

S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA 12/09

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA
ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

VARIANTE TECNICA N°4

ai sensi dell'art. 176, comma 5, secondo periodo lettera "a" e lettera "b", del D.Lgs. N. 163/2006 e Art. 11 del CSA-NG

CONTRAENTE GENERALE



DIRETTORE DEI LAVORI
Ing. **CARLO DAMIANI**

IDROLOGIA E IDRAULICA IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Relazione e verifiche idrauliche Svincolo Caltanissetta
Sud e relativi Tronchi

Empedocle 2 s.c.p.a.

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

755-07

Codice Elaborato:

PA12_09 - V 0 0 0 G E 2 1 0 I I 0 3 H R I 0 8 0 A

Scala: -----

F									
E									
D									
C									
B									
A	Marzo 2022	EMISSIONE						A.ANTONELLI	A.FINAMORE
REV.	DATA	DESCRIZIONE		REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO		AUTORIZZATO	

Il Progettista:

Il Consulente Specialista:

Il Geologo:

Il Coordinatore per la sicurezza:

Il Direttore dei Lavori:



Responsabile del procedimento: Ing. LUIGI MUPO

1	PREMESSA	2
2	PROBLEMATICHE RISCONTRATE	4
3	VARIANTE PROPOSTA.....	4
4	CALCOLI IDRAULICI.....	6
4.1	Calcoli idraulici manufatti in variante.....	6
4.2	Verifica idraulica Tombino armco 3Ø1000 Pr. 0+182.12.....	8
4.3	Verifica idraulica Tombino armco Ø1500 Pr. 0+31.101-0+96.584	9
4.4	Verifica idraulica Tombino armco Ø1500 Pr. 0+145.59.....	10
4.5	Verifica idraulica Tombino armco Ø1500 RAMO 3 SV03 Pr. 0+020.00	11
5	CONCLUSIONI.....	11

1 PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto il calcolo di verifica dei presidi idraulici dello svincolo Caltanissetta Sud a seguito della variante apportata al Progetto Esecutivo disposta dalla soprintendenza ai Beni Culturali ed Ambientali della Provincia di Caltanissetta.

Le portate considerate nella presente relazione, conformemente al CSA, sono quelle derivanti dallo studio idrologico di Progetto Esecutivo approvato, con tempo di ritorno pari a 100 anni.

In particolare si è proceduto a ristudiare la regimentazione delle acque di versante che interferiscono con la viabilità dello svincolo, evidenziando come riportato nello schema in **Figura 1**, che le acque meteoriche provenienti dallo Svincolo Caltanissetta Sud, seguono due linee di flusso preferenziali, in particolare i rami interessati dai tombini T.26, T.27 e T.28 della viabilità principale, avente portata complessiva di 9,15 mc/s ($Tr=100$ anni), seguono la linea di flusso, indicata come linea AA. Mentre la linea di flusso indicata come BB, intercetta le acque a nord-est dello svincolo, in corrispondenza della rotatoria, tale linea di flusso convoglia una portata meteorica di 5,91 mc/s ($Tr = 100$ anni).

