

VARIANTE ALLA S.S. 1 "VIA AURELIA"  
Viabilità di accesso all'hub portuale di La Spezia  
Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Via Aurelia - 3°Lotto  
2° Stralcio Funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di San Venerio  
**COMPLETAMENTO**

PRECEDENTI LIVELLI DI PROGETTAZIONE DELL'APPALTO INTEGRATO ORIGINALE

PD n°1861 del 09/07/03 aggiornato al 10/12/08 - Delibera CIPE n°60 del 02/04/08

PE n° 103 del 14/07/2011 - D.A. CDG-103321-P del 20/07/11

PVT n°112 del 21/01/16 aggiornata al 28/10/16 - D.A. CDG-92950-P del 21/02/17

Progetto Esecutivo Cantierabile Opere da Completare

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. GE266

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

PROGETTISTA:

*Dott. Ing. Antonio Scalamandrè*  
*Ordine Ing. di Frosinone n. 1063*

IL GEOLOGO

*Dott. Geol. Flavio Capozucca*  
*Ordine Geol. del Lazio n. 1599*

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

*Geom. Emiliano Paiella*

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Fabrizio Cardone*

PROTOCOLLO

DATA

**OPERE D'ARTE MINORI**  
**OPERE DI ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO: INALVEAZIONI**

**INALVEAZIONE 3 - ZONA GALLERIA ARTIFICIALE FELETTINO**

Relazione idraulica e di calcolo

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	T00OI01IDRRE01_A.DWG			
<b>D</b> <b>P</b> <b>G</b> <b>E</b> <b>0</b> <b>2</b> <b>6</b> <b>6</b>	<b>E</b> <b>20</b>	CODICE ELAB. <b>T00OI01IDRRE01</b>		<b>A</b>	-
D					
C					
B					
A	EMISSIONE		GIUGNO 2020		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

**RELAZIONE IDRAULICA DI CALCOLO**

**INALVEAZIONE AL Km 2+309.74**

**GALLERIA ARTIFICIALE FELETTINO**

**DEVIAZIONE PROVVISORIA FOSSO**

**A.N.A.S. S.p.A.**

Variante alla SS n. 1 Aurelia (Aurelia bis)  
Viabilità di accesso all'hub portuale di La Spezia  
Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Via Aurelia - 3°Lotto  
2° Stralcio Funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di San Venerio  
*Progetto esecutivo - Completamento*

Giugno 2020  
Rev. A

## **INDICE**

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. PROGETTO INALVEAZIONE - ANALISI IDRAULICA.....</b>	<b>4</b>
2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO.....	4
2.2 INPUT IDROLOGICO DI PROGETTO.....	4
2.3 VERIFICA IDRAULICA STATO ATTUALE .....	4
2.4 VERIFICA IDRAULICA STATO DI PROGETTO .....	5
2.5 ANALISI DEI RISULTATI.....	7
<b>3. DEVIAZIONE TEMPORANEA.....</b>	<b>8</b>
3.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	8
3.2 INPUT IDROLOGICO DI PROGETTO.....	9
3.3 VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONE IN LAMIERA ONDULATA .....	9
<b>ALLEGATO 1 – DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO HY-8 PER LA VERIFICA DEI TOMBINI IN MOTO PERMANENTE.....</b>	<b>12</b>

## **1.PREMESSA**

La presente relazione di calcolo è a supporto della progettazione esecutiva delle opere idrauliche a corredo della variante alla SS n°1 Aurelia – Lotto 3° - Felettino- Raccordo Autostradale.

In particolare la presente relazione di calcolo è riferita all'inalveazione sulla galleria artificiale Felettino alla prog. 2+309.74.

Per la redazione delle indagini idrologiche-idrauliche sono state recepite le raccomandazioni e le linee guida redatte in materia dall'Autorità di Bacino e, in particolare, l'Allegato 2 e 3 del Piano di Bacino.

Le verifiche sono state condotte allo stato attuale e di progetto per accertare analiticamente il non aggravio del rischio nella configurazione post operam (cfr. cap.2)

Ulteriore verifica è stata eseguita relativamente alla fase transitoria che prevede in fase di cantiere una deviazione temporanea del fosso (cfr. cap.3).

In tutti e tre i casi l'analisi è stata condotta in moto permanente.

A monte e a valle sono state previste, opere di raccordo al corso d'acqua esistente.

I risultati della modellistica idrologica ed idraulica sono riportati in forma tabellare nel presente elaborato, mentre per i risultati in forma grafica si rimanda ai seguenti elaborati di progetto:

- T01OI01IDRPP01\_A planimetria e profilo idraulico allo stato di fatto con livelli Tr 200 anni;
- T01OI01IDRPP02\_A planimetria e profilo idraulico allo stato di progetto con livelli Tr 200 anni;
- T01OI01IDRSZ01\_A sezioni trasversali per stato di fatto e di progetto con livelli Tr 200 anni;
- T00ID01IDRCO01\_A planimetria aree di esondazione per Tr 200 anni;
- T01OI01IDRPP03\_A planimetria e profilo idraulico in fase provvisoria con livelli per Tr 50 anni;
- T01OI01IDRSZ03\_A sezioni trasversali in fase provvisoria con livelli Tr 50 anni.

## **2. PROGETTO INALVEAZIONE - ANALISI IDRAULICA**

Sul corso d'acqua è stata sviluppata una modellistica in moto permanente.

Il Software utilizzato per le simulazioni è HEC-RAS 5.0.7 realizzato dalla U.S. Army Corps of Engineering - Hydrologic Engineering Center.

Il codice di calcolo è basato sulla soluzione dell'equazione energetica monodimensionale con valutazione delle perdite per attrito secondo la formula di Manning.

Per i dettagli riguardanti la modellazione adottata si rimanda all'Allegato 1 - Modellistica Idraulica.

### **2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO**

A supporto della progettazione è stato condotto un rilievo celerimetrico dell'area di intervento sulla cui base è stato elaborato un modello digitale del terreno (DTM). Dall'elaborazione del DTM suddetto sono state ricostruite le sezioni fluviali allo stato attuale del corso d'acqua.

In particolare, per l'analisi idraulica della condizione attuale del corso d'acqua sono state elaborate 14 sezioni su uno sviluppo del fosso di 137 m circa, mentre per lo studio idraulico dell'inalveazione in oggetto sono state elaborate n. 35 sezioni trasversali su una lunghezza d'asta di 139 m circa, in modo da caratterizzare senza soluzione di continuità il corso d'acqua in un ambito idraulicamente significativo.

### **2.2 INPUT IDROLOGICO DI PROGETTO**

L'Allegato 2 - Portate di Piena del PdB contiene i valori di portata al colmo di piena per tempo di ritorno duecentennali ed altri tempi di ritorno per i principali corsi d'acqua presenti nell'Ambito 20. Lo stesso prevede inoltre per i corsi d'acqua minori nonché per gli affluenti dei torrenti principali con bacino inferiore a 2 kmq una portata massima ottenuta utilizzando un contributo unitario pari a 40 mc/s per ogni chilometro quadrato di superficie del bacino sotteso.

Le portate di tutti i corsi d'acqua interferenti con l'infrastruttura di progetto sono riportati nella Relazione idrologica-idraulica generale T00ID00IDRRE01A. Per il corso d'acqua oggetto della presente analisi l'input idrologico di progetto duecentennale è riportato nella tabella seguente.

<b>Portata idrologica bacino n.19</b>	
Q [m/s]	3.9

TABELLA 2-1: PORTATA DI PROGETTO TR200

### **2.3 VERIFICA IDRAULICA STATO ATTUALE**

La simulazione è stata effettuata in riferimento alla portata duecentennale di 3.9 mc/s determinata in base ai criteri fissati dal Piano di Bacino, in condizioni di corrente mista, fissando quali condizioni al contorno a valle e a monte l'altezza critica.

