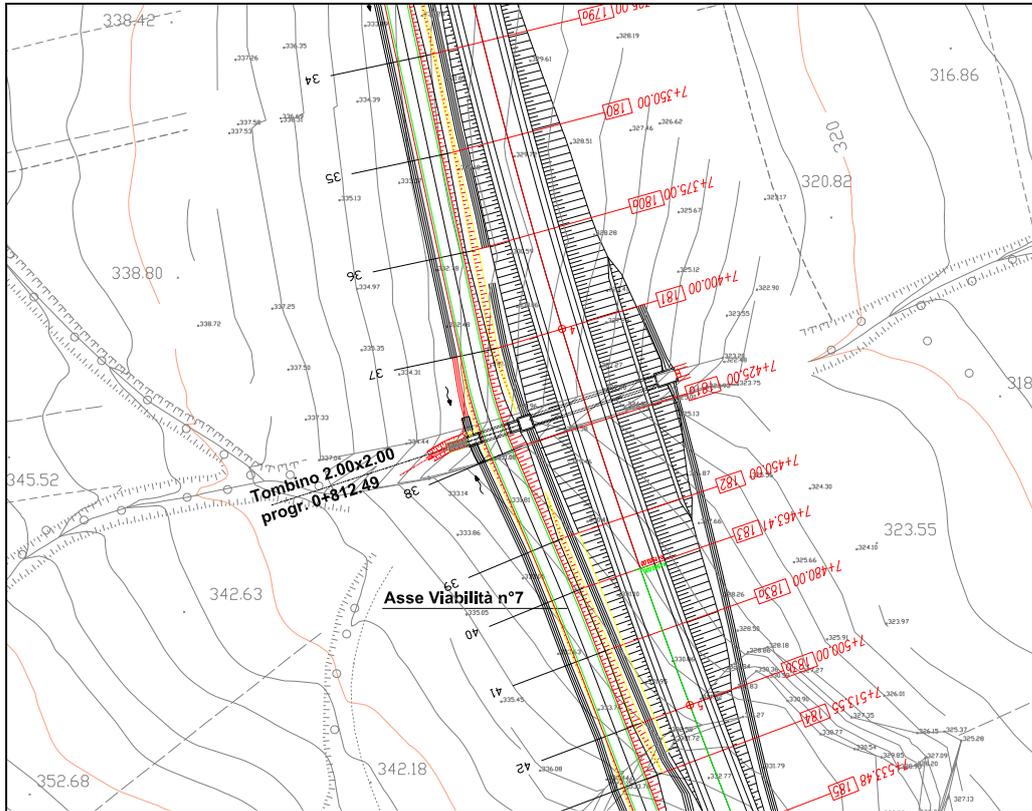
fig.2



Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 5 di 21
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	---------------	----------------	-----------	------------------------

Corografia Viabilità

fig.3



	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. B

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 un tempo di pioggia di 5' (0.0833 h).

Si assume in tutti i casi tale tempo di pioggia, anche se molto cautelativo riguardo al tempo di concentrazione e di corrivazione, ovvero al tempo che la particella d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano raggiunga, attraverso i versanti e il fosso di guardia, il punto di chiusura considerato.

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 (I mm/h).

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

dove: T = tempo di corrivazione in ore

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B

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 m³/s
- A = area in km² (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 ₃	= 0.20
Area della scarpata	C ₂	= 0.50
Pavimentazione	C ₁	= 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.

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.

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 8 di 21

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

- Drenaggio area a verde

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

- Drenaggio area scarpata

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

- Drenaggio pavimentazione stradale

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

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

Data la morfologia esistente le portate defluiscono nel fosso di guardia in terra e hanno esito finale nell'opera d'imbocco del tombino scatolare 2.0x2.0m previsto in attraversamento della Viabilità. I flussi d'acqua defluiscono quindi nel pozzetto d'ingresso del tombino 2.0x2.0m in attraversamento della Pedemontana alla progr. 7+419.73 e successivamente nelle incisioni esistenti lungo i campi coltivati.