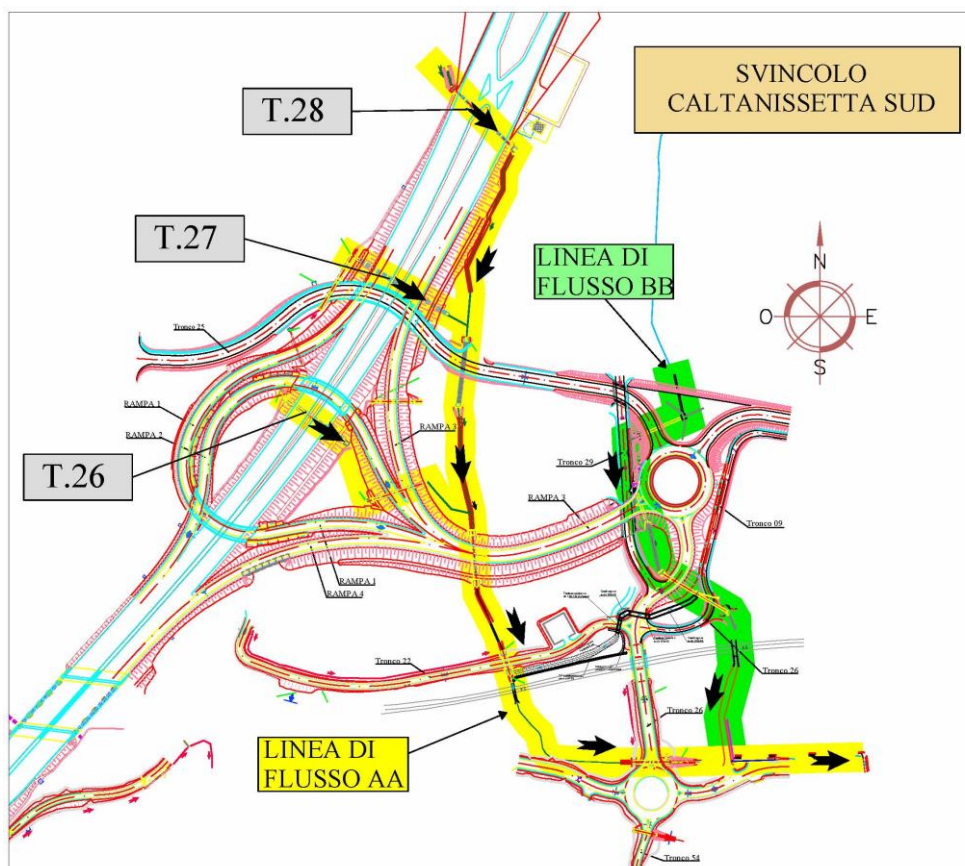


Figura 1 - Linee di flusso idraulico da Progetto Esecutivo

La linea di flusso AA, come riportato nello schema in **Figura 1**, attraversa e interferisce con i seguenti manufatti idraulici:

- Tombino FF.SS. esistente che appare in buono stato di conservazione e offre una luce libera di passaggio di larghezza 100 cm ed altezza di 150 cm; la portata massima che il tombino riesce a smaltire è di 6,68 mc/sec con un tirante di 150 cm;
- Canale trapezio in cls P=100, tratto b-c, che assicura una capacità di trasporto di 17,86 mc/sec con pendenza motrice del 3,87%;
- Canale esistente in c.a. 100x100 (I tratto), tratto b-c, che assicura una capacità di trasporto di 6,509 mc/sec con pendenza motrice del 3,74%;
- Canale da allargare in c.a. 150x100 (II tratto), tratto b-c, che assicura una capacità di trasporto di 8,462 mc/sec con pendenza motrice del 2,01%;
- Attraversamento tronco 26, con N.3 tombini armco DN 1000 con pendenza motrice del 1,00%, che assicurano una portata massima pari a 9,05 mc/s (3,016 mc/sec cadauno);
- Canale in c.a. 2,00x1,50 che assicura una capacità di trasporto di 10,563 mc/sec con pendenza motrice del 0,50%;
- Canaletta trapezia esistente, tratto e-m, a valle dell'innesto della canaletta proveniente dalla linea di flusso BB, in cls 150 x 150, 10° angolo parete, che con la pendenza del 2,98% consente lo smaltimento di una portata massima 22,29 mc/sec;
- Canaletta trapezia esistente, tratto m-n, in cls 150 x 150, 10° angolo parete, con minore pendenza del 1,39% consente lo smaltimento di una portata massima 15,313 mc/sec.

