

**ASSE VIARIO MARCHE - UMBRIA E QUADRILATERO DI
PENETRAZIONE INTERNA**
Sublotto 2.2: Intervalliva Macerata - allaccio funzionale della SS77
alla città di Macerata alle località "La Pieve" e "Mattei"

PROGETTO DEFINITIVO

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035 n. A35111 art. 107 c. 1 lett. a-b-c</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Claudio Muller</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GPI INGEGNERIA GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p>cooprogetti cocoprogetti</p> <p>engeko Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>AIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 140354035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Valerio Guidobaldi</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A30025</p>		
<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Iginio Farotti</i></p>		

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idraulica attraversamenti minori (tombini)

CODICE PROGETTO				NOME FILE				REVISIONE	SCALA
OPERA	LOTTO	STATO	SETTORE	L0703.MC.D.P.GENER.00.IDR.REL.003.C					
WBS	DISCIPLINA	TIPO DOC.	N° PROGRESS.						
LO703	MC	D	P	GENER00	IDR	REL	003	C	-
C	Revisione a seguito alle istruttorie Prot. QMU 0002937			Nov. 2020	Koch	Signorelli	Guiducci		
B	Revisione a seguito alle istruttorie Prot. QMU 0002937			Ott. 2020	Koch	Signorelli	Guiducci		
A	Emissione			Marzo 2020	Koch	Signorelli	Guiducci		
REV.	DESCRIZIONE			DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO		

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	1
2. <u>RIFERIMENTI NORMATIVI</u>	1
3. <u>ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI MINORI</u>	1
4. <u>TOMBINI DI TRASPARENZA AREE ESONDAZIONE PAI</u>	2
5. <u>METODOLOGIA E VERIFICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI MINORI</u>	3
5.1. VERIFICA MOTO UNIFORME	3
5.2. VERIFICA MOTO PERMANENTE	4

PROGETTAZIONE ATI:

1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione definitiva degli "Interventi di completamento intervalliva di Macerata" tratto Villa Potenza - Piediripa, sub lotto 2.2 _Asse viario Marche – Umbria e quadrilatero di penetrazione interna Maxilotto 1, è stato redatto il presente studio idraulico teso a fornire un'analisi delle interazioni tra le opere viarie e i corsi d'acqua secondari con esse interferenti, valutando l'adeguatezza dei manufatti di attraversamento, esistenti e in progetto, sia in termini di sezione idraulica sia di franco di sicurezza rispetto all'intradosso del manufatto.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

L'infrastruttura stradale oggetto del presente studio idraulico deve soddisfare le prescrizioni previste dalle diverse normative vigenti; in particolare gli strumenti normativi a cui si fa riferimento sono:

- Regio Decreto 25 luglio 1904, n°523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie"
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 DM 17 gennaio 2018
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019_ Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018_C 5.1.2.3 Compatibilità Idraulica;

3. ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI MINORI

L'infrastruttura in progetto prevede l'attraversamento dei corsi d'acqua interferiti mediante viadotti, tombini scatolari e tombini circolari.

Nello specifico nel presente studio vengono analizzati le risoluzioni delle interferenze dell'infrastruttura stradale in progetto con il reticolo idraulico esistente; sono analizzati anche gli attraversamenti atti a drenare le aree intercluse o limitate dal tracciato mediante l'adozione di tombini circolari o scatolari.

Si riporta di seguito un elenco degli attraversamenti a servizio dei corsi d'acqua esistenti, con l'indicazione della tipologia d'opera e della porta di progetto duecentennale per la cui stima si rimanda alla relazione idraulica LO709.MC.D.P.GENER.00.IDR.REL.001.A:

Bacino	Pk (Km)	Tipologia di Attraversamento	QT_{R200} (m³/s)
Fiume Chienti	0+560,000	Viadotto	750.5
1	0+879,680	Scatolare 3.00x2.00	10.51
2	1+370,000	Circolare Ø1000	0.49
3	1+602.720	Circolare Ø1000	0.71
4	3+350,000	Viadotto	2,61
5	3+709,985	Circolare Ø1500	0.96
6	3+845,000	Circolare Ø1500	0.95
7	4+083,590	Circolare Ø1500	1.82
8	4+504,000	Circolare Ø1500	0.5 2
9	4+631,594	Circolare Ø1500	0.84
10	4+725,000	Circolare Ø1000	1.69

PROGETTAZIONE ATI:

IDROLOGIA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI (TOMBINI)

Le verifiche idrauliche sono state condotte, in tutti i casi, con riferimento alla piena con tempo di ritorno duecentennale, in accordo a quanto prescritto dalle Norme Tecniche Costruttive 2018 al punto 5.1.2.3 per la quali la nuova struttura di attraversamento deve essere rapportata ad un evento di progetto con $T_r = 200$ anni.

In particolare per i tombini si fa riferimento alla Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento NTC 2018 DM 17 gennaio 2018 ove si specifica che:

“ nel caso di funzionamento a superficie libera, il tirante idrico non dovrà superare i 2/3 dell'altezza della sezione garantendo comunque un franco minimo di 0,50 m;

[...] - il calcolo idraulico è da sviluppare prendendo in considerazione le condizioni che si realizzano nel tratto del corso a d'acqua valle del tombino;

[...] - il massimo rigurgito previsto a monte del tombino deve garantire il rispetto del franco idraulico nel tratto del corso a d'acqua a monte;

- nel caso sia da temersi l'ostruzione anche parziale del manufatto da parte dei detriti galleggianti trasportati dalla corrente, è da disporre immediatamente a monte una varice presidiata da una griglia che consenta il passaggio di elementi caratterizzati da dimensioni non superiori alla metà della larghezza del tombino; in alternativa il tombino è da dimensionare assumendo che la sezione efficace ai fini del deflusso delle acque sia ridotta almeno alla metà di quella effettiva [...]