Quale coefficiente di scabrezza associato alle singole sezioni fluviali è stato assunto, in coerenza con le indicazioni dell'Allegato 3 del PdB, il valore del coefficiente di Manning pari a  $0.03 \text{ ms}^{-1/3}$

Dall'implementazione della simulazione di moto permanente relativa allo stato attuale si è pervenuti ai risultati riportati in Tabella 2-2, mentre per gli output grafici si rimanda agli elaborati indicati in premessa.

#### Legenda

Sezione		codifica sezione fluviale	E.G. Elev	[m slm]	carico totale
River Sta		codice HEC della sezione	E.G. Slope	[m/m]	perdita di carico totale
Q total	[mc/s]	portata al colmo	Vel Chnl	[m/s]	velocità media nella sezione
Min Ch El	[m slm]	quota assoluta del fondo alveo	Flow Area	[mq]	area sezione liquida in alveo
W.S. Elev	[m slm]	carico piezometrico	Top Width	[m]	larghezza sul pelo libero della sezione
Crit. W.S.	[m slm]	altezza d'acqua critica	Froude	[ - ]	numero di Froude

Sezioni	River Sta	Profile	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
1	173.7	Tr 200	90.6	91.14	94.24	0.600947	8.45	0.46	1.52	4.9
2	156.8	Tr 200	88.32	88.42	88.98	0.142974	3.63	1.08	5.66	2.61
3	151.3	Tr 200	86.52	86.84	87.93	0.224046	5.26	0.74	2.81	3.27
4	136.7	Tr 200	84.32	84.48	84.94	0.161029	3.49	1.12	6.78	2.71
5	124.9	Tr 200	80.39	80.68	82.06	0.373371	5.73	0.68	3.51	4.16
6	117.6	Tr 200	78.39	78.65	79.64	0.268712	4.95	0.79	3.96	3.55
7	114.6	Tr 200	76.47	76.83	78.6	0.385515	6.46	0.6	2.58	4.27
8	102.8	Tr 200	74.2	74.4	75.03	0.19875	4.02	0.97	5.42	3.03
9	81.4	Tr 200	73.32	73.36	73.49	0.030298	1.83	2.13	9.07	1.2
10	68.4	Tr 200	72.53	72.66	72.97	0.052106	2.94	1.33	4.01	1.63
11	61.5	Tr 200	72.18	72.31	72.62	0.044343	2.94	1.33	3.26	1.47
12	55.6	Tr 200	71.87	70.85	71.92	0.001994	1.01	3.85	2.48	0.26
	50.9									
13	46.1	Tr 200	70.84	70.85	71.06	0.018766	2.09	1.87	4.45	1.03
14	42.0	Tr 200	68.44	68.8	70.65	0.427493	6.58	0.59	2.69	4.48
15	31.4	Tr 200	66.49	66.76	67.55	0.174307	4.56	0.85	3.47	2.94
16	18.8	Tr 200	64.57	64.83	65.55	0.142658	4.38	0.89	3.13	2.62
17	8.7	Tr 200	63.56	63.8	64.34	0.093261	3.9	1	3.1	2.19
18	0.0	Tr 200	62.61	62.85	63.45	0.109413	4.07	0.96	3.16	2.36

TABELLA 2-2: RISULTATI VERIFICA IDRAULICA TR200 STATO ATTUALE

## 2.4 VERIFICA IDRAULICA STATO DI PROGETTO

La simulazione allo stato di progetto è stata effettuata con la portata idrologica  $Q=3.9 \text{ mc/s}$ , fissando quali condizioni al contorno a valle il valore dell'altezza critica.

Quale coefficiente di scabrezza associato alle singole sezioni fluviali è stato assunto, in coerenza con le indicazioni dell'Allegato 3 del PdB, il valore del coefficiente di Manning pari a  $0.025 \text{ ms}^{-1/3}$  corrispondente a tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato.

La livelleta di fondo di progetto è stata assunta pari al 2%; la sezione tipo dell'inalveazione è scogliera rinverdata nei tratti correnti e in scogliera cementata nei salti, caratterizzata da una larghezza dell'alveo al fondo costante pari a 1.5 m.

Per raggiungere la pendenza finale della sistemazione sono stati previsti n° 8 salti di fondo di altezza massima 1.5 m (1 salto da 0.76m, 1 salto da 1.0 m, 6 salti da 1.5 m).

Dall'implementazione della simulazione di moto permanente relativa allo stato di progetto si è pervenuti ai risultati riportati in Tabella 2-3, mentre per gli output grafici si rimanda agli elaborati indicati in premessa.

### Legenda

Sezione		codifica sezione fluviale	E.G. Elev	[m slm]	carico totale
River Sta		codice HEC della sezione	E.G. Slope	[m/m]	perdita di carico totale
Q total	[mc/s]	portata al colmo	Vel Chnl	[m/s]	velocità media nella sezione
Min Ch El	[m slm]	quota assoluta del fondo alveo	Flow Area	[mq]	area sezione liquida in alveo
W.S. Elev	[m slm]	carico piezometrico	Top Width	[m]	larghezza sul pelo libero della sezione
Crit. W.S.	[m slm]	altezza d'acqua critica	Froude	[ - ]	numero di Froude

Sezione progetto	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
1	138.8	Tr 200	3.9	80.00	80.71	80.71	80.89	0.0182	1.90	2.05	5.76	1.01
2	131.3	Tr 200	3.9	77.94	78.32	78.62	80.33	0.4972	6.28	0.62	3.47	4.74
3	128.3	Tr 200	3.9	75.99	76.41	76.78	78.84	0.4706	6.90	0.57	2.57	4.69
4	121.4	Tr 200	3.9	74.75	75.00	75.28	76.67	0.1868	5.80	0.72	4.47	4.17
5	117.2	Tr 200	3.9	73.96	74.34	74.71	76.04	0.1232	5.77	0.68	2.07	3.23
6	113.8	Tr 200	3.9	73.96	74.41	74.71	75.56	0.0715	4.77	0.82	2.17	2.48
	113.7	Inl Struct										
7	112.8	Tr 200	3.9	73.19	74.03	74.03	74.30	0.0115	2.30	1.70	3.19	1.00
8	108.8	Tr 200	3.9	73.11	73.71	73.86	74.21	0.0292	3.14	1.24	3.29	1.63
9	98.8	Tr 200	3.9	72.91	73.57	73.66	73.94	0.0189	2.69	1.45	3.47	1.33
10	93.8	Tr 200	3.9	72.81	73.46	73.56	73.84	0.0193	2.72	1.44	3.46	1.35
11	88.8	Tr 200	3.9	72.71	73.36	73.46	73.74	0.0195	2.72	1.43	3.46	1.35
12	83.8	Tr 200	3.9	72.61	73.26	73.36	73.64	0.0194	2.72	1.43	3.46	1.35
13	78.8	Tr 200	3.9	72.51	73.16	73.26	73.54	0.0195	2.72	1.43	3.46	1.35
14	73.8	Tr 200	3.9	72.41	73.06	73.16	73.44	0.0195	2.72	1.43	3.46	1.35
15	71	Tr 200	3.9	72.36	73.02	73.11	73.39	0.0190	2.70	1.44	3.47	1.34
	70.9	Inl Struct										
16	70	Tr 200	3.9	71.33	72.15	72.15	72.50	0.0128	2.63	1.48	2.11	1.01
17	64.7	Tr 200	3.9	71.23	71.80	71.98	72.38	0.0354	3.35	1.16	3.22	1.78
	64.68	Inl Struct										
18	63.7	Tr 200	3.9	69.71	70.86	70.46	70.93	0.0015	1.10	3.54	4.98	0.42
	62.2	Tr 200	3.9	69.68	70.86		70.92	0.0014	1.09	3.57	4.38	0.39
19	61.7	Tr 200	3.9	69.67	70.52	70.52	70.89	0.0157	2.69	1.45	2.00	1.01
21	53.8	Tr 200	3.9	69.51	70.30	70.36	70.74	0.0206	2.96	1.32	1.99	1.16
	53.32	Tr 200	3.9	69.50	70.05	70.25	70.71	0.0432	3.59	1.09	3.14	1.95
22	49	Tr 200	3.9	69.42	70.02	70.17	70.51	0.0278	3.08	1.27	3.32	1.59
	48.99	Inl Struct										
23	48	Tr 200	3.9	67.90	68.72	68.72	69.07	0.0129	2.64	1.48	2.11	1.01
24	41.9	Tr 200	3.9	67.77	68.34	68.53	68.93	0.0368	3.40	1.15	3.20	1.81
	41.89	Inl Struct										
25	40.9	Tr 200	3.9	66.25	67.07	67.07	67.42	0.0129	2.64	1.48	2.11	1.01
26	38.7	Tr 200	3.9	66.21	66.78	66.96	67.36	0.0356	3.36	1.16	3.22	1.78
27	35.8	Tr 200	3.9	66.15	66.75	66.90	67.24	0.0281	3.09	1.26	3.31	1.60
	35.78	Inl Struct										
28	34.8	Tr 200	3.9	64.63	65.45	65.45	65.80	0.0129	2.63	1.48	2.11	1.01
29	29.4	Tr 200	3.9	64.52	65.09	65.27	65.67	0.0362	3.38	1.15	3.21	1.80
	29.39	Inl Struct										
30	28.4	Tr 200	3.9	63.00	63.82	63.82	64.17	0.0128	2.63	1.48	2.11	1.01
31	22.3	Tr 200	3.9	62.88	63.45	63.63	64.03	0.0358	3.37	1.16	3.21	1.79
	22.29	Inl Struct										
32	21.3	Tr 200	3.9	61.36	62.18	62.18	62.53	0.0129	2.64	1.48	2.11	1.01
33	18.8	Tr 200	3.9	61.31	61.88	62.06	62.46	0.0360	3.37	1.16	3.21	1.79
34	7.4	Tr 200	3.9	61.08	62.06	62.06	62.30	0.0182	2.17	1.80	3.79	1.00
35	0	Tr 200	3.9	60.06	60.62	60.92	61.88	0.1998	4.96	0.79	3.02	3.11