Le opere idrauliche sono state dimensionate e verificate in funzione della massima portata provenienti dai rispettivi bacini idrografici sottesi.

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 9 di 21

5. Opere idrauliche

L'opera idraulica in attraversamento della viabilità è stata dimensionata in funzione delle massime portate e delle dimensioni del tombino previsto dal progetto in attraversamento della Pedemontana a valle della Viabilità in esame.

Nella seguente tabella si riporta per l'opera idraulica della Pedemontana le seguenti principali caratteristiche, che sono state reperite nella relazione del P.E. "Pedemontana delle Marche – Idraulica di piattaforma" paragrafo 3.5.: il numero e l'estensione del bacino idrografico sotteso, ubicazione e dimensioni dell'opera, la massima portata e grado di riempimento.

Bacino 'n°	Tombino 'm	Progressiva 'km	Area Ha	Q max m ³ /s	Riempimento %
Alveo +B26+B27	2.0x2.0	7+419.73	19.7	2.12	12

Come richiesto per gli attraversamenti idraulici, la portata massima si riferisce ad un tempo di ritorno di 200 anni e data la limitata estensione dei bacini, per precipitazioni intense e di breve durata.

Per consentire un facile deflusso delle massime portate, all'interferenza con la Viabilità è previsto un tombino scatolare di dimensioni similari a quelle di valle. L'opera d'imbocco è un pozzetto di dimensioni planimetriche 2.90x2.0m che permette sia l'intercettazione delle portate provenienti da un alveo esistente che dai fossi di guardia previsti al ciglio destro della Viabilità. A valle il tombino scatolare si allaccia con una canalizzazione di base 2.0m ed altezza minima 1.74m al pozzetto previsto a monte dell'attraversamento della Pedemontana.

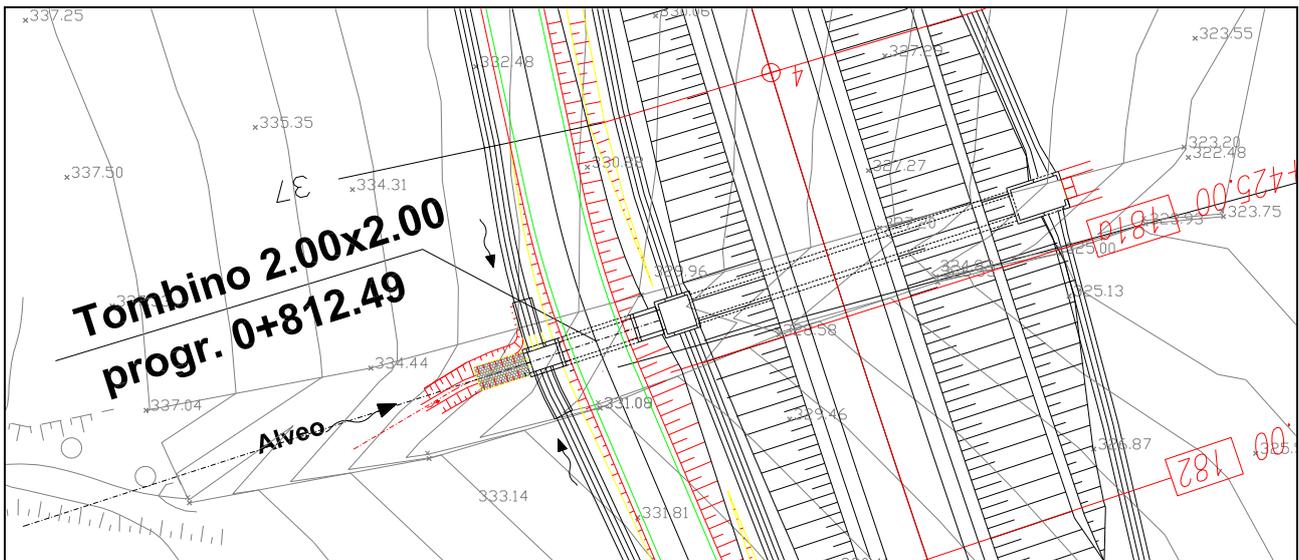
Nella seguente fig. 4 si mostra in pianta l'ubicazione dell'opera idraulica 2.0x2.0m in attraversamento della Viabilità a pk 0+857.06. Tale opera assicura la continuità idraulica dei flussi d'acqua provenienti dalla incisione esistente e tramite i fossi di guardia dai bacini n B26 e B27.