- i tratti del corso d'acqua immediatamente prospicienti l'imbocco e lo sbocco del manufatto devono essere protetti da fenomeni di scalzamento e/o erosione, e opportune soluzioni tecniche sono da adottare per evitare i fenomeni di sifonamento.

I tombini di progetto, in ottemperanza alla Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento NTC 2018 DM 17 gennaio 2018, sono verificati facendo riferimento ad un riempimento massimo pari al 70% della sezione utile al deflusso.

4. TOMBINI DI TRASPARENZA AREE ESONDAZIONE PAI

Oltre la spalla nord del viadotto del Chienti si prevede l'inserimento di 4 tombini circolari Ø1500 in cls per garantire trasparenza idraulica al territorio a seguito dell'inserimento del rilevato di progetto.

Nella figura seguente si mostra come nonostante l'ingombro delle simulazioni ante e post operam effettuata per la portata con $T_r=200$ del Fiume Chienti (area evidenziata da pattern con righe rosse in diagonale) non indichi la zona come area soggetta ad esondazione, il PAI dell'ex AdB Marche la classifica come area con rischio idraulico R2 (area evidenziata in celeste).

Tale difformità è da attribuire alle differenti scale di simulazione dei modelli idraulici; nel caso in disamina la simulazione effettuata è riportata su un rilievo effettuato tramite volo lidar molto dettagliato.

Il PAI dovendo effettuare un modello molto più esteso in scala maggiore e non comparabile con quello sviluppato in questa sede fa riferimento ad un terreno meno dettagliato con un modello digitale del terreno con maglia molto più grande che può perdere alcune informazioni di dettaglio.

Dall'analisi degli elaborati cartografici (SABFEV20160718_Tavola_RI52a) relativi alla definizione delle aree a Rischio Idraulico relativa al PAI aggiornamento 2016 risulta che in corrispondenza dell'attraversamento del Chienti le zone adiacenti sono classificate come area a rischio idraulico di categoria R2 rischio Moderato per insufficienza dell'alveo in occasione delle piene.

PROGETTAZIONE ATI:



Confronto aree di esondazione PAI e modello moto permanente sviluppato nel presente documento

L'indicazione del PAI suppone che in sinistra idraulica del ponte sul Chienti la zona sia soggetta ad allagamento in caso di evento duecentennale; in via cautelativa dunque è previsto l'inserimento dei sopracitati tombini di trasparenza che andranno a servire zone che in ogni caso non sono soggette al tubo di flusso principale e presentano tiranti e velocità lievi.

5. METODOLOGIA E VERIFICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI MINORI

Le verifiche delle opere di risoluzione tra le interferenze idrauliche e l'infrastruttura stradale di progetto sono state condotte in funzione della finalità dell'opera di attraversamento.

Nello specifico per i tombini atti a ripristinare il reticolo idraulico esistente la verifica è stata eseguita sotto l'ipotesi di moto permanente mentre per i tombini drenanti aree intercluse e limitate dal tracciato di progetto si è proceduto con un approccio in moto uniforme, basato sull'equazione di Chezy.

5.1. VERIFICA MOTO UNIFORME

Viene di seguito riportata l'equazione di Chezy risolvibile per via iterativa una volta noti i dati fondamentali di progetto:

$$Q = K_s R_H^{2/3} A i^{1/2} (m^3 / s)$$

dove:

- Q = portata di progetto (m^3/s);
- K_s = coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler ($m^{1/3}/s$);

PROGETTAZIONE ATI:

IDROLOGIA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI (TOMBINI)

- A = area della sezione bagnata (m^2);
- R_H = raggio idraulico (m);
- i = pendenza motrice coincidente con la pendenza del fondo (m/m).

Il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler è stato assunto pari a: $71.43 m^{1/3}/s$ (Manning = 0.014) per elementi di drenaggio in calcestruzzo.

La verifica è stata eseguita facendo riferimento ad un riempimento massimo pari al 70

Si riportano in tabellai tombini drenanti zone intercluse quali ad esempio le aree adiacenti lo svincolo della SS77 non appartenenti a naturali bacini imbriferi perimetrati.