TABELLA 2-3: RISULTATI VERIFICA IDRAULICA TR200 STATO DI PROGETTO

## 2.5 ANALISI DEI RISULTATI

Sulla base delle verifiche idrauliche allo stato di progetto sono stati determinati, per ogni sezione trasversale e secondo la metodologia descritta nelle NTA del Piano di Bacino, i franchi e le quote di messa in sicurezza idraulica da garantire sullo scenario duecentennale, riportati nella seguente tabella e confrontati con le quote degli interventi di sistemazione in progetto.

Sezione progetto	Min Ch El	W.S. Elev	Franco di sicurezza minimo	Quota di messa in sicurezza	Quota sponda
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1	80.00	80.71	0.50	81.21	81.50
2	77.94	78.32	0.50	78.82	79.44
3	75.99	76.41	0.50	76.91	77.49
4	74.75	75.00	0.50	75.50	76.25
5	73.96	74.34	0.50	74.84	75.46
6	73.96	74.41	0.50	74.91	75.46
7	73.19	74.03	0.50	74.53	74.69
8	73.11	73.71	0.50	74.21	74.61
9	72.91	73.57	0.50	74.07	74.41
10	72.81	73.46	0.50	73.96	74.31
11	72.71	73.36	0.50	73.86	74.21
12	72.61	73.26	0.50	73.76	74.11
13	72.51	73.16	0.50	73.66	74.01
14	72.41	73.06	0.50	73.56	73.91
15	72.36	73.02	0.50	73.52	73.86
16	71.33	72.15	0.50	72.65	72.83
17	71.23	71.80	0.50	72.30	72.73
18	69.71	70.86	0.50	71.36	71.21
	69.68	70.86	0.50	71.36	71.18
19	69.67	70.52	0.50	71.02	71.17
21	69.51	70.30	0.50	70.80	71.01
	69.50	70.05	0.50	70.55	71.00
22	69.42	70.02	0.50	70.52	70.92
23	67.90	68.72	0.50	69.22	69.40
24	67.77	68.34	0.50	68.84	69.27
25	66.25	67.07	0.50	67.57	67.75
26	66.21	66.78	0.50	67.28	67.71
27	66.15	66.75	0.50	67.25	67.65
28	64.63	65.45	0.50	65.95	66.13
29	64.52	65.09	0.50	65.59	66.02
				0.00	1.50
30	63.00	63.82	0.50	64.32	64.50
31	62.88	63.45	0.50	63.95	64.38
32	61.36	62.18	0.50	62.68	62.86
33	61.31	61.88	0.50	62.38	62.81
34	61.08	62.06	0.50	62.56	62.58
35	60.06	60.62	0.50	61.12	61.56

TABELLA 2-4: VERIFICA FRANCHI DI SICUREZZA STATO DI PROGETTO- TR=200 ANNI

In base alle verifiche idrauliche effettuate si precisa che:

### A.N.A.S. S.p.A.

Variante alla SS n. 1 Aurelia (Aurelia bis)

Viabilità di accesso all'hub portuale di La Spezia

Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Via Aurelia - 3°Lotto

2° Stralcio Funzionale B dallo Svincolo di Buon Viaggio allo Svincolo di San Venerio

Progetto esecutivo - Completamento

Giugno 2020

Rev. A

- In ogni sezione è garantita la quota di messa in sicurezza idraulica con franco di sicurezza;
- Allo stato di progetto la portata è sempre contenuta in alveo e, pertanto, non si verificano incrementi di rischio idraulico rispetto alla configurazione ante operam;
- Non sono presenti in alveo pile o altri manufatti che necessitano di opere di protezione per fenomeni di erosione localizzata.

### **3.DEVIAZIONE TEMPORANEA**

#### **3.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

Durante le fasi di realizzazione della Galleria Artificiale Felettino e della stessa inalveazione definitiva del fosso interferente, risulta necessaria una temporanea deviazione del corso d'acqua.

La deviazione consiste nella posa in opera di una tubazione un lamiera ondulata del diametro DN1500 di lunghezza complessiva 84 m, divisa in due tratti a diversa pendenza (10% e 16%), un pozzetto di ispezione 2,5x2,5 e dei blocchi di ancoraggio in c.a. da prevedere in corrispondenza delle deviazioni.

A monte della tubazione occorrerà realizzare una tura in terra di altezza minimo 1,2 m in testa al tubo con scarpata nella zona di imbocco rivestita in materassi tipo reno dello spessore minimo di 30 cm. Per due metri a monte dell'imbocco e due metri a valle dello sbocco andrà previsto un rivestimento del fondo in massi sciolti al fine di evitare erosioni localizzate.

La posa in opera della tubazione avverrà secondo le modalità previste per condotte di tale tipo, cioè prevedendo per il letto di posa ed il rinfiacco materiale costituito da misto granulare stabilizzato  $d \leq 70$ mm posato e costipato per strati di spessore max.30cm. Il tubo dovrà avere un minimo ricoprimento di 1.0 m.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici T00OI01IDRPF03A (planimetria, profilo e sezione tipo) e T00OI01IDRSZ02A (sezioni trasversali).

La deviazione temporanea del fosso andrà rimossa una volta realizzata la nuova inalveazione.

Per le caratteristiche di temporaneità dell'intervento la verifica idraulica dell'opera viene eseguita con tempo di ritorno di 50 anni, in analogia ad altre verifiche eseguite in fase provvisoria.

### 3.2 INPUT IDROLOGICO DI PROGETTO

Il calcolo della portata con Tr 50 anni non è di immediata valutazione in quanto per il bacino in esame di estensione inferiore ai 2 kmq sono stati adottati i criteri suggeriti nel Piano di Bacino per il calcolo della portata duecentennale come già indicato nel paragrafo 2.2.

