
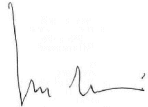



**ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA
MAXI LOTTO 2**

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>  Ing. Federico Montanari	<p><i>Il responsabile Integrazioni delle Prestazioni Specialistiche:</i></p>  Ing. Salvatore Lieto
--	---	--

PROGETTAZIONE: Associazione Temporanea di Imprese

Mandataria: **PROGETTAZIONE GRANDI** INFRASTRUTTURE **PROGIN S.p.A.** Mandanti: **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 - 47833 Montiano di Romagna (RN) - ITALY
P.IVA 01884425003 - telefono +39 054 988277 - e-mail: sgai@sgai.com
www.sgai.com

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

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

<p>2.1.1. - PEDEMONTANA DELLE MARCHE Lotto funzionale del Sub lotto 2.1 - Tratto Fabriano - Matelica Nord</p> <p>INTERSEZIONI E SVINCOLI Viabilità interferita pk. 2+619 Relazione idraulica</p>	<p>SCALA: ---</p> <p>DATA: Novembre 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 5 0 0 3	R E L	0 1	A

REV.	DATA	DESCRIZIONE	Redatto		Controllato	Approvato
A	Novembre 2020	Emissione	Progin	Progin	S. LIETO	A. GRIMALDI



QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto

2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord


Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 1 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	------------------------

NUOVE VIABILITA'

RELAZIONE

VIABILITA' INTERFERITA km 2+619

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.di Pag. 2 di 23

Indice

1	Premessa	3
2	Equazioni pluviometriche di progetto	4
3.	Stima delle portate	5
3.1	Metodo Razionale	5
3.2	Coefficiente di deflusso	5
4.	Dimensionamento idraulico	7
5	Verifica delle opere di attraversamento idraulico	12
6	VIABILITA 'n°3 a pk 2+619.02	14
6.1	Opere idrauliche	16
6.2	Fosso di guardia	18
6.3	Verifica idraulica degli attraversamenti	19
	Allegato "A" Tabelle Verifica Tombini	21

1 Premessa

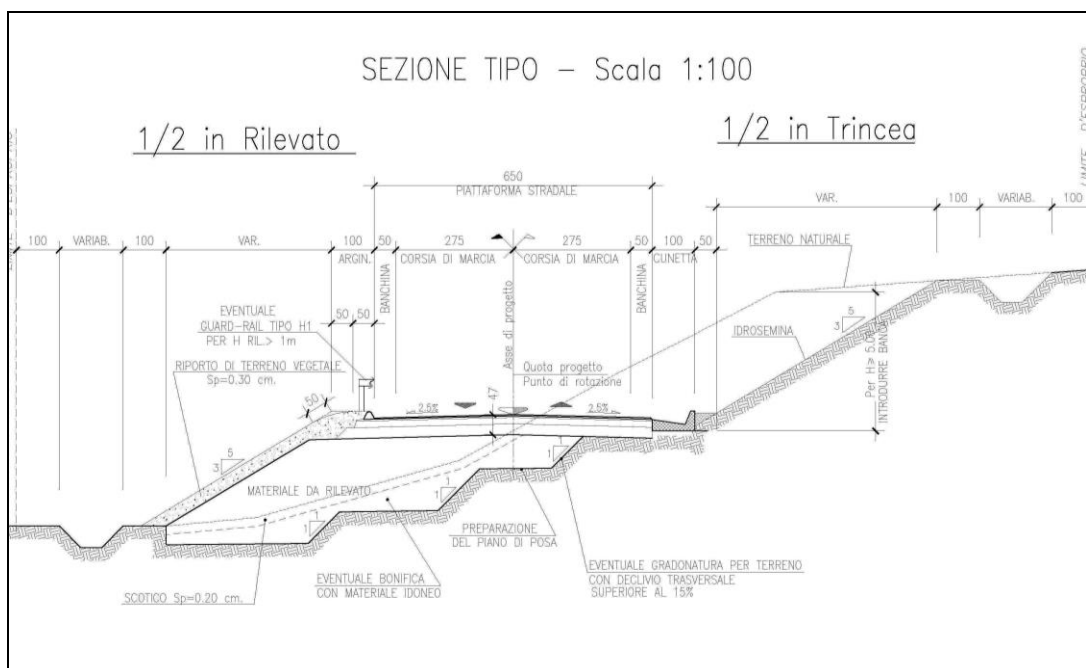
La presente relazione riporta i calcoli eseguiti per il dimensionamento e la verifica dei manufatti di raccolta ed allontanamento delle acque meteoriche pertinenti alla sede stradale e ai fossi di guardia della viabilità interferita, al Km 2+619, inserita nel Progetto Esecutivo della Pedemontana delle Marche tratto Fabriano–Matelica Nord Sub Lotto 2.1. nell’ambito dell’Asse viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna.

Di seguito si evidenzia: la progressiva in corrispondenza dell’opera di attraversamento della Pedemontana e tipologia:

n	Progressiva	Tipo Opera	Sezione Tipo
3	2+619.02	Sottovia Poderale	“A”

La sezione tipologica “A”

- Presenta una larghezza totale della piattaforma di 6.5m di cui 5.50m di carreggiata e 0.50m per le banchine laterali. Ai cigli è previsto un cordolo ed un arginello erboso di larghezza 1.0m.



Sezione tipo “A” per le viabilità principali

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag. di Pag. 4 di 23

2 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 ed inferiori l'ora.

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 (anni)	Altezza di precipitazione (mm)	Intensità oraria (mm/h)
50	$56.30 \times T^{0.51}$	$56.30 \times T^{(0.51-1)}$

dove: T = tempo di corrvazione in ore

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A

3. Stima delle portate

3.1 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 minimo 5' (0.0833 h).

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

Avvalendosi del metodo Razionale, adatto per bacini di modesta estensione e principalmente del tempo di corrivazione del bacino (Tc), si sono valutate le massime portate afferenti.

La formula Razionale è la seguente:

$$Q_{50} = A \times C \times I \times 0.278$$

dove

- Q = portata di massima piena in m³/s
- A = area del bacino in km²
- C = coefficienti di deflusso adimensionali (C1, C2 e C3)
- I = intensità di pioggia critica in mm /h
- 0.278 = fattore di conversione (1/3.6)

3.2 Coefficiente di deflusso

Il coefficiente di deflusso (C) è un parametro minore dell'unità tramite il quale si tiene globalmente conto del complesso delle perdite del bacino (infiltrazione nel terreno, ritenzione nelle depressioni superficiali) a causa delle quali la portata al colmo è minore della portata di pioggia.

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 C3 = 0.20
- Area della scarpata C2 = 0.50
- Pavimentazione C1 = 0.90

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A


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.

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.

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A

4. Dimensionamento idraulico

Per la verifica delle opere di drenaggio proposte nell'ambito delle Viabilità interferite 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 i seguenti coefficienti di scabrezza:

$K_s = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per opere in cls;

$K_s = 33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per i fossi a sezione trapezoidale in terra.

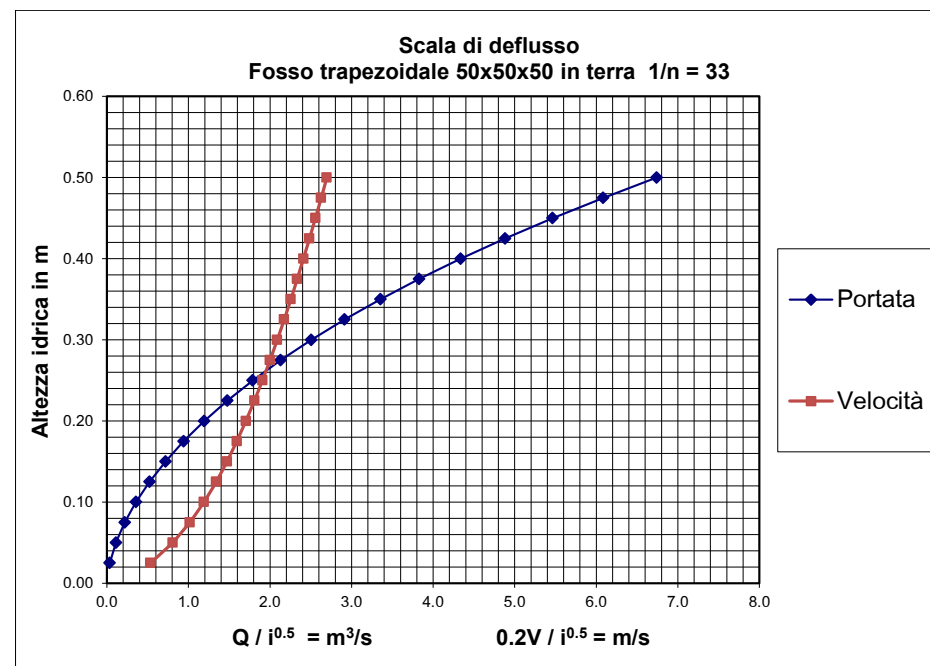
Nelle seguenti tabelle 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 è riportata la scala di deflusso dei seguenti fossi a sezione trapezoidale in terra e rivestiti di dimensioni 50x50x50cm e 60x60x60. Il calcolo è stato effettuato, in funzione del grado di riempimento e per differenti pendenze longitudinali.

Nel grafico corrispondente sono indicate le relazioni intercorrenti tra portata unitaria ($Q / i^{0.5}$ m³/s), altezza idrica (h in m) e velocità media del flusso d'acqua (V in m/s).

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag. di Pag. 8 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