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc	N.progr.	REV.	Pag.di Pag.
L0703	211	E	11	CS19G0	REL	01	B	10 di 21

Mentre nella fig. 5 si riporta la sezione longitudinale dell'opera totale comprensiva sia del tombino della Pedemontana che il suo prolungamento a monte in attraversamento della Viabilità.

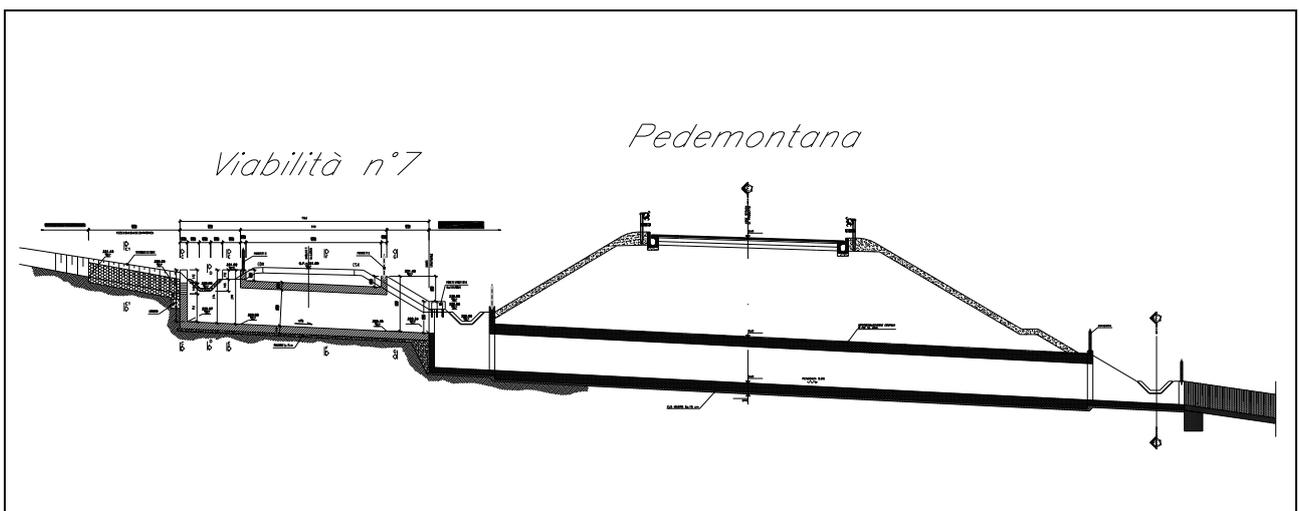
Pianta Tombino

fig. 4



Tombino in attraversamento della Viabilità e della Pedemontana

fig. 5



	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B

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) 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 m³/s
- A = area liquida in m²

Per la verifica si considerano come criteri di base:

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

Nella tabella n 4 dell'allegato "B", per il fosso in terra a sezione trapezoidale 50x50x50cm, 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 ($Q/i^{0.5}$).

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. B

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 portate provenienti sia dalla sede stradale che dal bacino idrografico sotteso.

Nella seguente tabella per ogni tratto ritenuto uniforme è stato delimitata l'estensione del bacino sotteso al fosso di guardia e stimate le corrispondenti portate massime. Per ogni tratto si mostrano inoltre le verifiche idrauliche in funzione della pendenza longitudinale minima.