La linea di flusso BB, come riportato nello schema in [Figura 1](#), attraversa e interferisce i seguenti manufatti idraulici:

- Tombino alla rotatoria al tronco 26 pr 0+31,101 previsto a sezione circolare DN 1500, portata massima 8,269 mc/sec nel tratto con pendenza 1,00% e portata massima 6,92 mc/sec nel tratto con pendenza pari a 0,70%;
- Canale in c.a. 2,50 x 1,50 portata massima 14,091 mc/sec;
- Tombino FF.SS. esistente con luce libera di passaggio di larghezza 250 cm ed altezza di 250 cm; la portata massima che il tombino riesce a smaltire, con pendenza del 2,90%, è di 66 mc/s;
- Canaletta trapezia esistente 100 x 140 cm, 10° angolo parete, tratto l-e, che assicura una capacità di trasporto di 12,46 mc/s.

Questa linea di flusso, si immette nel punto "e" nella linea di flusso AA.

2 PROBLEMATICHE RISCONTRATE

Dalle verifiche effettuate sulla configurazione di Progetto Esecutivo sono state riscontrate alcune problematiche idrauliche nella linea di flusso AA, legate ad alcuni manufatti esistenti. In particolare il tombino delle Ferrovie (1,00 x 1,50 mt), punto "b", secondo la precedente configurazione sarebbe stato assoggettato ad una portata di 9,15 mc/sec, somma delle portate provenienti dai tombini T.26, T.27 e T.28 a fronte di una capacità di deflusso, al netto di rigurgiti pari a 6,68 mc/sec.

Corre l'obbligo di rilevare che a meno del modesto incremento della portata dovuto alle maggiori superfici impermeabili, nei fatti, la configurazione di Progetto esecutivo rispecchia la configurazione idraulica ante operam, poiché il bacino imbrifero sotteso al tombino ferroviario è rimasto invariato. Con la proposta di modifica di seguito descritta, si intende provvedere ad una migliore gestione delle acque di versante, diminuendo le portate in ingresso al tombino ferroviario, migliorando quindi la compatibilità idraulica del manufatto esistente.

3 VARIANTE PROPOSTA

Nella considerazione che la linea di flusso BB ha una maggiore capacità di trasporto idraulico rispetto alle portate meteoriche che la interessano da monte, si è potenziata la linea di flusso CC che già esisteva per le sole acque del tratto, potenziandola e permettendo la derivazione di quota parte delle acque della linea di flusso AA.

Imponendo la congruenza idraulica dei tiranti idrici, tra la vena in ingresso al tombino ferroviario e il canale in cls della linea CC realizzata a monte del tombino sul tronco 22, supposto a quota più alta dell'imbocco ferroviario, dopo diversi tentativi, con un salto di 15 cm, si verifica la seguente condizione:

- la portata massima proveniente da monte pari a 9,15 mc/sec si divide tra 6,05 mc/sec che defluiscono attraverso il tombino ferroviario (1x1,5mt) e 3,10 mc/sec che interessano il canale trapezio in cls della linea CC;

La divisione della portata avviene a monte del tombino armco 3,55x2,25 del tronco TR.22, mediante un manufatto di rilascio realizzato con gabbioni e materassi tipo "reno".