Verifiche tombini

Ubicazione	pk	Tipo	\varnothing (mm)	Pendenza (%)	Lunghezza (m)	Portata (m^3/s)	Tirante (m)	Velocità (m/s)	Riempimento (%)
Viabilità secondaria	0+280,705	Circolare	1000	0,20%	14,20	0,22	0,36	0,90	32%
Rot. Corneto Ramo ovest	0+028,920	Circolare	1000	0,20%	17,00	0,32	0,43	1,00	41%
Rot. Corneto Ramo est	0+129,065	Circolare	1000	0,20%	11,00	0,22	0,35	0,90	31%
Svincolo SS77 Ramo D	0+153,745	Circolare	600	0,43%	11,70	0,23	0,38	1,21	67%
Svincolo SS77 Ramo E	0+209,284	Circolare	600	1,00%	11,70	0,31	0,35	1,80	61%
Svincolo SS77 Ramo B	0+215,621	Circolare	1000	0,20%	16,70	0,03	0,12	0,48	7%
Svincolo SS77 Ramo C	0+036,142	Circolare	1000	0,20%	20,60	0,51	0,56	1,12	57%
Spingitubo Ovest rotatoria Campoggiano	-	Circolare	1000	0,20%	8,00	0,33	0,44	1,00	42%
Collettore Ovest rotatoria Campoggiano	-	Circolare	1000	2,50%	30,00	0,33	0,22	2,48	17%
Collettore Ovest rotatoria Campoggiano	-	Circolare	1000	2,50%	30,00	0,33	0,22	2,48	17%
Spingitubo Est rotatoria Campoggiano	-	Circolare	1000	0,20%	8,00	0,59	0,62	1,15	65%
Collettore Est rotatoria Campoggiano	-	Circolare	1000	2,50%	41,00	0,58	0,30	2,93	25%
Collettore Est rotatoria Campoggiano	-	Circolare	1000	1,00%	40,00	0,58	0,38	2,10	35%
Rot. Campoggiano Ramo sud	0+142,596	Circolare	1000	0,20%	15,50	0,33	0,44	1,00	42%
Rot. Campoggiano Ramo nord	0+254,6663	Circolare	1000	0,20%	11,00	0,20	0,33	0,87	29%

tombini drenanti aree intercluse e non bacini imbriferi

5.2. VERIFICA MOTO PERMANENTE

La verifica in moto permanente è stata effettuata con l'ausilio del software HY-8. Il progetto prevede la realizzazione di tombini per ripristinare il reticolo idraulico superficiale di versante interrotto dal tracciato stradale; il funzionamento idraulico dei manufatti di attraversamento a sezione chiusa dipende da numerosi fattori quali:

- la pendenza;
- la sezione;
- la forma;
- la scabrezza;

PROGETTAZIONE ATI:

- i livelli liquidi a monte e a valle del collettore.

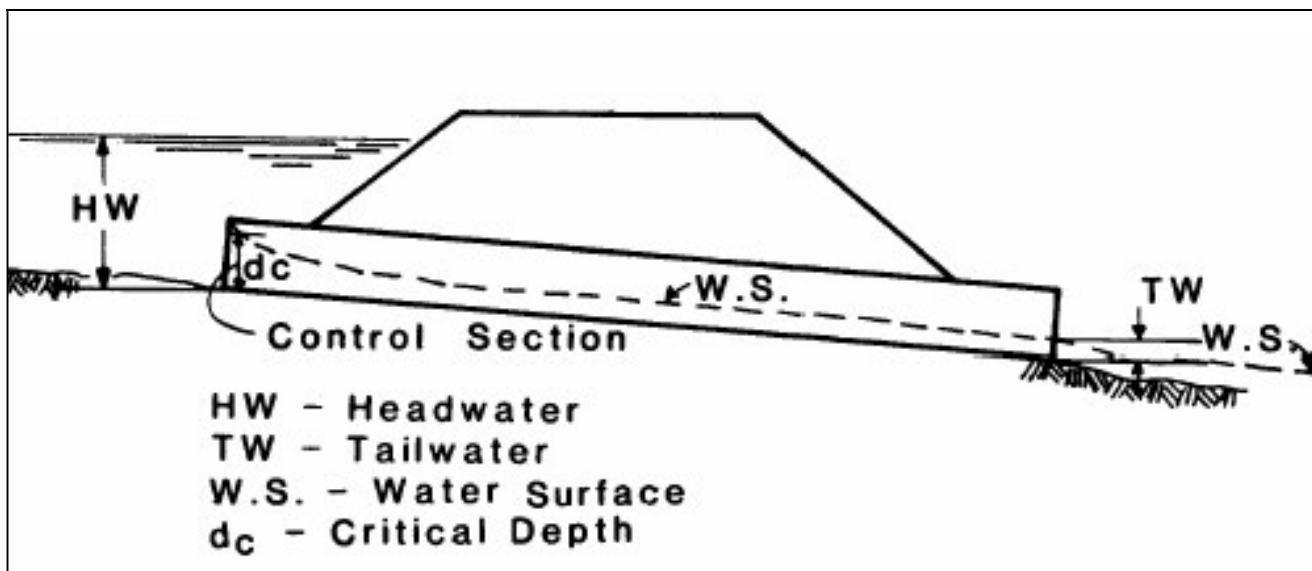
Il comportamento idraulico dei tombini è piuttosto complesso perché può ricadere sia nel campo dell'idraulica a pelo libero che in quello delle condotte in pressione, in funzione della portata transitante.

Le verifiche idrauliche compiute sono finalizzate a determinare che l'altezza d'acqua agli imbocchi siano compatibili con il funzionamento delle opere di attraversamento (inferiori al 70% dell'altezza della canna) senza interessare l'infrastruttura stradale.

La verifica dei tombini è stata condotta mediante il software HY-8 vers.7.60 sviluppato dalla Federal Highway Administration; il software consente di automatizzare la verifica di attraversamenti stradali definita nella pubblicazione FHWA-NHI-01-020 "Hydraulic design of Highway Culverts" (settembre 2001, aggiornata a maggio 2005) della medesima FHWA.

La verifica proposta dalla FHWA intende stabilire il tipo di funzionamento del tombino, che può essere controllato da monte (inlet control) o da valle (outlet control) e ricavare in base ad esso il grado di riempimento della sezione.