La stima della Q50 è stata eseguita pertanto applicando una riduzione percentuale della Q200, sulla base del rapporto esistente Q50/Q200 tra le portate già fornite per il bacino maggiore del T. Vecchia Dorgia di cui il fosso in esame fa parte, e contenute nelle NTA del Piano di Bacino Ambito 20 del Golfo di La Spezia. Di seguito si riporta la tabella estratta dall'allegato 2 alle NTA con indicazione delle portate:

Corso d'acqua	Sezioni	Area [km <sup>2</sup> ]	t <sub>c</sub> [min]	T=50		T=200		T=500	
				Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]	Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]	Metodo Razionale [m <sup>3</sup> /s]	Metodo CIMA modificato [m <sup>3</sup> /s]
T. Vecchia Dorgia	A	1.64	45	27.7		32.2		35.0	
T. Vecchia Dorgia	B	0.93	20	21.4		24.6		26.6	
F. Gavatro	C	0.12	10	3.6		4.1		4.4	
T. Vecchia Dorgia	D	0.81	20	18.6		21.4		23.1	
T. Vecchia Dorgia	E	0.71	20	16.3		18.8		20.3	
F. Ponticelli	F	0.21	15	5.4		6.2		6.7	
T. Vecchia Dorgia	G	0.50	20	11.5		13.2		14.3	

Il rapporto medio Q80/Q200 risulta pari a 0.87 circa.

Pertanto si ritiene di poter indicare come portata con Tr 50 anni per le verifiche in fase temporanea un valore di  $0,87 \times 3,9 \text{ mc/s} = 3,39 \text{ mc/s}$ .

### 3.3 VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONE IN LAMIERA ONDULATA

La verifica idraulica viene condotta in moto permanente mediante il software HY-8, del quale si riporta la descrizione in allegato 1.

Di seguito si indicano direttamente i risultati in forma grafica e tabellare:

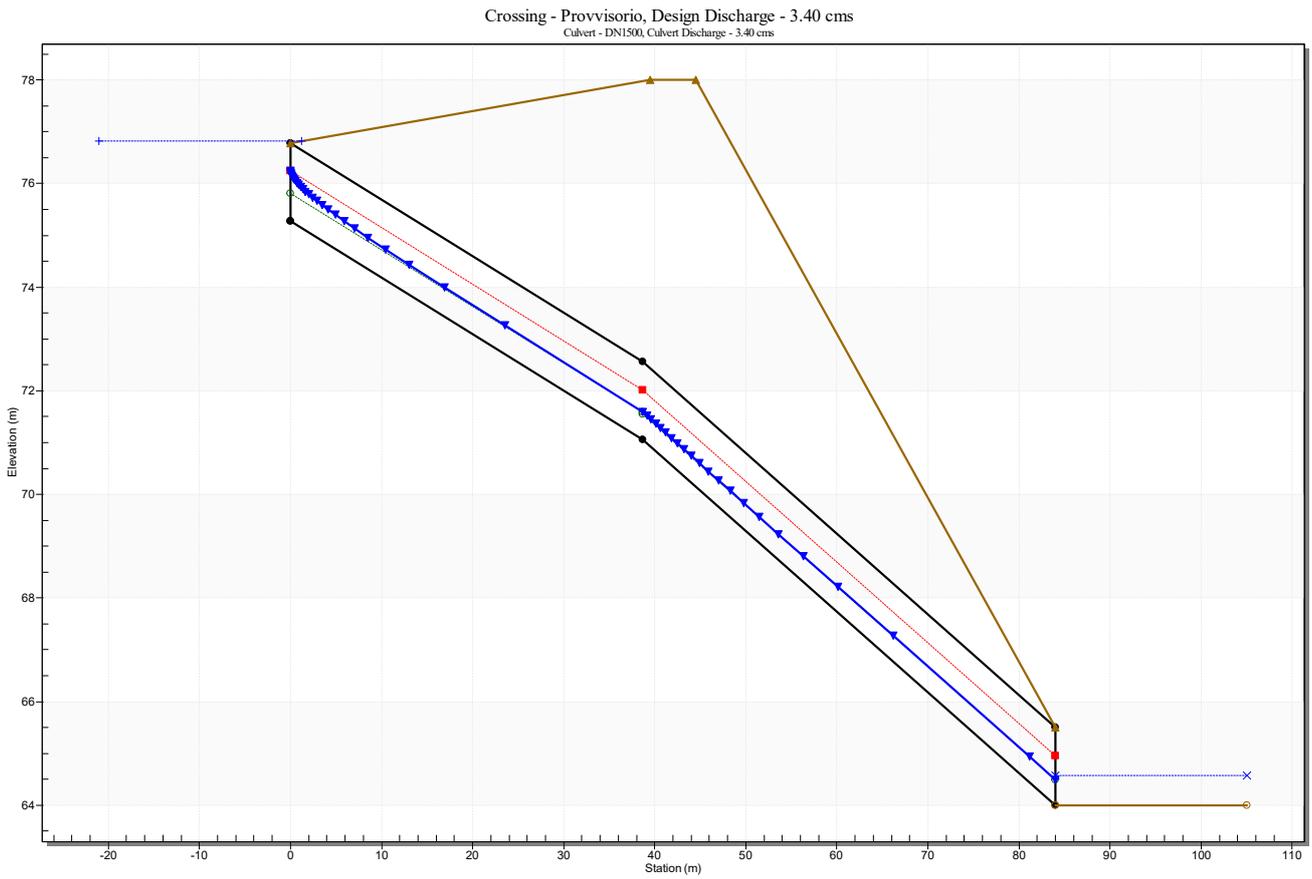


FIGURA 3.1 – PROFILO DI RIGURGITO PER TR=50 ANNI

**Culvert Summary Table - DN1500**

Culvert Crossing: Provisorio

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	75.28	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00
0.39	0.39	75.69	0.41	0.0*	1-S2n	0.16	0.25	3.69	2.17
0.78	0.78	75.87	0.59	0.0*	1-S2n	0.23	0.33	4.51	2.59
1.17	1.17	76.01	0.73	0.0*	1-S2n	0.28	0.38	5.10	2.86
1.56	1.56	76.15	0.87	0.0*	1-S2n	0.32	0.42	5.54	3.08
1.95	1.95	76.29	1.01	0.0*	1-S2n	0.36	0.46	5.91	3.25
2.34	2.34	76.43	1.15	0.0*	1-S2n	0.40	0.49	6.23	3.40
2.73	2.73	76.57	1.29	0.0*	1-S2n	0.43	0.52	6.48	3.54
3.12	3.12	76.71	1.43	0.0*	1-S2n	0.46	0.55	6.75	3.66
3.40	3.40	76.82	1.54	0.0*	5-S2n	0.48	0.57	6.92	3.74
3.90	3.90	77.02	1.74	0.0*	5-S2n	0.52	0.60	7.19	3.87

TABELLA 3.1 – RISULTATI CULVERT PER TR=50 ANNI

## Allegato 1 – Descrizione del codice di calcolo HY-8 per la verifica dei tombini in moto permanente.

Il programma HY-8 è un software implementato dalla Federal Highway Administration (FHWA) e rappresenta un valido supporto alla progettazione ed alla verifica delle intersezioni dei corsi d'acqua minori con le infrastrutture viarie come strade e ferrovie.

Il software utilizza le routines basate sui criteri della FHWA definiti nelle pubblicazioni seguenti: HDS-5, "Hydraulic Design of Highway Culverts," e HEC-14, "Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels".

I principali risultati che si possono ottenere tramite questo programma sono:

- determinare la dimensione, la forma ed il numero di opere d'arte (tombini e scatolari) necessari a far defluire una portata di progetto;
- definire la capacità di deflusso di un manufatto esistente imponendo il livello idrico ammissibile di monte;
- calcolare il livello idrico raggiunto a monte del manufatto per far defluire una determinata portata, sia in condizioni di normale deflusso che in condizioni di acqua ferma all'imbocco;
- determinare la scala di portata o altre relazioni tra le principali variabili idrauliche per determinare il livello di rischio della struttura;
- determinare il profilo idrico della portata transitante nell'opera.

Il programma fornisce direttamente output sintetici con le variabili principali della simulazione ed alcuni grafici che mostrano il comportamento idraulico della struttura al variare della portata di progetto o del livello idrico di monte.

Il comportamento idraulico dei tombini è piuttosto complesso perché, in funzione della portata transitante, il funzionamento può ricadere sia nel campo dell'idraulica a pelo libero che in quello delle condotte in pressione.

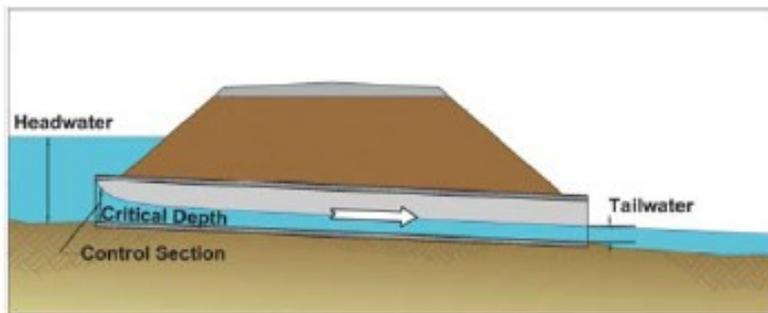
Il programma HY-8 per affrontare il calcolo idraulico segue le indicazioni del manuale di progettazione Hydraulic Design Series No. 5, Hydraulic Design of Highway Culverts (1985) redatto dall'agenzia americana U.S. Federal Highway Administration.

L'approccio utilizzato affronta il problema individuando due possibili sezioni di controllo per il moto:

- l'ingresso (Inlet control): si verifica quando il tombino può convogliare più portata di quanta ne transita attraverso il suo ingresso.

La sezione di controllo in questo caso è localizzata appena oltre l'ingresso con tirante pari all'altezza critica: il tratto a valle di tale sezione è dunque in regime supercritico.

Un profilo che tipicamente si instaura nel caso in cui la sezione di controllo è quella di ingresso del tombino è riportato nella figura sottostante.

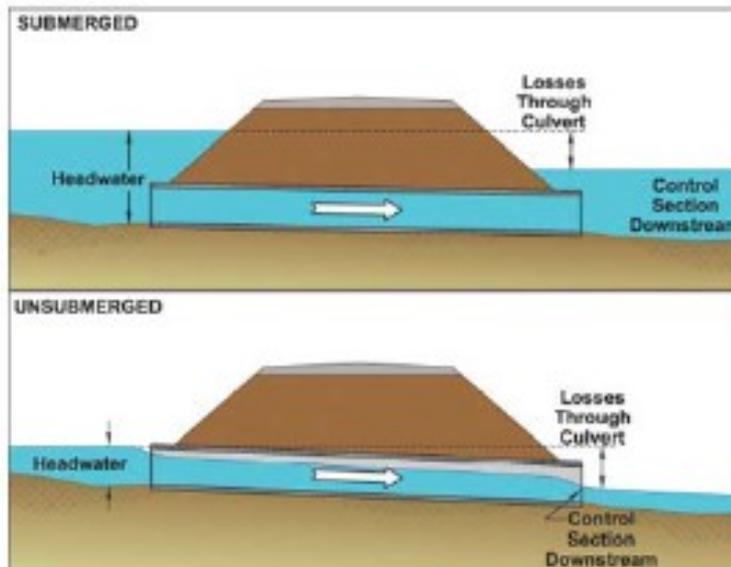


- l'uscita (Outlet control): si realizza quando il tombino non è in grado di convogliare tanta portata quanta ne accetta l'ingresso.

La sezione di controllo si localizza in corrispondenza della sezione di uscita del tombino

o subito più a valle di quest'ultima. In caso di sezione di controllo all'uscita, il moto che si instaura all'interno del tombino può essere sia a pelo libero che in pressione.

Due profili che tipicamente si instaurano nel caso in cui la sezione di controllo è quella di uscita del tombino sono riportati nella figura seguente.



Nella tabella seguente sono riportati i fattori che maggiormente influenzano il funzionamento di un tombino: nel caso di sezione di controllo posta all'entrata, assegnato il tirante in corrispondenza di tale sezione (Headwater, HW [m]), il funzionamento del tombino è influenzato solo dall'area della sezione di ingresso, oltre che dalla sua forma e configurazione ed il valore del tirante in corrispondenza della sezione di valle (Tailwater, TW [m]) non ha alcuna influenza sul funzionamento del tombino.

Al contrario, in caso di sezione di controllo posta all'uscita, il funzionamento del tombino è influenzato da tutti i valori riportati in tabella.

fattori che influenzano il funzionamento di un tombino	controllo	
	all'entrata	all'uscita

tirante alla sezione di ingresso, HW	X	X
area della sezione trasversale del tombino	X	X
forma del tombino	X	X
configurazione all'ingresso del tombino	X	X
scabrezza	\	X
lunghezza del tombino	\	X
pendenza del tombino	X	X
tirante alla sezione di uscita, TW	\	X

Il programma HY-8 prevede che all'interno del tombino possano instaurarsi differenti tipi di profili, ciascuno dei quali presenta codice identificativo.

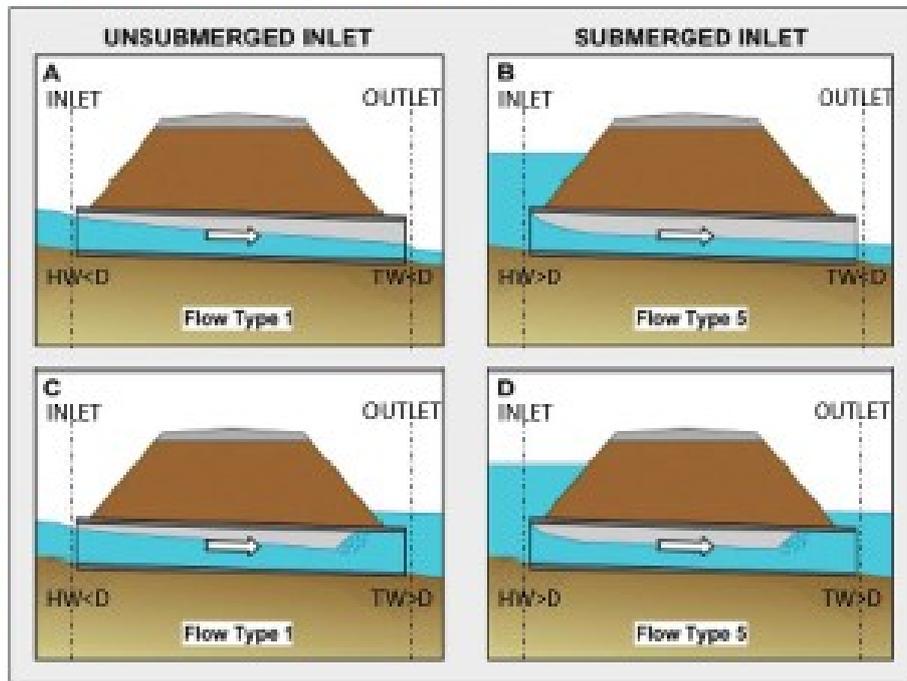
Tale codice contiene informazioni relative al tipo di controllo, al tipo di corrente che si instaura all'interno del tombino, alle condizioni al contorno utilizzate per il tracciamento del profilo, alla eventuale presenza di un salto di bidone e alla posizione di quest'ultimo.

Ai fini della attribuzione di un tipo di profilo, il programma considera sia il tipo di controllo (entrata o uscita) che la eventuale condizione di sommersione, che può verificarsi all'entrata ( $HW > D$ ) oppure all'uscita ( $TW > D$ ) e talvolta sia all'entrata che all'uscita ( $HW > D$  e  $TW > D$ ).

Come si evince dalla tabella di seguito riportata, nel caso di sezione di controllo posta all'entrata si potrà instaurare un profilo del tipo 1 o 5, mentre nel caso di sezione di controllo all'uscita il tipo di profilo potrà essere 2,3,4,6,7.

tipo di flusso	tipo di controllo	sezione sommersa	
		di entrata ( $HW > D$ )	di uscita ( $TW > D$ )
1	all'entrata	no	no/si
5	all'entrata	si	no/si
2	all'uscita	no	no
3	all'uscita	no	no
4	all'uscita	si	si
6	all'uscita	si	no
7	all'uscita	si	no

Nella figura di seguito riportata sono rappresentati dei tipici profili che si instaurano nel tombino nel caso in cui la sezione di controllo è posta all'ingresso.