PROGETTO DI DETTAGLIO

Relazione e verifiche idrauliche Svincolo Caltanissetta Sud e relativi tronchi

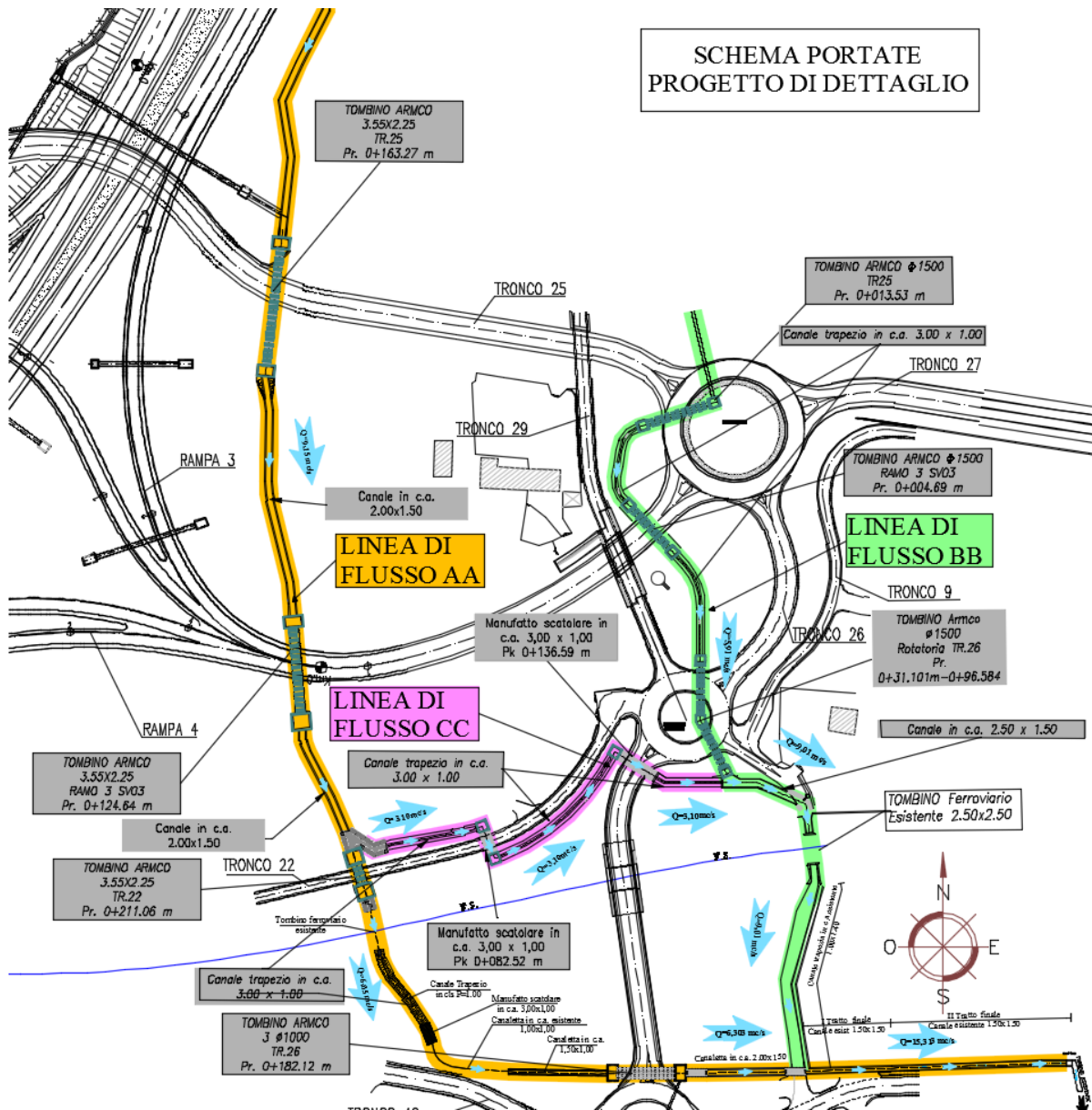


Figura 2 – Linee di flusso AA, BB e inserimento della linea di flusso CC da Progetto di Variante

In questo modo, come meglio evidenziato nei tabulati seguenti il tombino ferroviario avente dimensioni di 1 metro di larghezza e 1,5 mt di altezza garantirà il passaggio dell'onda di piena con tempo di ritorno pari a 100, con un grado di riempimento del 91,81 %, inferiore al grado di riempimento ante operam, che come già detto superava il 100 %.

La portata spillata dalla linea di flusso A-A ed immessa nella linea di flusso B-B grazie al canale C-C confluirà nel tombino ferroviario avente dimensioni pari a 2,5 mt di larghezza per 2,5 mt di altezza. Il quale garantisce il passaggio dell'onda di piena con un ampio margine di sicurezza, presentando un grado di riempimento pari ad appena il 22,5 %.

4 CALCOLI IDRAULICI

4.1 Calcoli idraulici manufatti in variante

Di seguito vengono riportati i calcoli idraulici dei manufatti in variante.

CALCOLI VERIFICA IDRAULICA SEZIONE TRAPEZIA

I calcoli di verifica del canale a pelo libero sono elaborati
nell'ipotesi di moto uniforme, utilizzando l'equazione di continuità:

$$Q = S V$$

Adottando la formula di Chezy per la velocità V si ha:

$$Q = S X (R i)^{0.5} \quad Q$$

avendo posto :

$S [mq]$ = Area della sezione idraulica

$X [m^{0.5}/sec]$ = Coefficiente di resistenza
 $X = c R^{1/6}$ secondo Glaukler-Strickler

$c [m^{1/3}/sec]$ = Indice di scabrezza

$R [m]$ = Raggio idraulico

$i [‰]$ = Pendenza fondo canale

β = Angolo sulla verticale °

S.S.640 "di Porto Empedocle" – Itinerario Agrigento-Caltanissetta-A19
Adeguamento a quattro corsie della S.S. 640 "di Porto Empedocle" – Tratto dal km 44+400 allo svincolo con la A19

PROGETTO DI DETTAGLIO

Relazione e verifiche idrauliche Svincolo Caltanissetta Sud e relativi tronchi

Sezione	Larghezza	Altezza	Angolo	Scabrezza	Pendenza	Portata		Velocità	Pendenza	Tirante	Grado
	Base	A	β	c	i	Q _{max}	Q	V	ic	h	Riempimento
	cm	cm	gradi		%	l/sec	l/sec	m/sec	%	cm	h/A
Portata di arrivo dai Tombini T.25, T.26 e T.279,15 mc/sec											
Canale a monte del tombino TR22 - Linea di flusso "AA"	200	150	0	70	1,37	17.486	9.150,0	5,01	0,1118	91,40	60,93
Tombino TR22 ribassata - Linea di flusso "AA"	355	225	0	80	0,50	29.006,0	6.050,0	3,35		64,0	28,44
Tombino FF SS	100	150	0	70	1,50	6.687,0	6.050,0	4,39	0,1413	137,7	91,81
Canale in cls Linea di Flusso "CC"	100	100	45	70	1,37	10.629,0	3.100,0	3,86	0,0496	52,7	52,66
							9.150,0				
LINEA DI FLUSSO CC											
	Q=3100 l/s										
Canale trapezio in cls 300 x 100 x 100	100	100	45	70	2,10	13.153,0	3.100,0	4,78	0,0614	52,66	52,66
Manufatto scatolare 300 x 100	300	100	0	70	1,00	9.076,0	3.100,0	3,43	0,0651	57,20	57,20
Canale trapezio in cls 300 x 100 x 100	100	100	45	70	1,085	9.454,0	3.100,0	3,54	0,0454	56,20	56,20
Manufatto scatolare 300 x 100 x 100	100	100	45	70	0,50	6.418,0	3.100,0	2,66	0,0341	68,70	68,70
Canale trapezio in cls 300 x 100 x 100	100	100	45	70	0,50	6.418,0	3.100,0	2,66	0,0341	68,70	68,70
LINEA DI FLUSSO BB											
	Q=3100+5910=9010 l/s										
Canale trapezio in cls 300 x 100 x 100 al Tronco 29	100	100	45	70	4,00	18.153,0	5.910,0	6,79	0,0052	55,90	55,90
Canale trapezio in cls 300 x 100 x 100 alla Rotatoria Tronco 26	100	100	45	70	4,53	19.318,0	5.910,0	7,10	0,0051	54,00	54,00
Canale in c.a. 250 x 150	250	150	0	70	0,48	14.091,0	9.010,0	3,37	0,1422	107,50	71,67
Tombino II° FF SS	250	250	0	70	2,90	65.977,0	9.010,0	6,36	0,0605	56,65	22,66
Canale 100 x 140 esistente	100	140	10	70	2,98	12.464,0	9.010,0	6,68	0,1245	112,61	80,43
LINEA DI FLUSSO AA											
	Q=6050 l/s										
Tombino TR22 ribassata	355	225	0	80	0,50	29.006,0	6.050,0	3,35		64,0	28,44
Tombino FF SS	100	150	0	70	1,50	6.687,0	6.050,0	4,39	0,1413	137,7	91,81
Canale in cls Linea "BB"	100	100	45	70	3,87	17.864,0	6.050,0	6,75	0,0560	57,1	57,08
Canaletta esistente 100 x100 I° TRT	100	100	0	70	3,74	6.509,0	6.050,0	6,42	0,0895	94,2	94,21
Canaletta da allargare 150 x 100 II° TRT	150	100	0	70	2,01	8.462,0	6.050,0	5,21	0,0814	77,4	77,36
Tombino TR26 N.3 DN 100	VEDI VERIFICA TOMBINO CIRCOLARE										
Canale in c.a. 200 x 150	200	150	0	70	0,50	10.563,0	6.050,0	3,09	0,1224	97,8	65,20
TRATTO TERMINALE (AA+BB)											
	Q=9010+6050+253=15313 l/s										
Canale 150x150 esistente I° TRT	150	150	10	70	2,98	22.299,0	15.313,0	7,46	0,1473	115,16	76,77
Canale 150x150 esistente II° TRT	150	150	10	92	1,39	20.013,9	15.313,0	6,83	0,2083	149,56	99,71