Il "controllo da monte" si realizza quando il tombino può convogliare più portata di quanta transiti attraverso l'ingresso; la sezione di controllo si localizza appena oltre l'ingresso come sezione ad altezza critica e prosegue in regime supercritico (vedi figura seguente).

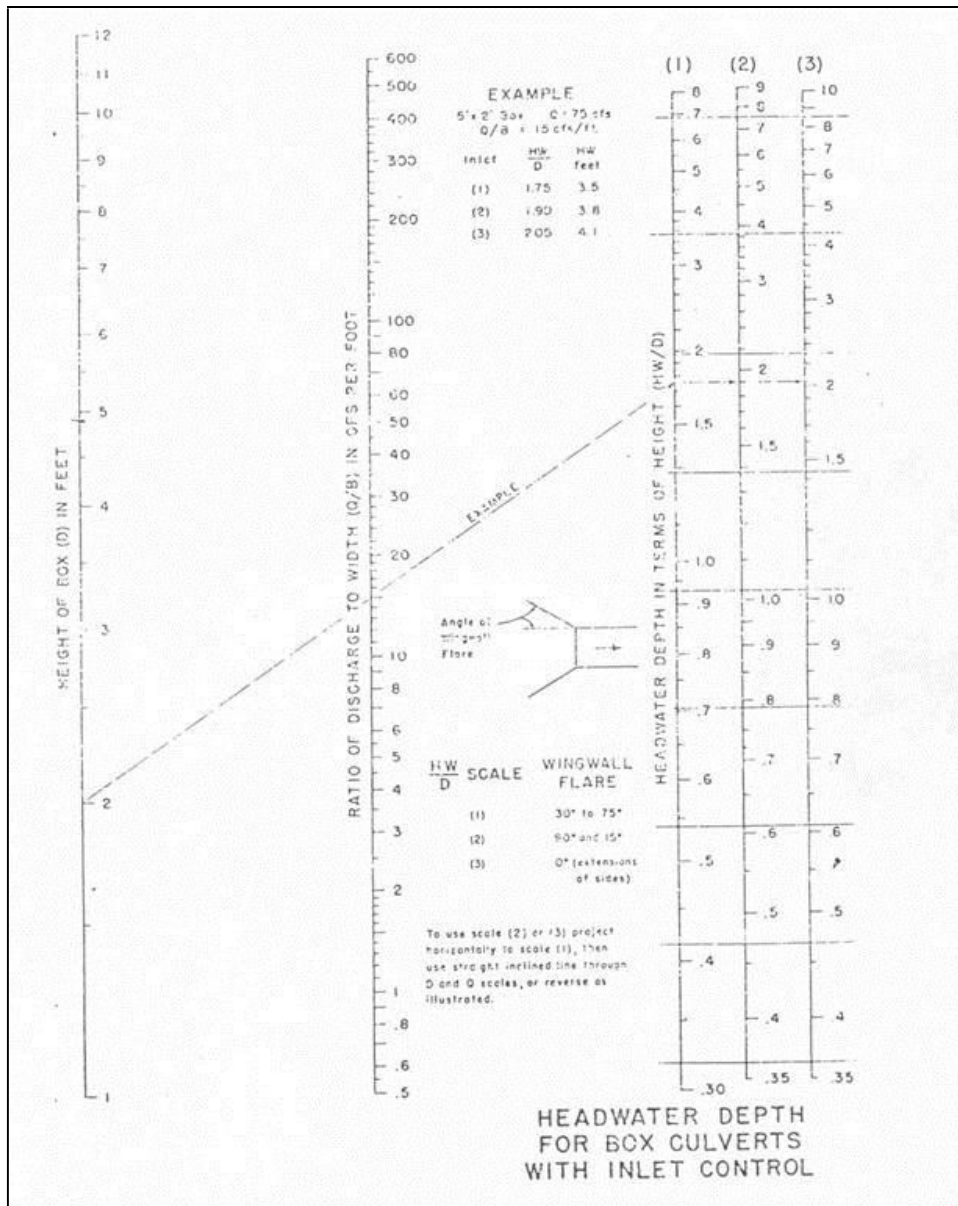


Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso

Il livello idrico a monte è stato valutato sulla base dei diagrammi sperimentali delle figure in seguito riportate (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA). I diagrammi seguenti forniscono tale livello in condizioni di "controllo da monte" rispettivamente per tombini scatolari e circolari, prendendo in considerazione la portata di progetto e la geometria dell'ingresso (forma e area della sezione).

PROGETTAZIONE ATI:

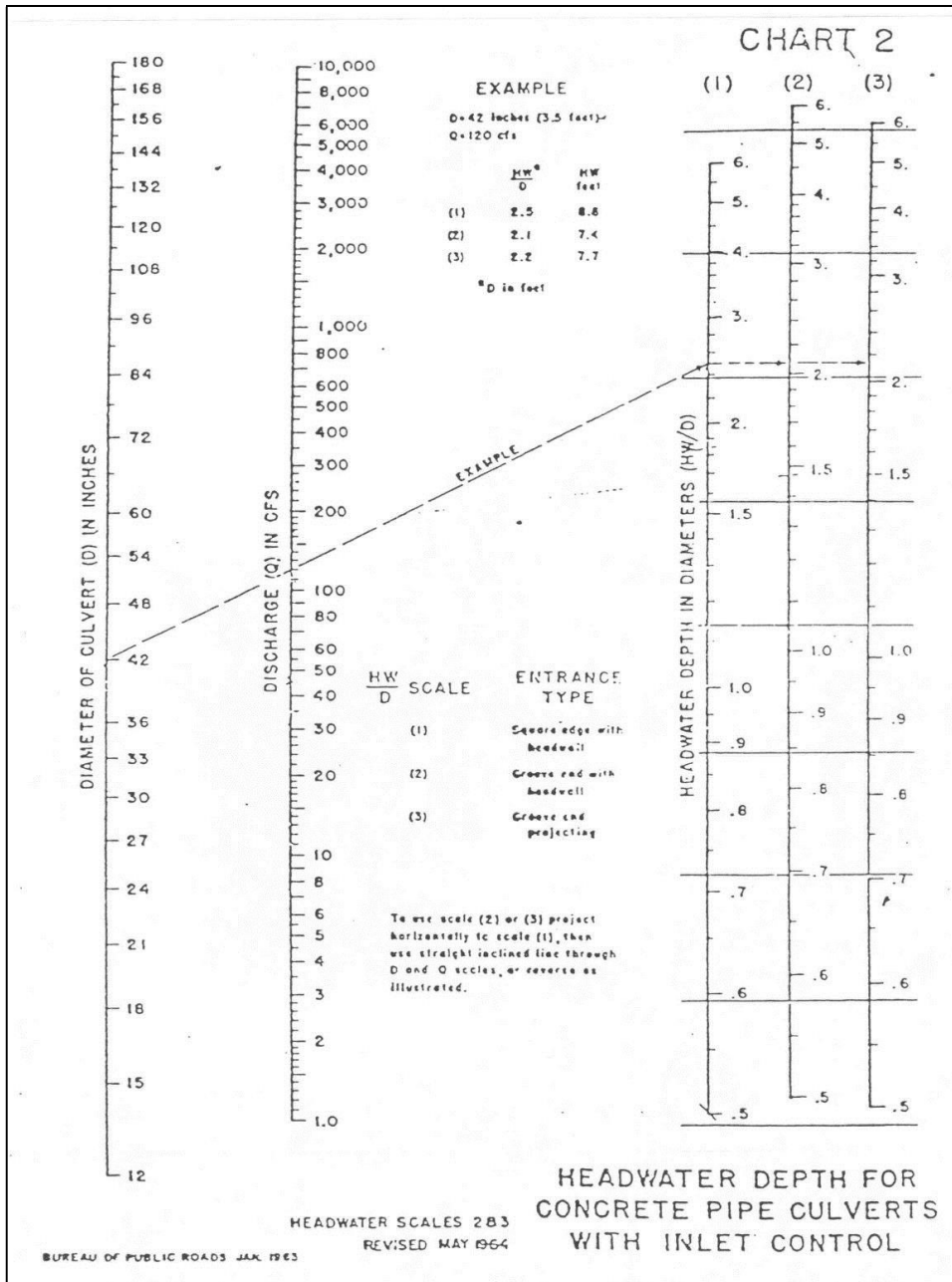
IDROLOGIA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI (TOMBINI)



Verifica del riempimento di tombini scatolari con controllo da monte (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

PROGETTAZIONE ATI:

IDROLOGIA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI (TOMBINI)