Nei riquadri A e C è riportato il profilo del tipo 1, in cui la sezione d'ingresso non è sommersa ( $HW < D$ ): in questo caso la condizione al contorno è l'altezza di stato critico in corrispondenza di una sezione posta subito a valle dell'ingresso del tombino e la corrente all'interno di quest'ultimo risulta veloce.

In particolare, nel riquadro A, procedendo dalla sezione di entrata verso quella di uscita del tombino, il profilo tende all'altezza di moto uniforme; diversamente nel riquadro C, l'altezza d'acqua e la velocità alla sezione di uscita del tombino sono tali per cui all'interno di quest'ultimo si verifica un risalto idraulico.

I riquadri B e D illustrano il profilo di tipo 5, in cui l'ingresso è sommerso ( $HW > D$ ).

In particolare, nel riquadro B, la sezione di uscita non risulta sommersa ( $TW < D$ ) e la corrente all'interno del tombino è veloce e tende all'altezza di moto uniforme a valle.

Al contrario, nel riquadro C, la sezione di uscita risulta sommersa ( $TW > D$ ) e, dal momento

che anche la sezione di monte risulta sommersa, un risalto idraulico deve verificarsi all'interno del tombino.

Nel caso in cui la sezione di controllo è posta all'uscita del tombino è fondamentale conoscere la condizione al contorno di valle. Il programma permette di assegnare al livello idrico di valle:

- un valore costante, di seguito indicato come *Tailwater elevation TW [m s.l.m.]* (caso tipico dell'immissione in un lago o in un altro fiume, o in un manufatto di sbocco in cui per la sezione di partenza del canale di allontanamento si possono ipotizzare condizioni di acqua ferma e quindi componente cinetica iniziale nulla.)
- l'altezza di stato critico per il canale di valle,  $y_c$  [m].
- l'altezza di moto uniforme che si sviluppa nel canale di valle,  $y_0$  [m].

Il calcolo del moto uniforme per il canale a valle del tombino si basa sulla formula di Manning:

$$v = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

dove:

$v$  [m/s] = la velocità media della corrente;

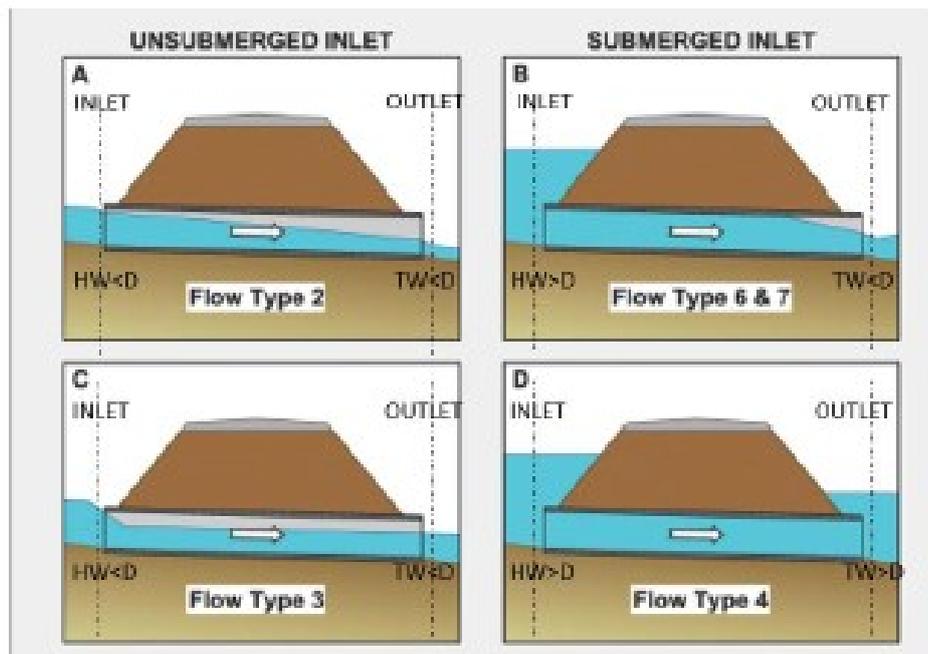
$R$  [m] = il raggio idraulico;

$S$  [m/m] = la pendenza della linea dell'energia.

$n$  [s/m<sup>1/3</sup>] = il coefficiente di scabrezza dipendente dalle caratteristiche dell'alveo.

Nella figura seguente sono riportati dei tipici profili che si instaurano nel tombino nel caso in cui la sezione di controllo è posta all'uscita del tombino.

Nella figura seguente sono riportati dei tipici profili che si instaurano nel tombino nel caso in cui la sezione di controllo è posta all'uscita del tombino.



Nei riquadri A e C sono riportati rispettivamente i profili dei tipi 2 e 3: in entrambi i casi sia la sezione di ingresso che quella di uscita del tombino non risultano sommerse ( $HW < D$  e  $TW < D$ ) e la corrente, all'interno del tombino, è lenta.

Per questi profili la condizione al contorno è da ricercare in corrispondenza della sezione di uscita del tombino o subito a valle di quest'ultima e può essere un valore noto oppure pari all'altezza di moto uniforme o all'altezza critica di quella sezione.

Nel riquadro D è riportato il profilo che si instaura nel caso in cui sia la sezione di entrata che di uscita del tombino risultano sommerse ( $HW > D$  e  $TW > D$ ): in questo caso il funzionamento del tombino non è più a pelo libero ma risulta in pressione.

Nel riquadro B sono riportati i profili dei tipi 6 e 7, nei quali la sola sezione di ingresso del tombino risulta sommersa ( $HW > D$ ) e la condizione al contorno è da ricercare in corrispondenza della sezione di uscita del tombino o subito a valle di quest'ultima.

**Sezione di controllo all'ingresso.**

Le equazioni del deflusso dipendono dal fatto che l'imbocco del tombino sia sommerso o meno.

Il manuale HDS-5, fornisce le equazioni sulla base del parametro (non adimensionale):

$$Q / AD^{0,5} [m^{0,5} / s]$$

Dove:

$Q [m^3/s]$  = portata,

$A [m^2]$  = sezione del tombino,

$D [m]$  = l'altezza interna del tombino.

Le equazioni hanno le seguenti forme:

$$Q / AD^{0,5} < 1,932 \quad \text{-Imbocco non sommerso}$$

$$Hw_i = Hc / D + K 1,81 * Q / AD^{0,5} - 0,5 * S$$

$$Q / AD^{0,5} > 2,208 \quad \text{-Imbocco sommerso}$$

$$Hw_i = c 1,81 * Q / AD^{0,5} + Y - 0,5 * S$$

$$1,932 < Q / AD^{0,5} < 2,208 \quad \text{-Zona di transizione}$$

Dove:

$Hw_i [m \text{ s.l.m.}]$  = quota piezometrica prima dell'imbocco, nel caso di velocità di arrivo nulla,

$Hc [m]$  = l'energia critica,

$S [m/m]$  = la pendenza della condotta,

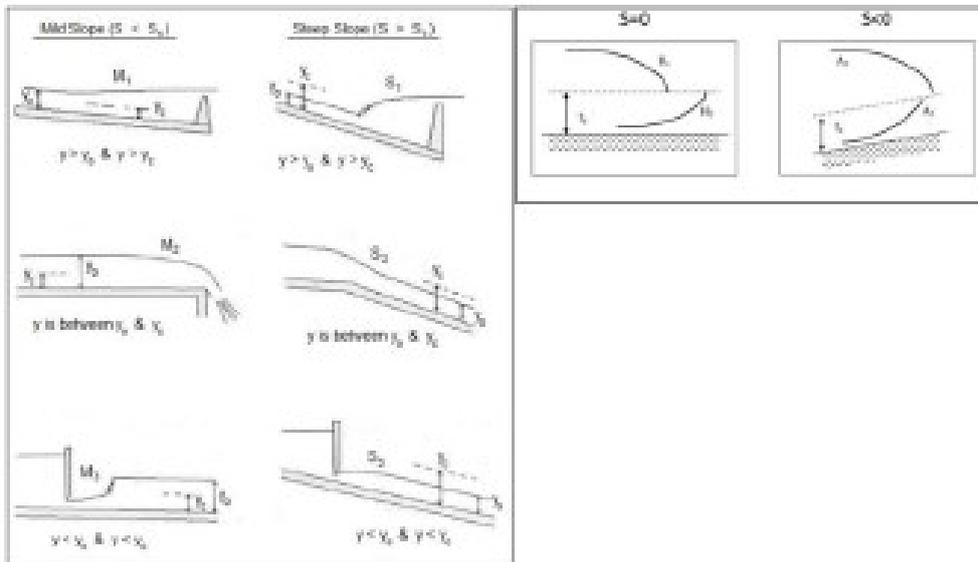
$K [-]$ ,  $M [-]$ ,  $Y [-]$  e  $c [-]$  = coefficienti dipendenti dalla forma dell'imbocco, dai materiali e dall'equazione usata.

**Sezione di controllo all'uscita.**



no. Nel riquadro di sinistra sono riportati i profili che possono instaurarsi all'interno del tombino nei casi in cui la sua pendenza  $S$  risulti minore ( $S < S_c$ ) o maggiore della pendenza critica ( $S > S_c$ ).

Nel riquadro di destra sono riportati i profili che possono instaurarsi all'interno del tombino nei casi in cui la sua pendenza  $S$  risulti nulla ( $S = 0$ ) o minore di zero ( $S < 0$ ).



Si è anzidetto che il software HY-8 attribuisce una codifica a ciascuno dei profili che si possono instaurare dentro il tombino: nella tabella che segue sono riportati i caratteri identificativi di ciascuno di tali profili.

Si noti che nel caso si sezione di controllo posta all'uscita e non sommersa ( $D < TW$ ), il livello idrico di valle può essere pari a:

- un valore costante, di seguito indicato come  $t = Tailwater\ elevation\ TW [m\ s.l.m.]$
- l'altezza di stato critico per il canale di valle,  $c = y_c [m]$ .
- l'altezza di moto uniforme che si sviluppa nel canale di valle,  $n = y_n [m]$ .

Codifica	tipo di controllo	sezione ingresso sommersa?		sezione uscita sommersa?		Rialto		tipo profilo	c.c. alla sezione di uscita
						si	no		
1-S1	all'entrata	no	1	f		no	no	S1	tombino sommerso all'uscita
1-JS1	all'entrata	no	1	f		si	no	JS1	tombino sommerso all'uscita
1-H3J	all'entrata	no	1	f		no	si	H3J	tombino sommerso+rialto
1-A3J	all'entrata	no	1	f		no	no	A3J	tombino sommerso+rialto
5-S1	all'entrata	si	5	f		no	no	S1	tombino sommerso
5-JS1	all'entrata	si	5	f		si	no	JS1	tombino sommerso
5-H3J	all'entrata	si	5	f		no	si	H3J	tombino sommerso+rialto
5-A3J	all'entrata	si	5	f		no	si	A3J	tombino sommerso+rialto
3-M1	all'uscita	no	3	f				M1	tombino sommerso all'uscita
4-FF	all'uscita	si	4	f				FF	tombino sommerso all'uscita
6-FF	all'uscita	si	6		t			FF	valore noto (TW)
6-FF	all'uscita	si	6		c			FF	altezza stato critico
7-M1	all'uscita	si	7		t			M1	valore noto (TW)
7-M2	all'uscita	si	7		t			M2	valore noto (TW)
7-H2	all'uscita	si	7		t			H2	valore noto (TW)
7-A2	all'uscita	si	7		t			A2	valore noto (TW)
7-M2	all'uscita	si	7		c			M2	altezza stato critico
7-H2	all'uscita	si	7		c			H2	altezza stato critico
7-A2	all'uscita	si	7		c			A2	altezza stato critico
5-S2n	all'entrata	si	5	n		no	no	S2	altezza moto uniforme
5-S1t	all'entrata	si	5	t		no	no	S1	valore noto (TW)
5-JS1t	all'entrata	si	5	t		si	no	JS1	valore noto (TW)
5-M3t	all'entrata	si	5	t		no	no	M3	valore noto (TW)
5-S3t	all'entrata	si	5	t		no	no	S3	valore noto (TW)
5-H3t	all'entrata	si	5	t		no	no	H3	valore noto (TW)
5-A3t	all'entrata	si	5	t		no	no	A3	valore noto (TW)
5-H3Jt	all'entrata	si	5	t		no	si	H3J	valore noto (TW)+ rialto
5-A3Jt	all'entrata	si	5	t		no	si	A3J	valore noto (TW)+ rialto
1-S2n	all'entrata	no	1	n		no	no	S2	altezza stato uniforme
1-S1t	all'entrata	no	1	t		no	no	S1	valore noto (TW)
1-JS1t	all'entrata	no	1	t		si	no	JS1	valore noto (TW)
1-M3t	all'entrata	no	1	t		no	no	M3	valore noto (TW)
1-S3t	all'entrata	no	1	t		no	no	S3	valore noto (TW)
1-H3t	all'entrata	no	1	t		no	no	H3	valore noto (TW)
1-A3t	all'entrata	no	1	t		no	no	A3	valore noto (TW)
1-H3Jt	all'entrata	no	1	t		no	si	H3J	valore noto (TW)+ rialto
1-A3Jt	all'entrata	no	1	t		no	si	A3J	valore noto (TW)+ rialto
2-M2c	all'uscita	no	2	c				M2	altezza stato critico
2-H2c	all'uscita	no	2	c				H2	altezza stato critico
2-A2c	all'uscita	no	2	e				A2	altezza stato critico
3-M2t	all'uscita	no	3	t				M2	valore noto (TW)
3-H2t	all'uscita	no	3	t				H2	valore noto (TW)
3-A2t	all'uscita	no	3	t				A2	valore noto (TW)
3-M1t	all'uscita	no	3	t				M1	valore noto (TW)

### 6.1.2 Dati di input richiesti da HY-8.

I dati richiesti in input dal programma sono suddivisi in:

➤ *Discharge data*: dati di portata [cms = m<sup>3</sup>/s].

*Minimum discharge* [m<sup>3</sup>/s]: portata minima transitante in alveo.

*Design discharge* [m<sup>3</sup>/s]: portata di progetto.

*Maximum discharge* [m<sup>3</sup>/s]: portata massima di deflusso.

- **Tailwater data:** dati del canale a valle della sezione finale del tombino.

*Channel Type [-]:* tipo di sezione trasversale (canale rettangolare/trapezoidale...).

*Channel Slope [m/m]:* pendenza del canale di valle.

*Channel Manning's n [s/m<sup>1/3</sup>):* scabrezza del canale di valle.

*Channel Invert Elevation [m s.l.m.):* quota fondo canale.

- **Roadway data:** dati del rilevato stradale.

*Roadway profile shape [-]:* profilo irregolare, da tracciare per punti, oppure profilo regolare.

Nel caso di profilo regolare della strada regolare sono richiesti:

*First roadway station [m]:* ascissa della prima sezione del rilevato stradale (es. 0 m).

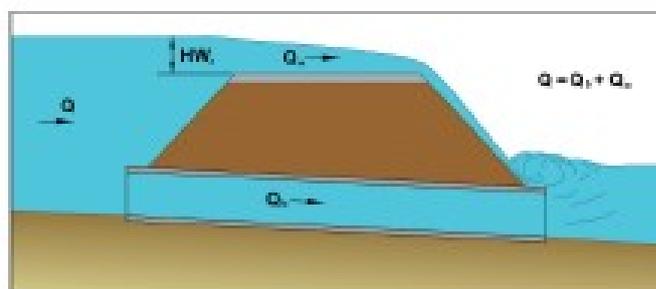
*Roadway surface [-]:* tipo di superficie della strada (es. pavimentazione bituminosa/ghiaia..).