Tab.6

Dati fosso di guardia Viabilità			Bacino idrografico		Verifiche fosso di guardia				Note	
Bacino	Tratto		Lunghezza	Area	Portata	Pend. min.	H idrica	Velocità		Riempimento
n	da progr.	a progr.	m	ha	l/s	m/m	m	m/s		%
B27	1+044.63	0+812.49	232.14	3.5	367.5	0.05	0.25	1.9	50	Esito tombino a 0+812.49
B26	0+608.95	0+812.49	203.54	3.9	409.5	0.012	0.35	1.29	70	Esito tombino a 0+812.49
B25	0+608.95	0+390.00	218.95	2.8	294	0.043	0.23	1.83	46	Prosegue
	0+390.00	0+125.00	265.00	4.2	441	0.035	0.29	1.92	58	Prosegue
	0+125.00	0+.00	125.00	4.9	515	0.02	0.36	1.61	74	Esito nel tombino esistente strada rurale

Il fosso di guardia in terra a sezione trapezoidale di dimensioni 50x50x50cm è adeguato al deflusso delle massime portate afferenti, poiché i livelli idrici, sono interamente contenuti nella sezione del fosso. Nel caso più critico per una portata di 515 l/s l'altezza idrica risulta di di 0.36m, un grado di riempimento del 74% e una velocità del flusso accettabile non superiore a 2.0m/s.

Per limitare eventuali erosioni del fosso in terra alla connessione con il pozzetto d'ingresso del tombino si prevede un rivestimento in calcestruzzo per uno sviluppo di almeno 5.0m. Mentre a monte, per un migliore deflusso delle portate, è necessaria una risagomatura dell'alveo esistente a sezione trapezoidale di dimensioni 80x80x80cm rivestito al fondo e sulle sponde con materassi di pietrame di spessore 30cm.

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B

Negli elaborati idraulici specifici è mostrata l'ubicazione del sistema di drenaggio e specifiche caratteristiche.

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B

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.

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc REL	N.progr. 01	REV. B

A tal fine si è adottata la formula di Chèzy:

$$Q = C A \sqrt{Ri}$$

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^{1/3}/s];

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

Per gli attraversamenti 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 (input), determina i massimi livelli idrici a monte dell'opera (inlet control) e quelli relativi lungo la canna e allo sbocco (outlet control).

Nelle tabelle n 2 e n 3 dell'allegato "A" si mostra l'elaborazione effettuata ed i risultati ottenuti per l'attraversamento della Viabilità e a valle della strada in progetto Pedemontana.

Le verifiche effettuate attestano l'idoneità del dimensionamento delle opere idrauliche in 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.

Verifica attraversamenti idraulici Viabilità interferita al km 6+721

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	m ³ /s	m/m	1/n	m	m	%	m/s
1	0+812.49	2.0	2.0	8.00	2.12	0.047	60	0.71	0.25	13	4.44
2	7+419.73	2.0	2.0	33.0	2.12	0.050	60	0.71	0.24	12	4.48

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Sistemazione viabilità interferita al km 6+721 Relazione tecnica e idraulica								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 17 di 21

ALLEGATO “A”

Verifica opere di attraversamento

Viabilità - Tombino scatolare 2.0x2.0m a pk 0+812.49
Tab. 2

Dati INPUT :

Progressiva	Km =	0+812.49
Dimensioni Struttura [n°,base,alt]	=	1 (2.00 x 2.00)
Lunghezza del tombino	L [m] =	8.000
Tombino in	Calcestruzzo	
Tipo di imbocco	Muri di ala da	30° a 75°
Coefficiente per imbocco	Ke =	0.40
Portata massima	Q [m3/s] =	2.120
Pendenza della struttura	i [m/m] =	0.0470
Coefficiente di scabrezza	K [1/n] =	60.000
Altezza acqua imposta in uscita	h [m] =	0.250

Risultati con funzionamento con controllo in INLET

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.710
-----------------------------	------------	-------

Risultati per un flusso a moto uniforme (Manning)

Altezza d'acqua nella struttura	hu [m] =	0.250
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	4.449

Risultati con funzionamento con controllo in OUTLET

Perdita di carico all'imbocco	dhe [m] =	0.006
Perdita di carico distribuita	dhf [m] =	0.002
Perdita di carico allo sbocco	dhs [m] =	0.014
Perdita di carico totale	dht [m] =	0.022

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.131
Altezza d'acqua in uscita	h [m] =	0.486
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	2.183

Pendenza critica della struttura	ic [m/m] =	0.0059
Altezza d'acqua critica	hc [m] =	0.486
Velocità dell'acqua critica	Vc [m/s] =	2.183

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

Pedemontana -Tombino scatolare 2.0x2.0m a pk 7+419.73
Tab. 3

Dati INPUT :

Progressiva	Km =	7+419.73
Dimensioni Struttura [n°,base,alt]	=	1 (2.00 x 2.00)
Lunghezza del tombino	L [m] =	33.000
Tombino in	Calcestruzzo	
Tipo di imbocco	Muri di ala da	30° a 75°
Coefficiente per imbocco	Ke =	0.40
Portata massima	Q [m3/s] =	2.120
Pendenza della struttura	i [m/m] =	0.0500
Coefficiente di scabrezza	K [1/n] =	60.000
Altezza acqua imposta in uscita	h [m] =	0.240

Risultati con funzionamento con controllo in INLET

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.710
-----------------------------	------------	-------

Risultati per un flusso a moto uniforme (Manning)

Altezza d'acqua nella struttura	hu [m] =	0.240
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	4.489

Risultati con funzionamento con controllo in OUTLET

Perdita di carico all'imbocco	dhe [m] =	0.006
Perdita di carico distribuita	dhf [m] =	0.006
Perdita di carico allo sbocco	dhs [m] =	0.014
Perdita di carico totale	dht [m] =	0.027

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	-1.138
Altezza d'acqua in uscita	h [m] =	0.486
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	2.183

Pendenza critica della struttura	ic [m/m] =	0.0059
Altezza d'acqua critica	hc [m] =	0.486
Velocità dell'acqua critica	Vc [m/s] =	2.183

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



2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto
2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord
Sistemazione viabilità interferita al km 6+721
Relazione tecnica e idraulica

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS19G0	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. B	Pag.di Pag. 20 di 21
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

ALLEGATO “B”

Scala di deflusso

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	0.020	0.030	0.040	0.050
0.025	5	0.013	0.035	0.005	0.006	0.007	0.008
0.050	10	0.028	0.111	0.016	0.019	0.022	0.025
0.075	15	0.043	0.219	0.031	0.038	0.044	0.049
0.100	20	0.060	0.357	0.051	0.062	0.071	0.080
0.125	25	0.078	0.524	0.074	0.091	0.105	0.1171
0.150	30	0.098	0.718	0.102	0.124	0.14	0.161
0.175	35	0.118	0.942	0.133	0.163	0.19	0.211
0.200	40	0.140	1.194	0.169	0.207	0.24	0.267
0.225	45	0.163	1.476	0.209	0.256	0.30	0.330
0.250	50	0.188	1.788	0.253	0.310	0.36	0.400
0.275	55	0.213	2.131	0.301	0.369	0.43	0.477
0.300	60	0.240	2.506	0.354	0.434	0.50	0.560
0.325	65	0.268	2.913	0.412	0.505	0.58	0.651
0.350	70	0.298	3.354	0.474	0.581	0.67	0.750
0.375	75	0.328	3.829	0.541	0.663	0.77	0.856
0.400	80	0.360	4.338	0.614	0.751	0.87	0.970
0.425	85	0.393	4.884	0.691	0.846	0.98	1.092
0.450	90	0.428	5.466	0.773	0.947	1.09	1.222
0.475	95	0.463	6.085	0.861	1.054	1.22	1.361
0.500	100	0.500	6.743	0.954	1.168	1.35	1.508