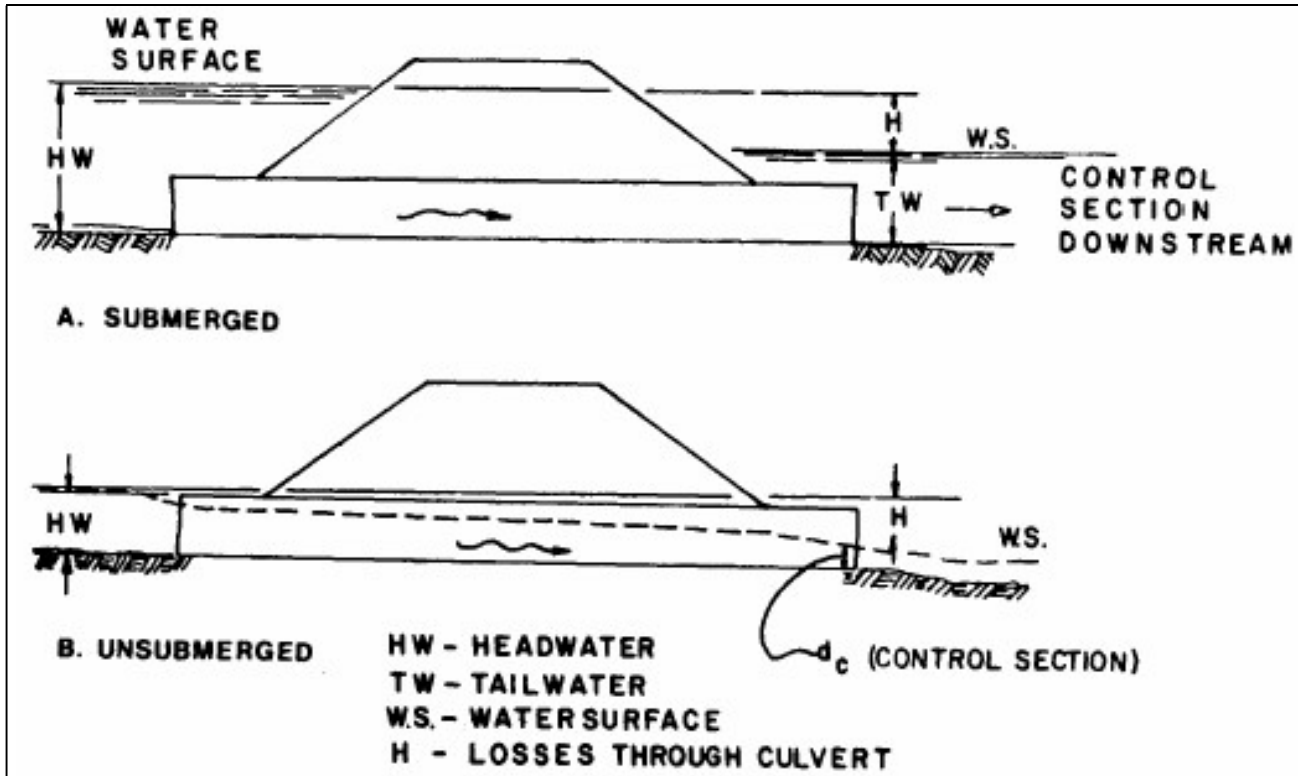


Verifica del riempimento di tombini circolari con controllo da monte (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

Il “controllo da valle” si verifica quando il tombino non è in grado di convogliare tanta portata quanta

PROGETTAZIONE ATI:

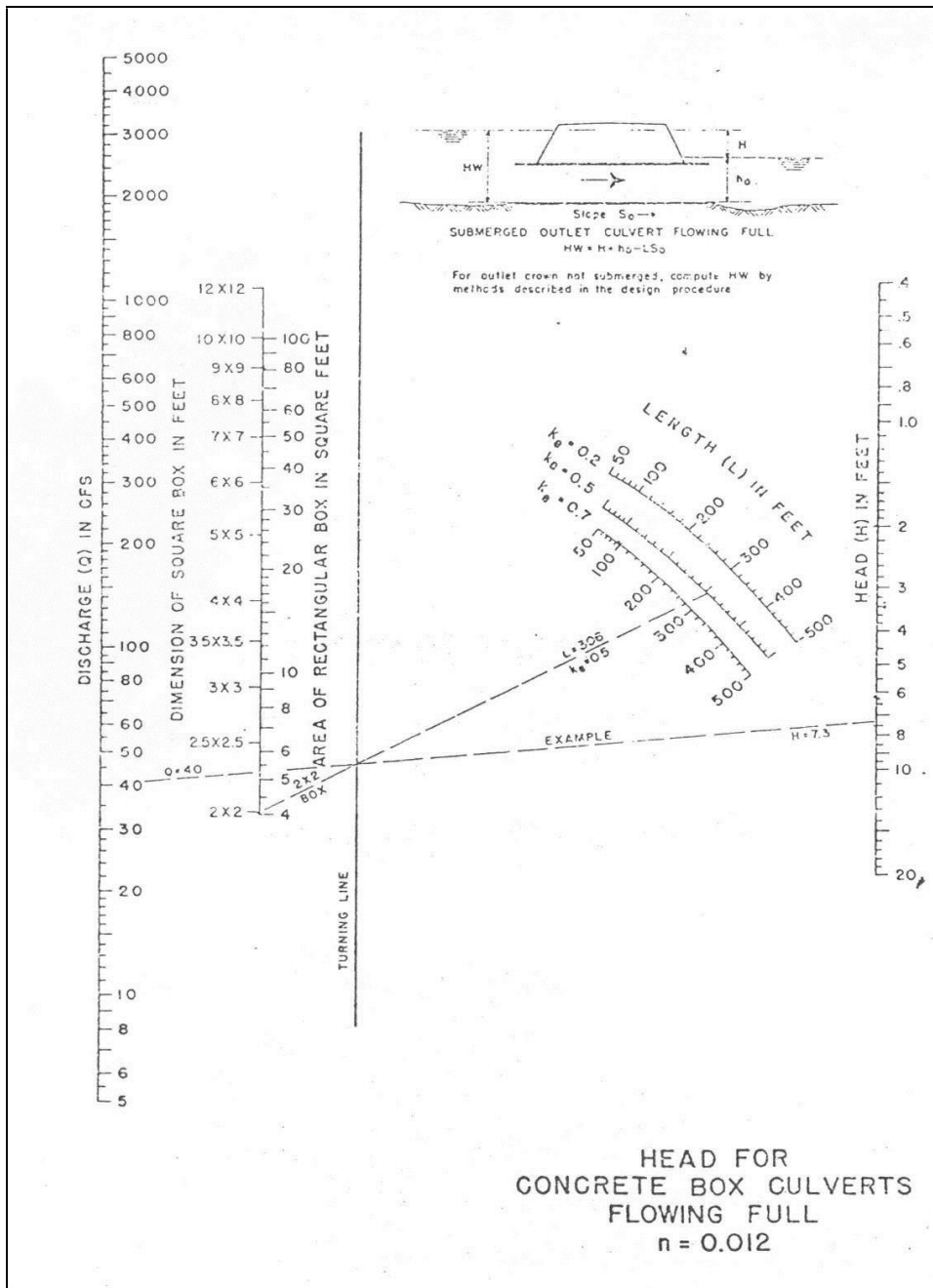
ne accetta l'ingresso; la sezione di controllo si localizza all'uscita del tombino o più a valle. In queste condizioni il moto può essere sia a pelo libero che in pressione.