*Top width [m]:* larghezza della strada.

*Crest length [m]:* larghezza dell'asse stradale oggetto di potenziale somonto

*Input discharge coefficient [-]:* coefficiente di stramazzo.

La *crest length (L)* e il *discharge coefficient (Cd)* entrano in gioco nel caso di *Overtopping*, ovvero nel caso in cui la portata in ingresso ( $Q$ ) viene in parte convogliata entro il tombino ( $Q_b$ ) e in parte arriva sulla strada ( $Q_s$ ).



**Figura 6-1- Situazione di Overtopping.**



Figura 6-2

### 6.1.3 Rappresentazione dei dati di input di HY-8.

I dati da dare in input al modello sono riassunti in una tabella contenente:

- Codice del tombino [-];
- Progressiva (Station [m]);
- Larghezza del canale di valle (Bottom Width [m]);
- Pendenza del canale di valle (Channel slope [%]);
- Quota fondo del canale di valle (Channel Invert Elevation [m s.l.m.]);
- Prima ascissa della strada (First roadway station [m]);
- Quota dell'asse della strada (First roadway elevation [m s.l.m.]);
- Larghezza della strada (Top width [m]);
- Forma del tombino (Culvert shape [-]);

*R=scatolare*

*C=circolare*

- Larghezza del tombino (Culvert span [m]);
- Altezza del tombino (Culvert rise, D [m]);
- Scabrezza del tombino (Manning's n [s/ m<sup>1/3</sup>]);
- Depressione all'imbocco

In caso di *Overtopping*, vale la relazione di efflusso:

$$Q_0 = C_d L H W_r^{1.5}$$

Dove  $H W_r$  è l'altezza d'acqua sulla piattaforma stradale.

➤ *Culvert data*: dati relativi al tombino.

*Name [-]*: identificativo del tombino.

*Culvert shape [-]*: forma del tombino (circolare/scatolare...).

*Size [m]*: dimensioni della sezione trasversale del tombino.

*Material [-]*: materiale (cemento/acciaio corrugato/PVC/ HDPE..).

*Embedment Depth [mm]*: altezza dell'eventuale massetto realizzato per esempio in calcestruzzo.

*Roughness coefficients [ $s/m^{1/3}$ ]*: scabrezza di Manning.

*Inlet configuration [-]*: tipo di imbocco (non raccordato/raccordato ..).

*Inlet depression [-]*: dati dell'eventuale depressione all'imbocco, altezza e pendenza della depressione.

➤ *Site data*: dati del sito.

*Inlet station [m]*: ascissa della sezione di entrata del tombino.

*Inlet elevation [m s.l.m.]*: quota della sezione di entrata del tombino.

*Outlet station [m]*: ascissa della sezione di uscita del tombino.

*Outlet elevation [m s.l.m.]*: quota della sezione di uscita del tombino.

*Number of barrels [-]*: numero di manufatti.

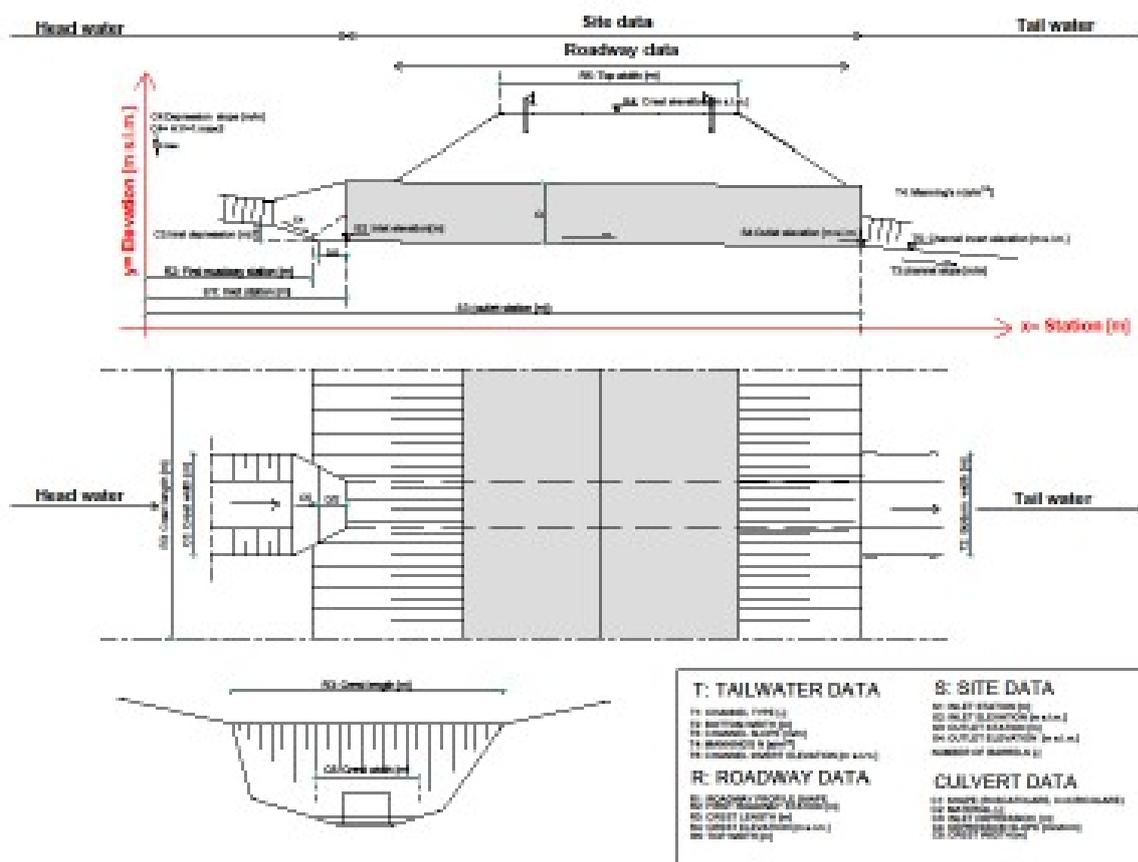
Entità depressione (*Inlet depression [mm]*);

Pendenza depressione (*Depression slope [mm/mm]*);

Larghezza di stramazzo (*Crest Width [m]*);

- Ascissa della sezione di imbocco del tombino (*Inlet Station [m]*);
- Quota della sezione di imbocco del tombino (*Inlet Elevation [m s.l.m.]*);
- Ascissa della sezione di sbocco del tombino (*Outlet Station [m]*);
- Quota della sezione di sbocco del tombino (*Outlet Elevation [m s.l.m.]*);
- Numero di canne (*Number of barrels [-]*);

Nella figura di seguito riportata sono indicati i dati da dare in input al modello di calcolo.



#### 6.1.4 Rappresentazione dei risultati delle simulazioni numeriche.

I risultati delle simulazioni sono riassunti in una tabella contenente:

- Codice del tombino (-);
- Progressiva (Station [m]);
- Portata di verifica (Total discharge,  $Q$  [m<sup>3</sup>/s]);
- Altezza del tombino (Culvert size,  $D$  [m]);
  
- Scabrezza del tombino (Manning's  $n$  [s/ m<sup>1/3</sup>]);
- Pendenza del tombino (Culvert slope [%]);
- Quota piezometrica nel canale di monte (Headwater Elevation,  $HW$  [m s.l.m.]);
- Tirante nella sezione di controllo a monte (Inlet Control Depth [m]);
- Tirante nella sezione di controllo a valle (Outlet Control Depth [m]);
- Tipo di profile (—);
- Altezza di moto uniforme (Normal Depth [m]);
- Altezza di stato critico (Critical Depth [m]);
- Tirante nel canale a valle del tombino (Outlet Depth [m]);
- Tirante nella sezione di uscita del tombino (Tailwater Depth [m]);
- Velocità nella sezione di uscita del tombino (Outlet velocity [m/s]);
- Tipo di controllo (Flow Control Type);
- Tirante massimo dentro il tombino ([m]);
- Grado di riempimento massimo (%);