4.2 Verifica idraulica Tombino armco 3Ø1000 Pr. 0+182.12

CALCOLI VERIFICA IDRAULICA SEZIONE CIRCOLARE									
I calcoli di verifica del canale a pelo libero sono elaborati									
nell'ipotesi di moto uniforme, utilizzando l'equazione di continuità:									
$Q = S V$									
Adottando la formula di Chezy per la velocità V si ha:									
$Q = S X (R i)^{0.5}$									
avendo posto :									
S [mq] = Area della sezione idraulica									
X [m ^{0.5} /sec] = Coefficiente di resistenza									
X = c R ^{1/6} secondo Glaukler-Strickler									
c [m ^{1/3} /sec] = Indice di scabrezza									
R [m] = Raggio idraulico									
i [%] = Pendenza fondo canale									
Sezione			Scabr.	Pend.	Portata		Veloc.	Tirante	Grado Riempi.
nome	D mm	Mater.	c	i %	Q _{max} l/sec	Q l/sec	V m/sec	h mm	h/D %
Tombino TR26 DN 100	1000	armco	90	1,00	3.016	2.016	3,89	627	62,75

La portata convogliabile nel Tombino per ciascun tubo è pari a Q = 2016 l\sec, inferiore alla massima portata smaltibile Q_{max} = 3016 l\sec.

PROGETTO DI DETTAGLIO

Relazione e verifiche idrauliche Svincolo Caltanissetta Sud e relativi tronchi

4.3 Verifica idraulica Tombino armco Ø1500 Pr. 0+31.101-0+96.584

CALCOLI VERIFICA IDRAULICA SEZIONE CIRCOLARE	
I calcoli di verifica del canale a pelo libero sono elaborati	
nell'ipotesi di moto uniforme, utilizzando l'equazione di continuità:	
$Q = S V$	
Adottando la formula di Chezy per la velocità V si ha:	
$Q = S X (R i)^{0.5}$	
avendo posto :	
$S [mq]$	= Area della sezione idraulica
$X [m^{0.5}/sec]$	= Coefficiente di resistenza
$X = c R^{1/6}$	secondo Glaukler-Strickler
$c [m^{1/3}/sec]$	= Indice di scabrezza
$R [m]$	= Raggio idraulico
$i [%]$	= Pendenza fondo canale

Sezione nome	D mm	Mater.	Scabr.	Pend.	Portata		Velocità	Tirante	Grado Riempim.
			c	i %	Q _{max} l/sec	Q l/sec	V m/sec	h cm	h/D %
Tombino rotatoria TR26 DN 150 I° Tratto pr.0+31.101 - 0+96.584	1500	armco	90	1,00	8 269	5 910	5,08	94	62,67%
Tombino rotatoria TR26 DN 150 II° Tratto pr. 0+31,101 - 0+96.584	1500	armco	90	0,70	6 920	5 910	4,40	106,3	70,87%

La portata convogliabile nei due tratti del Tombino è pari a $Q = 5910 \text{ l/sec}$, pertanto inferiore alla massima portata $Q_{\text{max I}^\circ \text{ TRATTO}} = 8269 \text{ l/sec}$ e $Q_{\text{max II}^\circ \text{ TRATTO}} = 6920 \text{ l/sec}$.