Esempio di moto controllato da sezioni a valle del tombino

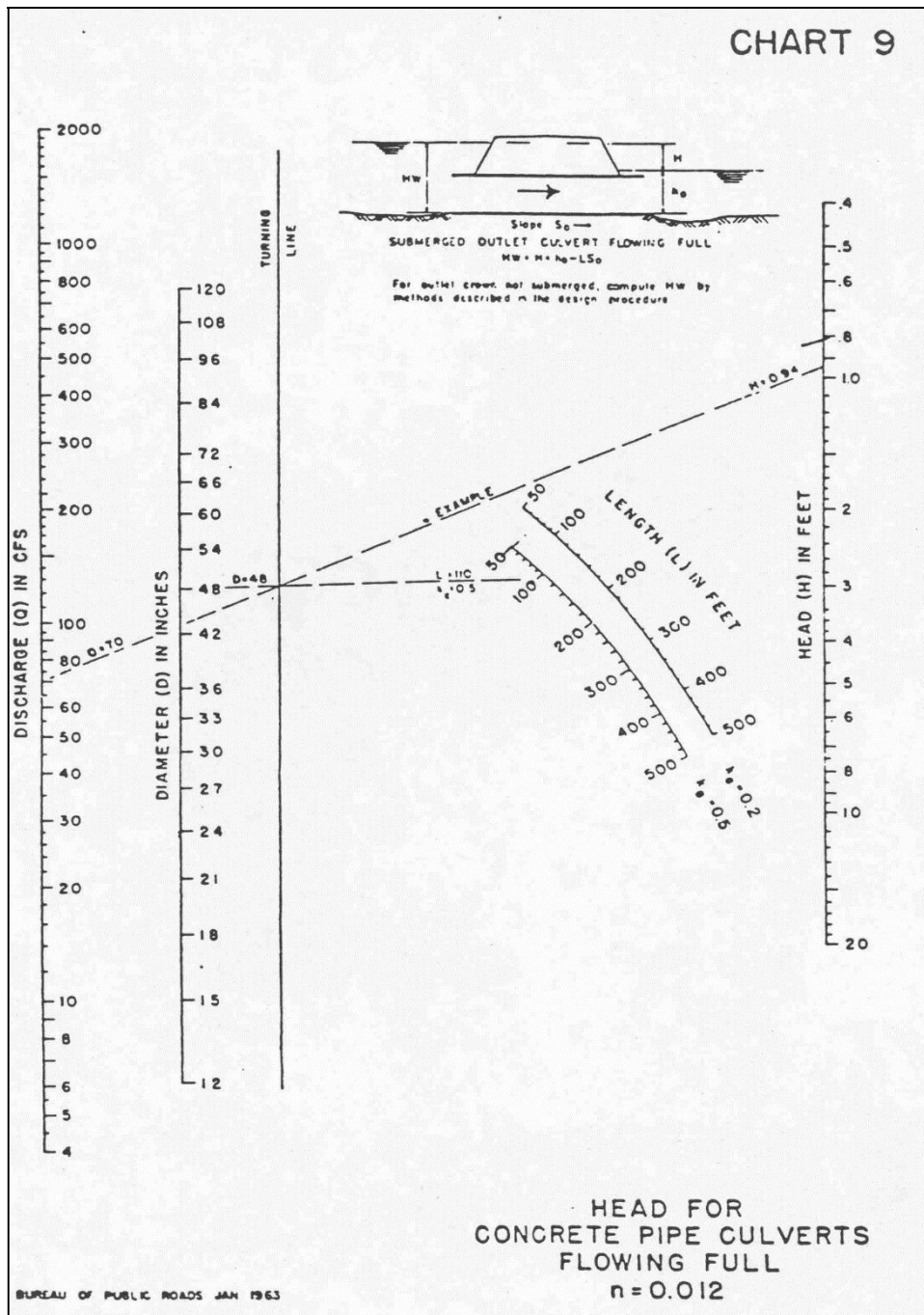
I diagrammi seguenti, nel caso di funzionamento per "controllo da valle", consentono di valutare il livello idrico tenendo conto della scabrezza, della lunghezza della canna e di eventuali livelli idrici a valle.

IDROLOGIA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI (TOMBINI)



Verifica del riempimento di tombini scatoari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

PROGETTAZIONE ATI:



Verifica del riempimento di tombini circolari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