Fosso di guardia in terra 50x50x50cm in terra tab. 4.1

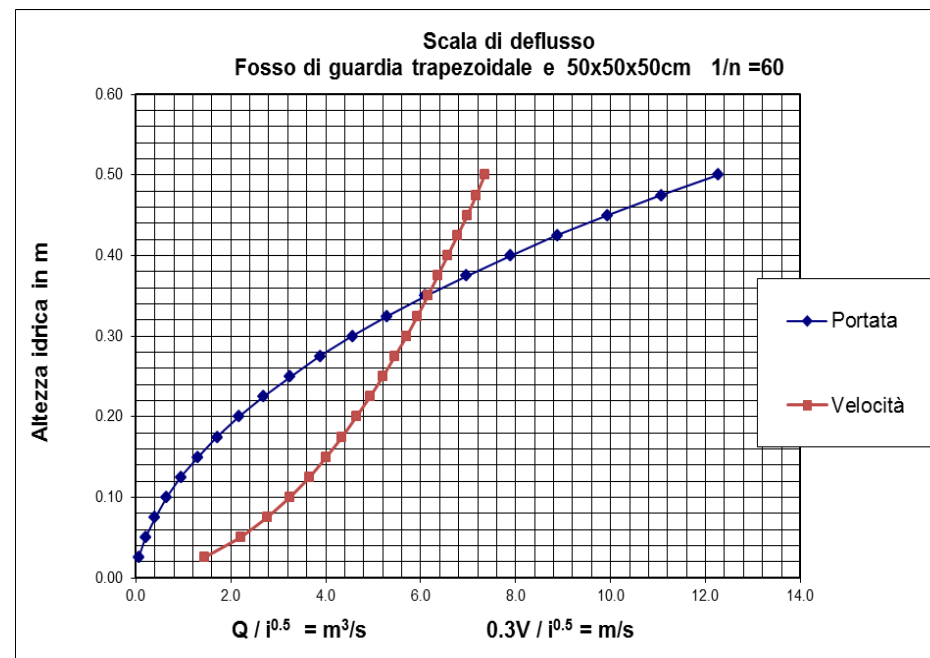
Base minore struttura	[m]	=	0.50				
Base maggiore struttura	[m]	=	1.50				
Altezza max struttura	[m]	=	0.50				
Coeff. di scabrezza Manning 1/n		=	33.0				
Altezza idrica	Altezza %	Area m2	Q mc/s	Portata mc/s (f) Pendenza m/m			
			1	0.005	0.006	0.010	0.020
0.025	5	0.013	0.035	0.002	0.003	0.004	0.005
0.050	10	0.028	0.111	0.008	0.009	0.011	0.016
0.075	15	0.043	0.219	0.016	0.017	0.022	0.031
0.100	20	0.060	0.357	0.025	0.028	0.036	0.051
0.125	25	0.078	0.524	0.037	0.041	0.052	0.0741
0.150	30	0.098	0.718	0.051	0.056	0.07	0.102
0.175	35	0.118	0.942	0.067	0.073	0.09	0.133
0.200	40	0.140	1.194	0.084	0.092	0.12	0.169
0.225	45	0.163	1.476	0.104	0.114	0.15	0.209
0.250	50	0.188	1.788	0.126	0.138	0.18	0.253
0.275	55	0.213	2.131	0.151	0.165	0.21	0.301
0.300	60	0.240	2.506	0.177	0.194	0.25	0.354
0.325	65	0.268	2.913	0.206	0.226	0.29	0.412
0.350	70	0.298	3.354	0.237	0.260	0.34	0.474
0.375	75	0.328	3.829	0.271	0.297	0.38	0.541
0.400	80	0.360	4.338	0.307	0.336	0.43	0.614
0.425	85	0.393	4.884	0.345	0.378	0.49	0.691
0.450	90	0.428	5.466	0.386	0.423	0.55	0.773
0.475	95	0.463	6.085	0.430	0.471	0.61	0.861
0.500	100	0.500	6.743	0.477	0.522	0.67	0.954



Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag.diPag. 9 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-----------------------

Fosso di guardia in terra 50x50x50cm rivestito tab. 4.2

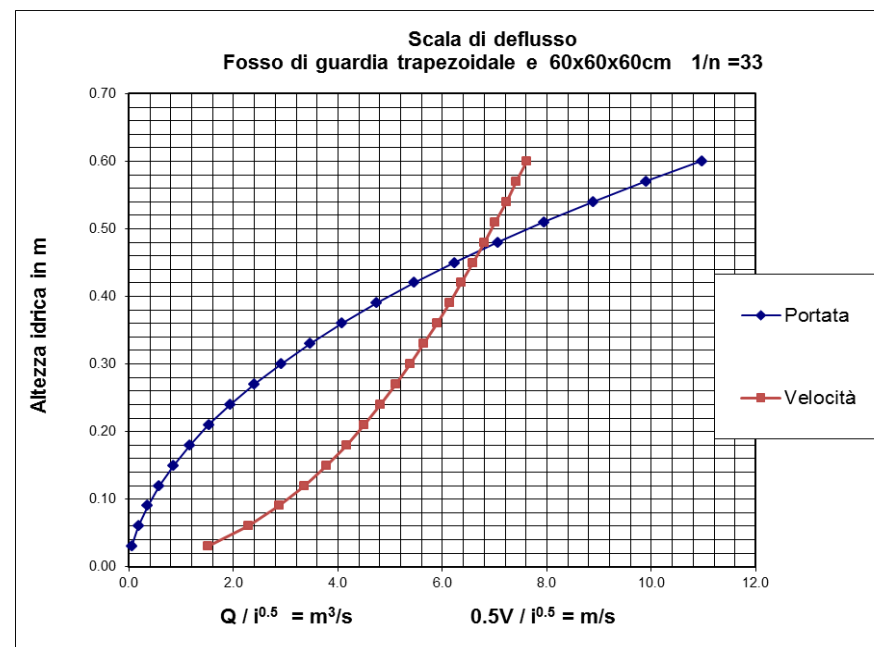
Base minore struttura	[m]	=	0.50				
Base maggiore struttura	[m]	=	1.50				
Altezza max struttura	[m]	=	0.50				
Coeff. di scabrezza Manning 1/n		=	60.0				
Altezza idrica	Altezza %	Area m2	Q mc/s	Portata mc/s (f) Pendenza m/m			
			1	0.005	0.007	0.010	0.020
0.025	5	0.013	0.064	0.005	0.005	0.01	0.0090
0.050	10	0.028	0.202	0.014	0.017	0.02	0.0286
0.075	15	0.043	0.399	0.028	0.033	0.04	0.0564
0.100	20	0.060	0.650	0.046	0.054	0.06	0.0919
0.125	25	0.078	0.952	0.067	0.080	0.10	0.1346
0.150	30	0.098	1.306	0.092	0.109	0.13	0.1847
0.175	35	0.118	1.712	0.121	0.143	0.17	0.2421
0.200	40	0.140	2.171	0.153	0.182	0.22	0.3070
0.225	45	0.163	2.683	0.190	0.225	0.27	0.3795
0.250	50	0.188	3.251	0.230	0.272	0.33	0.4597
0.275	55	0.213	3.875	0.274	0.324	0.39	0.5480
0.300	60	0.240	4.556	0.322	0.381	0.46	0.6444
0.325	65	0.268	5.297	0.375	0.443	0.53	0.7491
0.350	70	0.298	6.098	0.431	0.510	0.61	0.8624
0.375	75	0.328	6.961	0.492	0.582	0.70	0.9845
0.400	80	0.360	7.888	0.558	0.660	0.79	1.1155
0.425	85	0.393	8.880	0.628	0.743	0.89	1.2558
0.450	90	0.428	9.938	0.703	0.831	0.99	1.4054
0.475	95	0.463	11.064	0.782	0.926	1.11	1.5647
0.500	100	0.500	12.259	0.867	1.026	1.23	1.7337




Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag. di Pag. 10 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

Fosso di guardia in terra 60x60x60cm in terra tab. 4.3

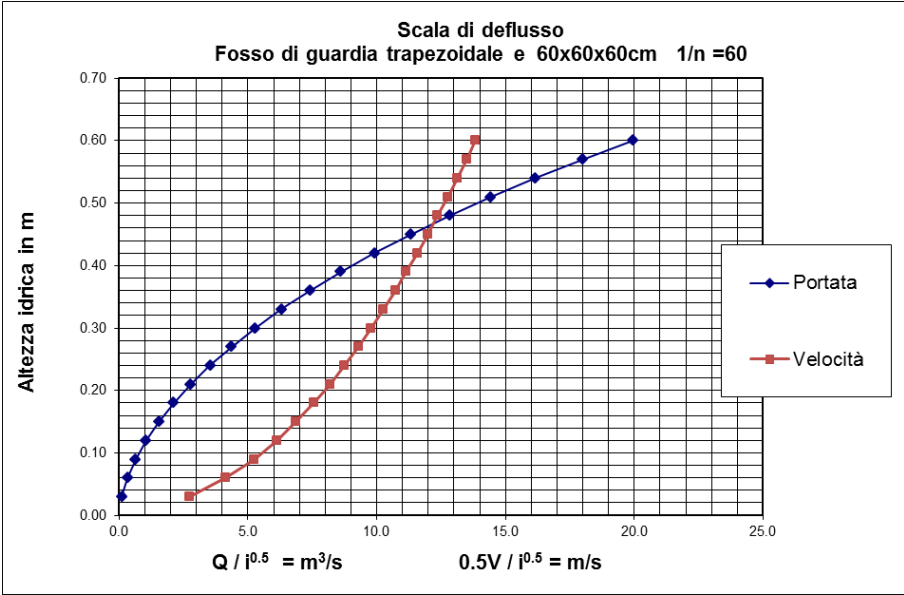
Base minore struttura	[m]	=	0.60				
Base maggiore struttura	[m]	=	1.80				
Altezza max struttura	[m]	=	0.60				
Coeff. di scabrezza Manning 1/n		=	33.0				
Altezza idrica	Altezza %	Area m2	Q mc/s	Portata mc/s (f) Pendenza m/m			
			1	0.005	0.007	0.010	0.020
0.030	5	0.019	0.057	0.004	0.005	0.01	0.0081
0.060	10	0.040	0.181	0.013	0.015	0.02	0.0256
0.090	15	0.062	0.357	0.025	0.030	0.04	0.0505
0.120	20	0.086	0.581	0.041	0.049	0.06	0.0822
0.150	25	0.113	0.851	0.060	0.071	0.09	0.1204
0.180	30	0.140	1.168	0.083	0.098	0.12	0.1652
0.210	35	0.170	1.531	0.108	0.128	0.15	0.2165
0.240	40	0.202	1.941	0.137	0.162	0.19	0.2746
0.270	45	0.235	2.400	0.170	0.201	0.24	0.3394
0.300	50	0.270	2.907	0.206	0.243	0.29	0.4112
0.330	55	0.307	3.465	0.245	0.290	0.35	0.4901
0.360	60	0.346	4.075	0.288	0.341	0.41	0.5763
0.390	65	0.386	4.737	0.335	0.396	0.47	0.6700
0.420	70	0.428	5.454	0.386	0.456	0.55	0.7713
0.450	75	0.473	6.226	0.440	0.521	0.62	0.8805
0.480	80	0.518	7.055	0.499	0.590	0.71	0.9977
0.510	85	0.566	7.942	0.562	0.664	0.79	1.1231
0.540	90	0.616	8.888	0.628	0.744	0.89	1.2570
0.570	95	0.667	9.895	0.700	0.828	0.99	1.3994
0.600	100	0.720	10.964	0.775	0.917	1.10	1.5506



	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619								
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.prog. 01	REV. A	Pag. di Pag. 11 di 23

Fosso di guardia in terra 60x60x60cm rivestito tab. 4.4

Base minore struttura [m] =	0.60						
Base maggiore struttura [m] =	1.80						
Altezza max struttura [m] =	0.60						
Coeff. di scabrezza Manning 1/n =	60.0						
Altezza idrica	Altezza %	Area m2	Q mc/s	Portata mc/s (f) Pendenza m/m			
			1	0.005	0.007	0.010	0.020
0.030	5	0.019	0.104	0.007	0.009	0.01	0.0146
0.060	10	0.040	0.329	0.023	0.027	0.03	0.0465
0.090	15	0.062	0.649	0.046	0.054	0.06	0.0918
0.120	20	0.086	1.056	0.075	0.088	0.11	0.1494
0.150	25	0.113	1.548	0.109	0.130	0.15	0.2189
0.180	30	0.140	2.124	0.150	0.178	0.21	0.3004
0.210	35	0.170	2.784	0.197	0.233	0.28	0.3937
0.240	40	0.202	3.530	0.250	0.295	0.35	0.4992
0.270	45	0.235	4.363	0.309	0.365	0.44	0.6171
0.300	50	0.270	5.286	0.374	0.442	0.53	0.7476
0.330	55	0.307	6.301	0.446	0.527	0.63	0.8911
0.360	60	0.346	7.409	0.524	0.620	0.74	1.0478
0.390	65	0.386	8.613	0.609	0.721	0.86	1.2181
0.420	70	0.428	9.916	0.701	0.830	0.99	1.4024
0.450	75	0.473	11.320	0.800	0.947	1.13	1.6009
0.480	80	0.518	12.827	0.907	1.073	1.28	1.8140
0.510	85	0.566	14.439	1.021	1.208	1.44	2.0420
0.540	90	0.616	16.160	1.143	1.352	1.62	2.2854
0.570	95	0.667	17.991	1.272	1.505	1.80	2.5443
0.600	100	0.720	19.935	1.410	1.668	1.99	2.8192



 QUADRILATERO Marche Umbria S.p.A.	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A

5 Verifica delle opere di attraversamento idraulico

Alle opere in calcestruzzo è attribuito un coefficiente di scabrezza cautelativo (di Gauckler-Strickler) pari a $K_s = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, 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.

A tal fine si è adottata la formula di Chèzy:

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

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. A


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 ogni attraversamento 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). Nelle relative tabelle si mostrano inoltre i risultati relativi alla velocità media del flusso (m/s) e grado di riempimento (h/H).

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A

6 VIABILITA' n°3 a pk 2+619.02

La viabilità n° 3 presenta uno sviluppo di 165.38m e ripristina il collegamento tra la viabilità delle Serre e la viabilità rurale esistente, interferita dal progetto della Pedemontana, tramite un sottovia poderale in attraversamento alla progr. 2+619.02.

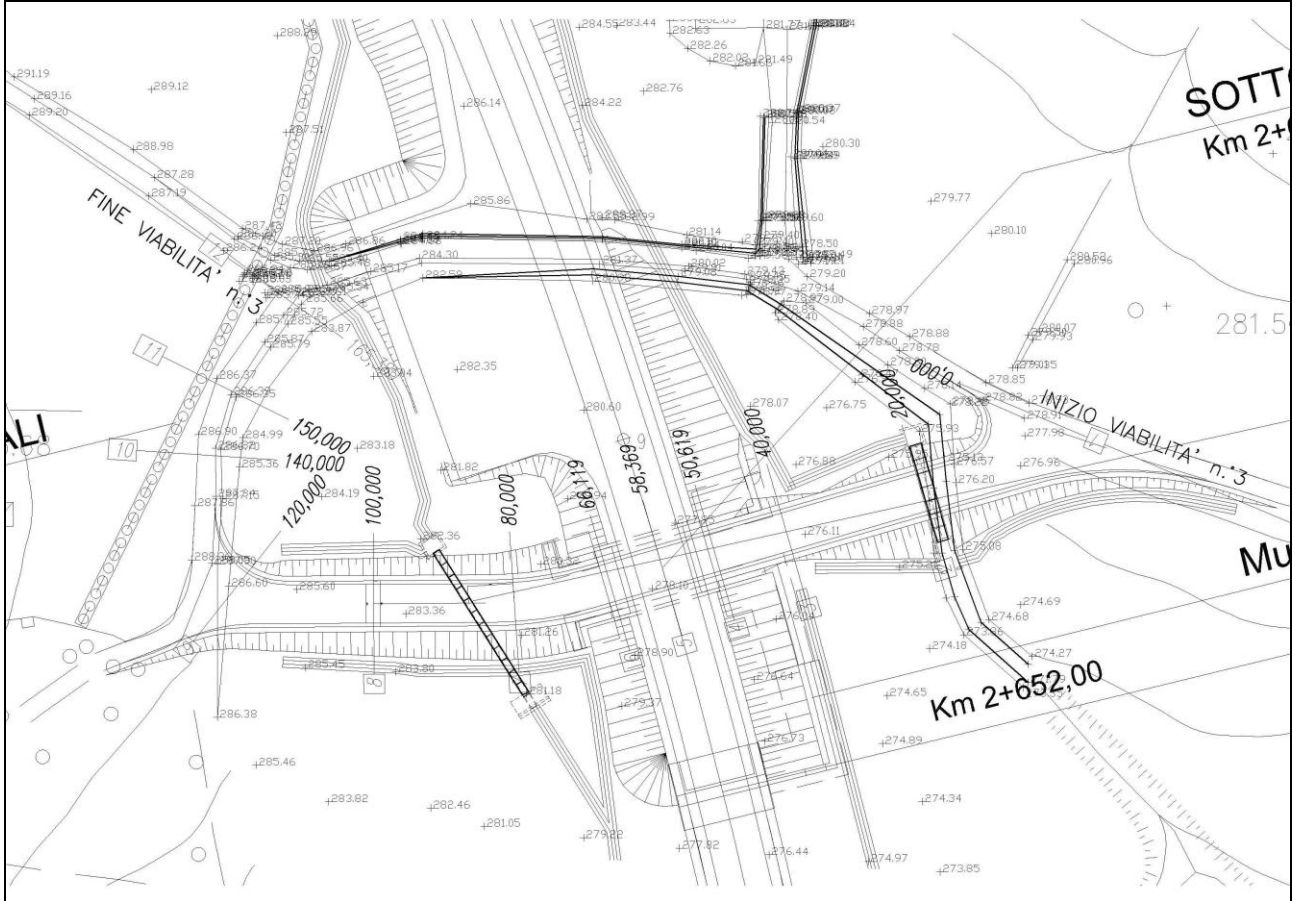
La sezione della viabilità è di tipo "A" con una larghezza totale della piattaforma di 6.5m di cui 5.50m di carreggiata e 0.50m per le banchine laterali. Ai cigli è previsto un cordolo ed un arginello erboso di larghezza 1.0m.

Per assicurare, in caso di intense precipitazioni, l'immediato smaltimento delle acque meteoriche dalla viabilità, la pavimentazione presenta nei tratti in curva una pendenza trasversale minima a falda unica del 2.5%, mentre a doppia falda in rettilo.

I flussi d'acqua defluiscono quindi al ciglio laterale dove sono intercettati dalla cunetta alla francese nei tratti in scavo o dal sistema cordolo-embrice nei tratti in rilevato. I flussi d'acqua hanno esito finale all'esterno nei fossi di guardia a sezione trapezoidale in terra previsti al piede del rilevato di dimensioni generalmente 50x50x50cm (tipo F1) o nelle opere d'imbocco dei tombini.


Nella seguente corografia di figura 6.1 si mostra l'ubicazione della Viabilità interferita n°3 e di quelle secondarie con le opere idrauliche di attraversamento e l'asse della Pedemontana.

Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A	Pag. di Pag. 15 di 23
----------------	---------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------



Corografia Viabilità n 3

fig. 6.1

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. A

6.1 Opere idrauliche

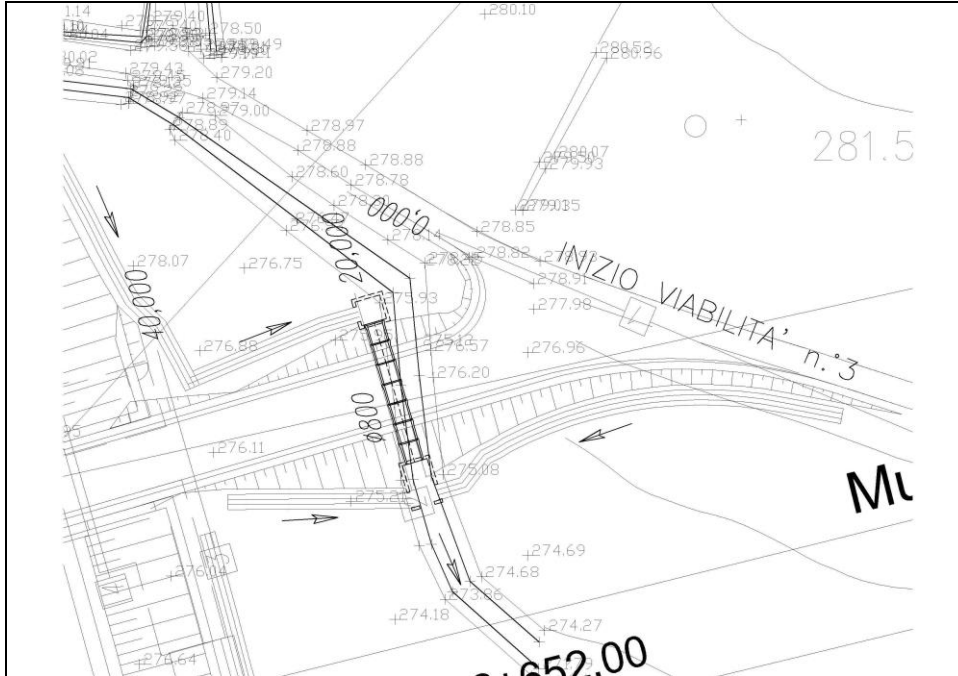
Per le opere idrauliche in attraversamento della viabilità n 3 si riporta nella seguente tabella le principali caratteristiche: il numero e l'estensione del bacino idrografico sotteso, la massima portata, l'ubicazione e dimensioni dei tombini idraulici.

Bacino 'n°	Dimensioni Tombino	Asse Stradale	Progressiva 'km	Area m ²	Q max m ³ /s
Sottobacino 'B10	Φ800	'Viabilità n°3	0+019.00	50000	0.520
bacino 'del B10	Φ1000	'Viabilità n°3	0+086.50	90000	0.940

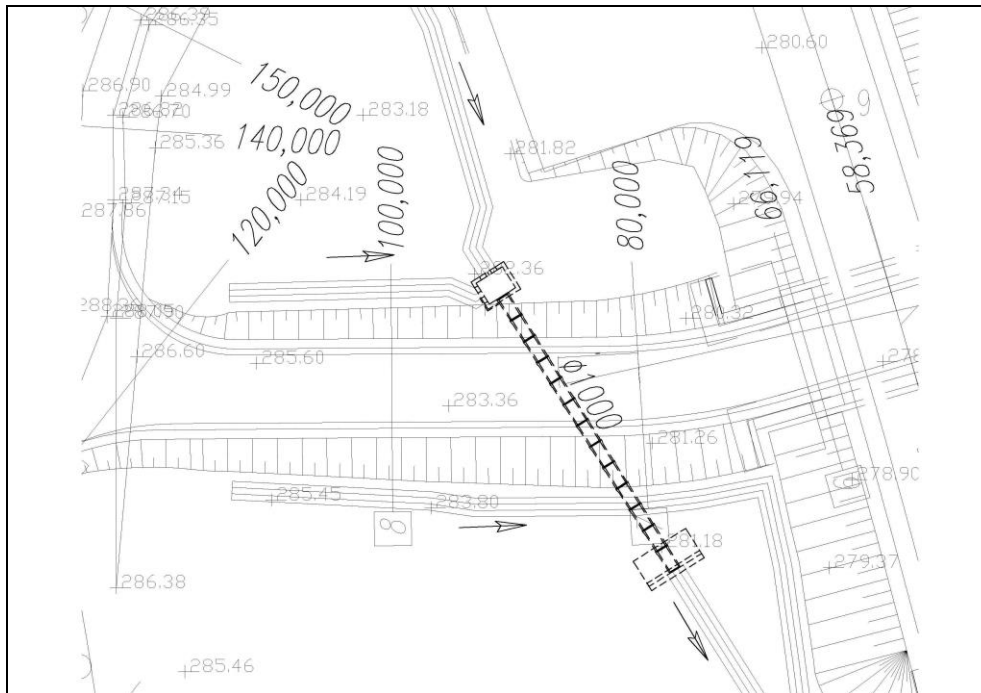
Nella fig. 6.2 si mostra in pianta l'ubicazione dell'opera idraulica Φ800 inserita in attraversamento della viabilità a pk 0+019.00 per garantire la continuità idraulica ai flussi d'acqua provenienti dal fosso di guardia in cls in destra della Pedemontana. Il fosso di guardia si sviluppa a valle del tombino ed assicura l'esito finale delle portate in un alveo esistente affluente in sponda sinistra del Torrente Quadrelle.

Mentre nella fig. 6.3 si mostra l'ubicazione del tombino Φ1000 inserito in attraversamento della viabilità a pk 0+086.50 per l'intercettazione delle portate provenienti dal fosso di guardia in cls di dx ed il loro esito, dopo 40m ca. nell'alveo esistente in sponda sinistra del Torrente Quadrelle.


Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	N.progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	211	E	11	CS5003	REL	01	A	17 di 23



Attraversamento della viabilità n3 pk 0+019.00
con tombino $\Phi 800$ fig. 6.2



Attraversamento della viabilità n3 pk 0+086.50
con tombino $\Phi 1000$ fig. 6.3

	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. A

6.2 Fosso di guardia


Lungo l'asse della Viabilità n°3 è stato inserito al piede del rilevato sul lato destro da pk 20m a pk 40m un fosso di guardia rivestito a sezione trapezoidale di dimensioni 50x50x50cm (tipo F1) per l'intercettazione delle portate provenienti dalla sede stradale e principalmente dal fosso di guardia della Pedemontana proveniente dall'imbocco della galleria

Mentre in sinistra è previsto un fosso di guardia in terra per l'intercettazione delle portate della sede stradale e scarpata.

Nel tratto in destra del sottovia è previsto un fosso di guardia in terra sopra la trincea stradale in destra per l'intercettazione delle portate provenienti dall'area naturale interclusa tra la Viabilità e la Pedemontana con esito nell'opera d'imbocco del tombino $\phi 1000$ in attraversamento alla pk 0+086.50.

Per limitare eventuali erosioni del fosso in terra dovute alla velocità del flusso d'acqua si prevede all'imbocco e allo sbocco dei tombini un rivestimento in calcestruzzo non armato per uno sviluppo minimo di 3.0m.

Negli elaborati delle planimetrie idrauliche è mostrata l'ubicazione dei fossi di guardia e specifiche caratteristiche.

 QUADRILATERO Marche Umbria S.p.A.	2.1.1 – PEDEMONTANA DELLE MARCHE – Lotto funzionale del Sub Lotto 2.1 Tratto Fabriano-Matelica Nord Relazione idraulica Viabilità interferita km 2+619							
	Opera L0703	Tratto 211	Settore E	CEE 11	WBS CS5003	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. A

6.3 Verifica idraulica degli attraversamenti

La verifica dell'idoneità idraulica delle opere di attraversamento è stata effettuata in considerazione del massimo livello idrico nell'opera di imbocco (inlet), lungo la canna ed allo sbocco (outlet) del tombino, valutato in base ai diagrammi sperimentali del (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts - Bureau of Public Roads - 1964 U.S.A.).

Come menzionato nel paragrafo n 5 "Verifica opere di attraversamento idraulico", la verifica è stata fatta con la seguente procedura:

Per ogni attraversamento 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).

Per ogni attraversamento i risultati ottenuti tramite il programma di calcolo (inlet-outlet), sono evidenziati nelle relative tabelle 6.2 e 6.3 dell'allegato "A". e riportati nella seguente tab. n 6.1 con le principali caratteristiche geometriche dei tombini (dati di input).

Le verifiche effettuate attestano l'idoneità del dimensionamento delle opere idrauliche di attraversamento proposte, 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 ed allo sbocco accettabili.

Verifica attraversamenti idraulici Viabilità interferita n°3
tab. 6.1

Posizione		Caratteristiche opera di attraversamento			Input di verifica Tombino			Output di Verifica Tombino			
Tombino	Progr,	larghezza	altezza	lunghezza canna	Portata	pendenza longitudinale minima	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+019.00	Φ800		12.12	520	0.02	60	0.67	0.33	41	2.65
2	0+086.50	Φ1000		26.15	940	0.01	60	0.86	0.50	50	2.38

Allegato "A" Tabelle Verifica Tombini

Dati INPUT :

Progressiva	Km =	0+019.00
Dimensioni Struttura	diametro =	1 \times 0.80 m
Lunghezza del tombino	L [m] =	12.200
Tombino in	Calcestruzzo	
Tipo di imbocco	Muri di testa	
Coefficiente per imbocco	Ke =	0.50
Portata massima	Q [m ³ /s] =	0.520
Pendenza della struttura	i [m/m] =	0.0200
Coefficiente di scabrezza	K [1/n] =	60.000
Altezza acqua imposta in uscita	h [m] =	0.200

Risultati con funzionamento con controllo in INLET

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.674
-----------------------------	------------	-------

Risultati per un flusso a moto uniforme (Manning)

Altezza d'acqua nella struttura	hu [m] =	0.330
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	2.658

Risultati con funzionamento con controllo in OUTLET

Perdita di carico all'imbocco	dhe [m] =	0.027
Perdita di carico distribuita	dhf [m] =	0.031
Perdita di carico allo sbocco	dhs [m] =	0.055
Perdita di carico totale	dht [m] =	0.113

Altezza d'acqua all'imbocco	Hw [m] =	0.304
Altezza d'acqua in uscita	h [m] =	0.435
Velocità dell'acqua in uscita	V [m/s] =	1.862

Pendenza critica della struttura	ic [m/m] =	0.0077
Altezza d'acqua critica	hc [m] =	0.435
Velocità dell'acqua critica	Vc [m/s] =	1.862

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

Tombino circolare $\phi 1000$ a pk 0+086.50 Tab. 6.3

Dati INPUT :

Progressiva	Km =	0+086.50
Dimensioni Struttura	diámetro =	1 \dot{Y} 1.00 m
Lunghezza del tombino	L [m] =	26.15
Tombino in		calcestruzzoa
Tipo di imbocco		muro di testa
Coefficiente per imbocco	Ke =	0.50
Portata massima	Q [m ³ /s] =	0.940
Pendenza della struttura	i [m/m] =	0.0100
Coefficiente di scabrezza	K [1/n] =	60.000
Altezza acqua imposta in uscita	h [m] =	0.400

Risultati con funzionamento con controllo in INLET

Altezza d'acqua all'imbocco Hw [m] = 0.859

Risultati per un flusso a moto uniforme (Manning)

Altezza d'acqua nella struttura hu [m] = 0.500

Velocità dell'acqua in uscita V [m/s] = 2.381

Risultati con funzionamento con controllo in OUTLET

Perdita di carico all'imbocco dhe [m] = 0.051

Perdita di carico distribuita dhf [m] = 0.063

Perdita di carico allo sbocco dhs [m] = 0.073

Perdita di carico totale dht [m] = 0.187

Altezza d'acqua all'imbocco Hw [m] = 0.492

Altezza d'acqua in uscita h [m] = 0.555

Velocità dell'acqua in uscita V [m/s] = 2.100

Pendenza critica della struttura ic [m/m] = 0.0072

Altezza d'acqua critica hc [m] = 0.555

Velocità dell'acqua critica Vc [m/s] = 2.100

Essendo inoltre il carico all'imbocco del tombino calcolato con funzionamento in INLET CONTROL maggiore di quello calcolato in OUTLET CONTROL il tombino funzionerà in INLET CONTROL .