4.4 Verifica idraulica Tombino armco Ø1500 Pr. 0+145.59

CALCOLI VERIFICA IDRAULICA SEZIONE CIRCOLARE	
I calcoli di verifica del canale a pelo libero sono elaborati	
nell'ipotesi di moto uniforme, utilizzando l'equazione di continuità:	
$Q = S V$	
Adottando la formula di Chezy per la velocità V si ha:	
$Q = S X (R i)^{0.5}$	
avendo posto :	
S [mq]	= Area della sezione idraulica
X [m ^{0.5} /sec]	= Coefficiente di resistenza
X = c R ^{1/6}	secondo Glaukler-Strickler
c [m ^{1/3} /sec]	= Indice di scabrezza
R [m]	= Raggio idraulico
i [%]	= Pendenza fondo canale

Sezione nome	D mm	Mater.	Scabr. c	Pend. i %	Portata		Velocità V m/sec	Tirante h cm	Grado Riempim. h/D %
					Q _{max} l/sec	Q l/sec			
Tombino rotatoria 5 DN 150 pr.0+145,59	1500	armco	90	4,90	18 306	5 910	9,24	58,5	39,00%

La portata convogliabile nel Tombino è pari a $Q = 5910 \text{ l/sec}$, inferiore alla massima portata smaltibile $Q_{\max} = 18306 \text{ l/sec}$.

PROGETTO DI DETTAGLIO

Relazione e verifiche idrauliche Svincolo Caltanissetta Sud e relativi tronchi

4.5 Verifica idraulica Tombino armco Ø1500 RAMO 3 SV03 Pr. 0+020.00

CALCOLI VERIFICA IDRAULICA SEZIONE CIRCOLARE	
I calcoli di verifica del canale a pelo libero sono elaborati	
nell'ipotesi di moto uniforme, utilizzando l'equazione di continuità:	
$Q = S V$	
Adottando la formula di Chezy per la velocità V si ha:	
$Q = S X (R i)^{0.5}$	
avendo posto :	
S [mq]	= Area della sezione idraulica
X [m ^{0.5} /sec]	= Coefficiente di resistenza secondo Glaukler-Strickler
X = c R ^{1/6}	
c [m ^{1/3} /sec]	= Indice di scabrezza
R [m]	= Raggio idraulico
i [%]	= Pendenza fondo canale

Sezione			Scabr.	Pend.	Portata		Velocità	Tirante	Grado Riempim.
nome	D mm	Mater.	c	i %	Q _{max} l/sec	Q l/sec	V m/sec	h cm	h/D %
Tombino RAMO 3 SV03 DN 150 pr.0+020,00	1500	armco	90	1,00	8 270	5 910	5,09	95	63,33%

La portata convogliabile nel Tombino è pari a Q = 5910 l\sec, inferiore alla massima portata smaltibile Q_{max} = 8270 l\sec.

5 CONCLUSIONI

La presente variante risponde alla duplice esigenza, da un lato di verificare la compatibilità idraulica dei presidi idraulici modificati in seguito alla nuova configurazione dello svincolo di Caltanissetta SUD, disposta dalla Soprintendenza ai BB.CC.AA di Caltanissetta e, dall'altro, di migliorare la compatibilità idraulica dei tombini idraulici presenti lungo la prospiciente linea ferrata, rispetto alla configurazione ante operam e di progetto esecutivo, pervenendo ad un diverso bilanciamento delle portate scolanti, che meglio si adatta alle caratteristiche dimensionali dei suddetti tombini idraulici.