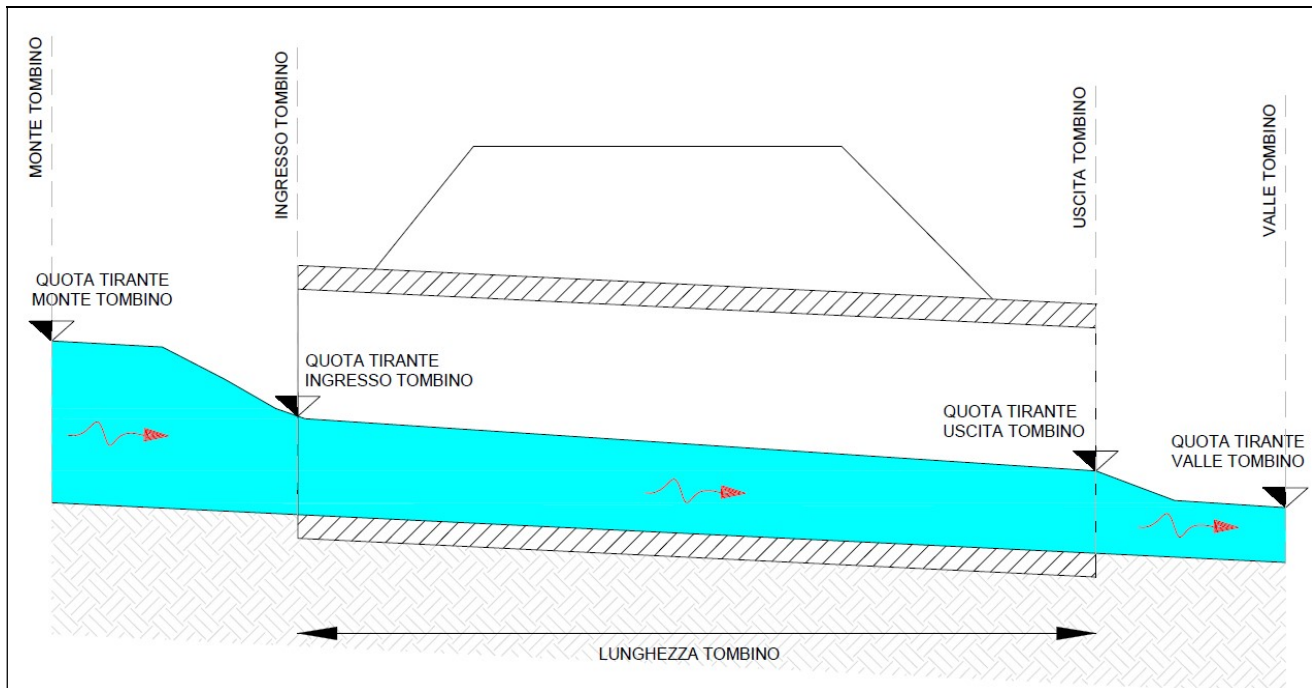
A seguito dell'applicazione della metodologia precedentemente illustrata e in base alle portate calcolate nella "Relazione idrologica" RS3Z00D26RINV000001A si riportano di seguito i risultati

PROGETTAZIONE ATI:

IDROLOGIA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI (TOMBINI)

delle verifiche idrauliche effettuate tramite software HY-8 per i tombini drenanti corsi d'acqua e bacini imbriferi.

Si indicano nella figura seguente i riferimenti delle sezioni alle quali sono riferite le grandezze idrauliche del deflusso per ogni tombino analizzato.



Come si evince dai risultati di seguito riportati tutte le opere rispettano le prescrizioni imposte di massimo riempimento maggiore o uguale al 70% della sezione idraulica utile al deflusso.

Il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler è stato assunto pari a: $71.43 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (Manning = 0.014) per elementi di drenaggio in calcestruzzo.

PROGETTAZIONE ATI:

IDROLOGIA E IDRAULICA – RELAZIONE IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI MINORI (TOMBINI)

tombini drenanti bacini imbriferi e corsi d'acqua

Progressiva	Sezione idraulica	Portata	Lunghezza tombino	Quota scorrimento ingresso	Quota scorrimento uscita	Pendenza tombino	Quota tirante monte	Tirante monte tombino	Tirante ingresso tombino	Tirante uscita tombino	Quota valle tombino	Altezza moto uniforme	Altezza critica	Velocità tombino	Velocità valle tombino	Massimo riempimento
Km + m	-	m ³ /s	m	m s.l.m.	m s.l.m.	%	m s.l.m.	m	m	m	m s.l.m.	m	m	m/s	m/s	%
0+897.680	3.00x3.00	10.51	30.00	116.48	116.33	0.50	118.31	1.83	1.10	0.99	117.32	0.98	1.08	3.53	1.76	61%
1+370.000	1500	0.49	32.51	128.08	128.01	0.20	128.60	0.48	0.53	0.35	128.36	0.41	0.35	1.56	0.21	16%
1+602.720	1500	0.71	16.90	140.87	140.70	0.52	141.45	0.58	0.27	0.39	141.09	0.39	0.42	1.93	1.13	19%
3+709.985	1500	0.96	28.44	170.04	168.62	5.00	170.70	0.66	0.50	0.27	168.89	0.26	0.50	4.41	2.67	22%
3+845.000	1500	0.95	20.61	175.23	174.58	3.16	175.89	0.66	0.49	0.31	174.89	0.29	0.49	3.61	2.90	22%
4+083.590	1500	1.82	26.73	184.88	183.54	5.02	185.83	0.95	0.69	0.39	183.93	0.36	0.69	5.02	1.26	32%
0+213.300	1500	1.82	14.00	179.73	179.63	0.70	180.70	0.97	0.67	0.61	180.24	0.59	0.69	2.68	1.39	32%
4+503.910	1500	0.52	20.03	200.65	199.60	5.25	201.12	0.47	0.36	0.20	199.80	0.19	0.36	3.72	1.18	16%
4+631.594	1500	0.84	35.52	198.00	196.80	3.69	198.62	0.62	0.46	0.27	197.07	0.26	0.46	3.87	1.34	21%
4+631.594*	1500	0.84	71.61	195.46	194.32	1.59	196.09	0.63	0.46	0.32	194.64	0.32	0.46	3.02	2.03	21%
4+925.000	1500	1.69	14.96	197.00	196.55	3.01	197.94	0.94	0.67	0.45	197.00	0.39	0.67	3.80	2.73	31%
4+925.000*	1500	1.69	12.01	192.06	191.70	3.00	193.00	0.94	0.67	0.46	192.16	0.39	0.67	3.66	2.73	31%

*tombino parallelo al tracciato

**tombino previsto sotto via Fontescodella

PROGETTAZIONE ATI: