

ITINERARIO "SALERNO – POTENZA – BARI"

Adeguamento delle sedi esistenti e tratti di nuova realizzazione IV tratta
da zona industriale Vaglio a svincolo S.P. Oppido S.S. 96

Codice CIG - 70219264A5

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12)

Dott. Ing. **GIORGIO GUIDUCCI**
ORDINE INGEGNERI
ROMA
n. 14035

Dott. Ing. **GIORGIO GUIDUCCI**
Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035

PROGETTAZIONE ATI:

(Mandataria)

GPI INGEGNERIA

GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl

IL GEOLOGO

Dott. Geol. **Giuseppe Cerchiaro**
Ordine dei geologi della Calabria n. 528

(Mandante)



(Mandante)



COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Arch. **Silvia Besozzi**
Ordine Architetti Provincia di Roma n. 10846

(Mandante)



(Mandante)



VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. **Massimiliano Fidenzi**

IDROLOGIA IDRAULICA

Relazione idrologica e idraulica

CODICE PROGETTO

LO714APF1801

NOME FILE

TOOIDO0IDRRE01_D

REVISIONE

SCALA

CODICE ELAB.

T O O I D O O I D R R E O 1

D

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
D	Revisione a seguito parere CSLP	Maggio '24	De Sanctis	De Sanctis	Guiducci
C	Revisione	Feb. '22	De Sanctis	De Sanctis	Guiducci
B	Revisione	Dicembre '19	De Sanctis	De Sanctis	Guiducci
A	Emissione	Sett. '19	De Sanctis	De Sanctis	Guiducci

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	5
2. <u>CARATTERISTICHE DEI BACINI INTERESSATI DALL'OPERA</u>	6
2.1. INQUADRAMENTO GENERALE.....	6
2.2. ANALISI DEL TRACCIATO DI PROGETTO.....	8
3. <u>QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO</u>	14
3.1. PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI.....	14
3.2. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	20
3.3. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO PER LA DEFINIZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI E DEGLI INTERVENTI DI CARATTERE IDRAULICO	24
4. <u>ANALISI PLUVIOMETRICA</u>	26
4.1. PREMESSA	26
4.2. ELABORAZIONE STATISTICO-PROBABILISTICA DEI DATI DI PIOGGIA.....	26
4.2.1. <i>Dati pluviometrici disponibili</i>	26
4.2.2. <i>Metodologia di calcolo</i>	27
4.2.3. <i>Risultati delle elaborazioni</i>	28
4.3. PROCEDURA VA.PI.....	31
4.3.1. <i>Metodologia di calcolo – Generale</i>	31
4.3.2. <i>Metodologia di calcolo – Rapporto di sintesi Regione Basilicata</i>	33
4.3.3. <i>Risultati delle elaborazioni</i>	38
4.4. SCELTA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI PROGETTO	39
5. <u>STIMA DELLE PORTATE DI PIENA</u>	43
5.1. METODOLOGIA DI CALCOLO: METODO RAZIONALE	43
5.1.1. <i>Tempo di corrivazione</i>	43
5.1.2. <i>Coefficiente di deflusso</i>	46
5.1.3. <i>Coefficiente di riduzione areale</i>	52
5.1.4. <i>Risultati delle elaborazioni</i>	53
5.2. ANALISI DEI RISULTATI E CONFRONTO CON ALTRE METODOLOGIE DI CALCOLO.....	54
5.2.1. <i>Procedura VA.PI. per la stima delle portate – Rapporto di sintesi Regione Basilicata</i>	54
5.2.2. <i>Confronto dei risultati</i>	58
6. <u>ATTRAVERSAMENTI PRINCIPALI</u>	59
6.1. PREMESSA	59
6.2. MODELLI DI CALCOLO E VERIFICHE IDRAULICHE.....	60
6.2.1. <i>Fosso Rummolo</i>	60

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.2.	<i>Vallone Tricarico</i>	63
6.2.3.	<i>Torrente Castagno</i>	66
6.2.4.	<i>Fosso Mezzanelle</i>	69
6.2.5.	<i>Torrente Alvo</i>	71
6.3.	STIMA DEGLI SCALZAMENTI ATTESI IN CORRISPONDENZA DELLE PILE DEI VIADOTTI	73
7.	<u>ATTRAVERSAMENTI SECONDARI: TOMBINI</u>	78
8.	<u>SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA E DI VERSANTE</u>	80
8.1.	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA E DI VERSANTE	80
8.1.1.	<i>Sezione in rilevato</i>	80
8.1.2.	<i>Sezione in trincea</i>	81
8.1.3.	<i>Sezioni in viadotto</i>	82
8.1.4.	<i>Sezioni in galleria</i>	82
8.1.5.	<i>Vasca di trattamento delle acque di piattaforma e di raccolta sversamenti accidentali</i>	84
8.2.	DIMENSIONAMENTO IDRAULICO	87
8.2.1.	<i>Portate di progetto</i>	87
8.2.2.	<i>Verifiche idrauliche delle opere di drenaggio</i>	87
8.2.3.	<i>Verifiche statiche ancoraggi tubazioni viadotti</i>	90
9.	<u>ALLEGATO 1 – TABULATI DI CALCOLO ANALISI PLUVIOMETRICA - GUMBEL</u>	91
9.1.	STAZIONE PLUVIOMETRICA DI POTENZA	91
9.2.	STAZIONE PLUVIOMETRICA DI TOLVE	98
10.	<u>ALLEGATO 2 – TABULATI DI CALCOLO ANALISI PLUVIOMETRICA – VA.PI.</u>	105
11.	<u>ALLEGATO 3 – TABULATI DI CALCOLO STIME DELLE PORTATE DI PROGETTO</u>	106
11.1.	CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	106
12.	<u>ALLEGATO 4: CODICE DI CALCOLO PER LE SIMULAZIONI IDRAULICHE – HEC-RAS.</u>	109
12.1.	TRONCHI DI CORRENTE GRADUALMENTE VARIATA	109
12.2.	TRONCHI DI CORRENTE RAPIDAMENTE VARIATA	110
13.	<u>ALLEGATO 5: TABULATI DI CALCOLO VERIFICHE CORSI D'ACQUA PRINCIPALI</u>	115
13.1.	FOSSO RUMMOLO	115
13.1.1.	<i>Planimetria sezioni di calcolo</i>	115
13.1.2.	<i>Profilo</i>	115
13.1.3.	<i>Sezioni trasversali</i>	116
13.1.4.	<i>Tabelle</i>	120
13.2.	VALLONE TRICARICO	121
13.2.1.	<i>Planimetria sezioni di calcolo</i>	121

PROGETTAZIONE ATI:

13.2.2.	<i>Profilo</i>	121
13.2.3.	<i>Sezioni trasversali</i>	122
13.2.4.	<i>Tabelle</i>	125
13.3.	TORRENTE CASTAGNO	126
13.3.1.	<i>Planimetria sezioni di calcolo</i>	126
13.3.2.	<i>Profilo</i>	126
13.3.3.	<i>Sezioni trasversali</i>	127
13.3.4.	<i>Tabelle</i>	131
13.4.	FOSSO MEZZANELLE	132
13.4.1.	<i>Planimetria sezioni di calcolo</i>	132
13.4.2.	<i>Profilo</i>	132
13.4.3.	<i>Sezioni trasversali</i>	133
13.4.4.	<i>Tabelle</i>	135
13.5.	TORRENTE ALVO	136
13.5.1.	<i>Planimetria sezioni di calcolo</i>	136
13.5.2.	<i>Profilo</i>	136
13.5.3.	<i>Sezioni trasversali</i>	137
13.5.4.	<i>Tabelle</i>	140
14.	<u>ALLEGATO 6: CODICE DI CALCOLO PER LE SIMULAZIONI IDRAULICHE – HY-8</u>	141
15.	<u>ALLEGATO 7: TABULATI DI CALCOLO VERIFICHE TOMBINI</u>	148
15.1.	TOMBINO SCATOLARE 2.00X1.50 PK 2+779.....	148
15.2.	TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 3+033.....	152
15.3.	TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 3+833.....	156
15.4.	TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 4+014.....	160
15.5.	TOMBINO SCATOLARE 2.00X1.50 PK 7+067.....	164
15.6.	TOMBINO SCATOLARE 2.00X1.50 PK 7+400.....	168
15.7.	TOMBINO SCATOLARE 1.50X1.50 PK 8+914.....	172
15.8.	TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 10+370.....	176
15.9.	TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 10+952.....	180
15.10.	TOMBINO SCATOLARE 1.50X1.50 SV. TOLVE.....	184
15.11.	TOMBINO SCATOLARE 2.00X2.00 PK 11+389.....	188
15.12.	TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 11+893.....	192
15.13.	TOMBINO SCATOLARE 1.50X1.50 PK 12+096.....	196
15.14.	TOMBINO SCATOLARE 5.00X3.00 PK 12+801.....	200
15.15.	TOMBINO SCATOLARE 5.00X2.00 PK 15+320.....	204

PROGETTAZIONE ATI:

15.16. TOMBINO SCATOLARE 5.00X3.00 PK 16+385.....	208
15.17. TOMBINO CIRCOLARE D1500 PK 16+626.....	212
15.18. TOMBINO SCATOLARE 5.00X2.00 PK 16+957.....	216
15.19. TOMBINO SCATOLARE 2 (5.00X3.00) PK 17+184	220

1. PREMESSA

Scopo della presente relazione è la caratterizzazione idrologica ed idraulica dei bacini dei corsi d'acqua interferenti con l'intervento "Itinerario Salerno-Potenza-Bari - Adeguamento delle sedi esistenti e tratti di nuova realizzazione IV tratta da zona industriale Vaglio a svincolo S.P. Oppido S.S. 96", nonché il dimensionamento dei manufatti di attraversamento dei corsi d'acqua, compatibilmente con la dinamica fluviale e con la normativa di riferimento; sono, inoltre, definite le caratteristiche del sistema di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma e di versante.

2. CARATTERISTICHE DEI BACINI INTERESSATI DALL'OPERA

2.1. INQUADRAMENTO GENERALE

La porzione di territorio attraversata dall'opera stradale in esame ricade nei bacini idrografici di due dei principali fiumi della Basilicata: il Basento ed il Bradano. In particolare, l'area di sviluppo del segmento di tratta compreso tra la SS 407 ed il valico di Pazzano – Bosco Le Piane ricade nel bacino del Basento, mentre tutto il percorso restante ricade nel bacino del Bradano.

Il bacino del F. Basento viene attraversato dal tracciato marginalmente, nella sua parte medio-alta ricadente nella fascia altimetrica compresa tra circa 500-600 m. s.l.m. (fondovalle del F. Basento) e 800-900 m. s.l.m. (linea di spartiacque) e individuata morfologicamente dagli impluvi del Vallone Rummolo, verso O, e del Vallone Serra del Ponte, verso E, entrambi affluenti di sinistra del F. Basento.

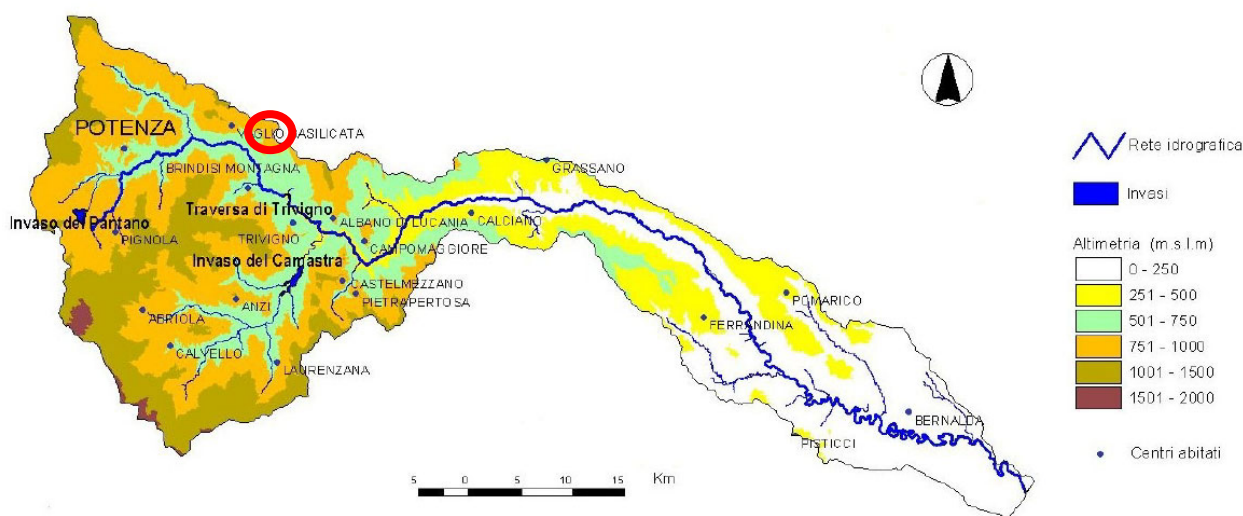


Figura 2.1 – Bacino del Fiume Basento – Carta altimetrica con indicazione del tratto interessato dal progetto

Lo spartiacque morfologico tra i due bacini idrografici è rappresentato dalla dorsale orientata NO-SE che risulta dall'allineamento di M.te Bosco Le Piane (quota 925 m s.l.m.) e M.te Cupolicchio (quota 1097 m s.l.m.) superato il quale il tracciato si sviluppa interamente all'interno del bacino idrografico del F. Bradano, in una fascia altimetrica compresa tra circa 350 m.s.l.m. e 800-900 m. s.l.m..

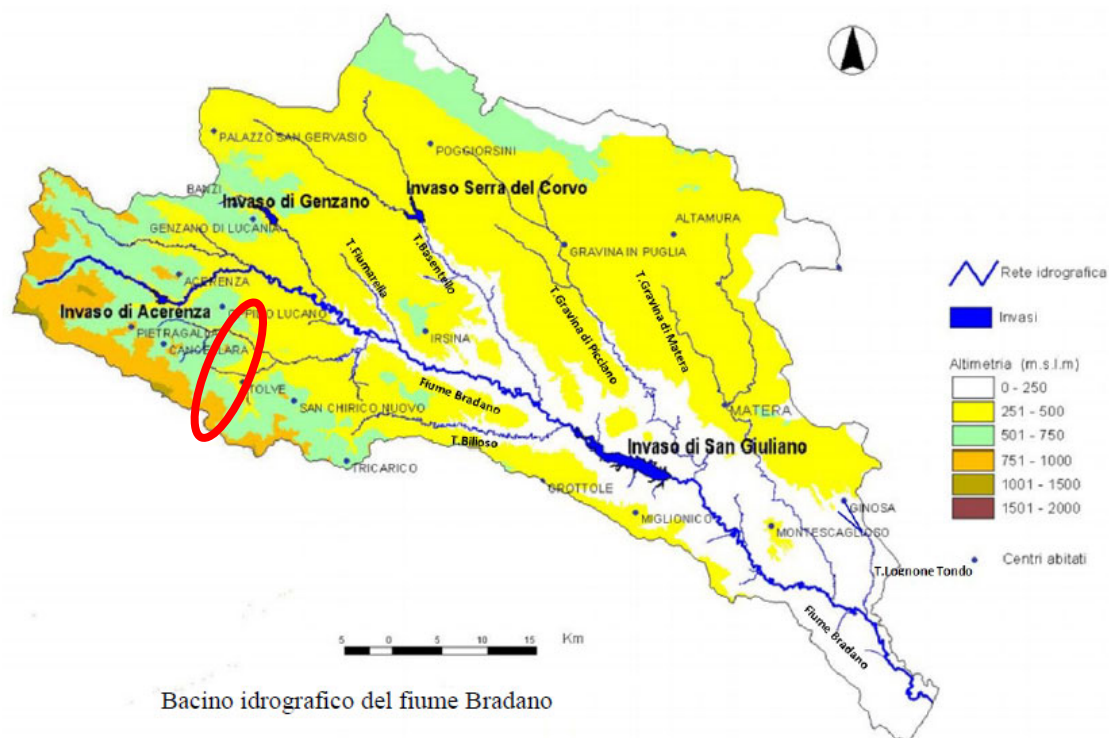


Figura 2.2 – Bacino del Fiume Bradano – Carta altimetrica con indicazione del tratto interessato dal progetto

Lo sviluppo e l'andamento del reticolo idrografico dipendono principalmente dalla distribuzione delle diverse litologie affioranti e dalle condizioni morfologico-strutturali.

Per quanto riguarda i parametri idrogeologici, la quasi totalità dei terreni che formano il substrato geologico dell'area in esame mostrano una permeabilità relativa da media a bassa, essendo generalmente caratterizzati da litologie prevalentemente argilloso e argilloso-marnose. Di conseguenza, l'idrografia si esplica generalmente attraverso una diffusa laminazione superficiale delle acque meteoriche, che confluiscono in depressioni morfologiche più o meno profonde localizzate in corrispondenza degli affioramenti litologici maggiormente erodibili.

Tenendo conto quindi dei valori generalmente limitati di permeabilità relativa dei terreni affioranti, il principale fattore che determina le differenze di tipologia del reticolo idrografico è la pendenza media dei versanti.

Il settore meridionale compreso tra la S.S. n.407 e l'abitato di Tolve, caratterizzato dai rilievi più elevati e dai versanti più acclivi, è attraversato da un reticolo ben sviluppato e ramificato di corsi d'acqua, il cui regime torrentizio è dovuto alla mancanza di importanti sorgenti di alimentazione e di precipitazioni meteoriche nel periodo estivo. Questi corsi d'acqua diventano gerarchicamente più importanti da monte a valle e sono ben lontani dal loro ideale profilo di equilibrio, come dimostra la loro generalizzata tendenza all'approfondimento in alveo. I corsi d'acqua di questo primo settore divergono, in corrispondenza dello spartiacque morfologico formato dalla dorsale M.te Bosco le Piane - M.te Cupolicchio, verso il bacino del Basento a SO e verso il bacino del Bradano a NE.

Il tratto terminale dell'intervento attraversa un territorio occupato da aree agricole, a debole pendenza, attraversate da incisioni poco significative e da scoli a servizio dei campi.

2.2. ANALISI DEL TRACCIATO DI PROGETTO

Il tracciato ha inizio dallo Svincolo di Vaglio – Zona industriale; alla progr. 0+365 circa attraversa, mediante un ponte a campata unica di luce 20 m, il Fosso Rummolo, affluente di sinistra del Fiume Basento, per il quale è prevista una sistemazione con scogliere in massi.

Il corso d'acqua è caratterizzato da un alveo con presenza di materiale lapideo di dimensioni dell'ordine dei 2-10 cm, che lascia presumere la presenza di trasporto solido durante gli eventi di piena.



Figura 2.3 – Fosso Rummolo – Attraversamento viabilità comunale a monte dell'intervento in progetto

Lo svincolo e l'asse principale sono posti a circa 150 m dalle sponde del Fiume Basento, in sinistra idraulica, senza essere interessati dall'onda di piena dello stesso in caso di eventi straordinari (vedi cap. 3). Successivamente, il progetto prevede un lungo viadotto (1974 m) il quale, dopo avere attraversato il Vallone Tricarico, corre ad est dello stesso, in sinistra idraulica.

Il vallone, il cui bacino ha un'estensione in corrispondenza dell'attraversamento di circa 6,2 kmq, è caratterizzato da un regime spiccatamente torrentizio, con lunghi periodi in cui si ha totale assenza di acqua.

Il corso d'acqua è caratterizzato da un alveo con presenza di materiale lapideo di dimensioni dell'ordine dei 15-20 cm, che lascia presumere la presenza di significativo trasporto solido durante gli eventi di piena.

Il tracciato corre, quindi, a mezza costa fino a che, al km 4+059 entra in galleria, superando lo spartiacque ed entrando nel bacino del Fiume Bradano.

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 2.4 – Vallone Tricarico – Tratto a monte dell'attraversamento in progetto

Uscito dalla galleria (km 7+004) il tracciato prosegue verso Nord, approssimativamente lungo un crinale che separa i bacini del Vallone della Botte (ad Est) e del Vallone del Chiaromonte (ad Ovest), senza attraversare corsi d'acqua significativi.

Al km 9+800 viene superato il Torrente Castagno per mezzo di un viadotto di lunghezza pari a 1020 m.

Il torrente, che dalla confluenza con la Fiumarella del Bosco, dà origine alla Fiumara di Tolve, è un corso d'acqua a regime torrentizio caratterizzato, nel tratto di interesse, da una morfologia dell'alveo che si sviluppa su un materasso alluvionale di larghezza pari a circa 30 m. Il bacino, di estensione complessiva pari a circa 26,7 kmq, nel tratto sommitale (denominato "Valle del Distacco") è caratterizzato da un importante fenomeno gravitativo costituito da un colamento il cui corpo, esteso più di 1,5 km nella sua dimensione maggiore, defluisce longitudinalmente alla vallata ed è alimentato da fenomeni minori, le cui attivazioni in alcuni casi risultano molto recenti e ad alta velocità.

Il corso d'acqua è caratterizzato da un alveo con presenza di cospicuo materiale lapideo di dimensioni dell'ordine dei 15-30 cm, che lascia presumere la presenza di significativo trasporto solido durante gli eventi di piena.

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 2.5 – Torrente Castagno in corrispondenza dell’attraversamento in progetto – vista verso valle

Superato il torrente Castagno, il tracciato attraversa una serie di affluenti minori di sinistra del torrente stesso fino a rientrare (km 12+100 circa) sull’attuale sede della Strada Comunale Tre Ponti – Pozzillo.



Figura 2.6 – Affluente di sinistra Torrente Castagno - attraversamento km 10+370

PROGETTAZIONE ATI:

Da questo punto l'intervento in progetto prevede l'adeguamento dell'infrastruttura stradale esistente alle prescrizioni normative previste dal D.M.05.11.2001 prevedendo puntuali rettifiche del tracciato; in tale tratta sono previsti i seguenti interventi:

- adeguamento della piattaforma stradale esistente a quella prevista dal D.M.05.11.2001 per la cat.C1 – Strade extraurbane secondarie;
- demolizione completa del pacchetto di pavimentazione e suo rifacimento con adeguamento delle pendenze trasversali;
- installazione di barriere di sicurezza rispondenti alla nuova normativa;
- ampliamento dell'arginello esistente ad una dimensione minima pari a 1.50 m per garantire il corretto funzionamento delle barriere di sicurezza;
- geometrizzazione del tracciato con inserimento delle curve a raggio variabile;
- incremento della velocità di progetto lungo il tracciato ($V_{p,max}=90$ km/h);
- inserimento degli allargamenti di visibilità necessari a garantire la distanza di visibilità per l'arresto;
- inserimento delle piazzole di sosta secondo i dettami e le dimensioni previste dal testo di riferimento normativo;
- eliminazione di tutti gli accessi ai fondi agricoli attualmente presenti lungo il tracciato;
- sostituzione delle attuali opere di attraversamento idraulico, quasi interamente costituite da tombini circolari di diametro interno compreso tra 1000 e 1500 mm, con tombini scatolari di dimensioni idonee;
- rifacimento della rete di fossi di guardia

In questo tratto il territorio è occupato da aree agricole, a debole pendenza, attraversate da incisioni e da scoli a servizio dei campi. Le attuali opere di attraversamento, quasi interamente costituite da tombini circolari di diametro interno compreso tra 1000 e 1500 mm, risultano insufficienti a smaltire in sicurezza le portate di piena, nel rispetto della normativa vigente e, pertanto, ne è prevista la sostituzione con tombini scatolari di dimensioni idonee.

Gli interventi sopra descritti, tuttavia, escludono il tratto compreso fra la pk 13+663 alla pk 14+603 in cui gli unici interventi di progetto previsti sono il rifacimento della pavimentazione stradale e della segnaletica mantenendo inalterata, quindi, le attuali geometrie della sede stradale. Nel suddetto tratto sono presenti il Viadotto di attraversamento del Torrente Alvo (di lunghezza complessiva pari a 800 m, costituito da 16 campate da 50 m ed impalcato a struttura mista acciaio-clc) e la galleria artificiale dello svincolo sulla S.P.35, realizzata con paratie di pali di diametro 1200 m e soletta con travi prefabbricate in c.a.p..



Figura 2.7 – Viadotto di attraversamento del Torrente Alvo

L'intervento di progetto termina in prossimità dello svincolo con la S.S.96 bis in cui verrà realizzata una rotonda di progetto con $D_e=50$ m ed una riorganizzazione delle rampe costituenti l'attuale sistema di connessione.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei corsi d'acqua interferiti e delle corrispondenti opere idrauliche di progetto

PROGETTAZIONE ATI:

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	OPERA ATTR.
1	Fosso Rummolo	365	Ponte 20 m + sistemazione idraulica
2	Vallone Tricarico	870	Viadotto Vallone Tricarico
3	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	1760	Viadotto Vallone Tricarico
4	Fosso Loc. Bertuccio	2310	Viadotto Vallone Tricarico
5	Acque versante	2779	Tombino 2.00x1.50
6	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3033	Tombino 4.00x3.00
7	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3833	Tombino 4.00x3.00
8	Vallone Tricarico	4014	Tombino 4.00x3.00
9	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7067	Tombino 2.00x1.50
10	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7400	Tombino 2.00x1.50
11	Vallone Cerro	7760	Viadotto Vallone Cerro
12	Acque versante - Sx Vallone della Botte	8914	Tombino 1.50x1.50
13	Torrente Castagno	9790	Viadotto Castagno
14	Fosso Loc. Masseria D'Erario	10370	Tombino 4.00x3.00
15	Fosso Mezzanelle	10570	Viadotto Mezzanelle
16	Affl. Fosso Mezzanelle	10952	Tombino 4.00x3.00 + sistemazione idraulica
17	Acque versante SC 3 Ponti - Pozzillo	SC 3Ponti- Pozzillo	Tombino 1.50x1.50
18	Acque versante	11389	Tombino 2.00x2.00
19	Affl. Vallone Girifuolo	11893	Tombino 4.00x3.00 + sistemazione idraulica
20	Acque versante	12096	Tombino 1.50x1.50
21	Affl. Vallone Girifuolo	12801	Tombino 5.00x3.00
22	Torrente Alvo	14090	Viadotto Girifuolo
23	Fosso Masseria Pastore	15320	Tombino 5.00x2.00
24	Fosso Gambarara	16385	Tombino 5.00x3.00
25	Acque versante	16626	Tombino D1500
26	Fosso Masseria Lancieri	16957	Tombino 5.00x2.00
27	Fosso Contrada Picone	17184	2 tombini(5.00x3.00)

Tabella 2.1: Elenco corsi d'acqua interferiti e relative opere idrauliche in progetto

PROGETTAZIONE ATI:

3. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

3.1. PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

La Direttiva Europea 2007/60/CE (Direttiva Alluvioni) istituisce “un quadro per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni, volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l’ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche connesse con le alluvioni all’interno della Comunità”.

Il D.Lgs. 49/2010 e ss.mm.ii., emanato per il suo recepimento, prevede quanto segue:

- valutazione preliminare del rischio di alluvioni entro il 22 settembre 2011;
- realizzazione delle mappe della pericolosità e delle mappe del rischio di alluvioni entro il 22 giugno 2013;
- ultimazione e pubblicazione dei Piani di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) entro il 22 dicembre 2015;
- riesami, mappe (2019) e Piano di Gestione (2021).

Il Governo Italiano, con l’Art.64 del D.Lgs. n°152 del 2006, ha individuato 8 Distretti Idrografici sul territorio Nazionale, tra i quali il Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale, in cui ricade l’intervento in progetto.

Tale Distretto ha una superficie di circa 68.200 Km² e ingloba un sistema costiero di estensione paria circa 2100 Km. Il territorio del Distretto è stato suddiviso in 17 Unit of Management (UoM) ovvero unità territoriali omogenee di riferimento per la gestione del rischio di alluvione corrispondenti ai principali bacini idrografici, e definite le relative Autorità Competenti o Competent Authority (CA).

Il D.Lgs. 49/2010 infatti individua all’art. 3 le “Competenze amministrative”, stabilendo che agli adempimenti della Direttiva Alluvioni debbano provvedere le Autorità di Bacino Distrettuali e che le Regioni in coordinamento tra loro e con il Dipartimento della Protezione Civile Nazionale provvedano per il distretto cui afferiscono, alla predisposizione e attuazione del sistema di allertamento per il rischio idraulico ai fini di protezione civile, rispetto al quale secondo quanto specificato all’art. 7 comma 3 lettera b), predispongono la relativa parte del piano di gestione del rischio di alluvione.

Come evidente dalla tabella sottostante, l’intervento in progetto interessa le UOM ITR171 “Basento, Cavone, Agri” e ITI012 “Bradano”, gestite dalla CA ITADBR171 “AdB Interregionale Basilicata”.

UNIT OF MANAGEMENT (UOM)			COMPETENT AUTHORITY (CA)	
CODICE	NOME	REGIONE	CODICE	NOME
ITN005	Liri Garigliano	Abruzzo, Lazio, Campania	ITADBN902	AdB Nazionale dei fiumi Liri Garigliano e Volturno
ITN011/ITR155	Volturno/ Regionale Campania	Campania, Molise, Puglia		
ITR171	Basento, Cavone, Agri	Basilicata	ITADBR171	AdB Interregionale Basilicata
ITI 012	Bradano	Basilicata, Puglia		
ITIO29	Noce e bacini Iucani tirrenici	Basilicata, Calabria		
ITIO24	Sinni e San Nicola	Basilicata, Calabria	ITADBR161	AdB Interregionale Puglia
ITR161020	Regionale Puglia/Ofanto	Puglia, Basilicata, Campania		
ITIO15	Fortore	Molise, Campania, Puglia	ITADBI902	AdB Interregionale dei fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore
ITIO22	Saccione	Molise, Puglia		
ITIO27	Trigno	Molise, Abruzzo		
ITR141	Regionale Molise (Biferno e Minori)	Molise		
ITR181016	Regionale Calabria/Lao	Calabria, Basilicata	ITADBR181	AdB Regionale Calabria
ITIO25	Sele	Campania, Basilicata	ITCAREG15	Regione Campania (comprende AdB Regionale Campania Centrale ed AdB Regionale Campania Sud)
ITR152	Regionale Destra Sele	Campania		
ITR153	Regionale sinistra Sele	Campania		
ITR151	Regionale Campania Nord Occidentale	Campania		
ITR154	Regionale Sarno	Campania		
TOTALE DISTRETTO		17 UOM	6 COMPETENT AUTHORITY	

PROGETTAZIONE ATI:

Il **Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)** elaborato dall'Autorità di Bacino della Basilicata si compone di due parti:

- **PGRA Parte A**, nel quale sono illustrate le condizioni di pericolosità e rischio idraulico delle UoM, sono definiti gli obiettivi e le misure di gestione del rischio di alluvioni. La Parte A del Piano rientra nelle competenze dell'Autorità di Bacino che ne cura la redazione in coordinamento con il Distretto Idrografico e le altre Autorità di bacino operanti nel Distretto. Le procedure di elaborazione del PGRA predisposto dall'Autorità di Bacino della Basilicata per le UoM di competenza sono state sottoposte alle valutazioni del Comitato tecnico nella seduta del 12 febbraio 2015. Il Progetto di Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni è stato sottoposto alle valutazioni del Comitato Tecnico nella seduta del 21 luglio 2015, mentre il Piano di gestione del Rischio di alluvioni è stato valutato nella seduta del 15 dicembre 2015. Con delibera n. 15 del 31 luglio 2015 il Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Basilicata ha preso atto del Progetto di Piano di Gestione del Rischio di alluvioni predisposto per le UoM di competenza dell'Autorità di bacino della Basilicata. In data 17 dicembre 2015, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno integrato con i rappresentanti di tutte le Regioni presenti nel Distretto dell'Appennino Meridionale ha adottato il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione del Distretto, che include i piani di Gestione predisposti dalle Autorità di Bacino nazionale, dalle Autorità di bacino interregionali e regionali per le UoM di competenza e, pertanto anche il PGRA predisposto dall'Autorità di Bacino della Basilicata.
- **PGRA Parte B** è dedicata agli aspetti di protezione civile ed è redatta dalle Regioni e dai relativi Servizi/Uffici di Protezione Civile, che in coordinamento tra loro e con il Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, provvedono alla predisposizione ed attuazione del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale per il rischio idraulico. La parte B del Piano è stata sottoposta dalle regioni, ciascuna per il territorio di competenza, ad approvazione della Giunta Regionale.

Il Primo Piano di Gestione Rischio di Alluvioni del Distretto idrografico Appennino Meridionale PGRA DAM, è stato adottato, ai sensi dell'art. 66 del d.lgs. 152/2006, con Delibera n° 1 del Comitato Istituzionale Integrato del 17 dicembre 2015, ed è stato approvato, ai sensi dell'art. 4 comma 3 del d.lgs. 219/2010, con Delibera n° 2 del Comitato Istituzionale Integrato del 3 marzo 2016.

Con Delibera n. n. 2 del 14/02/2017 il Comitato Istituzionale dell'AdB Basilicata ha preso atto dell'aggiornamento delle mappe della pericolosità idraulica, del danno potenziale e del rischio di alluvioni per un tratto del Fiume Basento UoM ITR171 a ridosso del limite tra i Comuni di Brindisi di Montagna e Vaglio Basilicata relativamente alle tavole 20 e 21, in cui ricade l'intervento in progetto.

Con DPCM 1 dicembre 2022 (Pubblicazione in Gazzetta Ufficiale Serie generale n. 32 del 8 febbraio 2023) è stato approvato il "Primo aggiornamento del Piano di Gestione del rischio di alluvioni Il Ciclo (2016/2021)". L'aggiornamento non ha comportato modifiche alla perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica, come individuate nel I Ciclo.

Come evidente dalle immagini sotto riportate, l'intervento in progetto non interessa aree a pericolosità idraulica, come individuate dal PGRA.

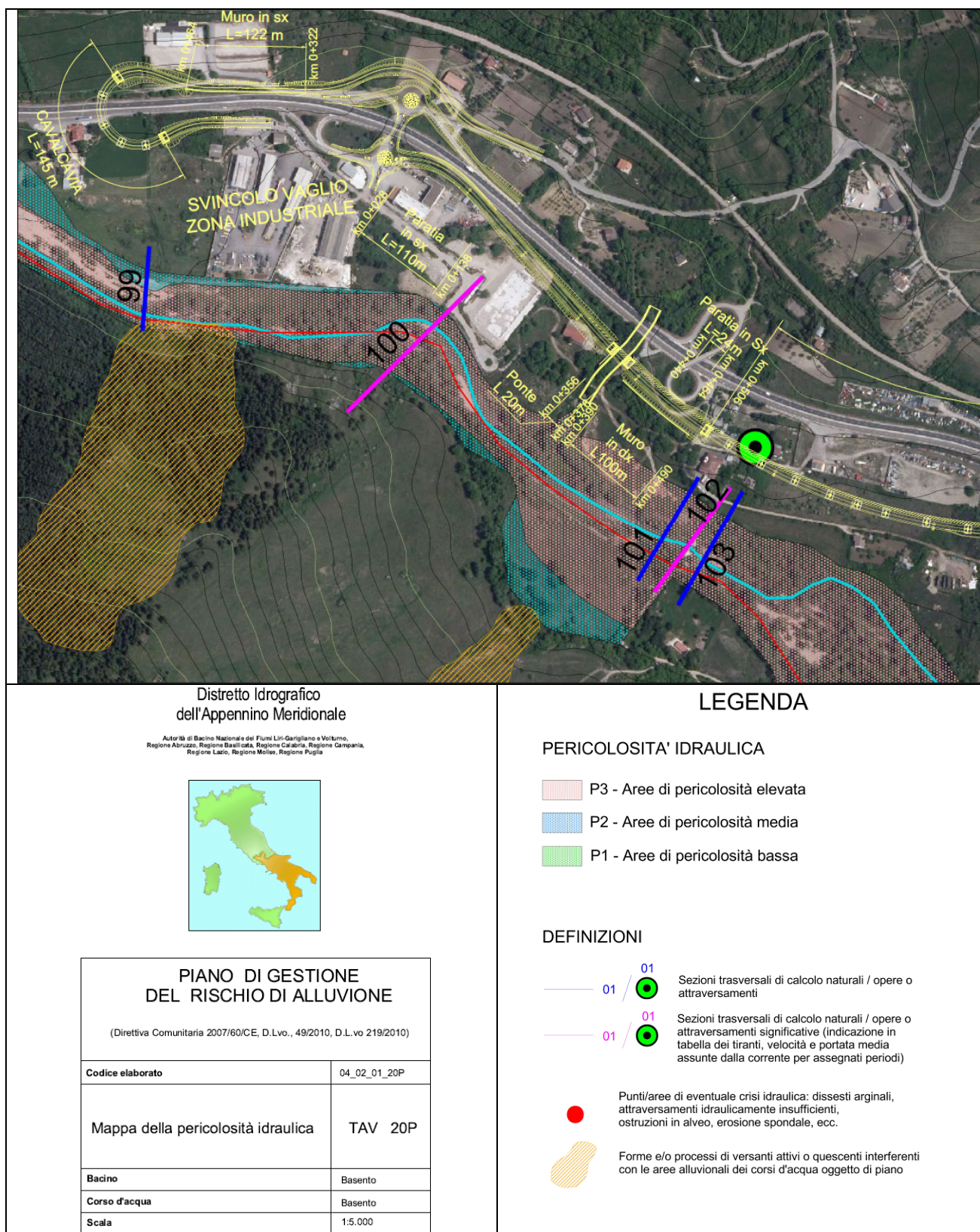


Figura 3.1 – P.G.R.A.-A.B. Basilicata Ciclo I– Estratto Mappa della pericolosità idraulica – tav. 20P con sovr. Progetto

PROGETTAZIONE ATI:

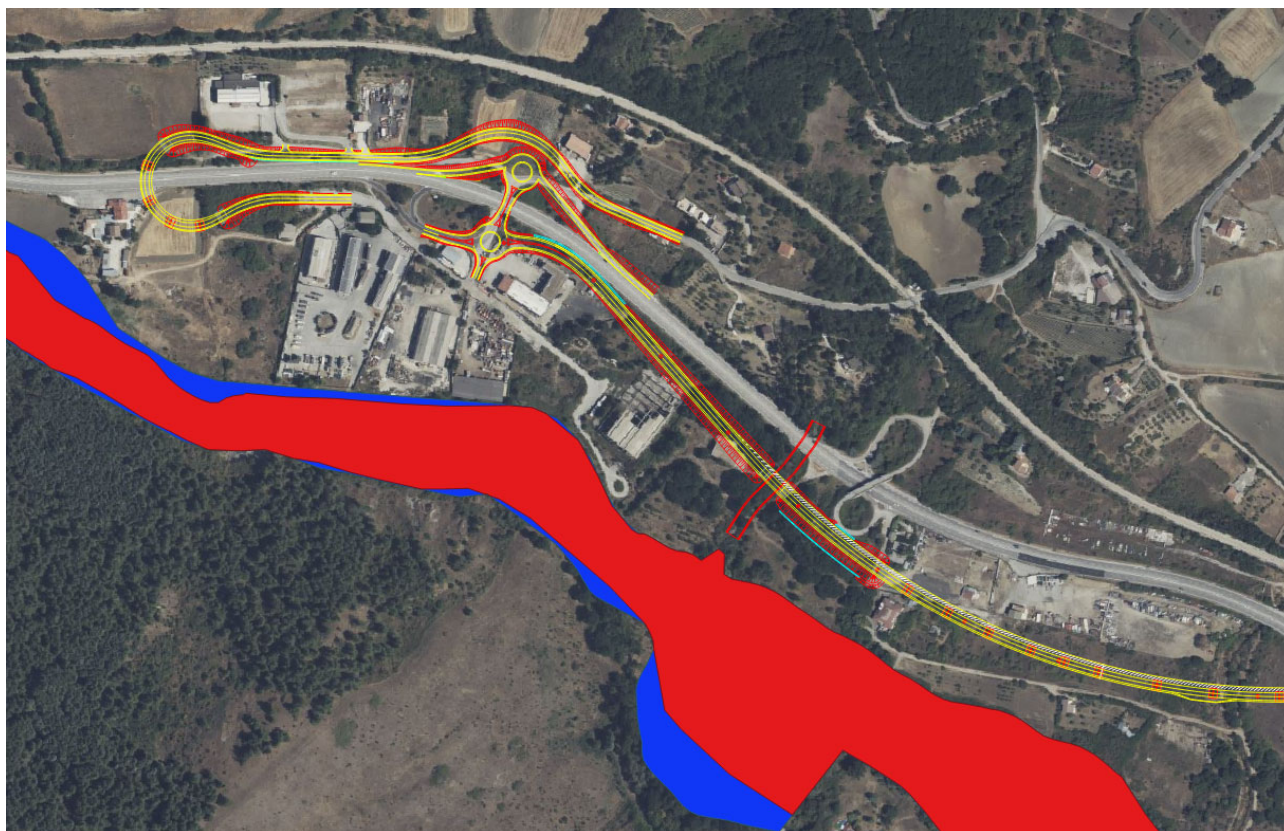
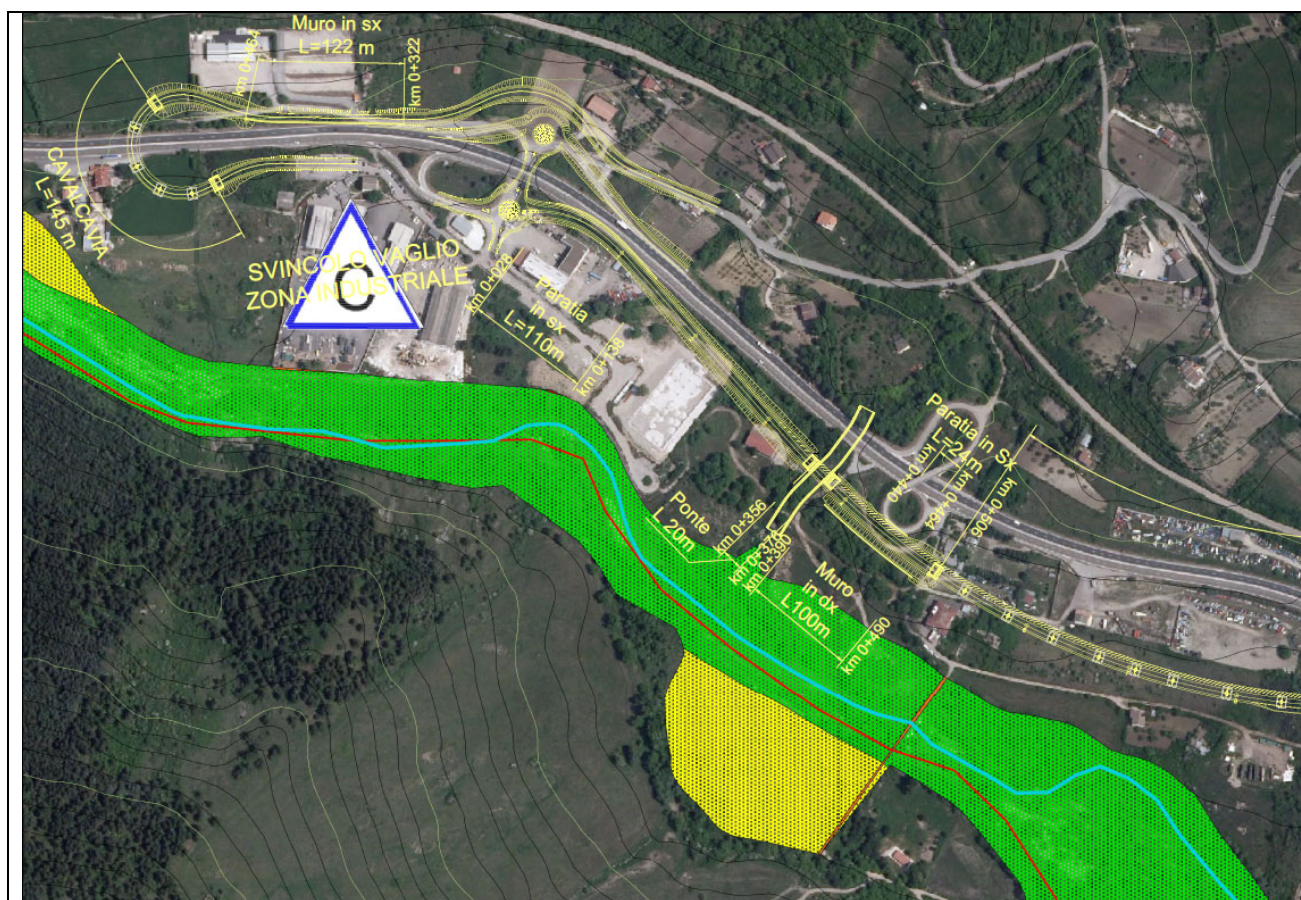


Figura 3.2 – P.G.R.A.-A.B. Basilicata Ciclo II– Shape file pericolosità idraulica con sovr. Progetto

PROGETTAZIONE ATI:



*Distretto Idrografico
dell'Appennino Meridionale*

Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno,
Regione Abruzzo, Regione Basilicata, Regione Calabria, Regione Campania,
Regione Lazio, Regione Molise, Regione Puglia



**PIANO DI GESTIONE
DEL RISCHIO DI ALLUVIONE**

(Direttiva Comunitaria 2007/60/CE, D.Lvo., 49/2010, D.L.vo 219/2010)

Codice elaborato	04_02_01_20R
Mappa del rischio idraulico	TAV 20R
Bacino	Basento
Corso d'acqua	Basento
Scala	1:5.000

LEGENDA

RISCHIO IDRAULICO

R4 aree/elementi a rischio molto elevato	sono possibili perdite di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche
R3 aree/elementi a rischio elevato	sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguenti inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale
R2 aree/elementi a rischio medio	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
R1 aree/elementi a rischio moderato o nullo	i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli

DEFINIZIONI

Attività o impianti tecnologici potenzialmente pericolosi



Impianti ed Attività di cui al D.Lgs n.59/2005, modificato dal D.Lgs n.128 del 29/06/2010 in attuazione della Direttiva 2008/1/CE (fonte: sito -PRTR 2012) (European Pollutant Release and Transfer Register)

Industrie a Rischio di Incidente Rilevante di cui al D.Lgs 334/99 modificato dal D.Lgs 21/09/2005, n. 238 (fonte: ISPRA 2013)



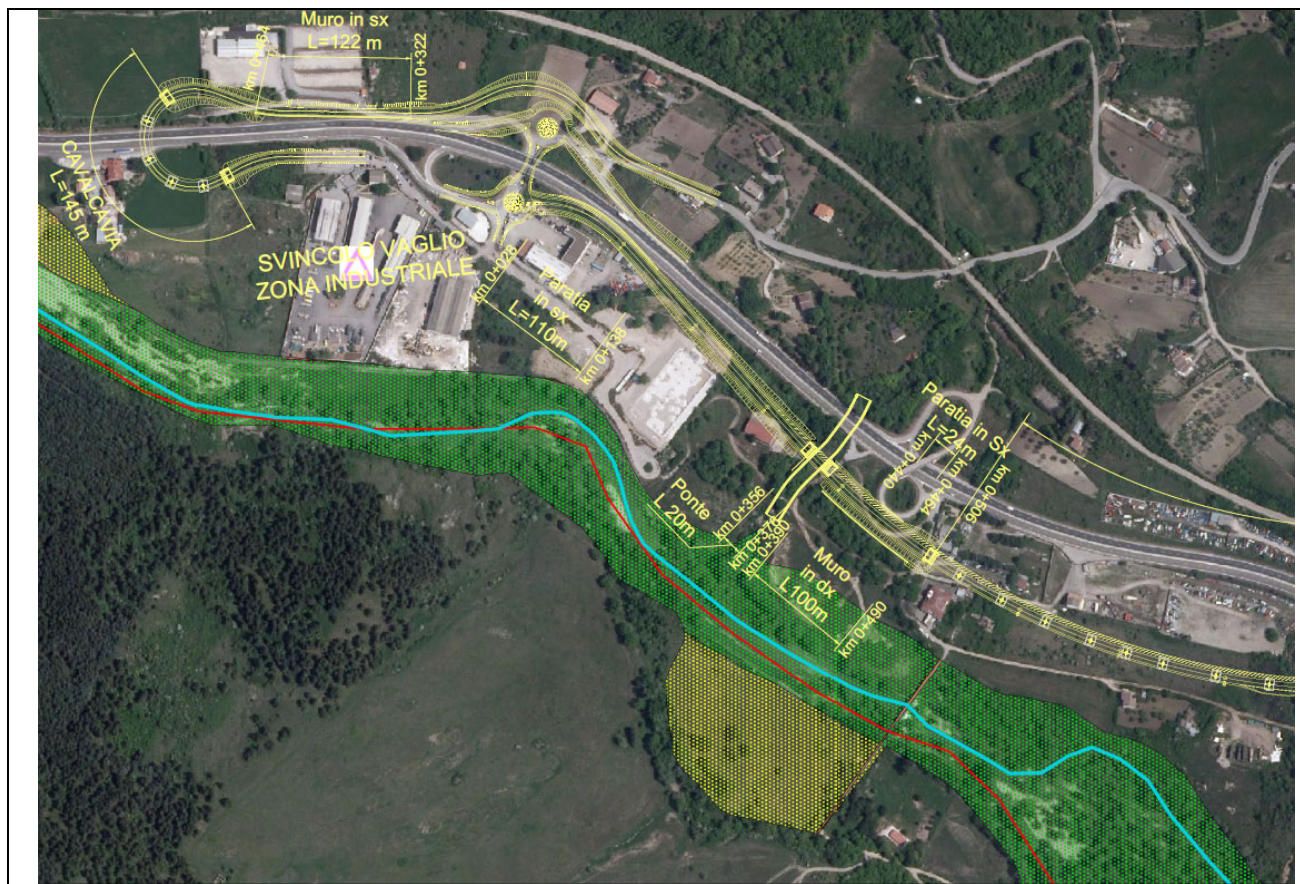
Invasi



Corpo diga e/o traversa

Figura 3.3 – P.G.R.A.-A.B. Basilicata – Estratto Mappa del rischio alluvioni – tav. 20R con sovrapp. progetto

PROGETTAZIONE ATI:



*Distretto Idrografico
dell'Appennino Meridionale*

Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno,
Regione Abruzzo, Regione Basilicata, Regione Calabria, Regione Campania,
Regione Lazio, Regione Molise, Regione Puglia

**PIANO DI GESTIONE
DEL RISCHIO DI ALLUVIONE**

(Direttiva Comunitaria 2007/60/CE, D.Lvo., 49/2010, D.L.vo 219/2010)

Codice elaborato	04_02_01_20D
Mappa del Danno Potenziale	TAV 20D
Bacino	Basento
Corso d'acqua	Basento
Scala	1:5.000

LEGENDA

CLASSE ELEMENTI ESPOSTI	MACRO CATEGORIE con assunzione Vulnerabilità=1	CLASSI DI DANNO
E4 valore esposto molto elevato	1 Area urbanizzata	D4 danno molto elevato
	2 Strutture Strategiche	
	3 Infrastrutture e Strutture di trasporto e a rete	
	4 Beni ambientali, paesaggistici, storici, culturali, archeologici, aree protette di rilevante interesse	
	5 Area intensificate da attività economiche, industriali o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi, siti e SIRE	
E3 valore esposto elevato	1 Infrastrutture di trasporto e a rete principali	D3 danno elevato
	2 Area estrattive, discariche, depuratori, inceneritori, cimiteri	
E2 valore esposto medio	1 Infrastrutture di trasporto secondarie	D2 danno medio
	2 Area agricole specializzate	
	3 Verde atteso, Parchi urbani, Attrezzature sportive all'aperto	
E1 valore esposto basso	1 Area agricole non specializzate	D1 danno basso
	2 Area naturali non protette	

Strutture strategiche	Infrastrutture strategiche
<ul style="list-style-type: none"> S Scuola O Ospedale e strutture sanitarie M Municipio e uffici comunali SS Servizi di interesse generale strutture sociali 	<ul style="list-style-type: none"> L Edificio tempo libero, musei, spettacoli, turismo C Edificio di culto Ca Caserma e carceri PA Pubblica amministrazione

Attività o impianti tecnologici potenzialmente pericolosi

- ▲ Attività o impianti tecnologici (D.Lgs n.59/2010 (canali nell'ambito del Regole E-PRTR))
- ▲ Industrie a Rischio di Incidente Rilevante (D. Lgs 334/1999 e s.m.l.)
- ▲ Siti di Interesse Nazionale (SIN)
- ▲ Centro ricerca scorie nucleari

Aree naturali protette ed aree archeologiche di rilevante interesse

- Area naturale protetta
- Area archeologica

Invasi

Corpo diga e/o traversa

Figura 3.4 – P.G.R.A.-A.B. Basilicata – Estratto Mappa del rischio alluvioni – tav. 20D con sovrapp. progetto

PROGETTAZIONE ATI:

3.2. PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Ulteriore riferimento normativo-regolamentare per il presente studio è costituito dal Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) della Regione Basilicata, ed in particolare, per quanto attiene gli aspetti idraulici, il 2° aggiornamento 2016, approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 19 luglio 2019, pubblicato su GU Serie Generale n.265 del 12-11-2019.

Con la legge della Regione Basilicata 25 gennaio 2001, n.2, viene istituita l'Autorità di Bacino della Basilicata riferita ad un ambito territoriale comprendente i bacini idrografici dei fiumi regionali Basento, Cavone ed Agri ed interregionali Bradano e Sinni-Noce.

Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico costituisce il primo stralcio tematico e funzionale redatto dall'Autorità di Bacino della Basilicata ai sensi della L.183/89 e successive modifiche e integrazioni; ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico e idrogeologico nel territorio di competenza dell'AdB della Basilicata.

Il Piano ha la funzione di eliminare, mitigare o prevenire i maggiori rischi derivanti da fenomeni calamitosi di natura geomorfologica (dissesti gravitativi dei versanti) o di natura idraulica (esondazioni dei corsi d'acqua). In particolare, esso perimetra le aree a maggior rischio idraulico e idrogeologico per l'incolumità delle persone, per i danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, per l'interruzione di funzionalità delle strutture socio-economiche e per i danni al patrimonio ambientale e culturale, nonché gli interventi prioritari da realizzare e le norme di attuazione relative alle suddette aree.

Esso è suddiviso in: Piano Stralcio delle Aree di Versante, riguardante il rischio da frana, e Piano Stralcio per le Fasce Fluviali, riguardante il rischio idraulico.

Il Piano ha, inoltre, l'obiettivo di promuovere gli interventi di manutenzione del suolo e delle opere di difesa, quali elementi essenziali per assicurare il progressivo miglioramento delle condizioni di sicurezza e della qualità ambientale del territorio, nonché di promuovere le azioni e gli interventi necessari a favorire:

- le migliori condizioni idrauliche e ambientali del reticolo idrografico, eliminando gli ostacoli al deflusso delle piene in alveo e nelle aree golenali;
- le buone condizioni idrogeologiche e ambientali dei versanti;
- la piena funzionalità delle opere di difesa essenziali alla sicurezza idraulica e idrogeologica.

Esso privilegia gli interventi di riqualificazione e rinaturalizzazione che favoriscano:

- la riattivazione e l'avvio di processi evolutivi naturali e il ripristino degli ambienti umidi;
- il ripristino e l'ampliamento delle aree a vegetazione spontanea, allo scopo di ristabilire, ove possibile, gli equilibri ambientali e idrogeologici, gli habitat preesistenti e di nuova formazione;
- il recupero dei territori perifluviali ad uso naturalistico e ricreativo.

Per quanto attiene gli aspetti prettamente idraulici, le finalità del Piano sono:

- a) la individuazione degli alvei, delle aree golenali, delle fasce di territorio inondabili per piene con tempi di ritorno fino a 30 anni, per piene con tempi di ritorno fino a 200 anni e per piene con tempi di ritorno fino a 500 anni, dei corsi d'acqua compresi nel territorio dell'AdB della Basilicata: fiume Bradano, fiume Basento, fiume Cavone, fiume Agri, fiume Sinni, fiume Noce; il PAI definisce prioritariamente la pianificazione delle fasce fluviali del reticolo idrografico principale e una volta conclusa tale attività, la estende ai restanti corsi d'acqua di propria competenza;
- b) la definizione, per le dette aree e per i restanti tratti della rete idrografica, di una strategia di gestione finalizzata a superare gli squilibri in atto conseguenti a fenomeni naturali o antropici, a salvaguardare le dinamiche idrauliche naturali, con particolare riferimento alle esondazioni e alla evoluzione morfologica degli alvei, a salvaguardare la qualità ambientale dei corsi d'acqua attraverso la tutela dell'inquinamento dei corpi idrici e dei depositi

PROGETTAZIONE ATI:

- alluvionali permeabili a essi direttamente connessi, a favorire il mantenimento e/o il ripristino, ove possibile, dei caratteri di naturalità del reticolo idrografico;
- c) la definizione di una politica di minimizzazione del rischio idraulico attraverso la formulazione di indirizzi relativi alle scelte insediative e la predisposizione di un programma di azioni specifiche, definito nei tipi di intervento e nelle priorità di attuazione, per prevenire, risolvere o mitigare le situazioni a rischio.

Tra gli atti del *Piano* di rilevante interesse per la finalità del presente studio, pare significativo ricordare le "Norme tecniche di attuazione – aggiornamento 2015" ed in particolare gli art. 4 quater e l'art.10 che vengono di seguito riportati.

ART. 4 quater "Progetti di opere e/o interventi che interessano aree non ancora oggetto di studio da parte dell'AdB"

(omissis)

2. I progetti di opere e/o interventi che interessano corsi d'acqua e/o aree limitrofe, non ancora oggetto di studio da parte dell'AdB, dovranno comprendere, obbligatoriamente, uno studio idrologico e idraulico che consideri una portata di piena avente periodo di ritorno pari a 200 anni. Il livello di approfondimento e dettaglio degli studi dovrà essere adeguato alle condizioni di pericolosità e di rischio idraulico esistenti sull'area ed alla tipologia ed importanza delle opere da realizzare.

(omissis)

ART. 10 "Realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti le fasce fluviali"

1. E' consentita, previo parere dell'AdB, la realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale di cui agli articoli 6 e 7 riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non concorrano ad incrementare il carico insediativo, non aggravino la funzionalità idraulica dell'area, non determinino impatti significativi sull'evoluzione morfologica del corso d'acqua né sulle caratteristiche di particolare rilevanza ambientale dell'ecosistema fluviale.

2. La realizzazione di infrastrutture o impianti lineari o a rete quali ad esempio quelli idrici, fognari, del gas, elettrici, tecnologici, nel caso in cui sia prevista all'interno dell'area di sedime di strade pubbliche o private, è consentita previa trasmissione all'Autorità di Bacino e agli Uffici regionali chiamati a rilasciare pareri/autorizzazioni di competenza, di uno studio idrologico idraulico, asseverato dal progettista, che attesti che l'intervento sia nella fase di cantiere sia nella fase di esercizio non determina in alcun modo incrementi delle condizioni di pericolosità idrogeologica né può determinare alcun pregiudizio alla realizzazione di interventi di rimozione e/o riduzione delle condizioni di pericolosità preesistenti.

Il Gestore dell'infrastruttura da realizzare, ove già univocamente individuato o, in sua assenza, il Titolare dell'iniziativa, dovrà inoltre dichiarare di essere consapevole delle condizioni di pericolosità esistenti sull'area precisando di rinunciare a qualsiasi richiesta di risarcimento per danni all'opera da realizzare derivanti da dette condizioni. L'impegno alla rinuncia a qualsiasi richiesta di risarcimento, se la dichiarazione è rilasciata da Soggetto diverso dal Gestore, dovrà essere trasferito a quest'ultimo all'atto dell'affidamento della gestione.

Il Gestore delle opere è tenuto al monitoraggio ed alla realizzazione degli interventi necessari a garantire il buon stato di conservazione dell'opera realizzata.

2.1. Con esclusivo riferimento alle condotte fognarie, tutto quanto previsto dal comma 2 resta valido anche nel caso in cui per motivi oggettivi, da illustrare nello studio idrologico idraulico allegato al progetto, legati alla pendenza della strada, il tracciato dell'infrastruttura si discosti, per tratti di modesta entità, dall'area di sedime di strade pubbliche o private.

3. In tutti i casi diversi da quanto previsto al comma 2, la realizzazione di opere di interesse pubblico di cui al comma 1 è subordinata all'acquisizione dei pareri, preliminare e definitivo, espressi dall'AdB per la verifica di compatibilità con le finalità del Piano Stralcio.

4. Per il rilascio del parere preliminare è necessario presentare all'AdB la documentazione progettuale contenente tutti gli elementi utili per consentire una accurata istruttoria.

La documentazione dovrà dimostrare:

- che la realizzazione delle opere è legata ad una effettiva esigenza di pubblico interesse;
- che le opere non sono altrimenti localizzabili, con particolare riguardo alle interferenze con gli alvei fluviali e con le fasce di pertinenza fluviale con probabilità di inondazione con tempi di ritorno fino a 30 anni ;
- che l'intervento proposto è tale da non aggravare la funzionalità idraulica dell'area ma che, al contrario, concorre, con opportuni interventi, al miglioramento della stessa;
- che l'intervento proposto non determina e/o causa impatti significativi sull'evoluzione morfologica del corso d'acqua né sulle caratteristiche di particolare rilevanza ambientale dell'ecosistema fluviale;
- che l'intervento proposto non costituisce in nessun caso un fattore di aumento del rischio idraulico, localmente e negli ambiti territoriali limitrofi, né determina limitazioni al normale libero deflusso delle acque.

4. Qualora la documentazione presentata sia ritenuta esaustiva, entro 30 giorni dalla data di presentazione dell'istanza, l'AdB esprime il proprio parere preliminare sull'intervento proposto.

5. In caso di parere preliminare positivo è possibile dare corso alle altre fasi della progettazione.

6. Per il rilascio del parere definitivo è necessario presentare all'AdB gli elaborati di livello definitivo di interesse per le valutazioni di compatibilità con il PAI, comprendenti un adeguato studio idrologico e idraulico comprovante che le opere proposte non aggravano le condizioni di rischio idraulico presenti sull'area. Laddove necessario la documentazione progettuale dovrà comprendere elaborati relativi agli interventi di difesa delle opere da realizzare ed evidenziare la compatibilità degli stessi.

Il parere definitivo è rilasciato secondo le modalità riportate al successivo art.26, entro 60 giorni dalla data di presentazione degli elaborati di livello definitivo o dalla data di presentazione di eventuali integrazioni.

Come evidente dalle immagini sotto riportate, l'intervento in progetto non interessa aree a rischio idraulico, come individuate dal PAI.

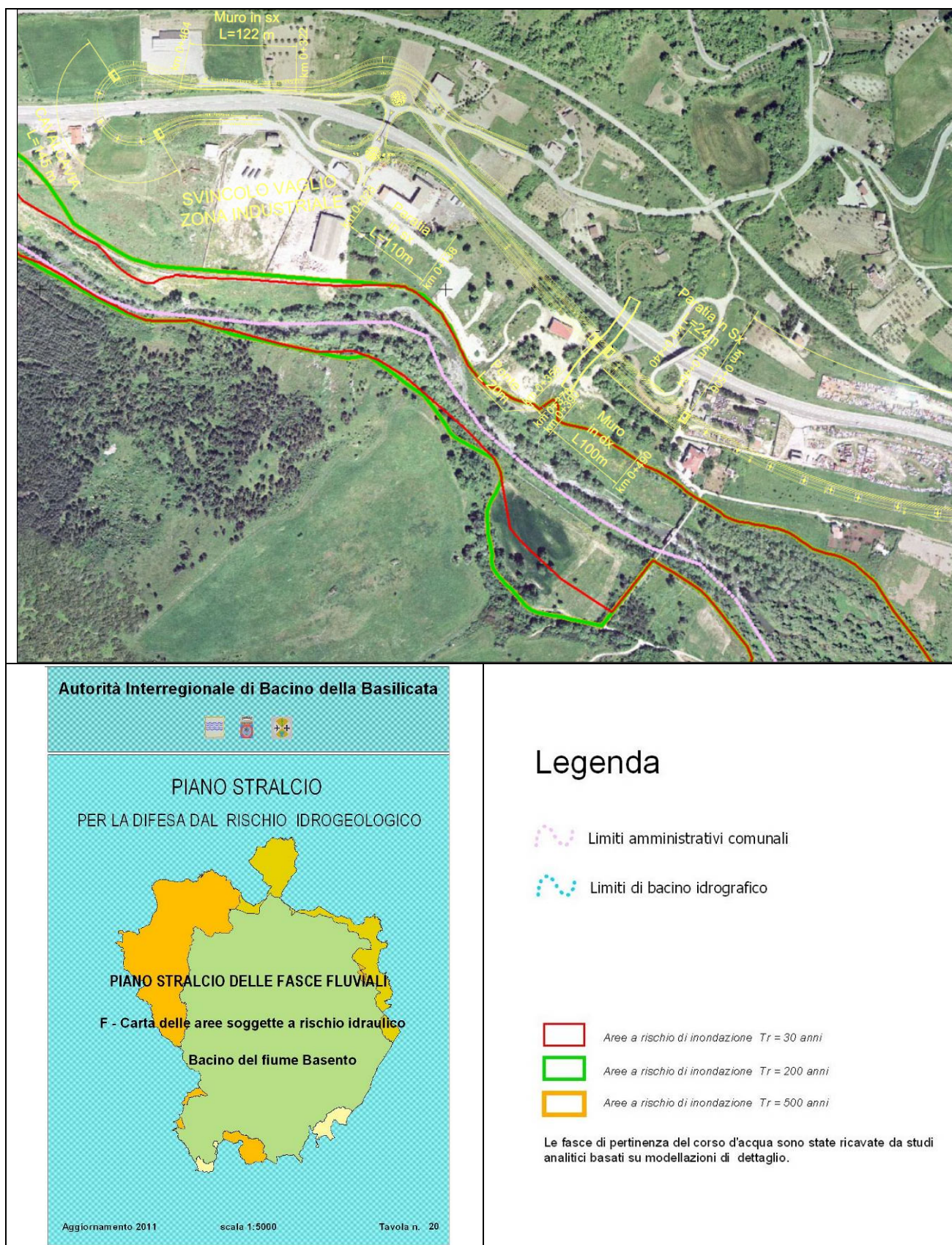


Figura 3.5 – P.A.I. Basilicata – Piano Stralcio Fasce Fluviali – Estratto tav. 20 con sovrapposizione progetto

PROGETTAZIONE ATI:

3.3. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO PER LA DEFINIZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI E DEGLI INTERVENTI DI CARATTERE IDRAULICO

La progettazione degli attraversamenti e la definizione degli interventi di carattere idraulico è effettuata sulla base di quanto disposto dalle normative vigenti in materia, le quali vengono di seguito elencate:

- Regio Decreto 25 luglio 1904, n°523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie"
- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" (G.U. n.8 del 20/02/2018) - comma 5.1.2.3 "Compatibilità idraulica"
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (G.U. n.5 del 21/01/2019) - – cap. 5.1. Ponti stradali – Comma 5.1.2.3 "Compatibilità idraulica"

Per la progettazione dei ponti, la normativa prescrive che:

- Portata di progetto: *Deve in ogni caso essere definita una piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno T_r pari a 200 anni ($T_r=200$) (D.M. 17/01/2018 - comma 5.1.2.3)*
- Posizionamento pile e spalle: *Il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati la sezione del corso d'acqua interessata dalla piena di progetto e, se arginata, i corpi arginali. Qualora fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce netta minima tra pile contigue, o fra pila e spalla del ponte, non deve essere inferiore a 40 m misurati ortogonalmente al filone principale della corrente. (D.M. 17/01/2018 - comma 5.1.2.3)*
- Franco idraulico: *Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50 m, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture e il fondo alveo. Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m. (D.M. 17/01/2018 - comma 5.1.2.3)*
- Quota sottotrave: *Quando, per caratteristiche del territorio e del corso d'acqua, si possa verificare nella sezione oggetto dell'attraversamento il transito di tronchi di rilevanti dimensioni, in aggiunta alla prescrizione di un franco normale minimo di 1,50 m, è da raccomandare che il dislivello tra fondo e sottotrave sia indicativamente non inferiore a 6÷7 m. Nel caso di corsi di acqua arginati, la quota di sottotrave sarà comunque non inferiore alla quota della sommità arginale per l'intera luce. Per tutti gli attraversamenti è opportuno sia garantito il transito dei mezzi di manutenzione delle sponde e/o delle arginature. (Circolare 21 gennaio 2019 - comma 5.1.2.3)*

La Circolare 21/01/2019 introduce specifiche indicazioni per la progettazione dei tombini.

"Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s. L'evento da assumere a base del progetto di un tombino ha comunque tempo di ritorno uguale a quello da assumere per i ponti."

PROGETTAZIONE ATI:

La scelta dei materiali deve garantire la resistenza anche ai fenomeni di abrasione e urto causati dai materiali trasportati dalla corrente. Oltre a quanto previsto per gli attraversamenti dalla Norma, nella Relazione idraulica è opportuno siano considerati anche i seguenti aspetti:

- *è da sconsigliare il frazionamento della portata fra più canne, tranne nei casi in cui questo sia fatto per facilitare le procedure di manutenzione, predisponendo allo scopo luci panconabili all'imbocco e allo sbocco e accessi per i mezzi d'opera;*
- *sono da evitare andamenti planimetrici non rettilinei e disallineamenti altimetrici del fondo rispetto alla pendenza naturale del corso d'acqua.*
- *per sezioni di area maggiore a 1,5 m² è da garantire la praticabilità del manufatto;*
- *il tombino può funzionare sia in pressione che a superficie libera, evitando in ogni caso il funzionamento intermittente fra i due regimi: nel caso in una o più sezioni il funzionamento sia in pressione, la massima velocità che si realizza all'interno dello stesso tombino non dovrà superare 1,5 m/s;*
- *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 d'acqua a valle del tombino;*
- *la tenuta idraulica deve essere garantita per ciascuna sezione dell'intero manufatto per un carico pari al maggiore tra: 0,5 bar rispetto all'estradosso o 1,5 volte la massima pressione d'esercizio;*
- *il massimo rigurgito previsto a monte del tombino deve garantire il rispetto del franco idraulico nel tratto del corso 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. È in ogni caso da garantire l'accesso in alveo ai mezzi necessari per le operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria da svolgere dopo gli eventi di piena;*
- *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.*

Nel caso il tombino sia opera provvisoria, ovvero a servizio di un cantiere, le precedenti disposizioni possono essere assunte come elementi di riferimento, tenendo opportunamente conto del tempo di utilizzo previsto per l'opera provvisoria stessa.

4. ANALISI PLUVIOMETRICA

4.1. PREMESSA

La definizione delle curve di possibilità pluviometrica caratteristiche del territorio in esame è stata condotta confrontando i valori di precipitazione ottenuti applicando differenti metodi di calcolo:

- regolarizzazione statistica mediante distribuzione di probabilità di Gumbel della serie storica dei dati di pioggia registrati dalle stazioni pluviometriche presenti nell'area di interesse;
- metodo di regionalizzazione sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito del progetto VA.PI. sulla Valutazione delle Piene in Italia.

Per entrambi i metodi adottati, sono state definite relazioni monomie a due parametri del tipo:

$$h = at^n$$

con h = altezza di precipitazione;
t = durata;
a, n = parametri caratteristici della curva, con n variabile per durate inferiori o non inferiori ad 1 ora.

4.2. ELABORAZIONE STATISTICO-PROBABILISTICA DEI DATI DI PIOGGIA

4.2.1. DATI PLUVIOMETRICI DISPONIBILI

I dati di pioggia utili all'analisi statistica sono desunti dagli Annali Idrologici, pubblicati, fino al 1999, dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Catanzaro ed, a partire dal 2000, dalla Regione Basilicata – Ufficio Protezione Civile – Centro Funzionale Decentrato.

Le stazioni pluviometriche presenti nell'area di interesse sono riportate nella tabella seguente, con il relativo numero di anni di osservazioni disponibili per le durate di pioggia di interesse (<1 ora, 1, 3, 6, 12, 24 ore).

Località	N	E	Altitudine	Periodo osservazioni dati di pioggia orari	Anni osservazioni piogge orarie
Potenza	40°38'13"	15°48'6"	829	1928-2011	59
Potenza Q.A.	40°37'35"	15°47'49"	659	2006-2014	4
Vaglio Basilicata	40°40'10"	15°54'55"	991		0
Tolve	40°42'00"	16°02'24"	568	1939-1987	39
Oppido Lucano	40°45'50"	15°59'8"	761	2006-2014	6

Tabella 4.1: Elenco stazioni pluviometriche

Come evidente dalla tabella, le uniche stazioni dotate di un set di dati statisticamente significativo sono quelle di Potenza e Tolve, anche se per quest'ultima le osservazioni terminano nel 1987.

PROGETTAZIONE ATI:

4.2.2. METODOLOGIA DI CALCOLO

Come detto in premessa è stata condotta una regolarizzazione statistica delle serie storiche dei dati di pioggia registrati dalle stazioni di Potenza e Tolve. Sono state definite curve di possibilità pluviometrica a mezzo di equazione del tipo

$$h = a \cdot t^n$$

con n variabile a seconda che la durata t considerata sia maggiore o minore di 1 ora.

Il metodo utilizzato per la regolarizzazione statistica dei dati raccolti può essere riassunto nei seguenti passi:

- ordinamento delle altezze di pioggia, corrispondenti a ciascuna durata, in senso decrescente;
- regolarizzazione delle curve così ottenute mediante il metodo dei minimi quadrati, assumendo una relazione tra altezza di pioggia h e durata della precipitazione t del tipo

$$h = a t^n$$

In base a tale assunzione, la funzione da minimizzare Ψ è data da

$$\Psi = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (\log h_{ij} - \log a_i - n \log t_j)^2 = \min$$

dove i e j identificano le grandezze relative al singolo caso critico ($i = 1, \dots, N$) ed alla generica durata ($j = 1, \dots, M$).

Dalla risoluzione di questo problema di minimo si ottiene l'espressione necessaria alla definizione del parametro n e dei corrispondenti parametri a_i .

$$n = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (\log t_j - \log \tau) \log h_{ij}}{N \sum_{j=1}^M (\log t_j - \log \tau)^2}$$

dove $\log \tau$ è il valor medio delle grandezze $\log t_j$

$$\log a_i = \log H_i - n \log \tau$$

dove $\log H_i$ è il valor medio delle grandezze $\log h_{ij}$, relative all'ordine i .

- definizione del parametro "a" in corrispondenza di diversi tempi di ritorno T_r (10, 25, 30, 50, 100, 200, 500 anni) adottando la distribuzione di probabilità di Gumbel

$$P(a) = e^{-e^{-\alpha(a-\beta)}}$$

dove i parametri della distribuzione sono valutati mediante il metodo dei momenti

$$\alpha = 1.2825 / S$$

$$\beta = m - 0.45006 S$$

con S = scarto quadratico medio dei valori a_i

m = media dei valori a_i

- verifica dell'adattamento del campione alla distribuzione di probabilità di Gumbel tramite test di Kolmogorov – Smirnov.

In base a tale test, per verificare l'adattamento del campione ad una certa distribuzione di probabilità è necessario che sussista la seguente disuguaglianza:

$$D = \max_{i=1}^N |P(a_i) - F_{ns}(a_i)| \leq D_\alpha$$

dove $P(a_i)$ rappresentano le probabilità cumulate secondo la distribuzione considerata;
 $F_{ns}(a_i)$ sono le frequenze empiriche di non superamento calcolate utilizzando la formula di Blom

$$F_{ns}(a_i) = \frac{i - 0.375}{N + 0.25}$$

con i ordine dei valori a_i ed N numerosità del campione;
 D_α statistica dipendente dal livello di significatività α del test e dalla numerosità N del campione; per $N > 35$ e $\alpha = 0.05$ sussiste la seguente relazione

$$D_\alpha = \frac{1.36}{\sqrt{N}}$$

e) definizione delle curve di possibilità pluviometrica per durate inferiori ad 1 ora – stima del parametro n' ;

Entrambe le stazioni pluviometriche analizzate dispongono di un set di dati significativo anche relativamente ad altezze di pioggia di durata inferiore ad 1 ora.

Sono stati calcolati, pertanto, i valori medi dei rapporti dei valori delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata rispetto al valore della massima altezza oraria dell'anno.

Essendo

$$h_d = a d^{n'} = h_1 d^{n'}$$

$$r_d = h_d/h_1 = d^{n'}$$

$$\log(r_d) = n' \log d$$

i logaritmi dei rapporti così calcolati sono stati interpolati con il metodo dei minimi quadrati, imponendo il passaggio della curva per il valore di 0, corrispondente all'altezza di pioggia orario precedentemente definito, in modo da evitare punti di discontinuità.

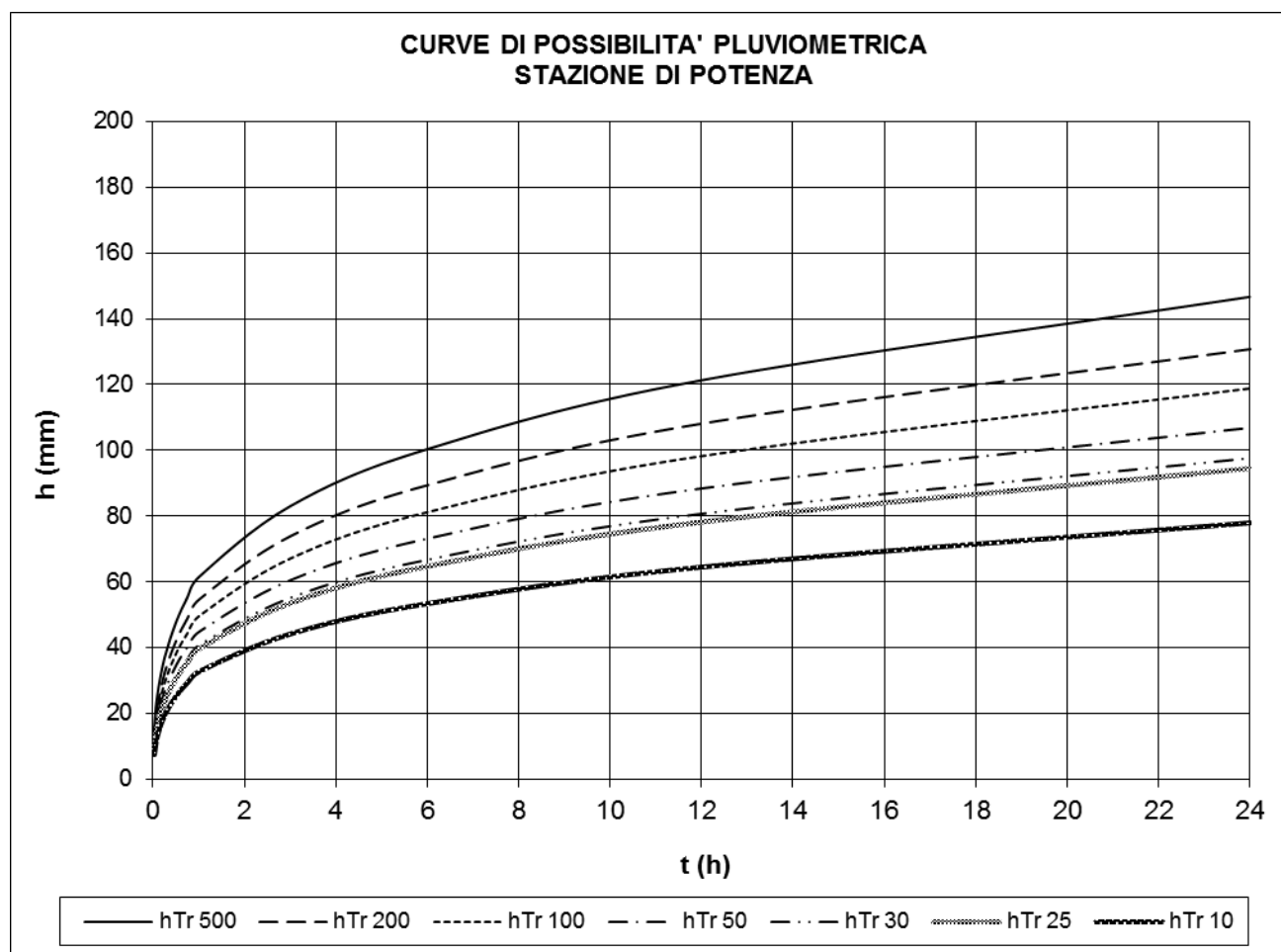
4.2.3. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni, sia in forma tabellare che in forma grafica, rimandando all'Allegato 1 per i dettagli delle stesse.

Stazione di Potenza

Tr	10	25	30	50	100	200	500
a	32,72	39,59	40,93	44,68	49,74	54,78	61,43
n	0,274	0,274	0,274	0,274	0,274	0,274	0,274
n'	0,368	0,368	0,368	0,368	0,368	0,368	0,368

d	h _{Tr 10}	h _{Tr 25}	h _{Tr 30}	h _{Tr 50}	h _{Tr 100}	h _{Tr 200}	h _{Tr 500}
0,02	7,25	8,78	9,08	9,91	11,03	12,15	13,62
0,08	13,11	15,87	16,41	17,91	19,94	21,96	24,62
0,25	19,65	23,77	24,58	26,83	29,87	32,89	36,89
0,50	25,35	30,68	31,72	34,62	38,54	42,45	47,60
0,75	29,43	35,61	36,82	40,19	44,74	49,28	55,26
1,00	32,72	39,59	40,93	44,68	49,74	54,78	61,43
3,00	44,20	53,48	55,30	60,37	67,20	74,01	82,99
6,00	53,45	64,66	66,86	72,99	81,25	89,48	100,34
12,00	64,62	78,18	80,84	88,25	98,23	108,19	121,31
24,00	78,13	94,53	97,74	106,69	118,77	130,80	146,68

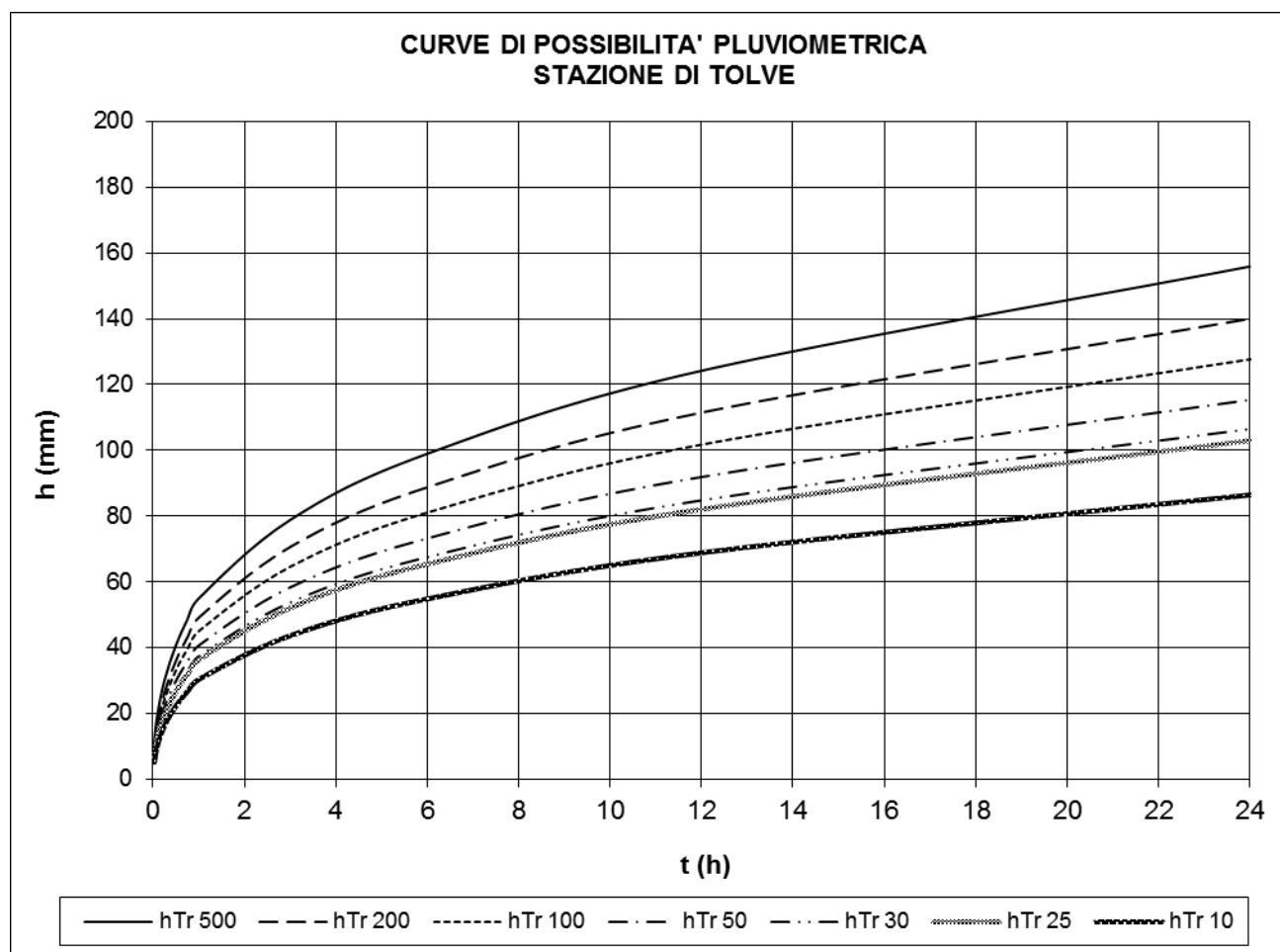


PROGETTAZIONE ATI:

Stazione di Tolve

Tr	10	25	30	50	100	200	500
a	30,51	36,37	37,51	40,71	45,02	49,31	54,98
n	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328
n'	0,434	0,434	0,434	0,434	0,434	0,434	0,434

d	h _{Tr 10}	h _{Tr 25}	h _{Tr 30}	h _{Tr 50}	h _{Tr 100}	h _{Tr 200}	h _{Tr 500}
0,02	5,15	6,14	6,34	6,87	7,60	8,33	9,28
0,08	10,37	12,36	12,75	13,83	15,30	16,76	18,68
0,25	16,71	19,91	20,54	22,29	24,65	27,00	30,11
0,50	22,58	26,91	27,76	30,12	33,31	36,49	40,68
0,75	26,93	32,09	33,11	35,93	39,73	43,52	48,52
1,00	30,51	36,37	37,51	40,71	45,02	49,31	54,98
3,00	43,75	52,14	53,79	58,37	64,55	70,70	78,83
6,00	54,92	65,45	67,52	73,27	81,02	88,75	98,95
12,00	68,94	82,16	84,75	91,97	101,71	111,41	124,21
24,00	86,54	103,13	106,39	115,45	127,67	139,85	155,91



PROGETTAZIONE ATI:

4.3. PROCEDURA VA.PI.

4.3.1. METODOLOGIA DI CALCOLO – GENERALE

Il progetto VA.PI. sulla Valutazione delle Piene in Italia, sviluppato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche ha come obiettivo quello di predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la stima sia delle precipitazioni che delle portate di piena.

In base alla procedura VA.PI., il "processo" dei massimi annuali delle piogge giornaliere (valore cumulato di precipitazione tra le ore 9 am del giorno di registrazione e la stessa ora del giorno precedente) e delle piogge di breve durata e forte intensità è schematizzato con il modello probabilistico TCEV (Two-Component Extreme Value). Tale modello ipotizza che i massimi annuali provengano da una miscela di due popolazioni di eventi: una per così dire "ordinaria" (in seguito indicata con il pedice b) e l'altra "straordinaria", rappresentata dai valori campionari più elevati (in seguito indicata col pedice s). Questa ipotesi si basa sul fatto che nelle serie storiche dei massimi annuali delle piogge esistono valori nettamente superiori agli altri (outliers), tali da non sembrare appartenenti alla stessa popolazione dei rimanenti dati.

La TCEV si rappresenta con una funzione di probabilità cumulata del tipo:

$$P(h_d) = e^{-e^{-\alpha_{b,d}(h_d - \varepsilon_{b,d})} - e^{-\alpha_{s,d}(h_d - \varepsilon_{s,d})}}$$

equivalendo formalmente al prodotto di due funzioni di distribuzione cumulata di Gumbel.

La funzione di probabilità cumulata è esprimibile in un'altra forma effettuando la seguente trasformazione di variabili:

$$\alpha_{b,d} = \frac{1}{\Theta_{b,d}} \quad \alpha_{s,d} = \frac{1}{\Theta_{s,d}} \quad \varepsilon_{b,d} = \Theta_{b,d} \ln \Lambda_b \quad \varepsilon_{s,d} = \Theta_{s,d} \ln \Lambda_s$$

e:

$$\Theta^* = \frac{\Theta_{s,d}}{\Theta_{b,d}} \quad \Lambda^* = \frac{\Lambda_s}{\Lambda_b^{1/\Theta^*}}$$

In questo caso, in modo del tutto equivalente, l'espressione precedente si scrive:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_b e^{-\left(\frac{h_d}{\Theta_{b,d}}\right)} - \Lambda^* \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left(\frac{h_d}{\Theta^* \Theta_{b,d}}\right)}}$$

e i quattro parametri che caratterizzano il modello diventano $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$.

Si può dimostrare che:

- il coefficiente di asimmetria $\xi(h_d)$ dipende soltanto dai parametri $\Theta^* e \Lambda^*$;
- il coefficiente di variazione $\gamma(h_d)$ dipende dai parametri $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*$;
- la media dipende da tutti e quattro i parametri $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$:

$$\mu_{h_d} = \left[\ln \Lambda_b + 0.5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j \Lambda^{*j}}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\Theta^*}\right) \right] \cdot \Theta_{b,d} = \beta \cdot \Theta_{b,d}$$

PROGETTAZIONE ATI:

Grazie a tale formulazione della media, la distribuzione di probabilità può essere espressa come segue:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_b e^{-\beta \left(\frac{h_d}{\mu_{h_d}} \right)}} e^{-\Lambda^* \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left(\frac{\beta}{\Theta^*} \frac{h_d}{\mu_{h_d}} \right)}}$$

Introducendo il coefficiente di crescita:

$$K = \frac{h_d}{\mu_{h_d}}$$

si ottiene

$$P(K) = e^{-\Lambda_b e^{-\beta K}} e^{-\Lambda^* \Lambda_b^{1/\Theta^*} e^{-\left(\frac{\beta}{\Theta^*} K \right)}}$$

che in forma implicita fornisce la curva di crescita $K(T)$ della variabile h_d , dove T è il tempo di ritorno di h_d :

$$T = \frac{1}{1 - P(K)}$$

Da quanto detto precedentemente, i parametri della TCEV sono quattro ($\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*, \Theta_{b,d}$) per cui è elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche in genere disponibili la cui dimensione campionaria è spesso limitata.

Per ridurre l'incertezza si utilizzano tecniche di analisi regionale che consentono di stimare almeno alcuni dei parametri sulla base di tutte le serie storiche ricadenti all'interno di vaste aree indicate come zone e sottozone omogenee.

La procedura VA.PI. considera tre livelli di regionalizzazione, individuando:

- al 1° livello, regioni omogenee rispetto ai due parametri di forma Λ^*, Θ^* , da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di asimmetria $\xi(h_d)$;
- al 2° livello, zone omogenee anche rispetto al parametro di scala Λ_b (e quindi a β e a $K(T)$), da cui deriva l'omogeneità rispetto al coefficiente di variazione $\gamma(h_d)$;
- al 3° livello, sottozone omogenee rispetto alla dipendenza del parametro $\Theta_{b,d}$, e quindi della media μ_{h_d} , da alcune grandezze geografiche locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti).

Per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica si procede, dunque, attraverso i seguenti passi:

- a. calcolo del coefficiente di crescita K per un fissato tempo di ritorno T; i rapporti VA.PI. forniscono sia i parametri $\Lambda^*, \Lambda_b, \Theta^*$, che permettono la definizione implicita della curva di crescita $K(T)$, sia delle relazioni approssimate per la sua valutazione diretta;
- b. calcolo della precipitazione indice μ_{h_d} , per diverse durate d, attraverso relazioni o mappe isoparametriche fornite dai rapporti VA.PI.;

- c. calcolo delle altezze di pioggia h_d per il fissato tempo di ritorno T e per le diverse durate d, moltiplicando il fattore di crescita K(T) per la precipitazione indice μ_{h_d} ;
- d. definizione della curva di possibilità pluviometrica interpolando, con il metodo dei minimi quadrati, le altezze di pioggia precedentemente determinate.

4.3.2. METODOLOGIA DI CALCOLO – RAPPORTO DI SINTESI REGIONE BASILICATA

4.3.2.1. Dati utilizzati

I dati pluviometrici analizzati sono desunti dalle pubblicazioni del Servizio Idrografico Italiano relative ai Compartimenti di Catanzaro, Bari e Napoli. L'archivio dei dati pluviografici è aggiornato al 1987. Per alcune stazioni è stato tuttavia possibile, grazie alla collaborazione fra il SIMN di Catanzaro ed il C.N.R.- I.R.P.I. di Rende (CS), utilizzare i dati, non ancora pubblicati, aggiornati al 1992. I dati utilizzati sono relativi a 55 stazioni pluviografiche con almeno 15 anni di funzionamento. Alcune stazioni sono situate all'esterno dei limiti di bacino allo scopo di migliorare le stime dei parametri areali relativi ai bacini idrografici.

4.3.2.2. Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno

Le ipotesi di regionalizzazione sono state poste contestualmente rispetto al primo ed al secondo livello. Le alternative valutate sono state:

- una in cui si considera l'intera Basilicata come unica zona omogenea al primo ed al secondo livello
- una seconda che individua una sottozona Nord composta da 70 stazioni e ed una sottozona Sud-Ovest comprendente le rimanenti 8, con zona ancora unica al primo livello. Tale soluzione viene suggerita dalla particolare collocazione geografica delle 8 stazioni, a ridosso del massiccio del Pollino, che individuano la sottozona Sud-Ovest.

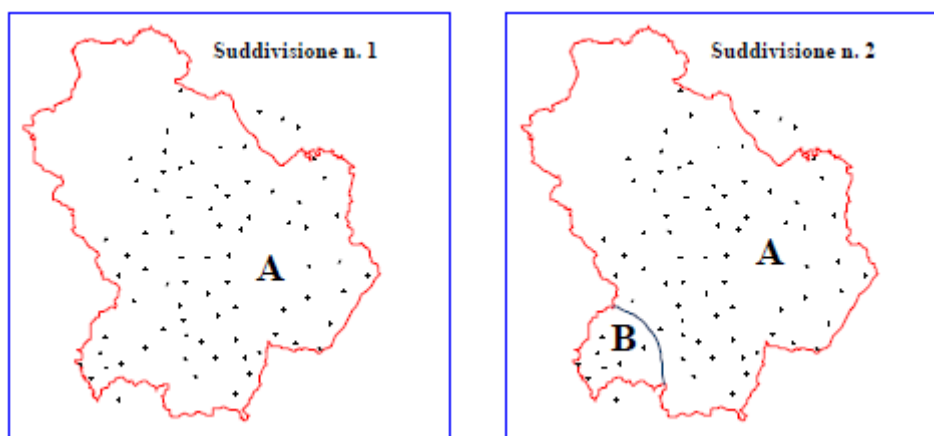


Figura 4.1 – Ipotesi di suddivisione della Basilicata in sottozone pluviometriche omogenee

Il confronto tra i risultati ottenuti per le suddivisioni in una o due regioni si presenta a favore di quest'ultima ipotesi, con la suddivisione in due sottozone Nord e Sud-Ovest. Quest'ultima risulta anche omogenea rispetto alla sottozona di secondo livello indicata come tirrenica nel rapporto VAPI Calabria. In definitiva, risulta che i parametri regionali stimati al primo ed al secondo livello sono quelli riportati nella tabella seguente.

PROGETTAZIONE ATI:

Sottozona	Λ^*	θ^*	Λ_1	η
A	0.104	2.632	20.64	3.841
B	0.104	2.632	55.23	4.825

Tabella 4.2: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Basilicata

L'area di interesse nel presente studio ricade all'interno della SZO A.

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della SZO pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T :

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda \cdot \Lambda_1^{1/\theta^*} e^{-\eta k/\theta^*})}$$

T	10	20	25	30	50	100	200	500
K_T SZO A	1,49	1,74	1,83	1,91	2,14	2,49	2,91	3,50

Tabella 4.3: valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le piogge in Basilicata, per alcuni valori del periodo di ritorno T

4.3.2.3. Stima del valor medio - Leggi di probabilità pluviometriche

Obiettivo del terzo livello di regionalizzazione dei massimi annuali delle piogge brevi è la definizione di relazioni utili alla valutazione del valor medio della distribuzione del massimo annuale della grandezza di interesse in un generico sito, o come valore caratteristico di un'area.

L'individuazione delle aree omogenee al terzo livello avviene solitamente con riferimento alle medie $m(hg)$ delle piogge giornaliere, per ragioni legate alla maggiore disponibilità di stazioni e dati/stazione. Tuttavia, per la regione in indagine, precedenti analisi sulla variabilità spaziale di $m(hg)$ [Dell'Aera, 1991; Gabriele e Iiritano, 1994] non hanno consentito di individuare aree nelle quali fossero evidenti legami quali quelli sopra accennati.

In assenza delle indicazioni su eventuali aree omogenee al III livello, l'analisi delle medie delle piogge brevi è consistita nell'identificazione delle isoiete di $m[h(d)]$, per le diverse durate, utilizzando un metodo geostatistico, il kriging. Tale metodo, a differenza di altri, consente di interpolare tenendo conto della relazione fra la varianza campionaria e la varianza spaziale dei dati, secondo un approccio di tipo stocastico.

Utilizzando tale tecnica, conoscendo i dati relativi alle 55 stazioni pluviografiche considerate nella regione in esame, sono stati calcolati i valori della stima di $m[h(d)]$ in corrispondenza dei nodi di una griglia regolare. Tramite questi valori si sono tracciate le isolinee di $m[h(d)]$, per le durate $d = 1, 3, 6, 12$ e 24 ore.

Per una pratica utilizzazione dei risultati dell'analisi precedente, la ricostruzione della legge intensità-durata nella regione viene effettuata in base alla relazione:

$$m[h(d)] = a' d^n$$

Si sono interpolati i valori osservati nelle stazioni di misura attraverso il kriging, ottenendo delle isolinee per i due parametri a' ed n .



Figura 4.2 – Iso linee del coefficiente a' della curva di probabilità pluviometrica

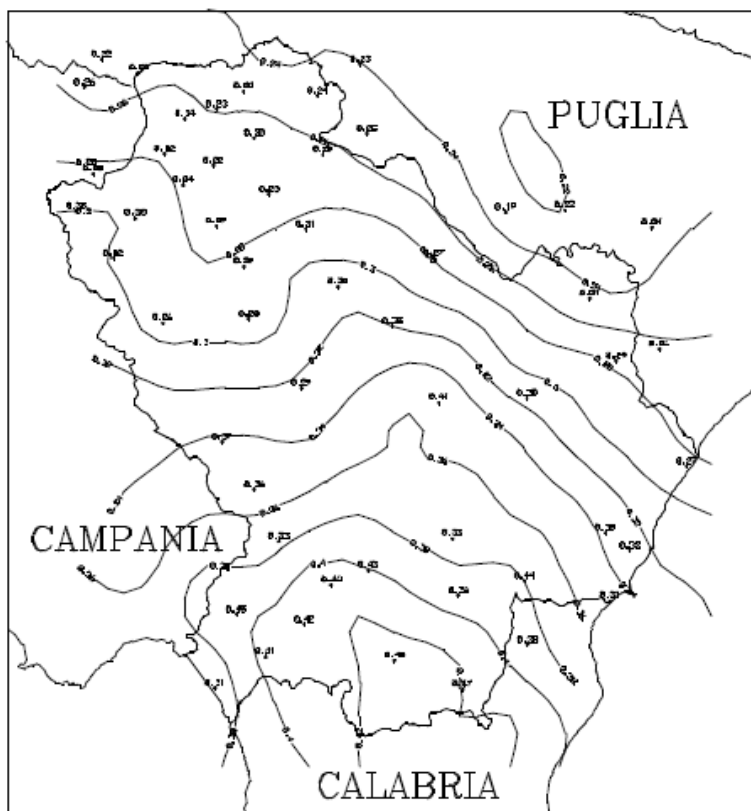


Figura 4.3 – Iso linee dell'esponente n della curva di probabilità pluviometrica

PROGETTAZIONE ATI:

Poiché non si sono individuate aree omogenee rispetto alle leggi di probabilità pluviometriche, la loro determinazione su un'area quale può essere, ad es., un bacino idrografico viene determinata a seguito di una operazione di media sui parametri a' ed n della legge di pioggia. Per fornire dati utili per valutazioni idrologiche speditive, questa operazione è stata eseguita non solo per tutti i bacini monitorati in passato dal SIMN in Basilicata, incluse le aree comprese tra sezioni successive lungo il corso d'acqua, ma anche per celle di 10 Km di lato che ricoprono l'intero territorio lucano, come mostrato nella figura seguente.

Sono forniti i valori medi di $\log(a')$ e di n relativi alle celle rappresentate in figura ed identificate da una numerazione che procede da Ovest verso Est e da Sud verso Nord.

Usando i valori medi di $\log(a')$ e di n relativi alle celle, si può ottenere l'espressione della legge di pioggia riferita ad un'area attraverso media pesata dei suddetti valori tra le celle che ricoprono l'area stessa.

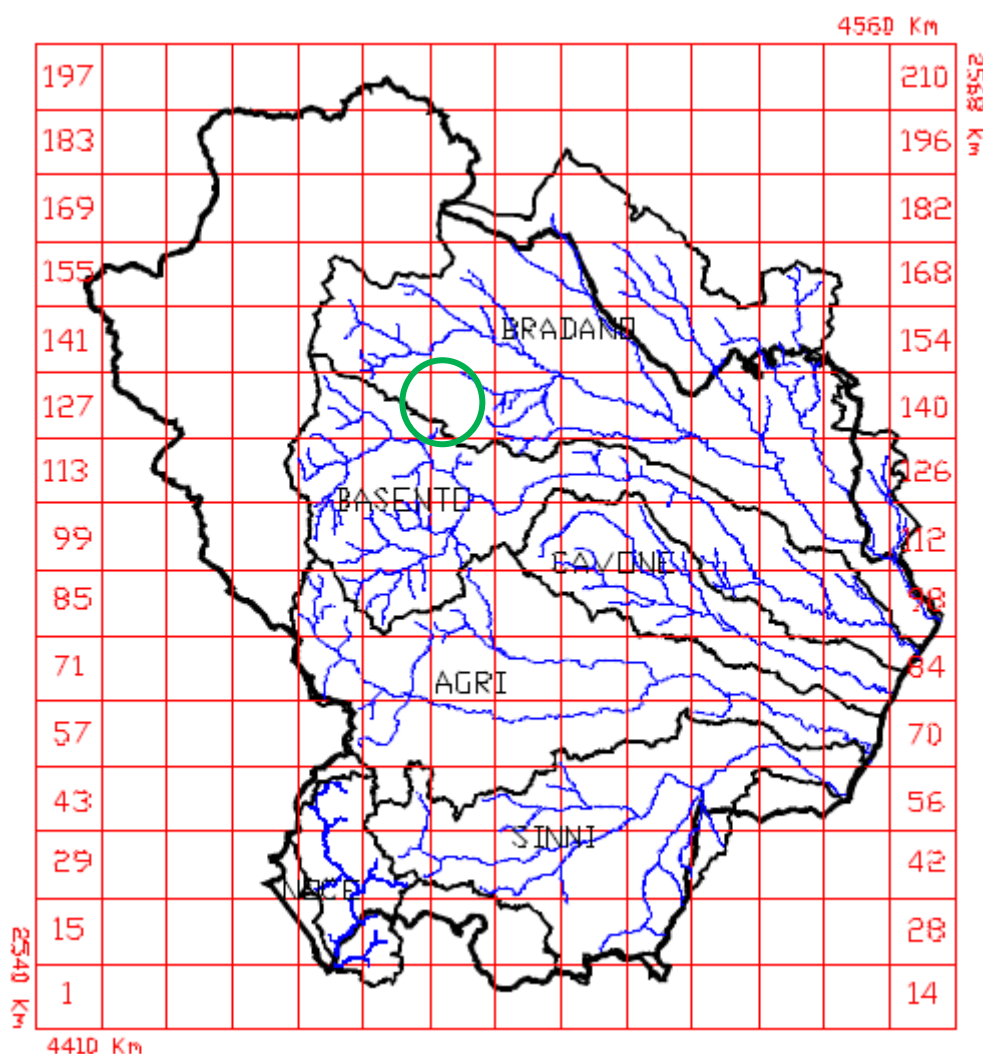


Figura 4.4 – Suddivisione della regione in esame in celle di lato 10 Km con individuazione dell'area di interesse per il presente studio

PROGETTAZIONE ATI:

Il tracciato in progetto ed i bacini di interesse ricadono quasi totalmente nella cella 133. Sono interessate, anche se marginalmente, ulteriori 5 celle: 118, 119, 132, 146, 147. Si riportano di seguito i relativi valori di $\lg(a')$ e di n .

CELLA	$\lg(a')$	n
118	1,311	0,304
119	1,304	0,322
132	1,324	0,298
133	1,322	0,31
146	1,339	0,285
147	1,341	0,291

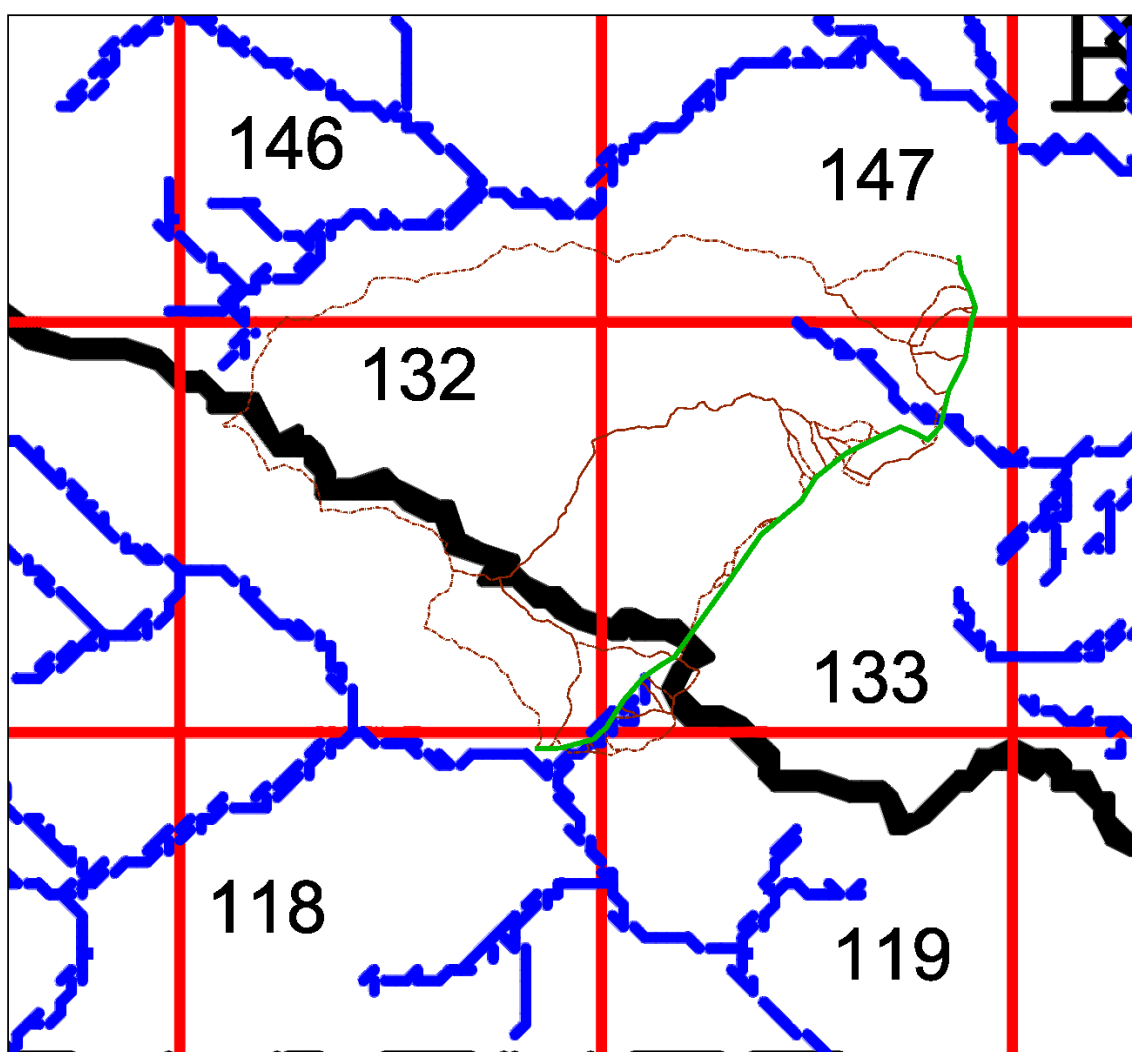


Figura 4.5 – Sovrapposizione corografia dei bacini di interesse per il presente studio con la suddivisione in celle di lato 10 km

PROGETTAZIONE ATI:

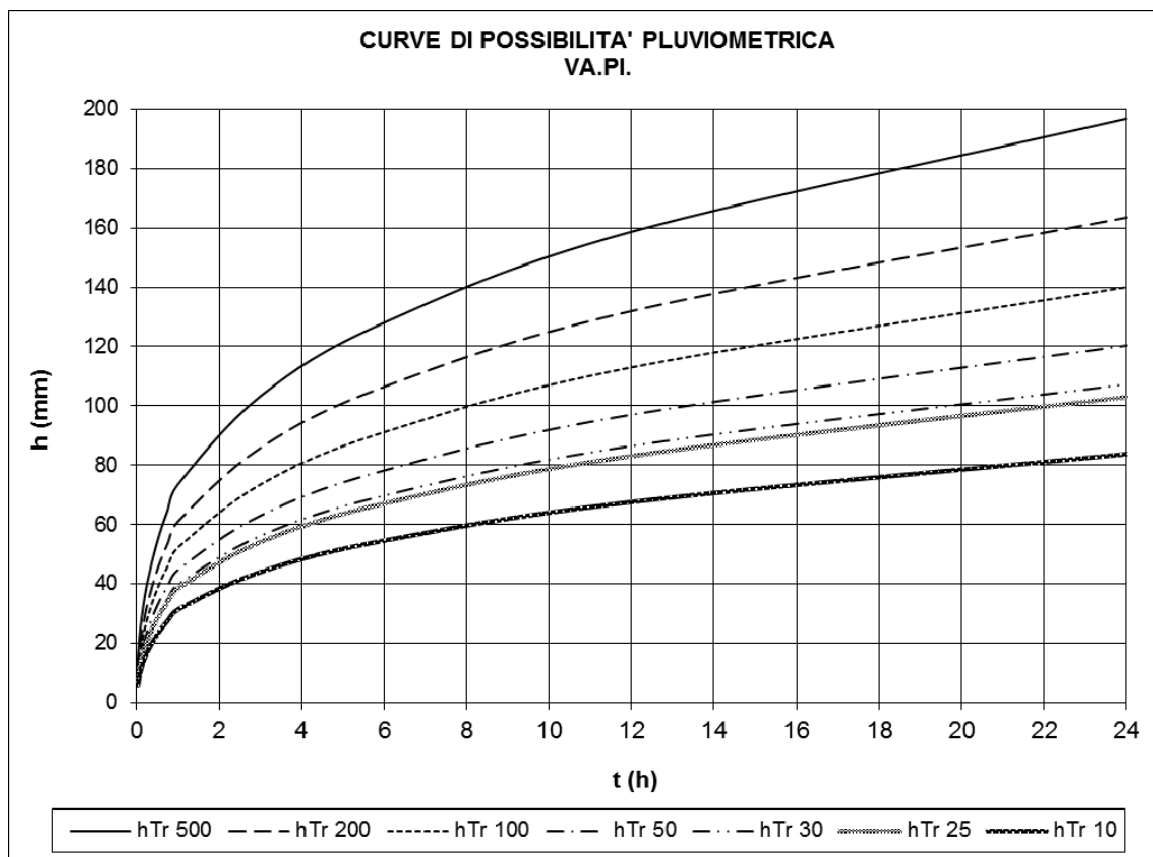
4.3.3. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni relative alla cella 133, sia in forma tabellare che in forma grafica, essendo quella di maggiore interesse.

Poiché gli studi sopra descritti sono stati eseguiti su valori di altezze di pioggia di durata non inferiori ad un'ora, per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica relative a durate di pioggia inferiori ad 1 ora è stato considerato il parametro n' , definito a partire dai dati registrati dalla stazione di Tolve (si veda par. 4.2.2) che risulta essere la più prossima alle aree di interesse.

Tr	10	25	30	50	100	200	500
a	31,27	38,41	40,03	44,92	52,26	61,08	73,46
n	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310	0,310
n'	0,434	0,434	0,434	0,434	0,434	0,434	0,434

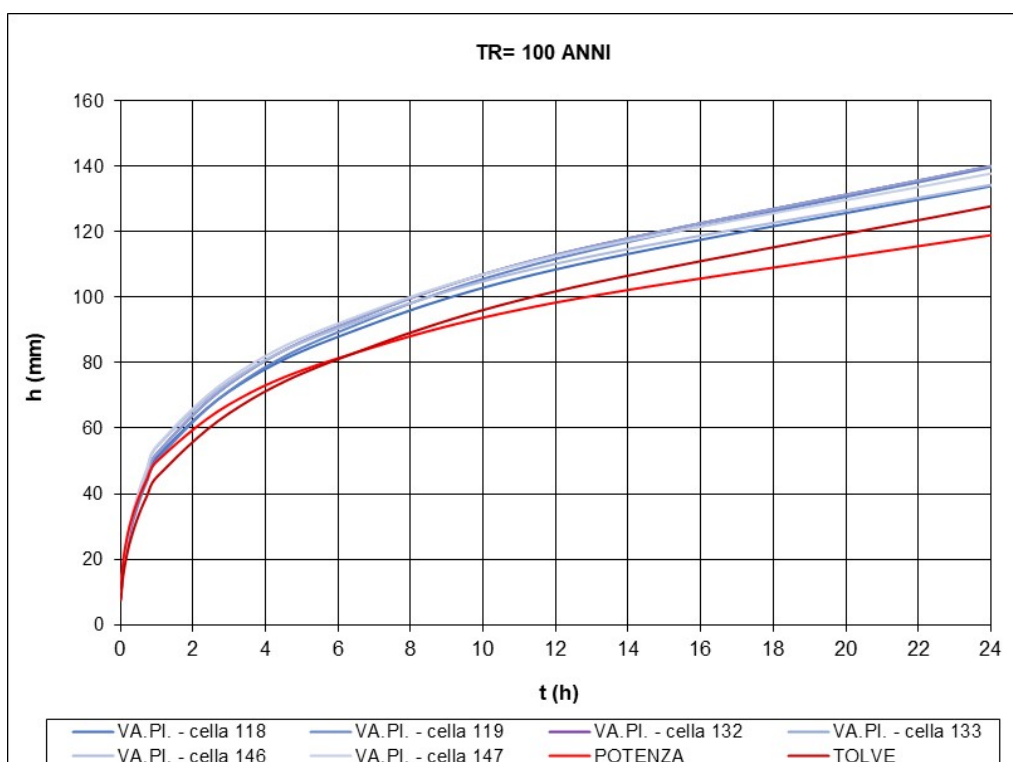
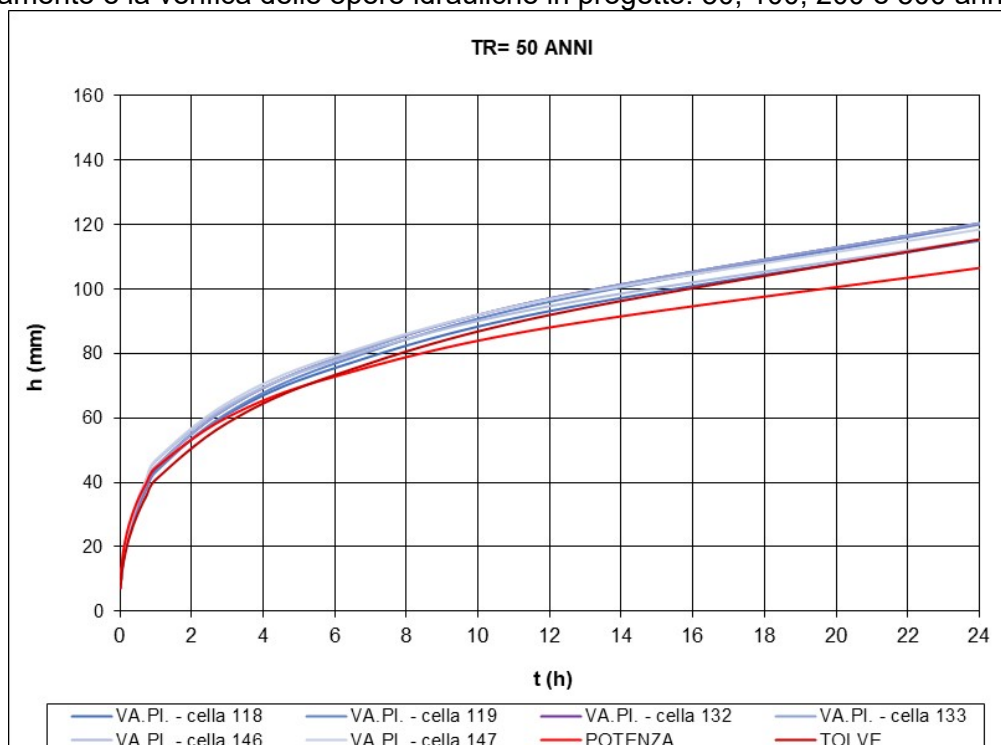
d	$h_{Tr 10}$	$h_{Tr 25}$	$h_{Tr 30}$	$h_{Tr 50}$	$h_{Tr 100}$	$h_{Tr 200}$	$h_{Tr 500}$
0,02	5,28	6,49	6,76	7,59	8,83	10,31	12,41
0,08	10,63	13,05	13,60	15,26	17,76	20,75	24,96
0,25	17,13	21,03	21,92	24,60	28,62	33,45	40,23
0,50	23,14	28,42	29,62	33,24	38,68	45,20	54,36
0,75	27,60	33,90	35,33	39,64	46,12	53,90	64,83
1,00	31,27	38,41	40,03	44,92	52,26	61,08	73,46
3,00	43,96	54,00	56,27	63,14	73,47	85,86	103,27
6,00	54,50	66,94	69,76	78,28	91,08	106,44	128,03
12,00	67,57	82,98	86,49	97,04	112,91	131,96	158,71
24,00	83,76	102,88	107,22	120,30	139,98	163,59	196,76



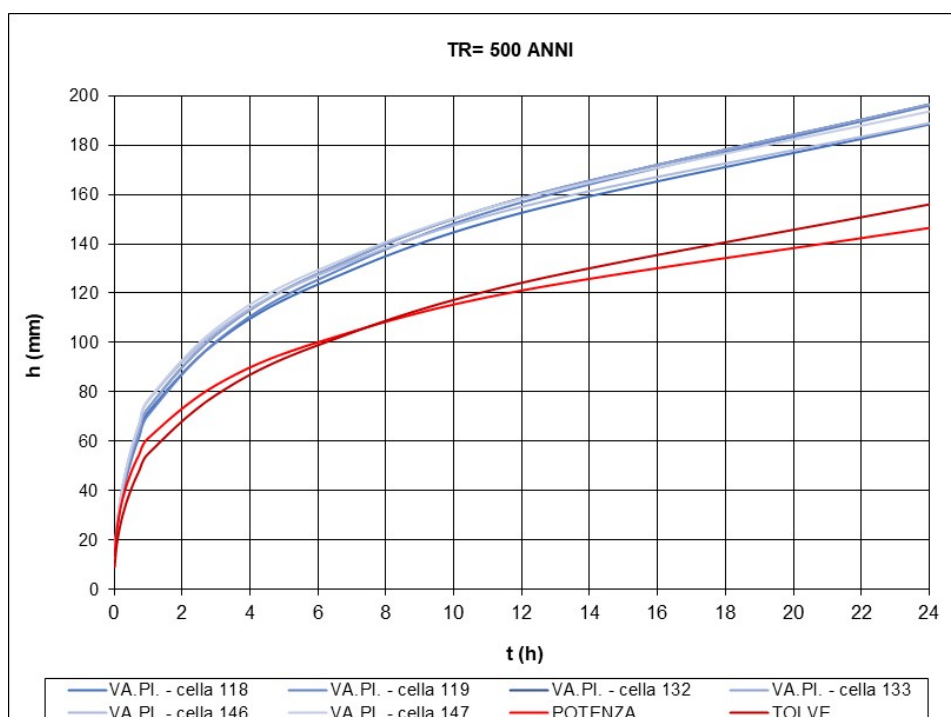
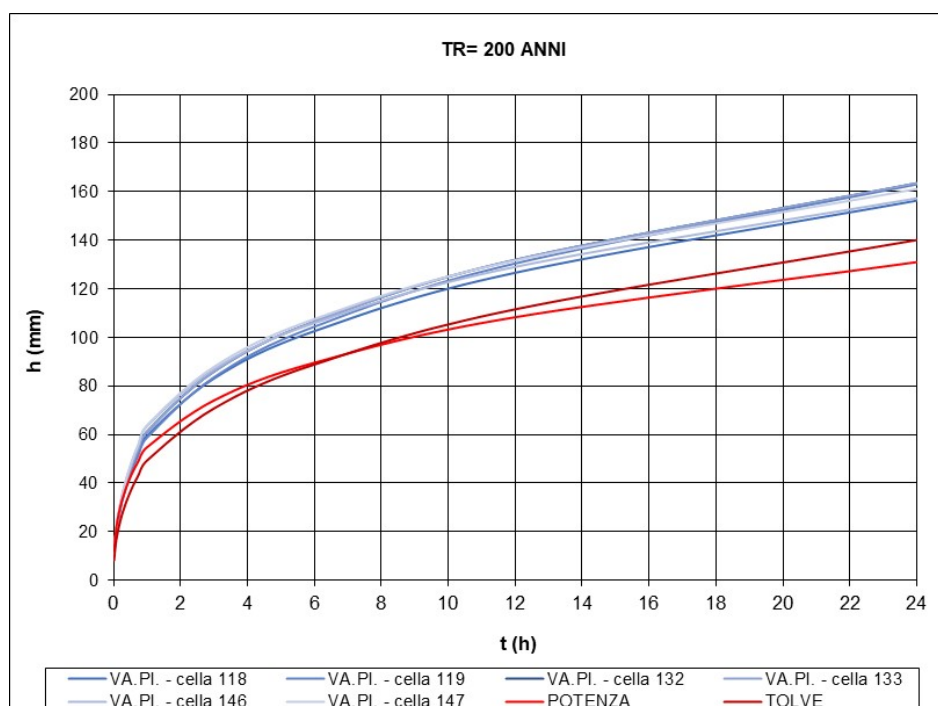
PROGETTAZIONE ATI:

4.4. SCELTA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI PROGETTO

Si riportano di seguito delle figure di confronto tra le curve di possibilità pluviometrica desunte dall'elaborazione statistica dei dati registrati alle stazioni di Potenza e Tolve e quelle derivanti dall'applicazione della procedura VA.PI., per i tempi di ritorno di maggiore interesse per il dimensionamento e la verifica delle opere idrauliche in progetto: 50, 100, 200 e 500 anni.



PROGETTAZIONE ATI:



E' evidente come le curve di possibilità pluviometrica derivanti dall'applicazione della procedura VA.PI. risultano essere maggiormente cautelative rispetto a quelle derivanti dall'elaborazione statistica dei dati registrati alle stazioni di Potenza e Tolve, in particolare per i tempi di ritorno più elevati. Sono state utilizzate, pertanto, tali curve per il dimensionamento e la verifica delle opere idrauliche in progetto.

Si riportano nella tabella seguente i parametri "a = $K_T a^n$ ", "n" ed "n'" relativi ai bacini analizzati. Per i bacini ricadenti in più di una cella è stata calcolata una media pesata dei parametri "a" e "n" caratteristici di ciascuna cella. I tabulati di calcolo sono raccolti in Allegato 2.

PROGETTAZIONE ATI:

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.										
			a(T=10)	a(T=20)	a(T=25)	a(T=30)	a(T=50)	a(T=100)	a(T=200)	a(T=500)	n	n'
1	Fosso Rummolo	365	31.405	36.674	38.571	40.199	45.105	52.481	61.334	73.769	0.298	0.434
2	Vallone Tricarico	870	31.162	36.390	38.273	39.888	44.756	52.076	60.860	73.199	0.308	0.434
3	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	1760	30.492	35.608	37.450	39.031	43.794	50.956	59.552	71.626	0.304	0.434
4	Fosso Loc. Bertuccio	2310	30.862	36.041	37.905	39.505	44.326	51.576	60.275	72.496	0.314	0.434
5	Acque versante	2779	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
6	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3033	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
7	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3833	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
8	Vallone Tricarico	4014	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
9	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7067	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
10	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7400	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
11	Vallone Cerro	7760	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
12	Acque versante - Sx Vallone della Botte	8914	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
13	Torrente Castagno	9790	31.306	36.559	38.450	40.073	44.963	52.317	61.142	73.538	0.307	0.434
14	Fosso Loc. Masseria D'Erario	10370	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
15	Fosso Mezzanelle	10570	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
16	Affl. Fosso Mezzanelle	10952	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
17	Acque versante SC 3 Ponti - Pozzillo	SC 3Ponti-Pozzillo	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
18	Acque versante	11389	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
19	Affl. Vallone Girifuolo	11893	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
20	Acque versante	12096	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
21	Affl. Vallone Girifuolo	12801	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
22	Torrente Alvo	14090	31.653	36.964	38.875	40.516	45.461	52.896	61.818	74.352	0.299	0.434
23	Fosso Masseria Pastore	15320	31.274	36.522	38.411	40.032	44.917	52.264	61.079	73.463	0.310	0.434
24	Fosso Gambarara	16385	31.509	36.796	38.699	40.333	45.255	52.656	61.538	74.015	0.307	0.434
25	Acque versante	16626	32.673	38.155	40.128	41.822	46.926	54.601	63.811	76.748	0.291	0.434
26	Fosso Masseria Lancieri	16957	32.325	37.748	39.701	41.377	46.426	54.019	63.131	75.931	0.296	0.434
27	Fosso Contrada Picone	17184	32.523	37.979	39.944	41.630	46.710	54.350	63.517	76.395	0.293	0.434

Tabella 4.4: Parametri a, n e n' delle curve di possibilità pluviometrica caratteristiche dei bacini in esame

Per il dimensionamento e la verifica del sistema di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma e di versante si considerano le curve di pioggia relative alla cella 133, all'interno del quale quasi l'intero tracciato ricade. Si riportano di seguito i parametri a, n, n' per i tempi di ritorno di interesse (25, 50 e 100 anni) e le corrispondenti intensità di pioggia per t = 5 min e t = 10 minuti.

Tr	25	50	100
a	38.411	44.917	52.264
n'	0.310	0.310	0.310
n'	0.434	0.434	0.434
i (5min)	156.77	183.33	213.31
i (10min)	105.90	123.84	144.09

Tabella 4.5: Parametri a, n e n' delle curve di possibilità pluviometrica per il sistema di raccolta acque ed intensità di pioggia per t=5 min e t= 10 min

5. STIMA DELLE PORTATE DI PIENA

5.1. METODOLOGIA DI CALCOLO: METODO RAZIONALE

La valutazione delle portate utili al dimensionamento ed alla verifica delle opere idrauliche in progetto è stata effettuata applicando il metodo razionale.

Alla base di tale procedura vi sono le seguenti assunzioni:

- la massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- il picco di piena ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- la formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avvengono senza la formazione di invasi significativi; nel caso si formino invasi significativi il colmo di piena calcolato con questa metodologia sarà sovrastimato.

La portata al colmo di piena è espressa dalla formula:

$$Q = \frac{crh^2S}{3,6t_c} \text{ (m}^3/\text{s)}$$

dove:

- c = coefficiente di deflusso del bacino;
r = coefficiente di riduzione areale delle piogge;
h = altezza massima di pioggia per una durata pari al tempo di corrivazione (mm);
S = superficie del bacino (km²);
t_c = tempo di corrivazione del bacino (ore).

5.1.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE

La determinazione del valore del tempo di corrivazione è stata effettuata mediante l'applicazione di formule diverse in funzione dell'estensione del bacino in esame.

In particolare:

- per bacini di superficie maggiore di 25 km² (Torrente Castagno e Torrente Alvo) è stata utilizzata la formula di Giandotti

$$t_c = (4\sqrt{S} + 1,5L)/(0,8\sqrt{\Delta H})$$

dove:

- S = superficie del bacino sotteso dall'attraversamento [kmq];
L = lunghezza dell'asta principale [km];
 ΔH = dislivello medio del bacino imbrifero [m];

- per i restanti bacini sono state utilizzate le formule di Kirpich, Ventura, Pasini, Pezzoli e Viparelli, assumendo quale tempo di corrivazione di progetto il valore minimo, a favore di sicurezza. E' stato assunto quale limite inferiore il valore di 3 minuti, essendo tempi inferiori non rappresentativi della realtà dei fenomeni fisici in esame, in considerazione della presenza di capacità di accumulo e trattenimento naturali degli afflussi.

Kirpich

$$t_c = 0,0662 \frac{L^{0,7}}{i^{0,385}}$$

Ventura

$$t_c = 0,1272 \sqrt{S/i}$$

Pasini

$$t_c = 0,108 \frac{(S \cdot L)^{0,3}}{\sqrt{i}}$$

Pezzoli

$$t_c = 0,055 \frac{L}{i^{0,5}}$$

Viparelli

$$t_c = L / (3.6 v)$$

dove:

- S = superficie del bacino sotteso dall'attraversamento [kmq];
- L = lunghezza dell'asta principale [km];
- ΔH = dislivello medio del bacino imbrifero [m];
- i = pendenza media dell'asta principale [m/m];
- v = velocità media di scorrimento, assunta pari a 1,5 m/s

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	S	L	DH (m)	Giandotti
			(kmq)	(km)	(m)	(h)
13	Torrente Castagno	9000	26,677	10,950	257	2,892
22	Torrente Alvo	13360	78,090	24,840	338	4,937

Tabella 5.1: Stima dei tempi di corrvazione per bacini di estensione > 25 km².

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	S	L	i	Kirpich	Ventura	Pasini	Pezzoli	Viparelli	TC PROGETTO	
			(kmq)	(km)	(m/m)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	h	min
1	Fosso Rummolo	365	7.014	6.150	0.0798	0.708	1.193	1.341	1.198	1.139	0.708	42.46
2	Vallone Tricarico	870	6.239	4.495	0.0741	0.572	1.167	1.206	0.908	0.832	0.572	34.31
3	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	1760	0.032	0.415	0.2037	0.062	0.051	0.057	0.051	0.077	0.051	3.03
4	Fosso Loc. Bertuccio	2310	1.136	1.825	0.1424	0.222	0.359	0.365	0.266	0.338	0.222	13.33
5	Acque versante	2779	0.084	0.520	0.1808	0.077	0.087	0.090	0.067	0.096	0.067	4.04
6	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3033	0.456	1.045	0.1608	0.138	0.214	0.210	0.143	0.194	0.138	8.28
7	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3833	0.252	1.075	0.1250	0.155	0.181	0.198	0.167	0.199	0.155	9.32
8	Vallone Tricarico	4014	0.697	1.370	0.0875	0.215	0.359	0.360	0.255	0.254	0.215	12.89
9	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7067	0.062	0.460	0.3341	0.055	0.055	0.057	0.044	0.085	0.050	3.00
10	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7400	0.058	0.260	0.2308	0.041	0.064	0.055	0.030	0.048	0.050	3.00
11	Vallone Cerro	7760	0.009	0.100	0.2800	0.018	0.022	0.019	0.010	0.019	0.050	3.00
12	Acque versante - Sx Vallone della Botte	8914	0.025	0.420	0.0857	0.087	0.068	0.080	0.079	0.078	0.068	4.08
14	Fosso Loc. Masseria D'Erario	10370	0.215	1.315	0.1440	0.172	0.155	0.187	0.191	0.244	0.155	9.33
15	Fosso Mezzanelle	10570	0.715	1.880	0.1809	0.207	0.253	0.280	0.243	0.348	0.207	12.44
16	Affl. Fosso Mezzanelle	10952	0.298	1.215	0.1481	0.160	0.180	0.200	0.174	0.225	0.160	9.60
17	Acque versante SC 3 Ponti - Pozzillo	SC 3Ponti-Pozzillo	0.105	0.720	0.1667	0.102	0.101	0.112	0.097	0.133	0.097	5.82
18	Acque versante	11389	0.125	0.570	0.1632	0.086	0.111	0.111	0.078	0.106	0.078	4.66
19	Affl. Vallone Girifuolo	11893	0.425	1.410	0.1333	0.187	0.227	0.249	0.212	0.261	0.187	11.21
20	Acque versante	12096	0.039	0.290	0.1241	0.057	0.071	0.069	0.045	0.054	0.050	3.00
21	Affl. Vallone Girifuolo	12801	1.646	3.075	0.0741	0.427	0.599	0.681	0.621	0.569	0.427	25.61
23	Fosso Masseria Pastore	15320	0.727	1.750	0.1109	0.237	0.326	0.351	0.289	0.324	0.237	14.21
24	Fosso Gambarara	16385	1.200	1.830	0.1241	0.235	0.396	0.398	0.286	0.339	0.235	14.08
25	Acque versante	16626	0.028	0.280	0.0714	0.068	0.080	0.080	0.058	0.052	0.052	3.11
26	Fosso Masseria Lancieri	16957	0.805	2.560	0.0859	0.350	0.389	0.469	0.480	0.474	0.350	21.01
27	Fosso Contrada Picone	17184	3.495	4.850	0.0715	0.615	0.890	1.038	0.998	0.898	0.615	36.89

Tabella 5.2: Stima dei tempi di corrvazione per bacini di estensione < 25 km².

5.1.2. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Per il calcolo del coefficiente di deflusso è stato utilizzato il metodo del Curve Number del Soil Conservation Service (1972).

Esso si basa sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) P_{net} risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda P (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \text{ [mm]}$$

nella quale S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro S corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha $P > I_a$; fino all'istante in cui non si ha $P < I_a$ il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale I_a si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S \text{ [mm]}$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \text{ [mm]}$$

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico. Il Soil Conservation Service (SCS) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- Gruppo A - Scarsa potenzialità di deflusso: comprende forti spessori di sabbia con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili.
- Gruppo B – Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
- Gruppo C – Potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
- Gruppo D - Potenzialità di deflusso molto elevata: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno a pascolo				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
Terreni boscosi o forestati				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Aree commerciali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade	98	98	98	98
Strade				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

Tabella 5.3: metodo SCS-CN; valori del "Curve Number" CN per i diversi tipi di suolo in funzione dell'uso del suolo per condizioni di umidità iniziale (antecedent moisture conditions – AMC) medie (classe II).

I valori del CN riportati nella Tabella 5.3 si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

Poiché il rifiuto del terreno è un fenomeno dinamico, che dipende dallo stato del sistema, ovvero dallo stato di imbibimento del bacino, si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, dato dall'altezza totale di pioggia caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena, API_5 . A seconda del valore di API_5 , vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

CLASSE AMC	Altezza di pioggia nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I - asciutta	< 12.7	< 35.5
II - media	12.7 - 28.0	35.5 - 53.3
III - umida	> 28.0	> 53.3

Tabella 5.4: definizione della classe di umidità in base al parametro API_5

Noto il valore di CN per le condizioni medie di imbibimento, per passare a condizioni di umidità iniziale asciutte (classe AMC I) o umide (classe AMC III), si utilizzano le curve riportate di seguito.

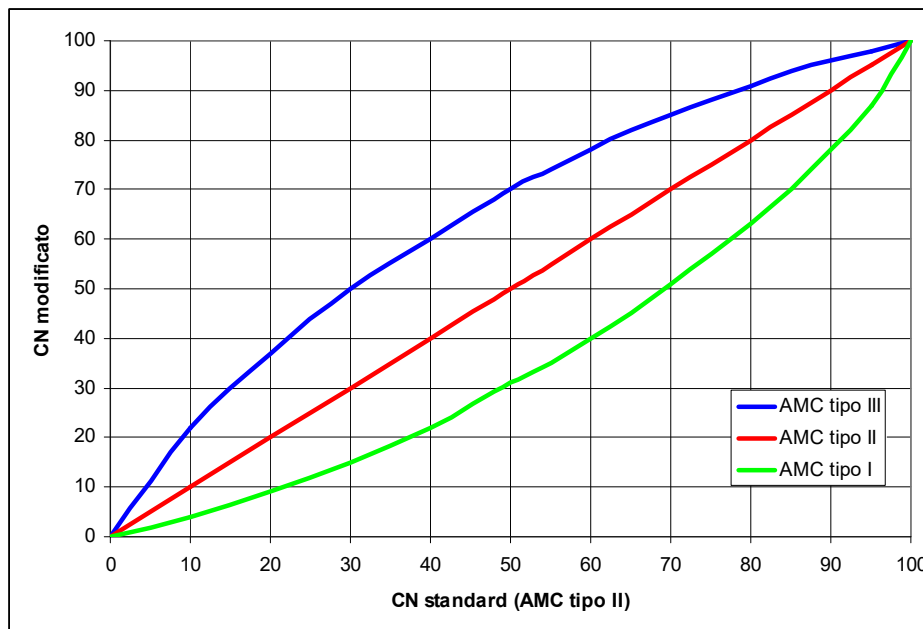


Figura 5.1 – curve di conversione dei valori di CN per le diverse condizioni di umidità del suolo antecedenti l'evento

Per tali curve è stata determinata anche una funzione di interpolazione, per renderne più agevole l'utilizzo.

$$CN_{AMCI} = \frac{4.2CN}{10 - 0.058CN} \qquad CN_{AMCIII} = \frac{23CN}{10 + 0.13CN}$$

Nel caso di terreni variegati possono essere identificate alcune categorie fondamentali per definire un valore globale del CN, pesato in ragione dell'estensione delle sottozone con le quali si è suddiviso il bacino.

Una volta calcolata la pioggia netta (efficace) P_{net} , il coefficiente di deflusso è pari a:

$$c = \frac{P_{net}}{P}$$

Nel caso in esame, in via cautelativa, sono state fatte le seguenti assunzioni:

- in ragione delle caratteristiche di scarsa permeabilità dei terreni, per tutti i bacini analizzati è stato considerata una tipologia di suolo appartenente al gruppo D;
- sono state considerate condizioni iniziali di umidità del terreno corrispondenti a saturazione completa (AMCIII).

In accordo con gli elaborati "Lineamenti dell'uso del suolo" (el. T00A22AMBCT01-03) facenti parte del presente progetto, le diverse porzioni dei bacini sono state associate a 4 tipologie di uso del territorio.

PROGETTAZIONE ATI:

Uso del suolo (el. T00A22AMBCT01-03)	Tipologia Uso territorio	CN _{II}
1.1.1. Zone urbane/produitive a tessuto continuo	Aree commerciali area impermeabile 85%	95
1.2.2. Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche		
2.1.1. Seminativi in aree non irrigue	Terreno coltivato in presenza di pratiche di conservazione del suolo	81
2.2.1. Vigneti		
2.2.2. Frutteti e frutti minori		
2.2.3. Oliveti		
2.3.1. Prati stabili		
2.4.1. Colture temporanee associate a colture permanenti		
2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi		
3.1.1. Boschi di latifoglie	Terreni boscosi o forestati in presenza di copertura fitta e con sottobosco	77
3.1.2. Boschi di conifere		
3.1.3. Boschi misti di conifere e latifoglie		
3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie	Terreno a pascolo in cattive condizioni	89
3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla		
3.2.4. Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione		

Tabella 5.5: definizione tipologia uso del territorio e relativo CN

Si riportano nella Tabella 5.6 i valori del CN_{III} per ciascuno dei bacini in esame.
In Tabella 5.7 sono raccolti i corrispondenti coefficienti di deflusso per diversi tempi di ritorno. Per i tabulati di calcolo si rimanda all'Allegato 3.

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	Urbanizzate	Seminativo	Boschi	Pascolo	CN(II)	CN(III)
1	Fosso Rummolo	365	0.02%	42.39%	36.09%	21.49%	81.28	90.90
2	Vallone Tricarico	870	1.48%	66.66%	29.05%	2.80%	80.27	90.34
3	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	1760	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	77.00	88.51
4	Fosso Loc. Bertuccio	2310	4.75%	77.64%	17.61%	0.00%	80.96	90.72
5	Acque versante	2779	0.00%	96.14%	0.00%	3.86%	81.31	90.91
6	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3033	0.00%	94.80%	2.53%	2.67%	81.11	90.81
7	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3833	0.00%	80.74%	19.26%	0.00%	80.23	90.32
8	Vallone Tricarico	4014	0.00%	37.91%	62.09%	0.00%	78.52	89.37
9	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7067	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	89.00	94.90
10	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7400	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	81.00	90.75
11	Vallone Cerro	7760	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	89.00	94.90
12	Acque versante - Sx Vallone della Botte	8914	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	81.00	90.75
13	Torrente Castagno	9790	0.00%	63.21%	27.01%	9.78%	80.70	90.58
14	Fosso Loc. Masseria D'Erario	10370	0.00%	90.42%	9.58%	0.00%	80.62	90.54
15	Fosso Mezzanelle	10570	0.00%	74.05%	25.95%	0.00%	79.96	90.18
16	Affl. Fosso Mezzanelle	10952	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	81.00	90.75
17	Acque versante SC 3 Ponti - Pozzillo	SC 3Ponti Pozzillo	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	81.00	90.75
18	Acque versante	11389	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	81.00	90.75
19	Affl. Vallone Girifuolo	11893	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	81.00	90.75
20	Acque versante	12096	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	81.00	90.75
21	Affl. Vallone Girifuolo	12801	0.00%	94.26%	5.74%	0.00%	80.77	90.62
22	Torrente Alvo	14090	0.00%	59.61%	16.97%	23.42%	82.19	91.39
23	Fosso Masseria Pastore	15320	0.00%	86.21%	0.00%	13.79%	82.10	91.34
24	Fosso Gambarara	16385	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	81.00	90.75
25	Acque versante	16626	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	81.00	90.75
26	Fosso Masseria Lancieri	16957	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	81.00	90.75
27	Fosso Contrada Picone	17184	0.00%	92.28%	7.72%	0.00%	80.69	90.58

Tabella 5.6: calcolo del CN_{III}

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	cd(T=10)	cd(T=20)	cd(T=25)	cd(T=30)	cd(T=50)	cd(T=100)	cd(T=200)	cd(T=500)
			(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
1	Fosso Rummolo	365	0.376	0.428	0.444	0.458	0.495	0.543	0.589	0.641
2	Vallone Tricarico	870	0.320	0.372	0.389	0.403	0.442	0.491	0.540	0.595
3	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	1760	0.010	0.028	0.035	0.042	0.063	0.096	0.135	0.187
4	Fosso Loc. Bertuccio	2310	0.199	0.248	0.264	0.278	0.316	0.366	0.419	0.479
5	Acque versante	2779	0.073	0.109	0.121	0.132	0.164	0.209	0.258	0.319
6	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3033	0.146	0.191	0.206	0.219	0.255	0.305	0.357	0.419
7	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3833	0.145	0.189	0.205	0.217	0.254	0.303	0.355	0.417
8	Vallone Tricarico	4014	0.155	0.200	0.216	0.229	0.265	0.315	0.368	0.429
9	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7067	0.202	0.251	0.267	0.281	0.319	0.369	0.422	0.482
10	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7400	0.045	0.074	0.085	0.095	0.123	0.165	0.211	0.270
11	Vallone Cerro	7760	0.202	0.251	0.267	0.281	0.319	0.369	0.422	0.482
12	Acque versante - Sx Vallone della Botte	8914	0.070	0.105	0.117	0.128	0.160	0.204	0.253	0.314
13	Torrente Castagno	9790	0.519	0.566	0.581	0.593	0.626	0.666	0.704	0.745
14	Fosso Loc. Masseria D'Erario	10370	0.152	0.197	0.212	0.225	0.262	0.312	0.364	0.426
15	Fosso Mezzanelle	10570	0.176	0.223	0.238	0.252	0.289	0.340	0.392	0.453
16	Affl. Fosso Mezzanelle	10952	0.162	0.208	0.224	0.237	0.274	0.324	0.376	0.438
17	Acque versante SC 3 Ponti - Pozzillo	SC 3Ponti - Pozzillo	0.105	0.145	0.159	0.171	0.205	0.253	0.304	0.365
18	Acque versante	11389	0.082	0.119	0.132	0.143	0.176	0.222	0.272	0.333
19	Affl. Vallone Girifuolo	11893	0.182	0.229	0.245	0.258	0.296	0.347	0.399	0.460
20	Acque versante	12096	0.045	0.074	0.085	0.095	0.123	0.165	0.211	0.270
21	Affl. Vallone Girifuolo	12801	0.290	0.342	0.359	0.373	0.411	0.461	0.511	0.568
22	Torrente Alvo	14090	0.597	0.640	0.653	0.664	0.693	0.728	0.760	0.795
23	Fosso Masseria Pastore	15320	0.236	0.286	0.303	0.316	0.355	0.406	0.457	0.517
24	Fosso Gambarara	16385	0.214	0.263	0.280	0.293	0.332	0.382	0.434	0.495
25	Acque versante	16626	0.055	0.087	0.099	0.109	0.139	0.182	0.229	0.289
26	Fosso Masseria Lancieri	16957	0.278	0.329	0.346	0.360	0.398	0.449	0.499	0.557
27	Fosso Contrada Picone	17184	0.354	0.406	0.423	0.437	0.475	0.523	0.570	0.623

Tabella 5.7: coefficienti di deflusso

PROGETTAZIONE ATI:

5.1.3. COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE

E' comune esperienza che le piogge di elevata intensità si concentrino in aree piccole, e che, a parità di durata ed a parità di tempo di ritorno, l'altezza di precipitazione decresca al crescere dell'area.

Al fine di tenere conto di tale fenomeno, per i bacini di estensione superiore ad 1,5 kmq, l'altezza di pioggia di progetto è stata calcolata moltiplicando le altezze di pioggia puntuali (vedi cap. 4) per il coefficiente di riduzione areale definito dalla seguente relazione (U.S. Weather Bureau - Eagleson 1978):

$$ARF = 1 - e^{(-1.1t^{0.25})} + e^{(-1.1t^{0.25} - 0.00386 \cdot A)}$$

dove t = durata di pioggia [ore];
A = area del bacino [kmq].

Per i restanti bacini il coefficiente di riduzione areale è stato considerato pari a 1.

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni.

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	S	tc	r
			(kmq)	(ore)	(-)
1	Fosso Rummolo	365	7.014	0.708	0.990
2	Vallone Tricarico	870	6.239	0.572	0.991
13	Torrente Castagno	9790	26.677	2.892	0.977
21	Affl. Vallone Girifuolo	12801	1.646	0.427	0.997
22	Torrente Alvo	14090	78.090	4.937	0.950
27	Fosso Contrada Picone	17184	3.495	0.615	0.995

Tabella 5.8: Calcolo coefficiente di riduzione areale

5.1.4. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Si riportano nella Tabella 5.9 le portate di progetto per diversi tempi di ritorno.

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	S	tc	Q(T=10)	Q(T=20)	Q(T=25)	Q(T=30)	Q(T=50)	Q(T=100)	Q(T=200)	Q(T=500)
			(kmq)	(ore)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)
1	Fosso Rummolo	365	7.014	0.708	27.697	36.807	40.221	43.201	52.420	66.838	84.803	110.900
2	Vallone Tricarico	870	6.239	0.572	23.524	31.929	35.106	37.889	46.551	60.221	77.404	102.575
3	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	1760	0.032	0.051	0.016	0.049	0.065	0.080	0.135	0.238	0.393	0.655
4	Fosso Loc. Bertuccio	2310	1.136	0.222	4.550	6.604	7.401	8.107	10.344	13.971	18.653	25.688
5	Acque versante	2779	0.084	0.067	0.246	0.427	0.502	0.569	0.793	1.175	1.697	2.522
6	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3033	0.456	0.138	1.774	2.705	3.072	3.400	4.451	6.185	8.464	11.943
7	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3833	0.252	0.155	0.909	1.387	1.577	1.745	2.287	3.181	4.356	6.151
8	Vallone Tricarico	4014	0.697	0.215	2.239	3.380	3.830	4.230	5.511	7.619	10.378	14.579
9	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7067	0.062	0.050	0.589	0.853	0.955	1.046	1.333	1.798	2.398	3.299
10	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7400	0.058	0.050	0.121	0.236	0.285	0.330	0.481	0.748	1.120	1.722
11	Vallone Cerro	7760	0.009	0.050	0.083	0.121	0.135	0.148	0.189	0.254	0.339	0.467
12	Acque versante - Sx Vallone della Botte	8914	0.025	0.068	0.068	0.119	0.140	0.160	0.223	0.332	0.482	0.718
13	Torrente Castagno	9790	26.677	2.892	56.334	71.811	77.514	82.455	97.570	120.802	149.258	189.957
14	Fosso Loc. Masseria D'Erario	10370	0.215	0.155	0.812	1.231	1.396	1.543	2.014	2.789	3.805	5.354
15	Fosso Mezzanelle	10570	0.715	0.207	2.656	3.931	4.430	4.873	6.282	8.585	11.579	16.107
16	Affl. Fosso Mezzanelle	10952	0.298	0.160	1.185	1.776	2.008	2.214	2.874	3.956	5.369	7.516
17	Acque versante SC 3 Ponti - Pozzillo	SC 3Ponti Pozzillo	0.105	0.097	0.355	0.574	0.663	0.742	1.000	1.434	2.014	2.915
18	Acque versante	11389	0.125	0.078	0.378	0.641	0.749	0.846	1.165	1.708	2.445	3.603
19	Affl. Vallone Girifuolo	11893	0.425	0.187	1.731	2.548	2.867	3.150	4.050	5.517	7.421	10.295
20	Acque versante	12096	0.039	0.050	0.081	0.158	0.191	0.221	0.323	0.502	0.751	1.155
21	Affl. Vallone Girifuolo	12801	1.646	0.427	6.697	9.213	10.170	11.009	13.633	17.796	23.058	30.808
22	Torrente Alvo	14090	78.090	4.937	127.062	159.064	170.774	180.891	211.693	258.711	315.922	397.259
23	Fosso Masseria Pastore	15320	0.727	0.237	3.363	4.763	5.302	5.776	7.271	9.672	12.743	17.316
24	Fosso Gambarara	16385	1.200	0.235	5.101	7.326	8.187	8.948	11.352	15.234	20.226	27.699
25	Acque versante	16626	0.028	0.052	0.075	0.138	0.165	0.189	0.270	0.411	0.606	0.918
26	Fosso Masseria Lancieri	16957	0.805	0.350	3.632	5.027	5.558	6.026	7.487	9.813	12.760	17.110
27	Fosso Contrada Picone	17184	3.495	0.615	14.655	19.627	21.497	23.131	28.196	36.146	46.082	60.562

Tabella 5.9: Portate di progetto

5.2. ANALISI DEI RISULTATI E CONFRONTO CON ALTRE METODOLOGIE DI CALCOLO

Le portate stimate mediante l'applicazione della formula razionale relative ai corsi d'acqua maggiori (Torrente Castagno e Torrente Alvo) sono messe a confronto con quelle derivanti dall'utilizzo della procedura VA.PI., la quale è stata tarata su bacini di elevate dimensioni e, quindi, a rigore, non applicabile su piccoli bacini.

5.2.1. PROCEDURA VA.PI. PER LA STIMA DELLE PORTATE – RAPPORTO DI SINTESI REGIONE BASILICATA

Per una descrizione generale della metodologia di calcolo si rimanda al par. 4.3.1.

5.2.1.1. Dati utilizzati

Le stazioni considerate nell'analisi delle portate al colmo di piena, con le relative statistiche principali sono riportate in Tabella 5.10. I dati utilizzati sono stati ottenuti da quelli originari del Servizio Idrografico tramite regolarizzazione per mezzo di scale di deflusso di piena appositamente tarate, operazione che ha eliminato numerose incongruenze emerse dal confronto tra i dati di più stazioni relativamente agli stessi eventi.

Cod.	Stazione	n° dati	Media	C _v	C _a
1.1	Bradano a S.Giuliano	17	507	0.79	1.03
1.3	Bradano a p.te Colonna	32	202	0.76	1.21
2.0	Basento a Menzena	24	401	0.63	1.57
2.1	Basento a Gallipoli	38	353	0.63	2.25
2.3	Basento a Pignola	28	35	0.43	1.1
3.2	Agri a Tarangelo	32	189	0.38	0.75
3.4	Agri a Le Tempe	27	87	0.15	0.55
4.0	Sinni a Valsinni	22	555	0.55	2.42
4.1	Sinni a Pizzutello	19	262	0.25	0.75

Tabella 5.10: Principali statistiche delle serie storiche dei massimi annuali delle portate al colmo di piena

5.2.1.2. Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno

Al primo livello di regionalizzazione si sono assunti validi, per la Basilicata, i parametri Λ^* e θ^* nazionali. Si è infatti ritenuto che la rappresentatività delle serie dei dati disponibili fosse troppo bassa (poche serie e non eccessivamente lunghe) per mettere in discussione l'ipotesi di appartenenza della Basilicata alla zona unica nazionale nella quale Λ^* e θ^* sono ipotizzati costanti. I valori assunti, validi per tutta l'Italia appenninica ed insulare, ad eccezione della Sardegna, sono:

$$\theta^* = 2.654 \quad \Lambda^* = 0.350$$

ai quali corrisponde un coefficiente di asimmetria teorico $C_a = 2.32$.

Al secondo livello si è effettuata, per ogni singolo sito idrometrografico, la stima regionale del parametro Λ_1 della TCEV, avendo vincolato la stima a Λ^* e θ^* per i quali si sono assunti i valori nazionali. La procedura di stima utilizzata è quella di massima verosimiglianza (MV). I risultati vengono riportati nella Tabella 5.11, in cui si è escluso il valore di Agri a Le Tempe, inammissibile: data l'ampia variabilità osservata, si è portati ad escludere l'ipotesi che i bacini lucani possano appartenere ad una sottozona unica omogenea rispetto al parametro Λ_1 . D'altra parte ciò è in accordo con la variabilità dei parametri geomorfoclimatici che è possibile notare passando da un bacino all'altro. Riguardando infatti i risultati raggruppati per bacino è possibile individuare tre sottozone omogenee:

- Sottozona A: si identifica praticamente con l'intero bacino del Bradano. Tale bacino è in assoluto quello caratterizzato dalla maggiore aridità di tutta la regione, caratteristica che

induce bassi valori di Λ_1 , tra le altre cose, anche a causa del fatto che il suolo è il più delle volte asciutto prima delle piene. Va poi rimarcata la presenza di zone carsiche all'interno del bacino.

- Sottozona B: comprendente il medio e basso bacino del Basento, le cui caratteristiche sono non molto dissimili da quelle della zona A, anche se il numero medio degli eventi è leggermente maggiore. Ai fini di questa suddivisione, il basso Basento si può approssimativamente far iniziare a valle della città di Potenza.
- Sottozona C: dove si fa rientrare l'Agri, il Sinni e l'alto bacino del Basento ovvero la zona a monte di Potenza. In quest'ultima sottozona il numero degli eventi piovosi significativi ai fini delle piene è molto maggiore rispetto agli altri bacini del versante ionico

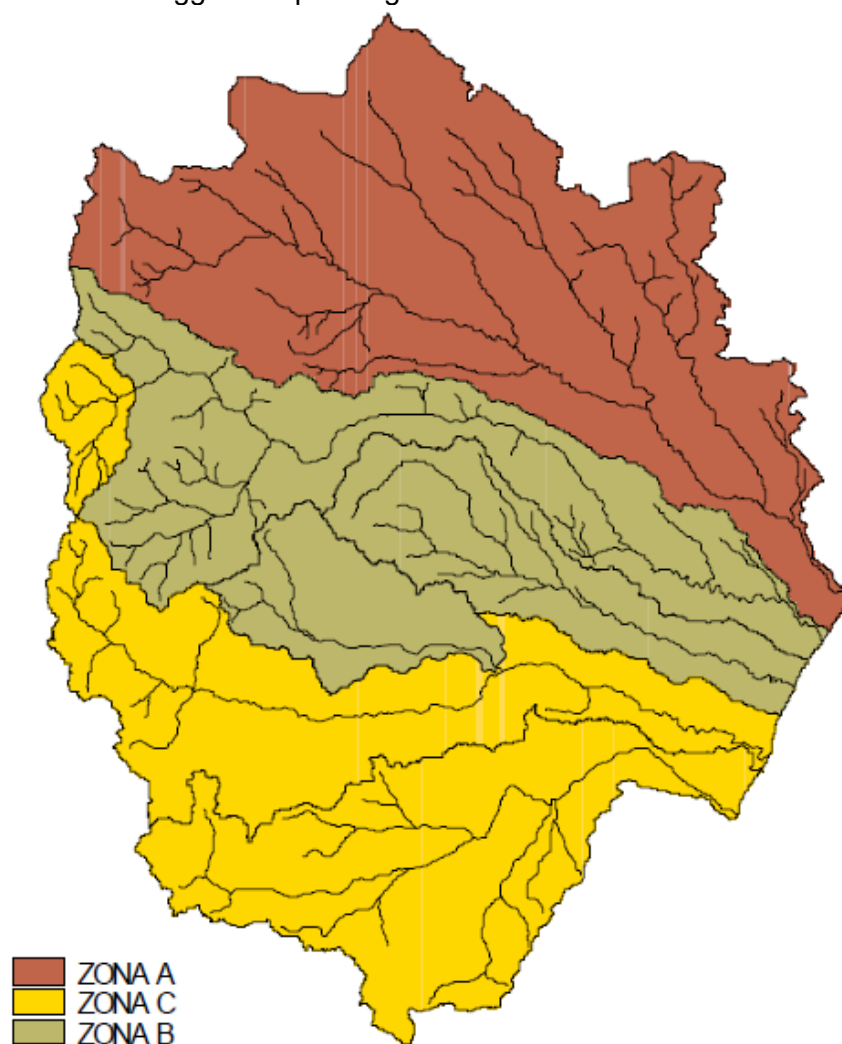


Figura 5.2 : Sottozone omogenee al II livello di regionalizzazione delle piene

La stima del parametro Λ_1 regionale è stata effettuata quindi separatamente per le tre sottozone computando la media pesata del parametro

$$Cv_1 = \frac{0.557}{(\log \Lambda_1 - 0.251)}$$

che è meno variabile e distorto di Λ_1 , e passando poi dal valor medio di Cv_1 al valore cercato di Λ_1 . I valori regionali ottenuti per Λ_1 relativamente ad ogni sottozona omogenea sono riportati in Tabella 5.11

	Stazione	Cv	Λ_1	Cv_1	Cv_{lmed}	Λ_{1REG}
Zona A	Bradano a S.Giuliano	0.79	2.9757	0.7687	0.694	3.561
	Bradano a p.te Colonna	0.76	4.4492	0.6194		
Zona B	Basento a Menzена	0.63	6.4369	0.5256	0.500	7.302
	Basento a Gallipoli	0.63	8.3992	0.4739		
Zona C	Basento a Pignola	0.43	19.8687	0.3595	0.355	20.849
	Agri a Tarangelo	0.38	20.2427	0.3576		
	Sinni a Valsinni	0.55	19.7996	0.3598		
	Sinni a Pizzutello	0.25	23.8833	0.3419		

Tabella 5.11: Valori regionali di Λ_1 per le sottozone idrometriche considerate

In definitiva, i valori dei parametri della distribuzione TCEV, per l'intera Basilicata, vengono riportati nella successiva Tabella 5.12.

Sottozona	Λ^*	θ^*	Λ_1	η
A	0.350	2.654	3.56	2.598
B	0.350	2.654	7.30	3.316
C	0.350	2.654	20.8	4.363

Tabella 5.12: Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piene in Basilicata

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della SZO omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T :

$$T = \frac{1}{1 - F_k(k)} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_1 \Lambda_1^{1/\theta^*} e^{-\eta k/\theta^*})}$$

Sia il bacino del Torrente Castagno che quello del Torrente Alvo ricadono nella sottozona A. Si riportano di seguito i relativi valori del fattore di crescita K_T

T	10	20	25	30	50	100	200	500
K_T SZO A	1,96	2,55	2,76	2,93	3,43	4,12	4,83	5,76

Tabella 5.13: valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita K_T per le piene in Basilicata, per alcuni valori del periodo di ritorno T.

5.2.1.3. Stima del valor medio - Piena media annua

Per poter pervenire alla stima della distribuzione di probabilità delle X in una generica sezione fluviale, l'unico parametro che rimane da ricavare è il valor medio della distribuzione del massimo annuale della portata al colmo di piena, $m(Q)$, quantità fortemente influenzata dall'area del bacino. La ricerca di una relazione empirica tra $m(Q)$ ed area è sempre il primo passo che si fa nell'ambito del terzo livello di regionalizzazione e di solito risulta ben specificata da una legge del tipo

$$m(Q) = k A^\alpha.$$

PROGETTAZIONE ATI:

Una prima ipotesi di accorpamento di tutti i bacini considerati in un unico meccanismo globale di dipendenza della piena media dall'area ha evidenziato che i bacini appartenenti al Sinni mostravano una consistente deviazione dalla relazione regressiva. Effettivamente, accorpando separatamente i valori di piena media per i bacini influenzati dal sistema montuoso Pollino-Sirino, si è riscontrato che per tutti risulta una posizione della piena media relativamente elevata, a parità di area, rispetto a quanto accade per gli altri bacini ionic.

Si sono pertanto individuate due aree omogenee:

- Area Omogenea 1, include i bacini del Bradano, Basento, Cavone e Agri;
- Area Omogenea 2, include i bacini del Sinni, Lao e Noce.

I bacini di interesse nel presente studio (T. Castagno e T. Alvo) ricadono nell'area omogenea 1.

Le regressioni effettuate tra piena media e area hanno fornito le relazioni:

- Area Omogenea 1: $m(Q) = 2.13 A^{0.766}$
- Area Omogenea 2: $m(Q) = 5.98 A^{0.645}$

Il coefficiente di determinazione ottenuto è tale da far ritenere la stima di $m(Q)$ sufficientemente affidabile anche per valutazioni di una certa importanza, purché riferite a bacini direttamente considerati nell'analisi. Per analogia morfologica e climatica tali risultati si possono considerare validi anche per bacini privi di stazioni di misura, ma ciò non esime da una più approfondita analisi dei fattori effettivamente dominanti, quale quella che generalmente accompagna l'uso della formula razionale.

5.2.1.4. Risultati delle elaborazioni

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni relative al T. Castagno ed al T. Alvo per tempi di ritorno pari a 30, 100, 200 e 500 anni.

	A	m(Q)	Q(30)	Q(100)	Q(200)	Q(500)
	(kmq)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)	(mc/s)
T. Castagno	26,677	26,35	77,21	108,57	127,28	151,78
T. Alvo	78,090	59,99	175,78	247,18	289,77	345,57

Tabella 5.14: stima portate T. Castagno e T. Alvo mediante procedura VA.PI.

5.2.2. CONFRONTO DEI RISULTATI

Come evidente dalle tabelle di seguito riportate, l'utilizzo del metodo razionale porta a stimare portate di valore paragonabile a quelle derivanti dall'applicazione del metodo VA.PI., anche se leggermente superiori.

Per tale ragione, in via cautelativa, nelle verifiche idrauliche saranno utilizzate le portate derivanti dall'applicazione del metodo razionale.

Bacino T. Castagno	Portata massima m ³ /s			
	Tr. 30	Tr. 100	Tr. 200	Tr. 500
Metodo Razionale	82,46	120,80	149,26	189,96
Metodo Vapi	77,21	108,57	127,28	151,78
ΔQ Raz - VAPI (%)	7%	11%	17%	25%

Tabella 5.15: T. Castagno – confronto portate

Bacino T. Alvo	Portata massima m ³ /s			
	Tr. 30	Tr. 100	Tr. 200	Tr. 500
Metodo Razionale	180,89	258,71	315,92	397,26
Metodo Vapi	175,78	247,18	289,77	345,57
ΔQ Raz - VAPI (%)	3%	5%	9%	15%

Tabella 5.16: T. Castagno – confronto portate

6. ATTRAVERSAMENTI PRINCIPALI

6.1. PREMESSA

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di 6 viadotti con impalcato a struttura mista acciaio – cls per l'attraversamento dei corsi d'acqua principali.

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	OPERA ATTR.
1	Fosso Rummolo	365	Ponte 20 m
2	Vallone Tricarico	870	Viadotto Vallone Tricarico
11	Vallone Cerro	7760	Viadotto Vallone Cerro
13	Torrente Castagno	9790	Viadotto Castagno
15	Fosso Mezzanelle	10570	Viadotto Mezzanelle
22	Torrente Alvo	14090	Viadotto Torrente Alvo esistente

Tabella 6.1: Elenco attraversamenti principali

La verifica idraulica è stata condotta attraverso modellazione in moto permanente, grazie all'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System) versione 5.0.6, sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers. Per una descrizione di tale modello si rimanda all'Allegato 4 alla presente relazione.

Le caratteristiche dei corsi d'acqua analizzati hanno suggerito lo sviluppo di modellazioni monodimensionali.

Il viadotto "Vallone Cerro" non è stato oggetto di specifica modellazione in quanto l'opera attraversa una depressione morfologica caratterizzata da un bacino (0,009 kmq) e da una portata (0,339 mc/s) trascurabili.

Nel rispetto della normativa vigente (si veda par. 3.3):

- quali portate di verifica sono state considerate quelle corrispondenti a tempo di ritorno 200 anni;
- non sono previste pile in alveo;
- sono garantiti franchi ben superiori al minimo (1,50 m) richiesto dalla normativa.

Si riportano nei successivi paragrafi una descrizione delle analisi sviluppate e dei parametri assunti nelle modellazioni, nonché i risultati principali delle elaborazioni; per i dettagli si rimanda all'Allegato 5.

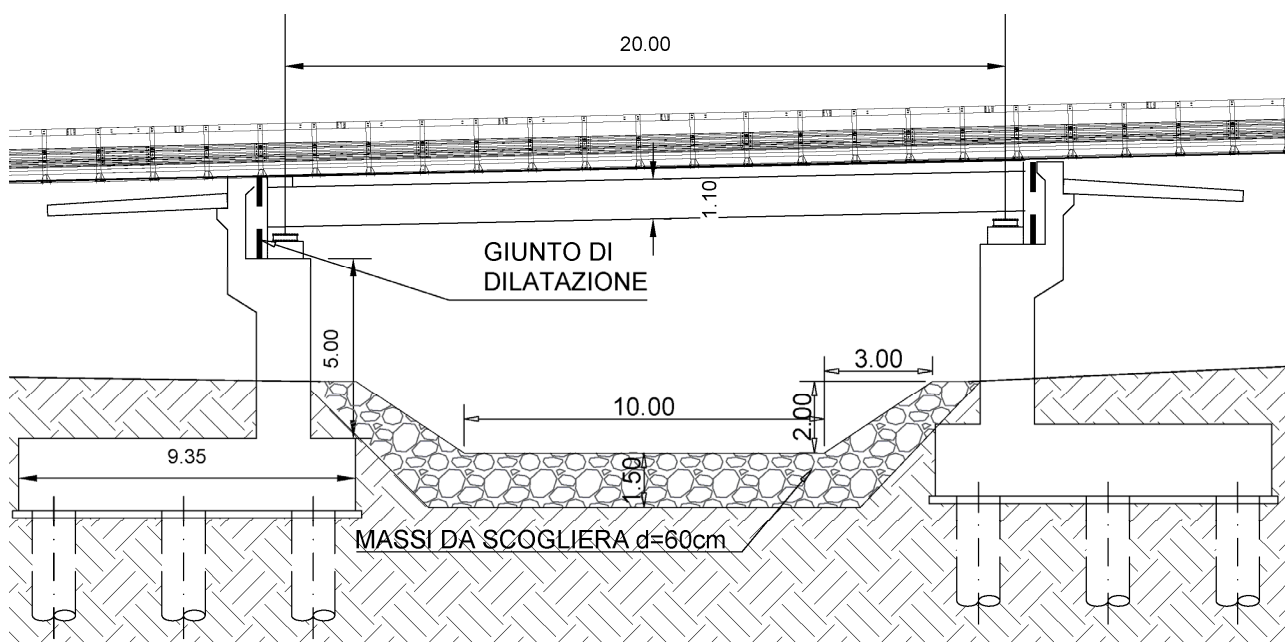
Per le pile interessate dalla corrente di piena è stato previsto un intervento di protezione antiscalzamento con massi da scogliera. Tali interventi sono stati verificati facendo riferimento alla formulazione di Breusers.

6.2. MODELLI DI CALCOLO E VERIFICHE IDRAULICHE

6.2.1. FOSSE RUMMOLO

Il Fosso Rummolo è attraversato da un ponte a campata unica di luce pari a 20 m, posto subito a valle dell'esistente ponte lungo la SS407 "Basentana".

Per evitare divagazioni d'alveo è prevista una sistemazione idraulica del corso d'acqua con massi da scogliera, di lunghezza pari a circa 140 m, che si estende fino a monte del ponte sulla SS407.



E' garantito un franco minimo pari a 3,45 m rispetto al livello idrico della piena duecentennale.

6.2.1.1. Modellazione idraulica

Portate di verifica

E' stata sviluppata la modellazione per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, cui corrispondono portate rispettivamente pari a 43,20 mc/s, 84,80 mc/s e 110,90 mc/s (vedi paragrafo 5.2.2).

La portata di verifica del franco idraulico è quella corrispondente a tempo di ritorno duecentennale.

Coefficiente di scabrezza

Come detto è prevista una sistemazione del corso d'acqua con massi da scogliera. Le aree limitrofe sono caratterizzate dalla presenza di una vegetazione piuttosto fitta.

Sulla base di dati di letteratura sono stati assunti i seguenti valori dei coefficienti di scabrezza di Manning:

- Alveo protetto con massi da scogliera $n = 0,035 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$
- Aree vegetate $n = 0,060 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$

Condizioni al contorno

L'analisi sviluppata è stata un'analisi di moto stazionario di tipo misto (mixed flow). Quali condizioni al contorno di monte e di valle si è assunto l'uguaglianza della pendenza della linea dell'energia con quella di fondo alveo, nell'ipotesi di moto uniforme in corrispondenza delle sezioni estreme a monte ed a valle. Tale pendenza è pari a 0,067 m/m a monte e 0,044 m/m a valle.

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.1.2. Verifica del franco idraulico

Come evidente dalla tabella sottostante, il franco idraulico prescritto dalla normativa vigente è abbondantemente garantito.

SEZ CALCOLO	LIV. IDRICO	QUOTA INTRADOSSO	FRANCO
(-)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)
7	565.40	568.85	3.45

Tabella 6.2: Fosso Rummolo – verifica franco idraulico

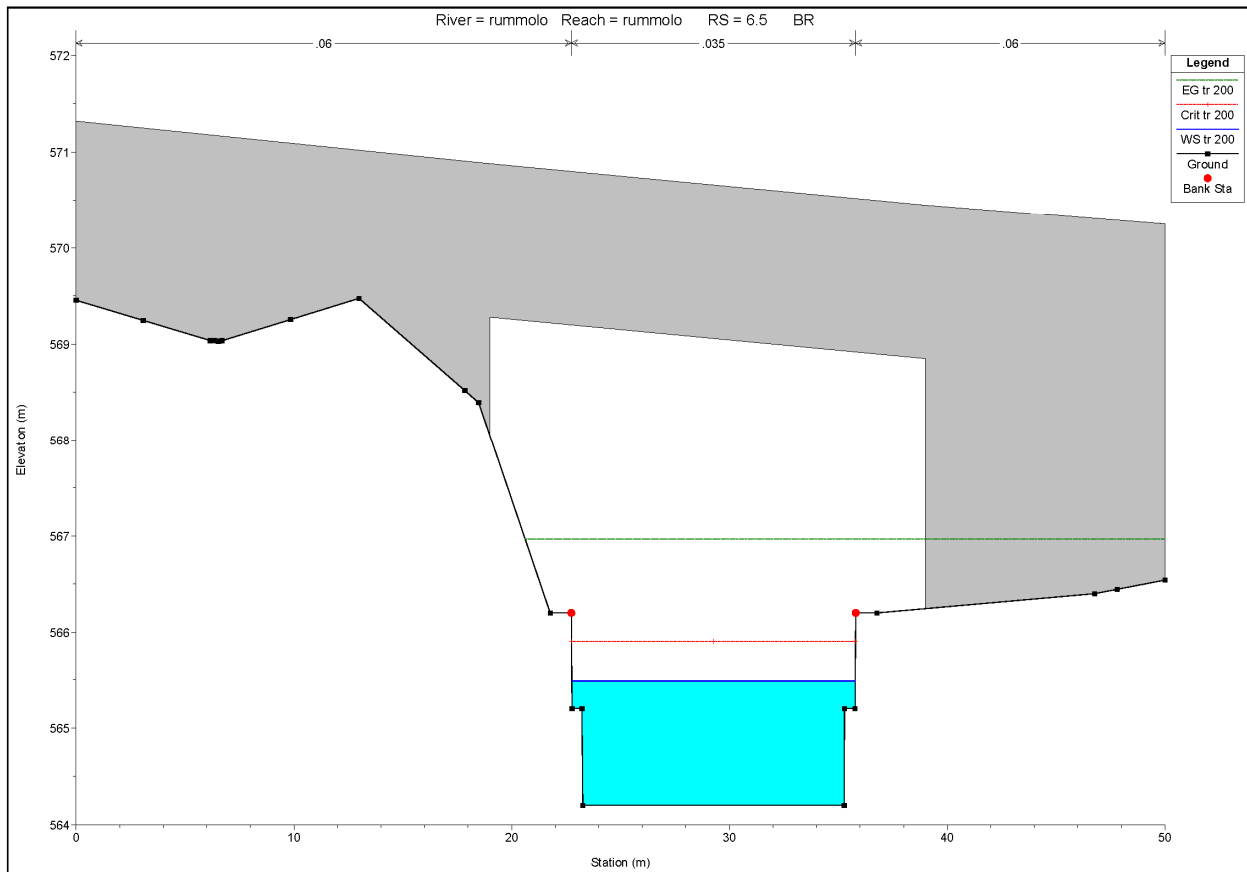


Figura 6.1 : Fosso Rummolo – SEZ.6.5 -in corrispondenza attraversamento in progetto

6.2.1.3. Verifica protezione spondale

Il dimensionamento delle scogliere è stato effettuato grazie al metodo basato sulla teoria delle condizioni di moto incipiente del materiale investito dalla corrente sul fondo e sulle sponde (Teoria di Shields).

Secondo tale metodologia, il moto del materiale di diametro minore o uguale a d_m e peso specifico γ_s ha origine quando la tensione tangenziale τ_0 dovuta alla corrente supera il valore critico τ_{cr} , funzione della dimensione del materiale e delle caratteristiche geometriche dell'alveo.

La tensione tangenziale massima esercitata dalla corrente è espressa dalla relazione:

PROGETTAZIONE ATI:

$$\tau_0 = \xi \cdot \gamma_w \cdot R_h \cdot i$$

con ξ coefficiente che tiene conto della distribuzione delle tensioni tangenziali; è assunto pari a 1 per il fondo alveo e 0.75 in corrispondenza delle sponde;

γ_w è il peso specifico del fluido (N/mc);

R_h è il raggio idraulico (m);

i è la pendenza locale della linea dell'energia che coincide con la pendenza del fondo nel caso in cui il moto possa ritenersi uniforme (m/m).

I valori della τ_0 devono essere confrontati con le tensioni tangenziali critiche che mobilitano il materiale sul fondo e sulle sponde. Il valore critico τ_{cr} che mobilita un masso di diametro d_m con peso specifico γ_s in assenza di coesione ed in regime turbolento ha la seguente espressione, tratta dall'articolo "Criteri di dimensionamento e di verifica delle stabilizzazioni di alveo e di sponda con massi sciolti e massi legati" di Armanini e Scotton, Università degli Studi di Trento - Atti del Corso di Aggiornamento "Moderni criteri di sistemazione degli alvei fluviali" a cura del Politecnico di Milano:

$$\tau_{cr} = (\gamma_s - \gamma_w) d \cdot \left[0.06 \left(1 + 0.67 \sqrt{\frac{d}{y_0}} \right) \right] \cdot \left[\cos \alpha - \frac{\sin \alpha}{\tan \varphi} \right] \cdot \left[\cos \vartheta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \vartheta}{\tan^2 \varphi}} \right]$$

con γ_s peso specifico dei massi costituenti la scogliera, almeno pari a 2,60 t/mc;

γ_w peso specifico del fluido, pari a 1 t/mc;

d diametro di ciascun masso (m);

y_0 tirante idrico (m);

α angolo di inclinazione longitudinale rispetto all'orizzontale (m/m);

ϑ angolo di inclinazione trasversale rispetto all'orizzontale (m/m); sul fondo è pari a 0;

φ angolo di attrito della scogliera, pari a 45°, in base a dati di letteratura.

Tale relazione, a differenza di quella formulata da Shields (la quale è da ritenersi valida nel caso di particelle omogenee, non coesive, su fondo orizzontale, con scabrezza relativa sufficientemente piccola), tiene conto degli effetti legati alla pendenza del fondo alveo, alla pendenza delle sponde ed alla sommergenza d/y_0 relativamente bassa.

I valori caratteristici della corrente utili al dimensionamento delle scogliere sono desunti dalla modellazione idraulica (in particolare sez. 7 del modello di calcolo, che risulta maggiormente sollecitata) per l'evento caratterizzato da tempo di ritorno duecentennale.

Come evidente dalla tabella sottostante massi di diametro d non inferiori a 60 cm, di peso specifico almeno pari a 2.6 tonni/ m³ ed angolo d'attrito non inferiore a 45° sono atti a resistere all'azione di trascinarsi della corrente corrispondente a tempo di ritorno duecentennale, garantendo un elevato grado di sicurezza.

	i	R_h	τ_0	d	y_0	α	θ	τ_{cr}	FS
	(m/m)	(m)	(N/mq)	(m)	(m)	(m/m)	(m/m)	(N/mq)	(-)
Fondo	0.04403	0.95	410.34	0.6	1.20	0.044	0.667	795.35	1.94
Sponda	0.04403	0.95	307.75	0.6	1.20	0.044	0.667	493.25	1.60

Figura 6.2 : Fosso Rummolo – verifica protezione spondale

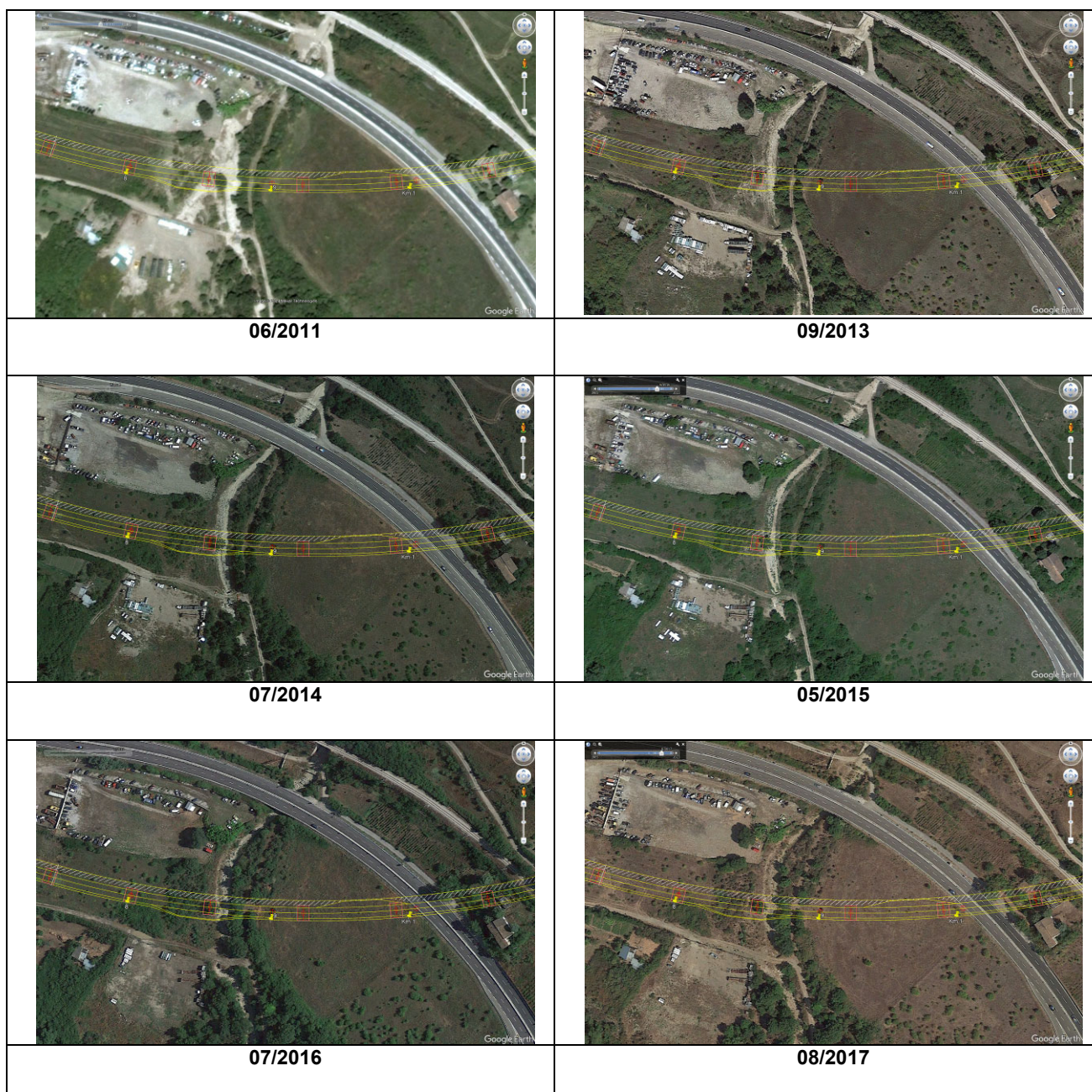
6.2.2. VALLONE TRICARICO

Il Vallone Tricarico è attraversato dall'omonimo viadotto, il quale è caratterizzato da lunghezza complessiva pari a 1974 m, con 47 campate variabili tra 30 e 65 m.

La campata di attraversamento del corso d'acqua, di lunghezza pari a 65 m, permette lo scavalco del torrente senza interferire né con l'alveo né con le aree di esondazioni corrispondenti alla piena duecentennale.

Il corso d'acqua, nel tratto di attraversamento, è caratterizzato da sostanziale stabilità morfologica come evidente dalle foto aeree di seguito riportate, relative al periodo 2011-2023 (fonte: Google Earth).

E' garantito un franco pari a circa 23 m rispetto al livello idrico della piena duecentennale.



PROGETTAZIONE ATI:



6.2.2.1. Modellazione idraulica

Portate di verifica

E' stata sviluppata la modellazione per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, cui corrispondono portate rispettivamente pari a 37,89 mc/s, 77,40 mc/s e 102,58 mc/s (vedi paragrafo 5.2.2). La portata di verifica del franco idraulico è quella corrispondente a tempo di ritorno duecentennale.

Coefficiente di scabrezza

L'alveo del Vallone Tricarico nel tratto oggetto di indagine è caratterizzato da un fondo con materiale lapideo di dimensioni massime pari a circa 15 cm. L'andamento planimetrico è pressoché rettilineo. Non sono presenti depressioni significative. Le zone golenali sono occupate da aree a seminativo.

Sulla base di dati di letteratura sono stati assunti i seguenti valori dei coefficienti di scabrezza di Manning:

- Alveo naturale $n = 0,035 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$
- Aree a seminativo $n = 0,050 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$

Condizioni al contorno

L'analisi sviluppata è stata un'analisi di moto stazionario di tipo misto (mixed flow). Quali condizioni al contorno di monte e di valle si è assunto l'uguaglianza della pendenza della linea dell'energia con quella di fondo alveo, nell'ipotesi di moto uniforme in corrispondenza delle sezioni estreme a monte ed a valle. Tale pendenza è pari a 0,0265 m/m a monte e 0,030 m/m a valle.

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.2.2. Verifica del franco idraulico

Come evidente dalla tabella sottostante, il franco idraulico prescritto dalla normativa vigente è abbondantemente garantito.

SEZ CALCOLO	LIV. IDRICO	QUOTA INTRADOSSO	FRANCO
(-)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)
5	564.78	588.17	23.39

Tabella 6.3: Vallone Tricarico – verifica franco idraulico

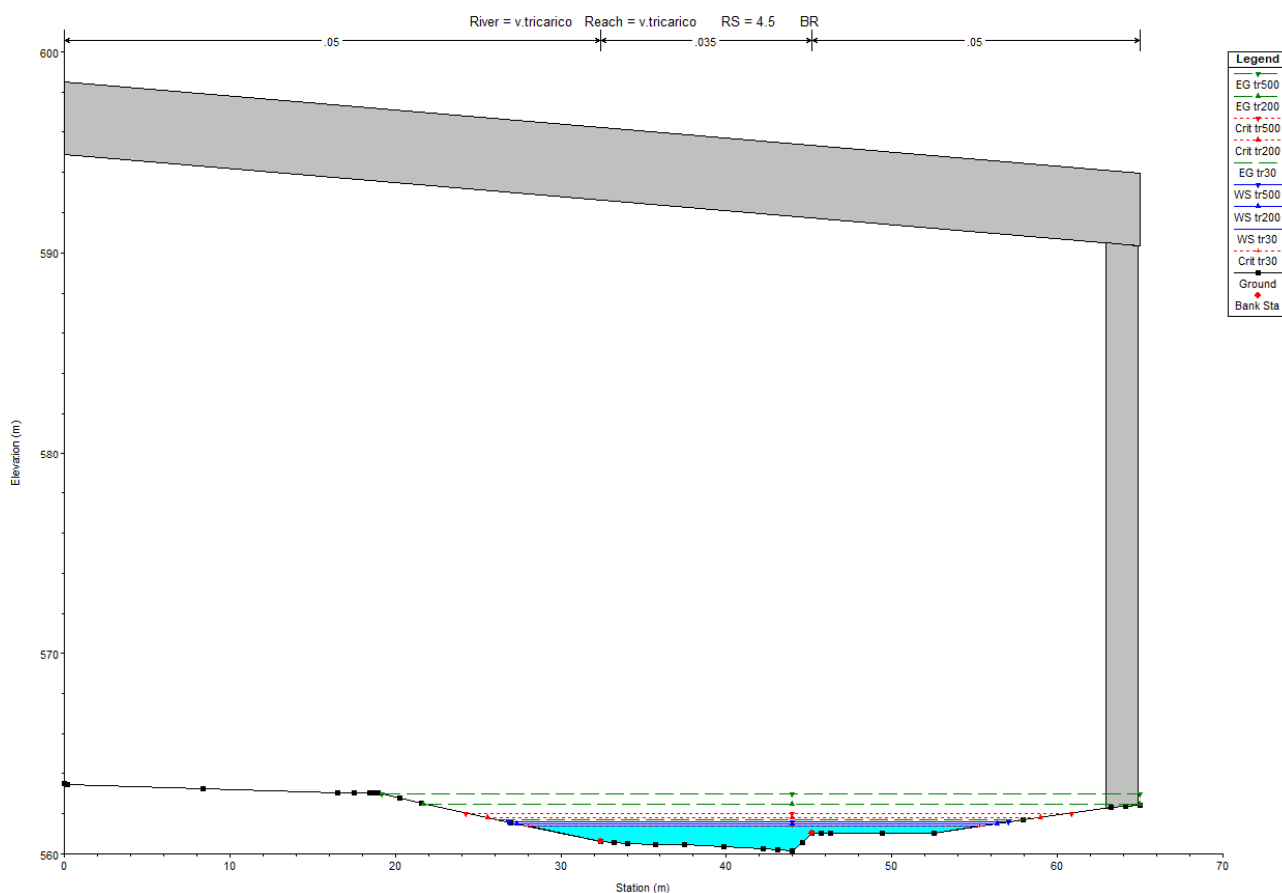


Figura 6.3 : Vallone Tricarico – SEZ.5 -in corrispondenza attraversamento in progetto

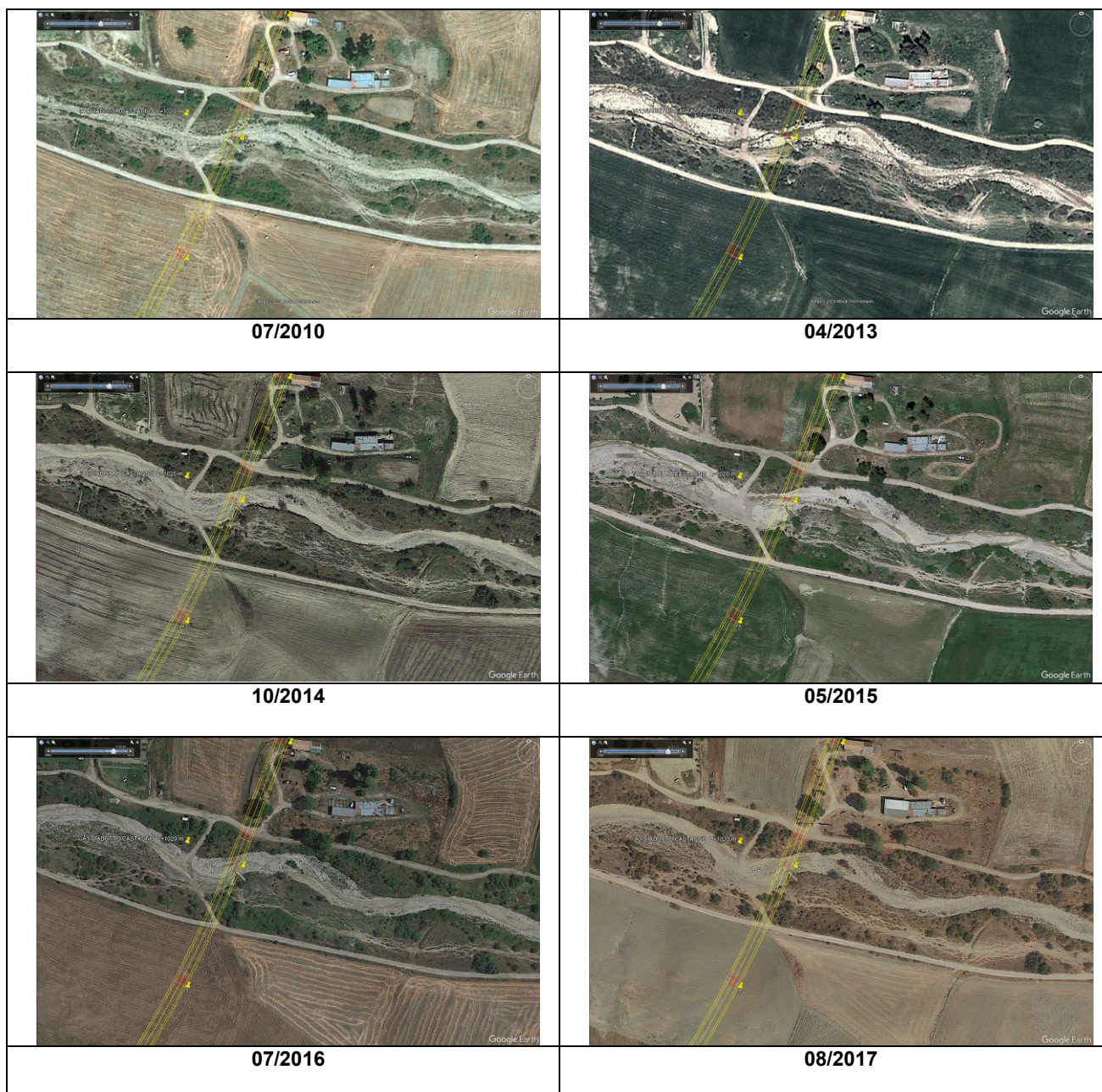
PROGETTAZIONE ATI:

6.2.3. TORRENTE CASTAGNO

Il Torrente Castagno è attraversato dall'omonimo viadotto, il quale è caratterizzato da lunghezza complessiva pari a 1020 m, con 13 campate variabili tra 45 e 120 m.

La campata di attraversamento del corso d'acqua, di lunghezza pari a 120 m, permette lo scavalco del torrente senza interferire né con l'alveo né con le aree di esondazioni corrispondenti alla piena duecentennale; per tale ragione non sono previsti interventi di sistemazione idraulica del corso d'acqua. Il corso d'acqua, nel tratto di attraversamento, è caratterizzato da sostanziale stabilità morfologica, come evidente dalle foto aeree di seguito riportate, relative al periodo 2010-2023 (fonte: Google Earth).

E' garantito un franco pari a circa 71 m rispetto al livello idrico della piena duecentennale.



PROGETTAZIONE ATI:



6.2.3.1. Modellazione idraulica

Portate di verifica

E' stata sviluppata la modellazione per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, cui corrispondono portate rispettivamente pari a 82,46 mc/s, 149,26 mc/s e 189,96 mc/s (vedi paragrafo 5.2.2). La portata di verifica del franco idraulico è quella corrispondente a tempo di ritorno duecentennale.

Coefficiente di scabrezza

L'alveo del Torrente Castagno nel tratto oggetto di indagine è caratterizzato dalla presenza di un materasso alluvionale, con materiale lapideo di dimensioni massime pari a circa 30 cm ed assenza di vegetazione. L'andamento planimetrico è pressoché rettilineo. Non sono presenti depressioni significative. Le zone golenali sono occupate da aree a seminativo.

Sulla base di dati di letteratura sono stati assunti i seguenti valori dei coefficienti di scabrezza di Manning:

- Alveo $n = 0,035 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$
- Aree golenali $n = 0,050 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$

Condizioni al contorno

L'analisi sviluppata è stata un'analisi di moto stazionario di tipo misto (mixed flow). Quali condizioni al contorno di monte e di valle si è assunto l'uguaglianza della pendenza della linea dell'energia con quella di fondo alveo, nell'ipotesi di moto uniforme in corrispondenza delle sezioni estreme a monte ed a valle. Tale pendenza è pari a 0,020 m/m a monte e 0,015 m/m a valle.

6.2.3.2. Verifica del franco idraulico

Come evidente dalla tabella sottostante, il franco idraulico prescritto dalla normativa vigente è abbondantemente garantito.

SEZ CALCOLO	LIV. IDRICO	QUOTA INTRADOSSO	FRANCO
(-)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)
10	399.65	470.66	71.01

Tabella 6.4: Torrente Castagno – verifica franco idraulico

PROGETTAZIONE ATI:

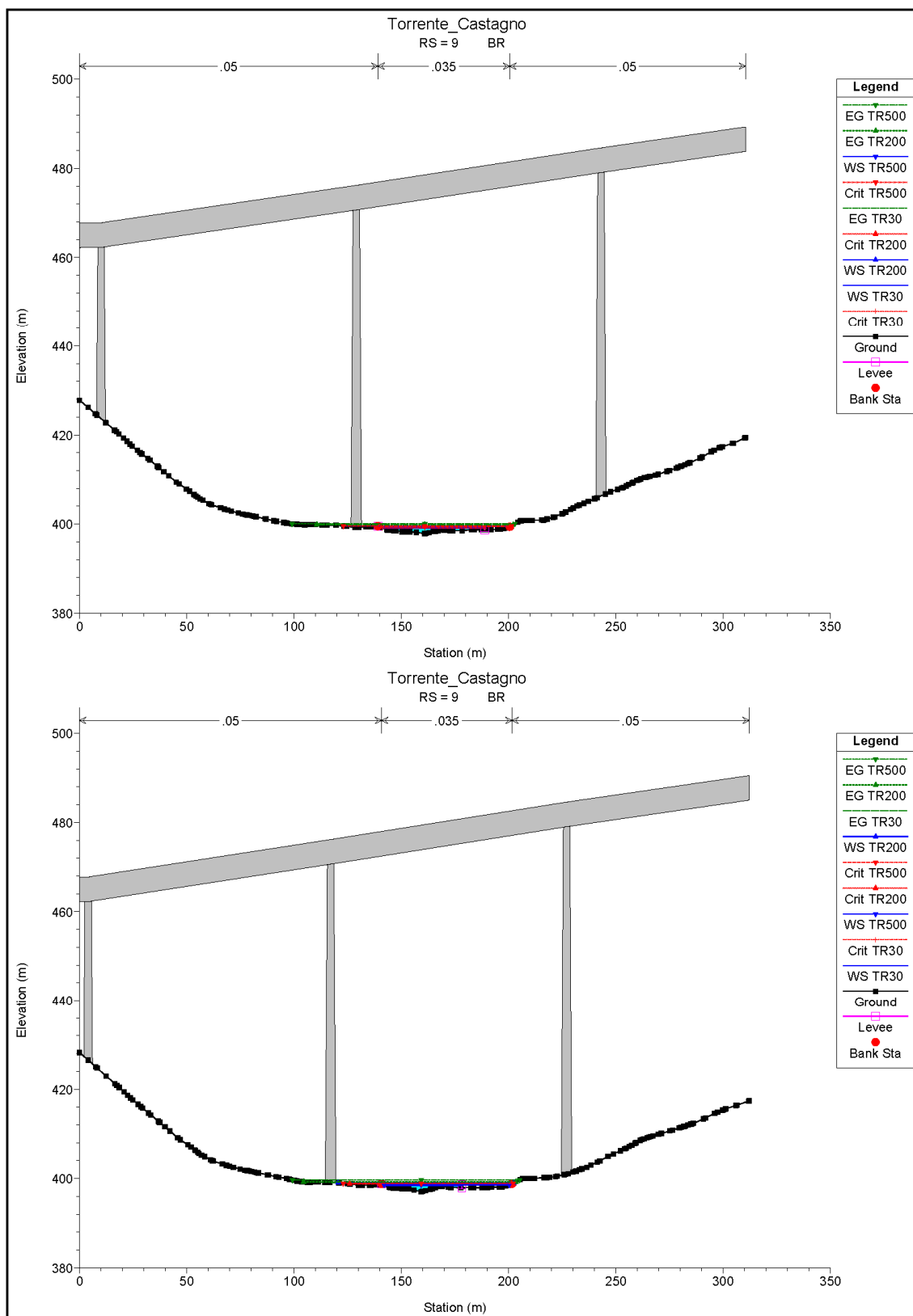


Figura 6.4 : Torrente Castagno – sezioni di monte e di valle (sez. 9) del modello di calcolo in corrispondenza del Viadotto "Castagno"

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.4. FOSSO MEZZANELLE

Il Fosso Mezzanelle è attraversato dall'omonimo viadotto, il quale è caratterizzato da lunghezza complessiva pari a 140 m, con 4 campate di cui quelle centrali da 40 m e quelle di riva da 30 m. La campata di attraversamento del corso d'acqua, da 40 m, permette lo scavalco del fosso senza interferire né con l'alveo né con le aree di esondazioni corrispondenti alla piena duecentennale; per tale ragione non sono previsti interventi di sistemazione idraulica del corso d'acqua. E' garantito un franco pari a circa 10,7 m rispetto al livello idrico della piena duecentennale.

6.2.4.1. Modellazione idraulica

Portate di verifica

E' stata sviluppata la modellazione per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, cui corrispondono portate rispettivamente pari a 4,87 mc/s, 11,58 mc/s e 16,11 mc/s (vedi paragrafo 5.2.2). La portata di verifica del franco idraulico è quella corrispondente a tempo di ritorno duecentennale.

Coefficiente di scabrezza

L'alveo del Fosso Mezzanelle nel tratto oggetto di indagine è caratterizzato dalla presenza di una vegetazione piuttosto fitta. L'andamento planimetrico è pressoché rettilineo. Non sono presenti depressioni significative. Le zone golenali sono occupate da aree a seminativo. Sulla base di dati di letteratura sono stati assunti i seguenti valori dei coefficienti di scabrezza di Manning:

- Alveo $n = 0,060 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$
- Aree golenali $n = 0,050 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$

Condizioni al contorno

L'analisi sviluppata è stata un'analisi di moto stazionario di tipo misto (mixed flow). Quali condizioni al contorno di monte e di valle si è assunto l'uguaglianza della pendenza della linea dell'energia con quella di fondo alveo, nell'ipotesi di moto uniforme in corrispondenza delle sezioni estreme a monte ed a valle. Tale pendenza è pari a 0,108 m/m a monte e 0,071 m/m a valle.

6.2.4.2. Verifica del franco idraulico

Come evidente dalla tabella sottostante, il franco idraulico prescritto dalla normativa vigente è abbondantemente garantito.

SEZ CALCOLO	LIV. IDRICO	QUOTA INTRADOSSO	FRANCO
(-)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)
5	420.59	431.30	10.71

Tabella 6.5: Fosso Mezzanelle – verifica franco idraulico

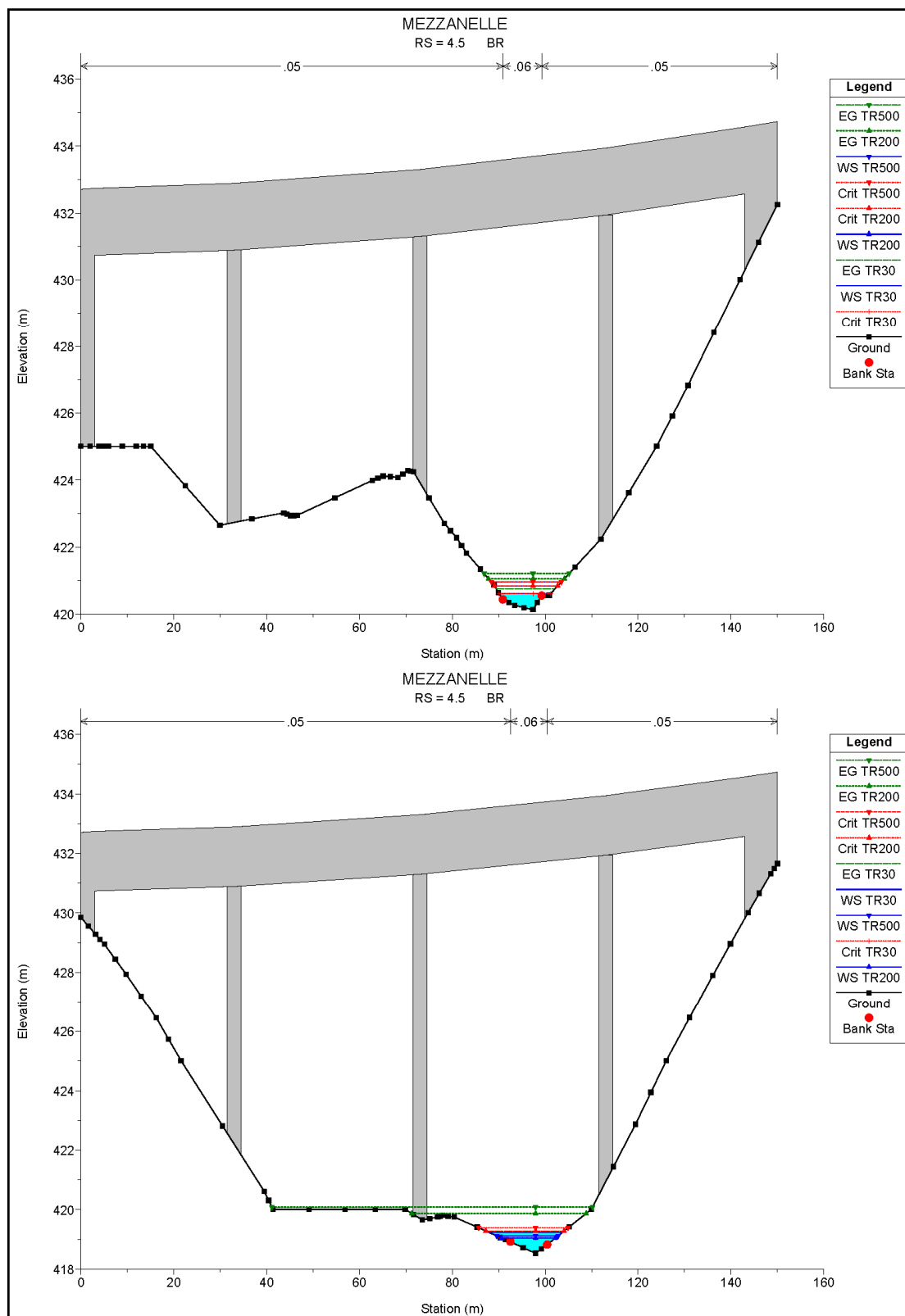


Figura 6.5 : Fosso Mezzanelle – sezioni di monte e di valle (sez. 4.5) del modello di calcolo in corrispondenza del Viadotto "Mezzanelle"

PROGETTAZIONE ATI:

6.2.5. TORRENTE ALVO

Il Torrente Alvo è attraversato dall'omonimo viadotto (esistente), il quale è caratterizzato da lunghezza complessiva pari a 800 m, con 16 campate da 50 m.

L'onda di piena duecentennale interferisce con le 2 pile limitrofe all'alveo (pile 8 e 9) e, pertanto, è stato previsto un intervento di protezione, per la cui verifica si rimanda al par.6.3

E' garantito un franco pari a circa 44 m rispetto al livello idrico della piena duecentennale.

6.2.5.1. Modellazione idraulica

Portate di verifica

E' stata sviluppata la modellazione per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, cui corrispondono portate rispettivamente pari a 180,89 mc/s, 315,92 mc/s e 397,26 mc/s (vedi paragrafo 5.2.2).

La portata di verifica del franco idraulico è quella corrispondente a tempo di ritorno duecentennale.

Coefficiente di scabrezza

L'alveo del Torrente Alvo, nel tratto oggetto di indagine, è caratterizzato in gran parte dalla presenza di un materasso alluvionale, con materiale lapideo di dimensioni massime pari a circa 30 cm e scarsa vegetazione. L'andamento planimetrico è caratterizzato dalla presenza di due ampie anse nel tratto di monte, seguite da un tratto piuttosto rettilineo, ove avviene l'attraversamento in viadotto. Le zone spondali sono occupate da vegetazione piuttosto fitta.

Nelle aree limitrofe all'alveo sono presenti, in poche tratte, aree a seminativo e, nella maggior parte dei casi zone incolte con presenza di vegetazione più o meno fitta.

Sulla base di dati di letteratura sono stati assunti i seguenti valori dei coefficienti di scabrezza di Manning:

- Alveo $n = 0,040 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$
- Sponde con fitta vegetazione $n = 0,060 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$
- Aree a seminativo $n = 0,050 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$
- Aree incolte con vegetazione scarsa $n = 0,040 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$
- Aree incolte con vegetazione fitta $n = 0,060 \text{ s} / \text{m}^{1/3}$

Condizioni al contorno

L'analisi sviluppata è stata un'analisi di moto stazionario di tipo misto (mixed flow). Quali condizioni al contorno di monte e di valle si è assunto l'uguaglianza della pendenza della linea dell'energia con quella di fondo alveo, nell'ipotesi di moto uniforme in corrispondenza delle sezioni estreme a monte ed a valle. Tale pendenza è pari a 0,010 m/m a monte e 0,0078 m/m a valle.

6.2.5.2. Verifica del franco idraulico

Come evidente dalla tabella sottostante, il franco idraulico prescritto dalla normativa vigente è abbondantemente garantito.

SEZ CALCOLO	LIV. IDRICO	QUOTA INTRADOSSO	FRANCO
(-)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)	(m)
7	340.13	384.44	44.31

Tabella 6.6: Torrente Alvo – verifica franco idraulico

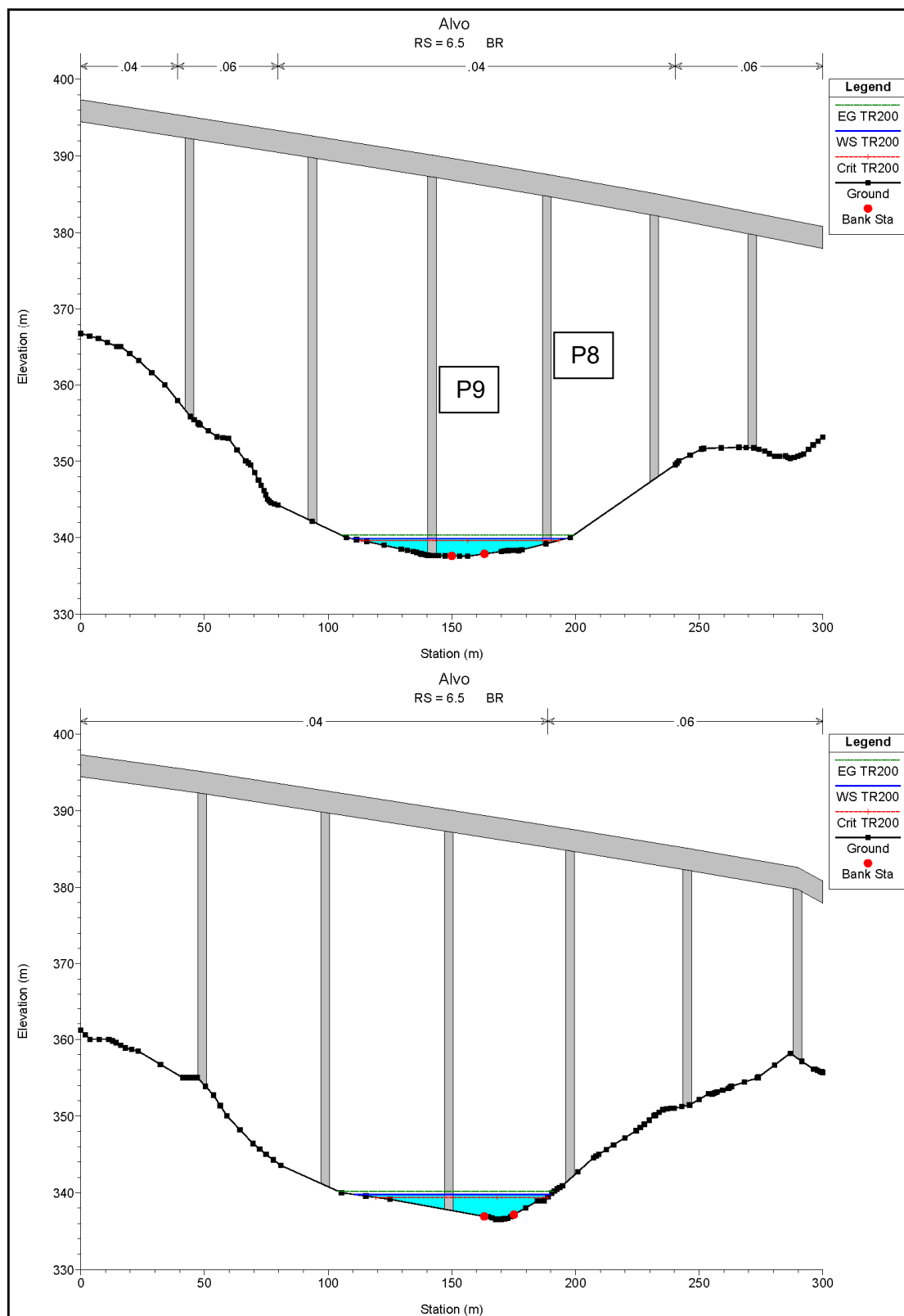


Figura 6.6 : Torrente Alvo – sezioni di monte e di valle (sez. 6.5) del modello di calcolo in corrispondenza del Viadotto "Alvo" (esistente)

PROGETTAZIONE ATI:

6.3. STIMA DEGLI SCALZAMENTI ATTESI IN CORRISPONDENZA DELLE PILE DEI VIADOTTI

La presenza di una pila in alveo, oltre a causare, un incremento della velocità della corrente, per effetto del restringimento della sezione, determina contemporaneamente la formazione di un sistema vorticoso, a forma di ferro di cavallo, che avvolge planimetricamente tutta l'area circostante la pila stessa e che determina, nel caso di alvei costituiti da materiali incoerenti, l'innescarsi di fenomeni di erosione localizzata.

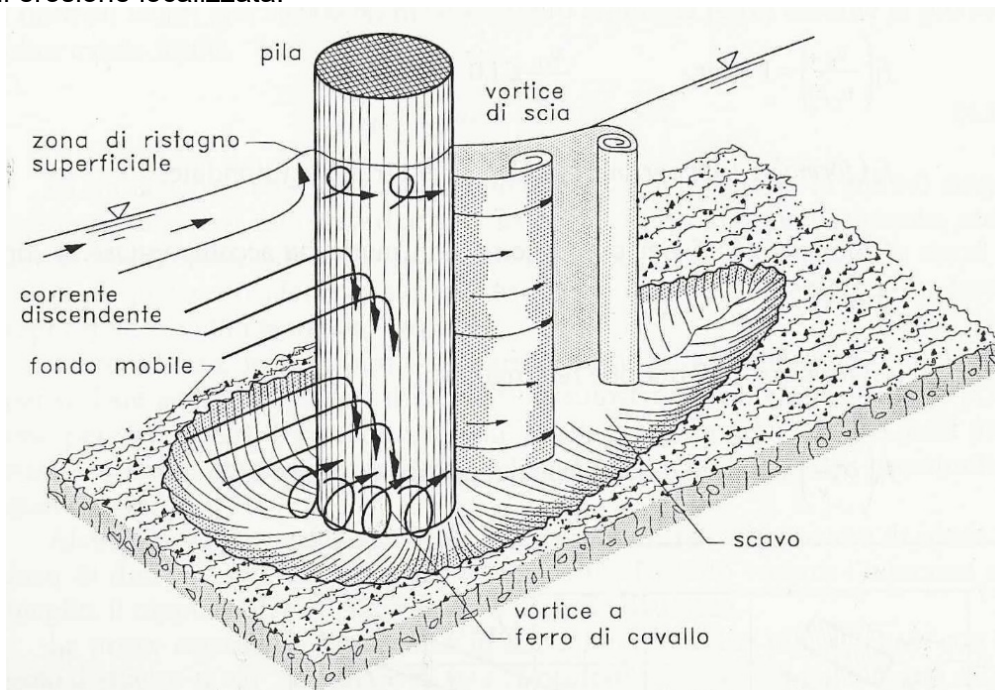


Figura 6.7 : Erosione provocata da una pila da ponte (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

Come evidente da quanto descritto nel paragrafo 6.2, nel presente intervento le uniche pile interessate dall'onda di piena duecentennale e, quindi, soggette a potenziali fenomeni di scalzamento sono le pile P8 e P9 del viadotto "Torrente Alvo", opera esistente.

Il materiale d'alveo, in corrispondenza dell'attraversamento, è caratterizzato da diametro medio pari a circa 2 cm, con presenza di ciottoli di diametro fino a 20-25 cm.



Figura 6.8 : viadotto Torrente Alvo



Figura 6.9 : viadotto Torrente Alvo – foto aerea

PROGETTAZIONE ATI:

Per la valutazione dell'entità del massimo scalzamento atteso d_s in corrispondenza delle pile si fa riferimento alla formulazione di Breusers:

$$\frac{d_s}{s} = f_1\left(\frac{V_o}{V_{cr}}\right) \cdot \left[2 \tanh\left(\frac{y_o}{s}\right)\right] \cdot f_2(forma) f_3\left(\alpha, \frac{l}{s}\right)$$

in cui:

- d_s è la profondità di scavo;
- s è la larghezza della pila;
- V_o è velocità della corrente indisturbata dalla presenza della pila;
- V_{cr} è la velocità critica di trascinamento, intesa come valor medio della velocità della corrente in corrispondenza del quale si ha l'incipienza del moto del materiale costituente il fondo;
- α è l'angolo che la direzione della corrente forma con l'asse della pila;
- y_o è la profondità della corrente indisturbata;
- l è la lunghezza della pila;
- f_1, f_2, f_3 coefficienti adimensionali.

La velocità critica V_c viene espressa attraverso la seguente relazione, derivata dalla teoria di Shields:

$$V_c = K_s R_H^{1/6} \sqrt{C^* \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1\right)} \cdot \sqrt{d_{50}}$$

in cui:

- K_s è il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, assunto pari a $35m^{1/3}/s$;
- R_H è il raggio idraulico;
- C^* è il coefficiente di Shields pari a 0,06;
- γ_s è il peso specifico dei ciottoli (2650 kg/mc);
- γ è il peso specifico dell'acqua (1000 kg/mc);
- d_{50} è il diametro medio dei ciottoli.

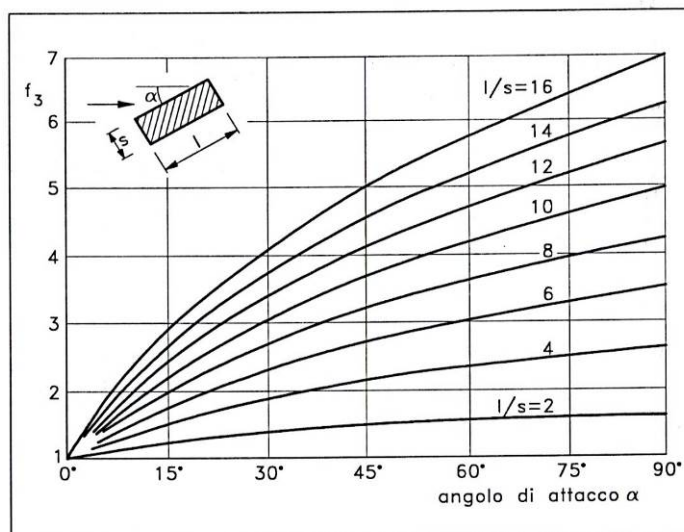
mentre il coefficiente $f_1 = f_1(V_o/V_c)$ è pari a:

- $f_1 = 0$ per $V_o/V_c \leq 0.5$
- $f_1 = 2 * V_o/V_c - 1$ per $0.5 < V_o/V_c \leq 1.0$
- $f_1 = 1$ per $V_o/V_c > 1.0$

Il coefficiente f_2 dipende dalla forma della pila e vale:

- $f_2 = 1,00$ per pile circolari o con fronti arrotondati
- $f_2 = 0,75$ per pile sagomate in modo da accompagnare la corrente
- $f_2 = 1,30$ per pile rettangolari

Il coefficiente f_3 è ricavabile dal grafico seguente.



Nel caso in cui il plinto di fondazione venga messo allo scoperto dall'erosione, le dimensioni maggiori e le forme più tozze provocano un ulteriore scalzamento. In tal caso il calcolo di d_s va ripetuto considerando le dimensioni del plinto invece che quelle della pila.

Dall'analisi degli elaborati "as-built" relativi al viadotto "Torrente Alvo" (si veda el. T00VI05STRDI01 e T00VI05STRDI02), emerge che l'estradosso dei plinti di fondazione è posto a circa 2,5m dal piano campagna.

E' stato pertanto condotto il calcolo dello scalzamento prima considerando la larghezza delle pile, pari a 3,5 m e, successivamente, nel caso in cui lo scalzamento previsto risulti maggiore di 2,5m, considerando la larghezza del plinto di fondazione, pari a 12,00m.

PILA	y_0	R_H	d_{50}	V_c	V_o	V_o / V_c	f_1	f_2	f_3	s	d_s
	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(-)	(-)	(-)	(-)	(m)	(m)
P9	2,24	2,24	0,02	1,78	2,76	1,55	1,00	1,30	1,00	3,50	5,14
P9	2,24	2,24	0,02	1,78	2,76	1,55	1,00	1,30	1,00	12,00	5,76
P8	0,97	0,97	0,02	1,55	2,47	1,59	1,00	1,30	1,00	3,50	2,46

Tabella 6.7: calcolo scalzamento in corrispondenza delle pile P8 e P9 del viadotto "T. Alvo"

Come evidente dalla tabella sopra riportata, gli scalzamenti attesi in corrispondenza della pila P8 sono tali da non interessare il plinto di fondazione mentre in corrispondenza della pila P9 raggiungono i pali di fondazione.

Per entrambe le pile si prevede un intervento di protezione antiscazzamento con impiego di massi di dimensioni medie pari a 50 cm.

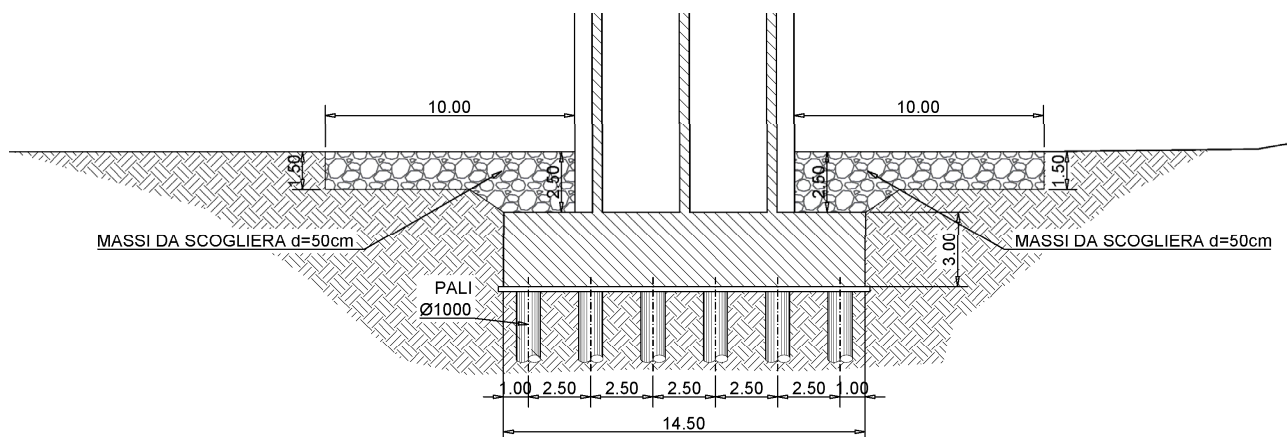


Figura 6.10 : intervento di protezione delle pile P8-P9 – viadotto "T. Alvo"

Come evidente dalla tabella sottostante, la velocità della corrente indisturbata V_o risulta inferiore a 0,5 volte la velocità critica v_c , dunque, essendo $f_1=0$, non si ha scalzamento: la protezione prevista è tale da resistere all'azione erosiva della piena duecentennale del Torrente Alvo.

PILA	R_H	d_{50}	V_c	V_o	V_o / V_c
	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(-)
P9	2,24	0,50	8,91	2,76	0,31
P8	0,97	0,50	7,75	2,47	0,32

Tabella 6.8: verifica protezione in massi pile P8 e P9 del viadotto "T. Alvo"

7. ATTRAVERSAMENTI SECONDARI: TOMBINI

Gli ulteriori attraversamenti sono realizzati per mezzo di tombini scatolari in c.a. di dimensioni pari a 1.50x1.50 m, 2.00 x 1.50 m, 3.00 x 2.00 m, 4.00 x 3.00 m, 5.00x 2.00 m, 5.00 x 3.00 m e per mezzo di tombini circolari in c.a. di diametro interno 1500 mm.

I tratti a monte e a valle dei tombini sono protetti da fenomeni erosivi con massi cementati.

Per i tombini a pk 4+014, 12+801, 17+184, in cui le caratteristiche dei bacini di monte sono tali da potere essere interessati dal fenomeno di trasporto di detriti galleggianti (portate superiori a 10 mc/s e presenza di vegetazione arborea-arbustiva) è prevista la disposizione, a monte dell'imbocco, di una briglia a pettine con varice, accessibile dai mezzi di manutenzione.

Le opere in progetto rispettano quanto prescritto dalla normativa vigente (in particolare Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (G.U. n.5 del 21/01/2019) - – cap. 5.1. Ponti stradali – Comma 5.1.2.3 "Compatibilità idraulica" – si veda par. 3.3). In particolare:

- l'evento assunto a base del progetto ha tempo di ritorno pari a 200 anni;
- il tirante idrico non supera i 2/3 dell'altezza della sezione ed è garantito comunque un franco minimo di 0,50 m; tali valori sono garantiti anche nel tratto immediatamente a monte del tombino;
- il calcolo idraulico tiene conto delle condizioni nel tratto di corso d'acqua a valle del tombino;
- i tratti di corso d'acqua immediatamente prospicienti l'imbocco e lo sbocco del manufatto sono protetti da fenomeni di scalzamento ed erosione
- 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

Per verificare l'idoneità del dimensionamento delle opere idrauliche, in attraversamento del corpo stradale, si è stimata l'altezza d'acqua a monte e a valle dell'opera ed all'interno della canna, considerando le caratteristiche geometriche dell'opera e le portate massime defluenti.

La verifica idraulica è stata eseguita tramite l'uso del codice di calcolo HY-8; per una sua descrizione si rimanda all'Allegato 6.

Nell'analisi del deflusso nel tombino ci si riferisce alle condizioni di moto generalmente indicate con "inlet control" ed "outlet control".

Per la stima dei livelli idrici si considera in condizioni di controllo da monte "inlet control" la portata di progetto e la geometria dell'opera d'ingresso (forma e area della sezione). Mentre in condizioni con controllo da valle "outlet control" i livelli si valutano in considerazione della scabrezza, della lunghezza della canna e di eventuali livelli idrici a valle. Il tirante idrico nella sezione del ricettore di valle è calcolato in condizioni di moto uniforme. La capacità di deflusso del tombino in questo caso è limitata dalle condizioni di valle o dalla capacità di portata della canna.

Per ciascun tombino, è stata eseguita la verifica nelle due condizioni di funzionamento (inlet e outlet control), evidenziando in base alle condizioni al contorno ed ai risultati, quello più rappresentativo per il tombino in esame, ossia il più elevato tra i risultati ottenuti. Si evidenzia inoltre l'altezza idrica lungo la canna.

I risultati riportati in Tabella 7.1 attestano l'idoneità del dimensionamento dei tombini poiché i livelli idrici all'imbocco, definiti con un funzionamento con controllo in Inlet Control non superano i 2/3 dell'altezza dell'opera ed il franco è sempre superiore a 0,5 m.

Per una consultazione di dettaglio dei tabulati di calcolo si rimanda all'Allegato 7.

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	OPERA ATTR.	Q(T=200)	TIR.IDR.MAX	G.R.	FRANCO
				(mc/s)	(m)	(%)	(m)
5	Acque versante	2779	Tombino 2.00x1.50	1.697	0.704	46.93%	0.80
6	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3033	Tombino 4.00x3.00	8.464	1.242	41.40%	1.76
7	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3833	Tombino 4.00x3.00	4.356	0.798	26.60%	2.20
8	Vallone Tricarico	4014	Tombino 4.00x3.00	10.378	1.423	47.43%	1.58
9	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7067	Tombino 2.00x1.50	2.398	0.880	58.67%	0.62
10	Acque versante - Sx Vallone della Botte	7400	Tombino 2.00x1.50	1.120	0.534	35.60%	0.97
12	Acque versante - Sx Vallone della Botte	8914	Tombino 1.50x1.50	0.482	0.362	24.13%	1.14
14	Fosso Loc. Masseria D'Erario	10370	Tombino 4.00x3.00	3.805	0.729	24.30%	2.27
16	Affl. Fosso Mezzanelle	10952	Tombino 4.00x3.00 + sistemazione idraulica	5.369	0.917	30.57%	2.08
17	Acque versante SC 3 Ponti - Pozzillo	SC 3Ponti-Pozzillo	Tombino 1.50x1.50	2.014	0.945	63.00%	0.56
18	Acque versante	11389	Tombino 2.00x2.00	2.445	0.863	43.15%	1.14
19	Affl. Vallone Girifuolo	11893	Tombino 4.00x3.00 + sistemazione idraulica	7.421	1.164	38.80%	1.84
20	Acque versante	12096	Tombino 1.50x1.50	0.751	0.495	33.00%	1.01
21	Affl. Vallone Girifuolo	12801	Tombino 5.00x3.00	23.058	1.979	65.97%	1.02
23	Fosso Masseria Pastore	15320	Tombino 5.00x2.00	12.743	1.315	65.75%	0.69
24	Fosso Gambarara	16385	Tombino 5.00x3.00	20.226	1.808	60.27%	1.19
25	Acque versante	16626	Tombino D1500	0.606	0.53	35.60%	0.97
26	Fosso Masseria Lancieri	16957	Tombino 5.00x2.00	12.760	1.330	66.50%	0.67
27	Fosso Contrada Picone	17184	2 tombini(5.00x3.00)	46.082	1.978	65.93%	1.02

Tabella 7.1: Tombini - verifiche

8. SISTEMA DI RACCOLTA E SMALTIMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA E DI VERSANTE

Nel presente paragrafo si fornisce una descrizione delle opere di drenaggio della piattaforma stradale, fornendo gli elementi ed i criteri utili per il corretto dimensionamento e verifica delle stesse.

In ragione del fatto che:

- gli acquiferi interessati dal tracciato sono caratterizzati in larga parte da bassa vulnerabilità essendo contraddistinti da permeabilità bassa o medio-bassa;
- il tracciato attraversa corsi d'acqua minori, a carattere spiccatamente torrentizio, in gran parte semplici incisioni all'interno di aree agricole;
- fa eccezione il Torrente Castagno, caratterizzato da portate maggiormente consistenti e da un materasso alluvionale di larghezza pari a circa 30 m, ad alta vulnerabilità;

è stata ritenuta opportuna l'adozione di un sistema di drenaggio di tipo chiuso in corrispondenza del viadotto "Castagno", di attraversamento del torrente omonimo, per una lunghezza complessiva di circa 1050 m. Tale sistema è caratterizzato dall'intercettazione e dal conferimento di tutte le acque di piattaforma in un opportuno presidio idraulico, disposti a monte del recapito, che assolve alla funzione di accumulo di eventuali sversamenti accidentali ed al trattamento di sedimentazione e disoleazione delle acque di prima pioggia.

In corrispondenza dell'imbocco Nord della galleria "Valico di Pazzano", inoltre, si prevede la disposizione di una vasca di raccolta degli sversamenti accidentali in galleria.

Gli schemi della rete di smaltimento sono studiati per consentire lo scarico a gravità delle acque di drenaggio verso i recapiti finali costituiti dai corsi d'acqua naturali limitrofi al tracciato.

In merito al dimensionamento, è opportuno, tenuto conto dell'importanza delle opere da realizzare e della necessità di garantire un facile allontanamento delle acque dalle pavimentazioni, assumere dati di progetto che assicurino le migliori condizioni di esercizio.

Nel calcolo del drenaggio delle acque di piattaforma, la sollecitazione meteorica assunta alla base del progetto è quella corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 50 anni; per essa è stato verificato che tutti gli elementi idraulici di drenaggio raggiungano un grado di riempimento massimo compatibile con la funzione svolta.

8.1. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA E DI VERSANTE

Nel seguito vengono delineate le principali tipologie di opere di drenaggio in relazione alle specifiche applicazioni.

8.1.1. SEZIONE IN RILEVATO

La soluzione adottata consiste nello scarico dei deflussi meteorici provenienti dalla piattaforma, attraverso gli embrici, in fossi di guardia rivestiti in cls collocati al piede dei rilevati.

In generale, la geometria del fosso è di tipo trapezoidale con larghezza di base ed altezza variabile tra 30 e 80 cm e sponde aventi pendenza pari a 1/1.

Gli embrici vengono sistemati lungo le scarpate ad un interasse compreso tra 10 e 20 m.

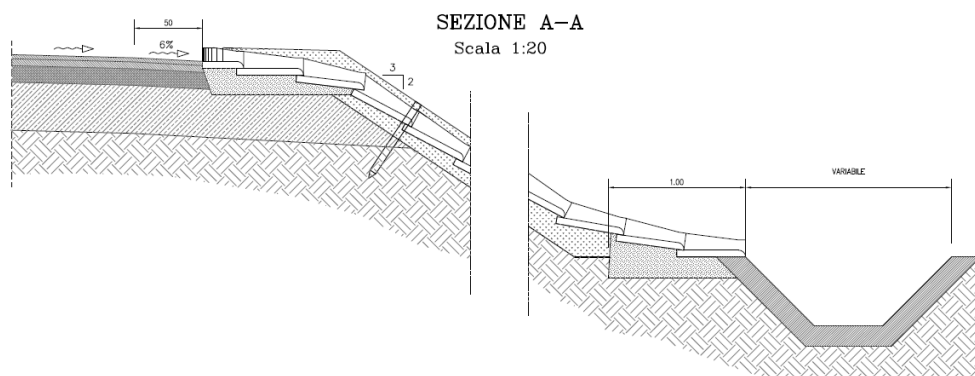


Figura 8.1 – sistema di drenaggio – sezione in rilevato

8.1.2. SEZIONE IN TRINCEA

Nei tratti al piede delle trincee è prevista l'esecuzione, in fregio alla pavimentazione stradale, di cunette alla francese in cls di larghezza 1,0 m, con eventuale sottostante tubazione di collettamento.

Le acque raccolte dalla cunetta saranno trasferite per mezzo di caditoie poste ad interasse pari a 25 m, protette da griglie carrabili sagomate come la stessa cunetta, alla sottostante tubazione di allontanamento in PEAD.

Lungo il ciglio delle scarpate artificiali, per il drenaggio delle acque provenienti dai versanti naturali, sono previsti fossi di guardia rivestiti in cls di tipo trapezoidale.

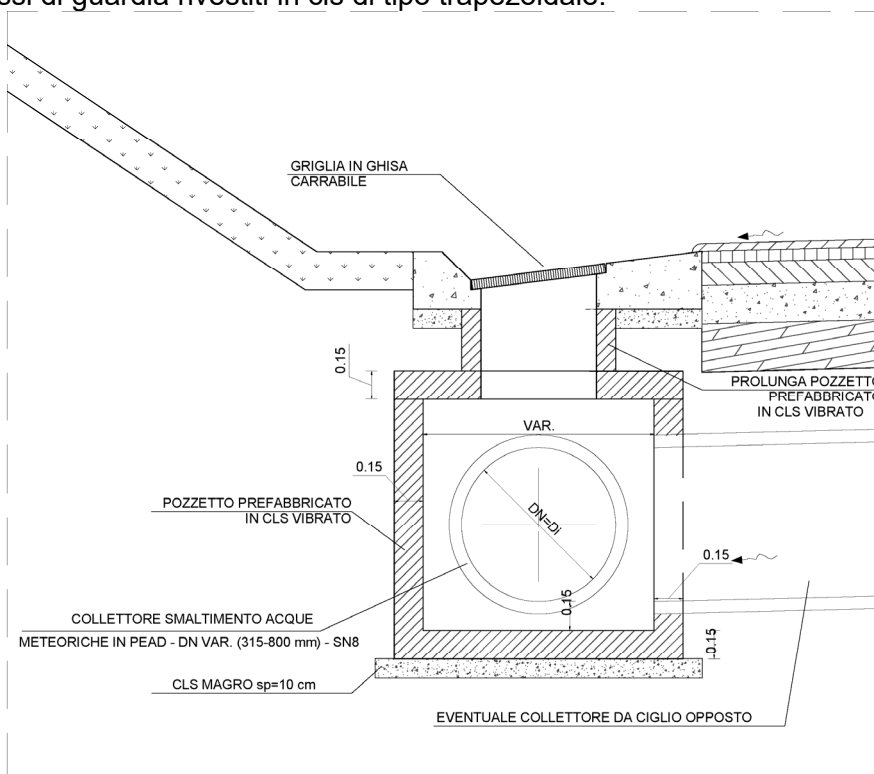


Figura 8.2 – sistema di drenaggio – sezione in trincea

8.1.3. SEZIONI IN VIADOTTO

Nei tratti in viadotto lo scarico dei deflussi meteorici provenienti dalla piattaforma avviene attraverso caditoie grigliate in ghisa sferoidale di dimensioni esterne 30x30 cm, poste a chiusura di pozzetti e tubazioni di scarico in acciaio zincato. Tali elementi sono raccordati a collettori in acciaio zincato di diametro variabile per mezzo di innesti a sella in gomma EPDM.

Le acque così raccolte sono scaricate al piede delle pile per mezzo di pluviali in acciaio zincato.

Per il Viadotto "Torrente Castagno", in cui è previsto un sistema di raccolta delle acque di piattaforma di tipo "chiuso", i collettori corrono lungo l'intera opera e trovano recapito in una vasca di prima pioggia posta in prossimità della spalla 2 (si veda el. T00ID02IDRPP02_B – "Planimetria idraulica").

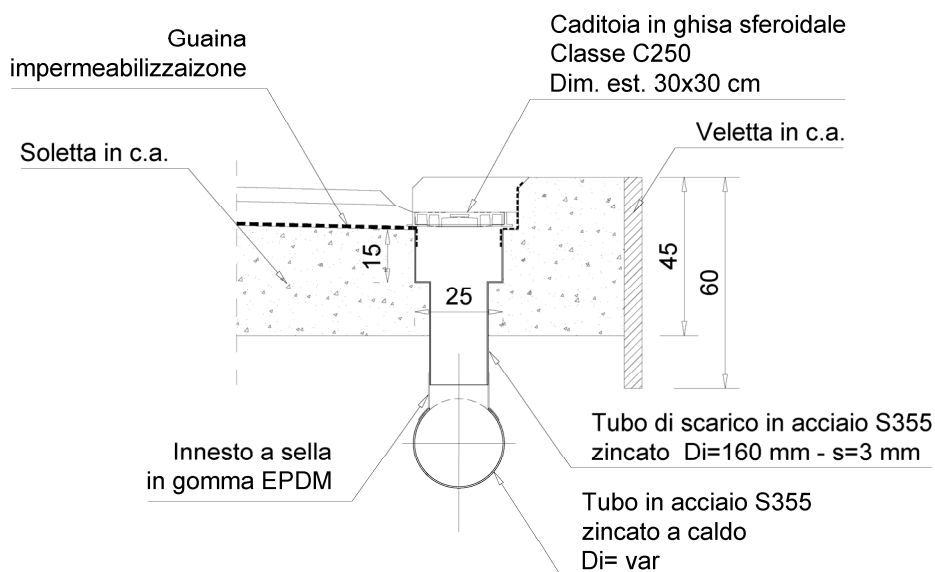


Figura 8.3 – sistema di drenaggio – sezione in viadotto

8.1.4. SEZIONI IN GALLERIA

La galleria "Valico di Pazzano" è dotata di:

- un sistema di raccolta delle acque ipogee;
- un sistema di raccolta delle acque sull'arco rovescio;
- un sistema di raccolta delle acque di piattaforma.

Il sistema di raccolta delle acque ipogee comprende:

- impermeabilizzazione costituita da telo in PVC e telo in TNT;
- tubazioni in PEAD microfessurate di diametro 120 mm connesse al sistema di impermeabilizzazione;
- ad interasse pari a 25 m le acque così raccolte vengono recapitate a collettori in PEAD di diametro 250 mm che corrono a bordo banchina e recapitano le acque fuori dalla galleria, in corrispondenza dell'imbocco Nord

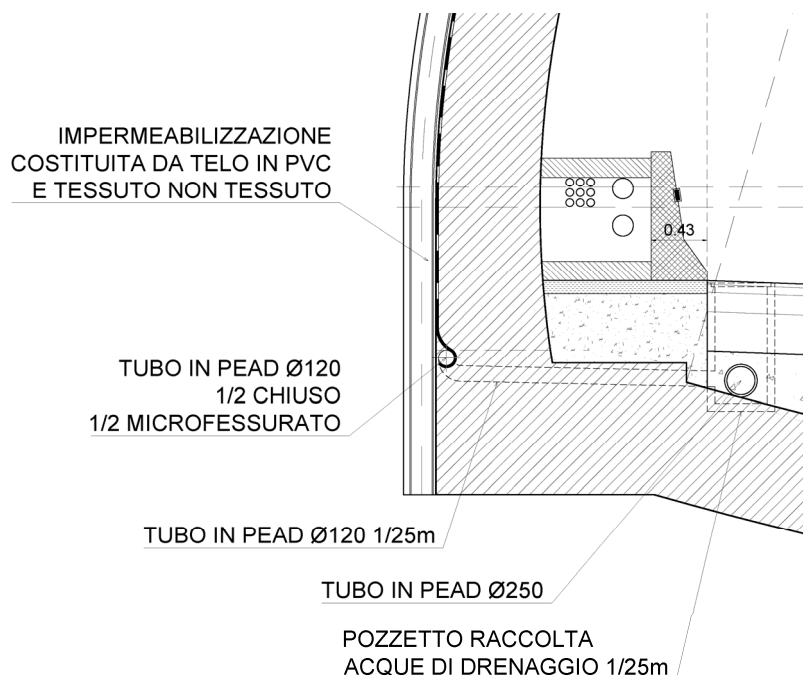


Figura 8.4 – Galleria – sistema di raccolta acque ipogee

Il sistema di raccolta delle acque sull'arco rovescio è costituito da una tubazione microfessurata autoportante di diametro 200 mm.

Il sistema di raccolta delle acque di piattaforma è costituito da tubazioni correnti a bordo strada di diametro ϕ 250 mm in PEAD, dotate di pozzetti sifonati frangifiamma, installati ad interasse pari a 25 m.

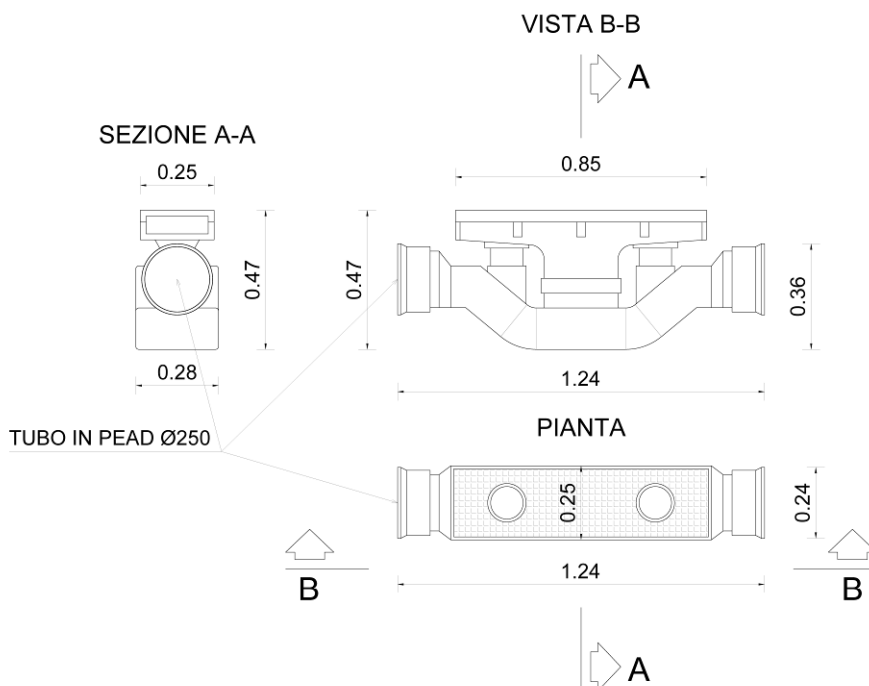


Figura 8.5 – Galleria – pozzetti sifonati di raccolta delle acque di piattaforma

PROGETTAZIONE ATI:

Tale sistema si propone principalmente l'obiettivo di raccogliere eventuali fluidi inquinanti provenienti da sversamenti accidentali e di dare continuità al sistema di convogliamento delle acque di piattaforma verso la vasca di sversamento accidentale.

I pozzetti sifonati dovranno avere le seguenti funzioni:

- consentire la raccolta delle acque dalla piattaforma ed il relativo deflusso attraverso la condotta di drenaggio;
- consentire l'arresto del passaggio di liquidi pericolosi ed infiammabili attraverso la condotta mediante sistema a sifone;
- realizzare una barriera frangifiamma / frangifumo in caso di penetrazione di liquidi infiammabili incendiati attraverso i pozzetti.

In corrispondenza dell'imbocco Nord è prevista l'installazione di una vasca di volume pari a 50 mc, di raccolta dello sversamento accidentale.

8.1.5. VASCA DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA E DI RACCOLTA SVERSAMENTI ACCIDENTALI

Come descritto in precedenza, il tratto in corrispondenza del Viadotto "Castagno" è dotato di un sistema di raccolta delle acque di piattaforma di tipo "chiuso" che trova recapito in una vasca di "prima pioggia" posta in prossimità della spalla 2 del viadotto.

Il sistema è costituito da un manufatto in c.a. interrato ripartito in più vani attraverso i quali si realizza il processo di raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia.

Il primo vano a pianta quadrata riceve le acque meteoriche in arrivo. Sono presenti due stramazzi impostati a quote differenti in modo che superato un certo valore di portata in ingresso (portata di progetto) si ottiene lo stramazzo direttamente verso lo scarico.

Le acque di prima pioggia proseguono attraverso una griglia in acciaio ed un setto di smorzamento verso l'ingresso nella vasca di disoleatura. La trattenuta delle sostanze flottate (oli, idrocarburi, ecc...) si realizza mediante un setto sotto battente posto nella parte terminale della vasca di disoleatura. L'acqua trattata si avvia successivamente al recapito finale mediante una seconda tubazione in uscita.

Nella suddetta vasca di disoleatura si realizza, ovviamente, oltre che la flottazione delle sostanze leggere, anche la sedimentazione delle sostanze pesanti.

Entrambi i residui andranno periodicamente rimossi dalla vasca di disoleatura mediante l'utilizzo di idonei mezzi di immagazzinamento e trasporto.

Con tale sistema nel contempo sarà possibile fare fronte ad eventuali sversamenti accidentali potenzialmente inquinanti. Questi infatti verranno temporaneamente raccolti nella stessa vasca di disoleatura con la possibilità da parte del gestore dell'impianto di prelevare in condizioni di sicurezza lo sversamento per destinarlo alla tipologia di smaltimento più idonea.

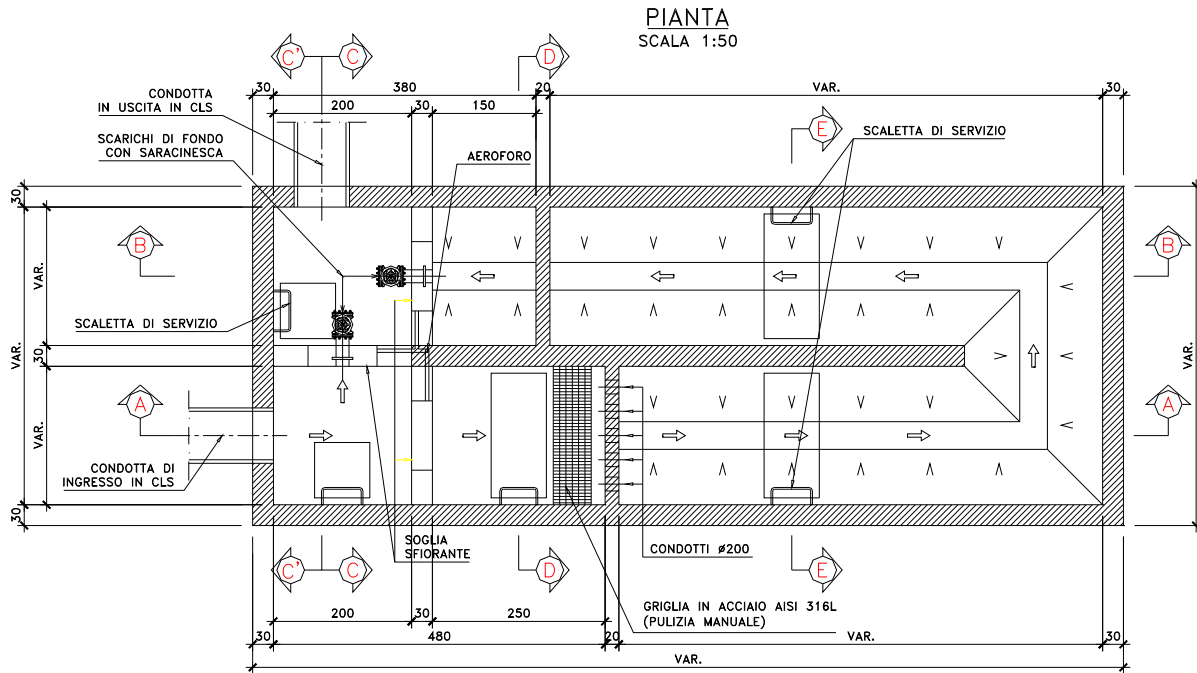


Figura 8.6 – Vasca di trattamento delle acque di piattaforma – pianta

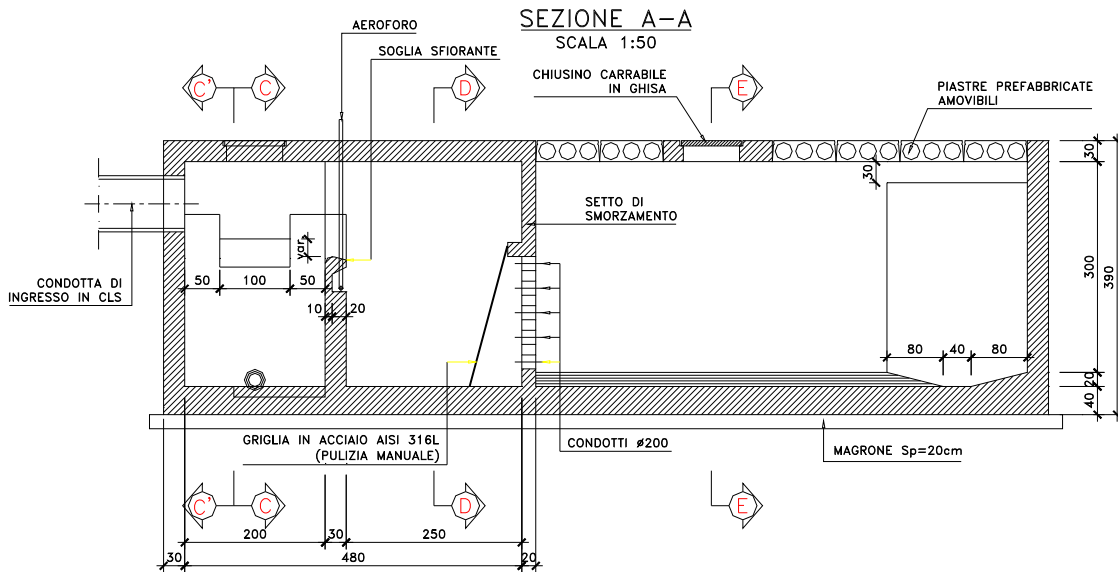


Figura 8.7 – Vasca di trattamento delle acque di piattaforma – sezione longitudinale A-A

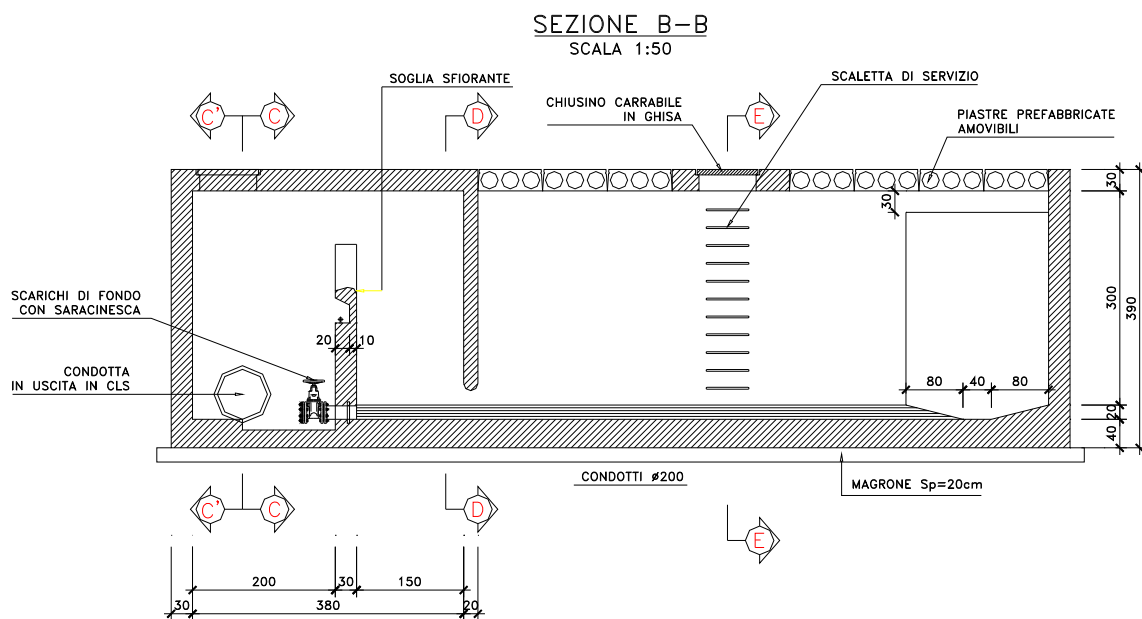


Figura 8.8 – Vasca di trattamento delle acque di piattaforma – sezione longitudinale B-B

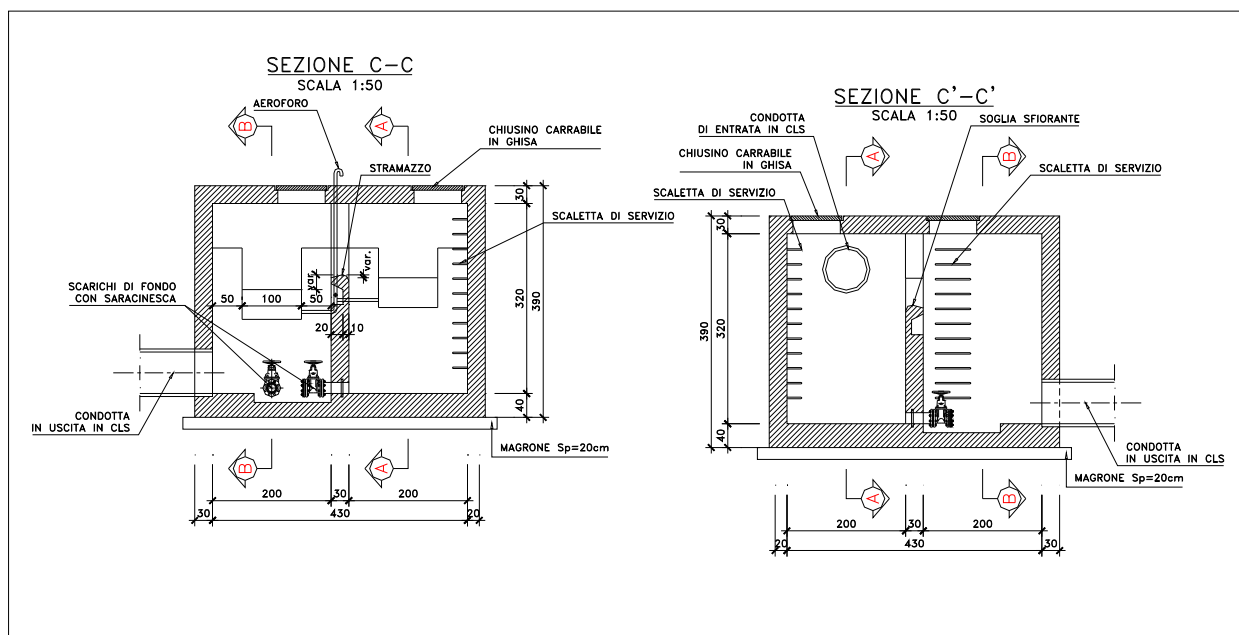


Figura 8.9 – Vasca di trattamento delle acque di piattaforma – sezioni trasversali

8.2. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

8.2.1. PORTATE DI PROGETTO

Per giungere al dimensionamento della rete di drenaggio a servizio dell'infrastruttura in progetto occorre preventivamente definire, sulla base degli elementi idrologici, idraulici e geometrici disponibili, le portate generate da un evento meteorico, di pre-assegnata frequenza probabile, assunto come sollecitazione di progetto.

Viene utilizzata la formula, derivata dal metodo razionale:

$$Q_p = \frac{\phi_c \times b_c + \phi_s \times b_s + \phi_e \times b_e}{3600} \times L \times i_c \quad (\text{l/s})$$

in cui:

- Q_p = portata massima di pioggia (l/s)
- ϕ_c = 0.9 coefficiente di deflusso della piattaforma stradale (adim.);
- ϕ_s = 0.7 coefficiente di deflusso delle scarpate (adim.);
- ϕ_e = 0.4 coefficiente di deflusso delle aree a verde (adim.);
- b_c = larghezza della piattaforma stradale (mq);
- b_s = larghezza della scarpata stradale (mq);
- b_e = larghezza della fascia esterna (mq);
- L = lunghezza tratto (m);
- i_c = intensità della pioggia critica (mm/h)

Le ipotesi alla base del progetto sono quelle di considerare:

- per il dimensionamento dei fossi di guardia e dei tombini di raccordo degli stessi, un tempo di ritorno pari a 100 anni ed un tempo di corrivazione pari a 10 min, da cui $i_c = 144.09$ mm/h (si veda par. 4.4).
- per il dimensionamento degli elementi della rete di drenaggio (collettori, cunette, embrici, caditoie), un tempo di ritorno pari a 50 anni ed un tempo di corrivazione pari a 5 min, da cui $i_c = 183.33$ mm/h (si veda par. 4.4).

8.2.2. VERIFICHE IDRAULICHE DELLE OPERE DI DRENAGGIO

La verifica idraulica dei diversi elementi costituenti il sistema di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma è effettuata, facendo riferimento alle condizioni di moto uniforme, attraverso la relazione di Chezy:

$$V = K_s \times R_H^{2/3} \times J^{1/2}$$

in cui:

- V = velocità media del flusso (m/s)
- K_s = coefficiente di scabrezza di Gaucker – Strickler, pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per i manufatti in cls e pari a $65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le tubazioni in PEAD ed in acciaio;
- R_H = raggio idraulico (m), rapporto tra sezione idraulica $A(\text{m}^2)$ e contorno bagnato $C(\text{m})$;
- J = pendenza longitudinale (m/m)

associata all'equazione di continuità:

$$Q_p = V \times A$$

ove:

- Q_p = portata (m³/s)
- A = area bagnata (m²).

I gradi di riempimento massimo ammessi sono pari a:

- collettori (DN315) : 50%
- collettori (DN400 e superiori) e tombini di raccordo dei fossi di guardia : 70%
- fossi di guardia : 70%
- cunette alla francese : 80%

Per i collettori dei viadotti si è assunto che siano riempiti per metà di materiale terroso.

Nelle seguenti tabelle, per le opere idrauliche (collettori circolari, cunetta alla francese, fossi di guardia), sono indicate le relazioni intercorrenti tra capacità di deflusso e pendenze longitudinali. Sono state calcolate inoltre, per le portate massime, le rispettive lunghezze massime ammissibili d'utilizzo considerando:

- larghezza della piattaforma stradale pari a 10.50 m;
- larghezza della scarpata stradale pari a 4 m;
- larghezza dell'area a verde limitrofa all'infrastruttura stradale pari a 50 m, 100 m e 150 m; tali valori derivano da un'analisi complessiva delle condizioni che si presentano lungo l'intero tracciato. In fase di progettazione definitiva si dovrà sviluppare un'analisi puntuale per ciascun fosso analizzato.

In base a tali elementi si definiscono i vari elementi di drenaggio.

DN (mm)	Di (mm)	Q/i ^{0.5} l/s (g.r.=50% per DN315 - g.r.=70% per DN400 e sup.)	Pendenza m/m - Q l/s										
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	
315	271	311,54	22,03	31,15	38,16	44,06	49,26	53,96	62,31	69,66	76,31	82,43	
400	343	977,83	69,14	97,78	119,76	138,29	154,61	169,36	195,57	218,65	239,52	258,71	
500	427	1753,69	124,00	175,37	214,78	248,01	277,28	303,75	350,74	392,14	429,56	463,98	
630	535	3199,55	226,24	319,95	391,86	452,48	505,89	554,18	639,91	715,44	783,73	846,52	

Tabella 8.1: collettori circolari in PEAD – relazione capacità deflusso-pendenza longitudinale

DN (mm)	Di (mm)	Qs (l/s)/ml	Pendenza m/m - Lunghezze massime di utilizzazione m										
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	
315	271	0,624	35	50	61	71	79	87	100	112	122	132	
400	343		111	157	192	222	248	271	313	350	384	415	
500	427		199	281	344	398	444	487	562	629	689	744	
630	535		363	513	628	725	811	888	1026	1147	1256	1357	

Tabella 8.2: collettori circolari in PEAD – tratti in trincea – lunghezze massime di utilizzazione in funzione delle pendenze longitudinali

DN (mm)	Di (mm)	Q/i ^{0.5} l/s (g.r.=70%)	Pendenza m/m - Q l/s									
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
400	400	293,04	20,72	29,30	35,89	41,44	46,33	50,76	58,61	65,53	71,78	77,53
500	500	531,32	37,57	53,13	65,07	75,14	84,01	92,03	106,26	118,81	130,15	140,57
600	600	863,99	61,09	86,40	105,82	122,19	136,61	149,65	172,80	193,19	211,63	228,59

Tabella 8.3: collettori circolari in acciaio - viadotti – relazione capacità deflusso-pendenza longitudinale

DN (mm)	Di (mm)	Qs (l/s)/ml	Pendenza m/m - Lunghezze massime di utilizzazione m									
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
400	400	0,481	43	61	75	86	96	105	122	136	149	161
500	500		78	110	135	156	175	191	221	247	270	292
600	600		127	180	220	254	284	311	359	401	440	475

Tabella 8.4: collettori circolari in acciaio - viadotti – lunghezze massime di utilizzazione in funzione delle pendenze longitudinali

Cunetta	Q/i ^{0.5} l/s (g.r.=80%)	Pendenza m/m - Q l/s									
		0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
1 m	164,40	11,62	16,44	20,13	23,25	25,99	28,48	32,88	36,76	40,27	43,50

Tabella 8.5: cunette alla francese – relazione capacità deflusso-pendenza longitudinale

Cunetta	Qs (l/s)/ml	Pendenza m/m - Q l/s									
		0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
1 m	0,624	18,63	26,35	32,28	37,27	41,67	45,65	52,71	58,93	64,55	69,73

Tabella 8.6: cunette alla francese – lunghezze massime di utilizzazione in funzione delle pendenze longitudinali

B (m)	H (m)	Q/i ^{0.5} l/s (g.r.=70%)	Pendenza m/m - Q l/s									
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
0,3	0,3	1561,66	110,43	156,17	191,26	220,85	246,92	270,49	312,33	349,20	382,53	413,18
0,5	0,5	6097,92	431,19	609,79	746,84	862,38	964,17	1056,19	1219,58	1363,54	1493,68	1613,36
0,8	0,8	21355,11	1510,03	2135,51	2615,46	3020,07	3376,54	3698,81	4271,02	4775,15	5230,91	5650,03

Tabella 8.7: fossi di guardia – relazione capacità deflusso-pendenza longitudinale

B (m)	H (m)	Qs (l/s)/ml	Pendenza m/m - Q l/s									
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
0,3	0,3	1,29	85,55	120,98	148,17	171,10	191,29	209,55	241,97	270,53	296,35	320,09
0,5	0,5		334,05	472,41	578,58	668,09	746,95	818,24	944,82	1056,34	1157,17	1249,88
0,8	0,8		1169,84	1654,40	2026,22	2339,68	2615,84	2865,51	3308,80	3699,35	4052,44	4377,13

Tabella 8.8: fossi di guardia – lunghezze massime di utilizzazione in funzione delle pendenze longitudinali (Larghezza area a verde=50m)

B (m)	H (m)	Qs (l/s)/ml	Pendenza m/m - Q l/s									
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
0,3	0,3	2,09	52,80	74,67	91,46	105,60	118,07	129,34	149,35	166,98	182,91	197,57
0,5	0,5		206,18	291,58	357,12	412,36	461,04	505,04	583,17	652,00	714,23	771,46
0,8	0,8		722,05	1021,14	1250,63	1444,11	1614,56	1768,66	2042,27	2283,33	2501,27	2701,68

Tabella 8.9: fossi di guardia – lunghezze massime di utilizzazione in funzione delle pendenze longitudinali (Larghezza area a verde=100m)

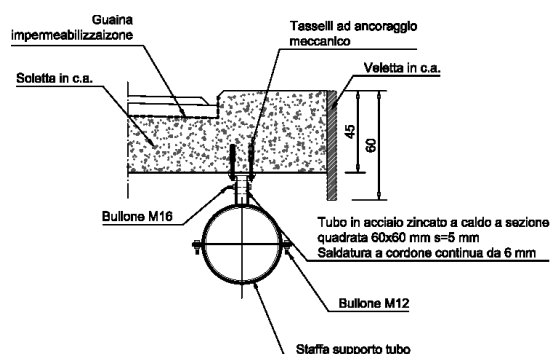
B (m)	H (m)	Qs (l/s)/ml	Pendenza m/m - Q l/s									
			0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
0,3	0,3	2,89	38,19	54,00	66,14	76,37	85,39	93,54	108,01	120,75	132,28	142,88
0,5	0,5		149,11	210,87	258,26	298,21	333,41	365,24	421,74	471,52	516,52	557,91
0,8	0,8		522,18	738,47	904,44	1044,35	1167,62	1279,07	1476,94	1651,27	1808,87	1953,81

Tabella 8.10: fossi di guardia – lunghezze massime di utilizzazione in funzione delle pendenze longitudinali (Larghezza area a verde=150m)

8.2.3. VERIFICHE STATICHE ANCORAGGI TUBAZIONI VIADOTTI

L'ancoraggio delle tubazioni di drenaggio al di sotto dei ponti avviene, ad interasse massimo pari a 2 m, mediante:

- staffa di supporto della tubazione;
- tubo in acciaio zincato a caldo a sezione 60x60 mm, spessore 5 mm;
- 4 tasselli ad ancoraggio meccanico M8, con lunghezza di ancoraggio almeno pari a 47 mm, ciascuno caratterizzato da resistenza allo sfilamento in cls C20/25 fessurato pari a 12 kN; la resistenza complessiva è pari a 48 kN



Si riporta di seguito la verifica degli ancoraggi, condotta considerando le tubazioni DN600 riempite per metà di materiale terroso, essendo la restante parte occupata dall'acqua.

	PESO SPECIFICO	AREA	PESO unitario	PESO tot
	kN/dm ³	dm ²	kN/ml	kN
peso tubazione	0,0770085	1,13097	0,09	0,17
peso acqua	0,00981	14,13717	0,14	0,28
peso materiale terroso	0,01962	14,13717	0,28	0,55
			PESO TOTALE	1,01
			RESISTENZA	48

9. ALLEGATO 1 – TABULATI DI CALCOLO ANALISI PLUVIOMETRICA - GUMBEL

9.1. STAZIONE PLUVIOMETRICA DI POTENZA

	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1928	26,20	28,40	28,40	28,40	28,40
1929	28,00	54,00	75,00	75,20	79,20
1930	22,00	45,00	45,60	51,20	51,40
1931	6,20	12,40	19,00	27,80	52,00
1932	37,00	95,50	109,10	169,10	169,60
1933	22,50	28,20	28,20	31,20	39,20
1934	15,20	30,00	38,00	57,90	63,40
1935	14,80	19,60	20,80	39,60	64,40
1936	36,60	37,20	44,40	44,60	48,20
1937	27,40	29,60	30,00	30,00	48,60
1940	27,20	30,80	47,00	65,60	71,20
1942	22,40	22,40	35,00	42,60	43,40
1944	21,00	35,00	40,00	74,00	79,60
1945	51,60	55,40	55,60	55,60	56,00
1949	19,00	24,60	24,60	37,00	51,20
1950	18,00	21,40	25,00	35,00	45,00
1951	18,00	20,40	21,00	34,00	49,80
1952	29,40	29,40	32,80	33,80	38,00
1954	17,00	24,00	27,00	40,00	52,40
1955	26,60	30,00	30,00	40,60	55,40
1956	17,40	21,40	21,60	28,00	42,00
1957	22,00	28,20	45,80	57,00	75,00
1958	25,20	32,60	38,40	38,40	42,00
1959	25,20	37,80	39,00	57,60	62,60
1960	12,40	14,60	18,20	23,60	27,40
1961	18,60	23,00	39,40	54,40	69,60
1962	14,40	30,00	43,20	49,60	49,60
1963	18,20	22,80	23,80	28,00	41,80
1964	42,30	43,40	43,40	43,40	43,40
1965	11,40	20,00	23,00	28,80	37,60
1966	24,60	27,60	33,20	36,40	42,60
1967	17,40	21,60	28,00	41,80	44,80
1968	14,20	18,80	29,00	33,40	38,40
1969	21,40	22,50	32,20	35,20	37,20
1970	26,80	29,00	29,00	31,80	49,00
1971	22,00	23,60	31,80	47,20	61,50
1972	25,80	27,60	44,40	53,60	79,00
1974	7,20	17,20	26,20	29,60	47,20
1976	25,00	25,00	32,40	35,80	43,60
1977	6,60	11,20	13,80	20,00	30,60
1978	6,40	13,40	19,20	22,20	23,00
1979	20,60	20,60	20,60	20,60	20,60
1981	17,80	20,60	21,80	25,80	25,80
1982	9,80	16,60	25,60	38,80	39,60
1983	18,20	25,00	27,40	31,40	40,20
1988	25,80	26,40	31,20	48,60	60,00
1991	12,40	14,40	27,40	45,60	69,00
1992	17,60	23,60	31,00	31,80	31,80
1993	15,20	18,60	18,80	19,80	21,20
1994	16,60	28,20	29,80	43,80	48,20
1995	13,80	16,40	18,80	27,00	38,80
1998	28,80	47,00	49,60	52,00	55,80
1999	22,40	23,40	23,60	23,60	27,20
2000	13,00	16,20	20,40	27,00	34,80
2001	22,20	30,20	32,40	32,40	42,00
2006	13,20	13,40	18,40	23,80	31,00
2008	33,60	34,20	34,60	34,60	42,60
2009	37,20	42,80	52,40	54,20	54,40
2011	16,20	28,80	36,00	38,20	41,20

Tabella 9.1 – Dati pluviometrici.

PROGETTAZIONE ATI:

ordine	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1	51,60	95,50	109,10	169,10	169,60
2	42,30	55,40	75,00	75,20	79,60
3	37,20	54,00	55,60	74,00	79,20
4	37,00	47,00	52,40	65,60	79,00
5	36,60	45,00	49,60	57,90	75,00
6	33,60	43,40	47,00	57,60	71,20
7	29,40	42,80	45,80	57,00	69,60
8	28,80	37,80	45,60	55,60	69,00
9	28,00	37,20	44,40	54,40	64,40
10	27,40	35,00	44,40	54,20	63,40
11	27,20	34,20	43,40	53,60	62,60
12	26,80	32,60	43,20	52,00	61,50
13	26,60	30,80	40,00	51,20	60,00
14	26,20	30,20	39,40	49,60	56,00
15	25,80	30,00	39,00	48,60	55,80
16	25,80	30,00	38,40	47,20	55,40
17	25,20	30,00	38,00	45,60	54,40
18	25,20	29,60	36,00	44,60	52,40
19	25,00	29,40	35,00	43,80	52,00
20	24,60	29,00	34,60	43,40	51,40
21	22,50	28,80	33,20	42,60	51,20
22	22,40	28,40	32,80	41,80	49,80
23	22,40	28,20	32,40	40,60	49,60
24	22,20	28,20	32,40	40,00	49,00
25	22,00	28,20	32,20	39,60	48,60
26	22,00	27,60	31,80	38,80	48,20
27	22,00	27,60	31,20	38,40	48,20
28	21,40	26,40	31,00	38,20	47,20
29	21,00	25,00	30,00	37,00	45,00
30	20,60	25,00	30,00	36,40	44,80
31	19,00	24,60	29,80	35,80	43,60
32	18,60	24,00	29,00	35,20	43,40
33	18,20	23,60	29,00	35,00	43,40
34	18,20	23,60	28,40	34,60	42,60
35	18,00	23,40	28,20	34,00	42,60
36	18,00	23,00	28,00	33,80	42,00
37	17,80	22,80	27,40	33,40	42,00
38	17,60	22,50	27,40	32,40	42,00
39	17,40	22,40	27,00	31,80	41,80
40	17,40	21,60	26,20	31,80	41,20
41	17,00	21,40	25,60	31,40	40,20
42	16,60	21,40	25,00	31,20	39,60
43	16,20	20,60	24,60	30,00	39,20
44	15,20	20,60	23,80	29,60	38,80
45	15,20	20,40	23,60	28,80	38,40
46	14,80	20,00	23,00	28,40	38,00
47	14,40	19,60	21,80	28,00	37,60
48	14,20	18,80	21,60	28,00	37,20
49	13,80	18,60	21,00	27,80	34,80
50	13,20	17,20	20,80	27,00	31,80
51	13,00	16,60	20,60	27,00	31,00
52	12,40	16,40	20,40	25,80	30,60
53	12,40	16,20	19,20	23,80	28,40
54	11,40	14,60	19,00	23,60	27,40
55	9,80	14,40	18,80	23,60	27,20
56	7,20	13,40	18,80	22,20	25,80
57	6,60	13,40	18,40	20,60	23,00
58	6,40	12,40	18,20	20,00	21,20
59	6,20	11,20	13,80	19,80	20,60

Tabella 9.2 – Ordinamento delle altezze di pioggia.

PROGETTAZIONE ATI:

IDROLOGIA IDRAULICA –RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

$$\begin{aligned}
 N &= 59 \\
 M &= 5 \\
 \log \tau &= 0,742933 \\
 \Sigma(\lg t_i - \lg \tau)^2 &= 1,143032 \\
 \Sigma \Sigma(\lg t_i - \lg \tau) \lg h_{ij} &= 18,46971 \\
 n &= \mathbf{0,274} \\
 n \log \tau &= 0,203469
 \end{aligned}$$

Tabella 9.3 – Calcolo parametro "n" (valido per altezze di pioggia non inferiori ad 1 ora).

ordine	log a _i	a _i	ordine	log a _i	a _i
1	1,83414	68,256	31	1,26399	18,365
2	1,60094	39,897	32	1,25576	18,020
3	1,55972	36,285	33	1,25192	17,862
4	1,53136	33,991	34	1,24749	17,680
5	1,50651	32,101	35	1,24366	17,525
6	1,48630	30,641	36	1,23980	17,370
7	1,46836	29,401	37	1,23515	17,185
8	1,45249	28,346	38	1,23038	16,997
9	1,43844	27,444	39	1,22568	16,814
10	1,42959	26,890	40	1,21866	16,545
11	1,42290	26,479	41	1,21058	16,240
12	1,41287	25,875	42	1,20459	16,017
13	1,39711	24,952	43	1,19348	15,613
14	1,38403	24,212	44	1,18301	15,241
15	1,37915	23,941	45	1,17815	15,071
16	1,37464	23,694	46	1,16975	14,783
17	1,36710	23,287	47	1,15881	14,415
18	1,35606	22,702	48	1,15225	14,199
19	1,35010	22,392	49	1,13998	13,803
20	1,34470	22,116	50	1,11812	13,126
21	1,33081	21,419	51	1,11066	12,902
22	1,32410	21,091	52	1,09958	12,577
23	1,31954	20,871	53	1,07976	12,016
24	1,31641	20,721	54	1,05867	11,446
25	1,31350	20,583	55	1,04278	11,035
26	1,30806	20,326	56	0,99984	9,996
27	1,30550	20,207	57	0,97394	9,418
28	1,29641	19,788	58	0,95394	8,994
29	1,28027	19,066	59	0,91493	8,221
30	1,27679	18,914			

Tabella 9.4 – Calcolo parametro "ai".

μ_{ai}	20,599
σ_{ai}	9,289718

α	0,138056
β	16,41842

Tr	10	25	30	50	100	200	500
P(a)	0,9	0,96	0,966667	0,98	0,99	0,995	0,998
a	32,719	39,587	40,932	44,682	49,739	54,778	61,426

Tabella 9.5 – Calcolo parametro "a" per diversi tempi di ritorno.

PROGETTAZIONE ATI:

ordine	a_i	Fns(a_i)	P(a_i)	$ P(a_i) - Fns(a_i) $
1	8,221	0,0110	0,0450	0,0340
2	8,994	0,0280	0,0616	0,0336
3	9,418	0,0449	0,0722	0,0273
4	9,996	0,0619	0,0883	0,0264
5	11,035	0,0788	0,1221	0,0433
6	11,446	0,0958	0,1372	0,0414
7	12,016	0,1127	0,1594	0,0467
8	12,577	0,1297	0,1828	0,0531
9	12,902	0,1466	0,1969	0,0503
10	13,126	0,1636	0,2069	0,0433
11	13,803	0,1805	0,2382	0,0576
12	14,199	0,1975	0,2570	0,0596
13	14,415	0,2144	0,2675	0,0531
14	14,783	0,2314	0,2855	0,0542
15	15,071	0,2483	0,2999	0,0516
16	15,241	0,2653	0,3084	0,0431
17	15,613	0,2822	0,3270	0,0448
18	16,017	0,2992	0,3475	0,0484
19	16,240	0,3161	0,3588	0,0427
20	16,545	0,3331	0,3743	0,0412
21	16,814	0,3500	0,3880	0,0380
22	16,997	0,3669	0,3972	0,0303
23	17,185	0,3839	0,4067	0,0228
24	17,370	0,4008	0,4161	0,0152
25	17,525	0,4178	0,4239	0,0061
26	17,680	0,4347	0,4317	0,0031
27	17,862	0,4517	0,4407	0,0110
28	18,020	0,4686	0,4486	0,0200
29	18,365	0,4856	0,4656	0,0200
30	18,914	0,5025	0,4924	0,0102
31	19,066	0,5195	0,4997	0,0198
32	19,788	0,5364	0,5337	0,0028
33	20,207	0,5534	0,5528	0,0006
34	20,326	0,5703	0,5582	0,0121
35	20,583	0,5873	0,5696	0,0177
36	20,721	0,6042	0,5757	0,0285
37	20,871	0,6212	0,5823	0,0389
38	21,091	0,6381	0,5918	0,0464
39	21,419	0,6551	0,6057	0,0494
40	22,116	0,6720	0,6342	0,0378
41	22,392	0,6890	0,6451	0,0439
42	22,702	0,7059	0,6570	0,0489
43	23,287	0,7229	0,6788	0,0441
44	23,694	0,7398	0,6933	0,0465
45	23,941	0,7568	0,7019	0,0549
46	24,212	0,7737	0,7111	0,0627
47	24,952	0,7907	0,7350	0,0556
48	25,875	0,8076	0,7626	0,0450
49	26,479	0,8246	0,7793	0,0453
50	26,890	0,8415	0,7901	0,0514
51	27,444	0,8585	0,8039	0,0545
52	28,346	0,8754	0,8247	0,0507
53	29,401	0,8924	0,8466	0,0458
54	30,641	0,9093	0,8690	0,0403
55	32,101	0,9263	0,8916	0,0347
56	33,991	0,9432	0,9154	0,0278
57	36,285	0,9602	0,9376	0,0225
58	39,897	0,9771	0,9616	0,0155
59	68,256	0,9941	0,9992	0,0052

Max P(a_i) - Fns(a_i) 	0,0627
D_{0.05}	0,1771

Tabella 9.6 – Test di Kolmogorov-Smirnov

PROGETTAZIONE ATI:

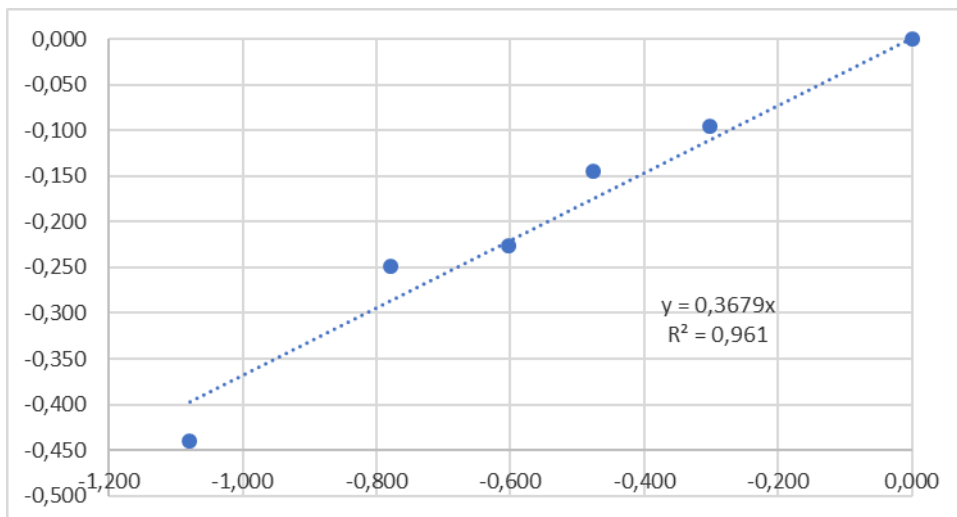
Minuti	5	10	15	20	30	60
1935		13,80				14,80
1936					35,00	36,60
1937				26,00		27,40
1942					14,40	22,40
1944					19,00	21,00
1945					28,60	51,60
1949					13,60	19,00
1950					18,00	18,00
1952				8,80		29,40
1955				19,00		26,60
1958		12,80			21,00	25,20
1959	7,00		9,80		24,00	25,20
1962		10,60				14,40
1963	9,60		10,00			18,20
1964	20,00			36,40		42,30
1965	3,40		6,80			11,40
1966	7,20		10,40			24,60
1967		13,60	15,00		17,20	17,40
1968		8,60	7,40			14,20
1969		16,80			20,20	21,40
1970		4,20	10,00		14,20	26,80
1971	4,00	4,20	20,00			22,00
1972			12,20	22,40		25,80
1976	10,60	12,00	13,40	14,80	17,60	25,00
1978			5,80	5,80	6,00	6,40
1979	6,20	9,60	11,00	12,40	15,20	20,60
1981	8,40	10,80	11,80	12,80	14,60	17,80
1982		5,00	5,60	6,00	6,80	9,80
1983	7,00	10,40	11,20	12,00	13,60	18,20
2006				10,00		13,20
2008				25,60		33,60
2009				20,00		37,20
2011				14,80		16,20
Numerosità	10	13	15	15	17	33

Tabella 9.7 – Altezze di pioggia di durata inferiore ad 1 ora.

Minuti	5	10	15	20	30	60
1935		0,932				1
1936					0,956	1
1937				0,949		1
1942					0,643	1
1944					0,905	1
1945					0,554	1
1949					0,716	1
1950					1,000	1
1952				0,299		1
1955				0,714		1
1958		0,508			0,833	1
1959	0,278		0,389		0,952	1
1962		0,736				1
1963	0,527		0,549			1
1964	0,473			0,861		1
1965	0,298		0,596			1
1966	0,293		0,423			1
1967		0,782	0,862		0,989	1
1968		0,606	0,521			1
1969		0,785			0,944	1
1970		0,157	0,373		0,530	1
1971	0,182	0,191	0,909			1
1972			0,473	0,868		1
1976	0,424	0,480	0,536	0,592	0,704	1
1978			0,906	0,906	0,938	1
1979	0,301	0,466	0,534	0,602	0,738	1
1981	0,472	0,607	0,663	0,719	0,820	1
1982		0,510	0,571	0,612	0,694	1
1983	0,385	0,571	0,615	0,659	0,747	1
2006				0,758		1
2008				0,762		1
2009				0,538		1
2011				0,914		1
Numerosità	10	13	15	15	17	33
MEDIA	0,363	0,564	0,595	0,717	0,804	1,000

Tabella 9.8 – Rapporti tra altezze di pioggia di durata inferiore ad 1 ora e corrispondente altezza di pioggia oraria.

Minuti	5	10	15	20	30	60
Ore	0,083	0,167	0,250	0,333	0,500	1
Log (ore)	-1,079	-0,778	-0,602	-0,477	-0,301	0
LOG MEDIA hd/h60	-0,440	-0,249	-0,226	-0,145	-0,095	0



$n' = 0,3679$

Tabella 9.9 – Stima parametro n' , valido per durate di pioggia inferiori ad 1 ora.

9.2. STAZIONE PLUVIOMETRICA DI TOLVE

	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1939	15,00	23,00	38,40	49,40	56,00
1940	20,00	28,60	35,00	54,60	80,00
1941	20,00	33,20	33,80	33,80	35,40
1942	33,00	52,60	53,80	54,80	58,40
1943	19,00	22,40	22,60	26,80	39,00
1944	21,00	30,00	43,60	59,00	65,20
1946	14,80	14,80	25,00	45,00	79,00
1947	28,00	28,20	28,20	28,20	28,20
1949	31,80	36,40	36,40	40,80	66,20
1950	16,00	26,00	35,00	48,80	51,00
1951	15,80	20,60	30,40	46,00	56,00
1952	22,60	23,60	23,60	23,60	32,80
1953	20,00	27,60	27,60	29,40	29,60
1954	13,20	22,00	33,00	45,00	72,80
1955	35,60	46,60	55,00	77,00	94,20
1956	21,00	24,60	25,40	37,00	60,00
1957	25,40	52,20	62,00	63,20	72,00
1958	18,60	19,40	25,60	31,60	42,40
1959	17,00	27,00	34,00	73,00	83,40
1960	19,00	22,80	23,00	23,00	23,80
1961	16,00	22,00	30,60	43,80	68,40
1962	14,40	25,40	35,40	36,60	37,60
1963	19,40	33,40	36,80	44,00	54,40
1964	38,40	62,40	91,40	91,40	91,60
1965	12,00	14,00	17,80	20,20	29,50
1966	13,40	14,80	17,40	27,60	34,40
1967	18,00	20,60	23,40	31,40	38,20
1968	12,40	19,40	24,20	36,40	57,80
1969	22,60	24,20	24,20	31,40	32,80
1970	20,40	20,60	30,00	51,80	74,60
1971	11,00	18,60	24,40	32,80	59,80
1972	16,40	21,00	37,80	61,00	94,20
1975	19,00	37,40	53,60	78,20	94,20
1976	17,60	42,60	56,80	72,40	76,40
1978	16,60	18,40	29,00	31,40	31,40
1982	44,00	69,60	69,60	69,60	69,60
1983	27,00	40,60	41,20	41,20	41,20
1984	9,00	21,80	35,80	56,60	94,40
1987	15,20	22,60	29,00	44,40	52,80

Tabella 9.10 – Dati pluviometrici.

ordine	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1	44,00	69,60	91,40	91,40	94,40
2	38,40	62,40	69,60	78,20	94,20
3	35,60	52,60	62,00	77,00	94,20
4	33,00	52,20	56,80	73,00	94,20
5	31,80	46,60	55,00	72,40	91,60
6	28,00	42,60	53,80	69,60	83,40
7	27,00	40,60	53,60	63,20	80,00
8	25,40	37,40	43,60	61,00	79,00
9	22,60	36,40	41,20	59,00	76,40
10	22,60	33,40	38,40	56,60	74,60
11	21,00	33,20	37,80	54,80	72,80
12	21,00	30,00	36,80	54,60	72,00
13	20,40	28,60	36,40	51,80	69,60
14	20,00	28,20	35,80	49,40	68,40
15	20,00	27,60	35,40	48,80	66,20
16	20,00	27,00	35,00	46,00	65,20
17	19,40	26,00	35,00	45,00	60,00
18	19,00	25,40	34,00	45,00	59,80
19	19,00	24,60	33,80	44,40	58,40
20	19,00	24,20	33,00	44,00	57,80
21	18,60	23,60	30,60	43,80	56,00
22	18,00	23,00	30,40	41,20	56,00
23	17,60	22,80	30,00	40,80	54,40
24	17,00	22,60	29,00	37,00	52,80
25	16,60	22,40	29,00	36,60	51,00
26	16,40	22,00	28,20	36,40	42,40
27	16,00	22,00	27,60	33,80	41,20
28	16,00	21,80	25,60	32,80	39,00
29	15,80	21,00	25,40	31,60	38,20
30	15,20	20,60	25,00	31,40	37,60
31	15,00	20,60	24,40	31,40	35,40
32	14,80	20,60	24,20	31,40	34,40
33	14,40	19,40	24,20	29,40	32,80
34	13,40	19,40	23,60	28,20	32,80
35	13,20	18,60	23,40	27,60	31,40
36	12,40	18,40	23,00	26,80	29,60
37	12,00	14,80	22,60	23,60	29,50
38	11,00	14,80	17,80	23,00	28,20
39	9,00	14,00	17,40	20,20	23,80

Tabella 9.11 – Ordinamento delle altezze di pioggia.

$$\begin{aligned}
 N &= 39 \\
 M &= 5 \\
 \log \tau &= 0,742933 \\
 \Sigma(\lg t_j - \lg \tau)^2 &= 1,143032 \\
 \Sigma \Sigma(\lg t_j - \lg \tau) \lg h_{ij} &= 14,62121 \\
 n &= 0,328 \\
 n \log \tau &= 0,243674
 \end{aligned}$$

Tabella 9.12 – Calcolo parametro "n" (valido per altezze di pioggia non inferiori ad 1 ora).

ordine	log a _i	a _i	ordine	log a _i	a _i
1	1,633	42,945	21	1,260	18,192
2	1,574	37,515	22	1,249	17,739
3	1,541	34,786	23	1,242	17,446
4	1,522	33,259	24	1,224	16,745
5	1,503	31,834	25	1,217	16,485
6	1,471	29,550	26	1,196	15,686
7	1,451	28,242	27	1,183	15,226
8	1,416	26,083	28	1,168	14,719
9	1,393	24,725	29	1,158	14,382
10	1,374	23,652	30	1,149	14,108
11	1,361	22,944	31	1,141	13,835
12	1,348	22,298	32	1,137	13,697
13	1,333	21,534	33	1,119	13,157
14	1,323	21,043	34	1,107	12,797
15	1,316	20,719	35	1,096	12,467
16	1,307	20,278	36	1,080	12,028
17	1,292	19,587	37	1,046	11,107
18	1,285	19,290	38	1,011	10,260
19	1,279	19,002	39	0,961	9,139
20	1,274	18,777			

Tabella 9.13 – Calcolo parametro "ai".

μa_i	20,187
σa_i	7,9163

α	0,1620
β	16,6238

Tr	10	25	30	50	100	200	500
P(a)	0,900	0,960	0,967	0,980	0,990	0,995	0,998
a	30,514	36,367	37,513	40,709	45,018	49,312	54,977

Tabella 9.14 – Calcolo parametro "a" per diversi tempi di ritorno.

ordine	a_i	$Fns(a_i)$	$P(a_i)$	$ P(a_i) - Fns(a_i) $
1	9,139	0,0167	0,0347	0,0180
2	10,260	0,0423	0,0606	0,0183
3	11,107	0,0679	0,0868	0,0188
4	12,028	0,0936	0,1218	0,0282
5	12,467	0,1192	0,1407	0,0215
6	12,797	0,1449	0,1559	0,0110
7	13,157	0,1705	0,1732	0,0027
8	13,697	0,1962	0,2005	0,0044
9	13,835	0,2218	0,2078	0,0140
10	14,108	0,2474	0,2224	0,0250
11	14,382	0,2731	0,2374	0,0357
12	14,719	0,2987	0,2563	0,0424
13	15,226	0,3244	0,2853	0,0391
14	15,686	0,3500	0,3122	0,0378
15	16,485	0,3756	0,3596	0,0160
16	16,745	0,4013	0,3751	0,0262
17	17,446	0,4269	0,4167	0,0102
18	17,739	0,4526	0,4340	0,0186
19	18,192	0,4782	0,4604	0,0178
20	18,777	0,5038	0,4938	0,0100
21	19,002	0,5295	0,5065	0,0230
22	19,290	0,5551	0,5224	0,0327
23	19,587	0,5808	0,5386	0,0422
24	20,278	0,6064	0,5751	0,0313
25	20,719	0,6321	0,5975	0,0346
26	21,043	0,6577	0,6134	0,0443
27	21,534	0,6833	0,6368	0,0466
28	22,298	0,7090	0,6711	0,0379
29	22,944	0,7346	0,6983	0,0363
30	23,652	0,7603	0,7260	0,0343
31	24,725	0,7859	0,7640	0,0219
32	26,083	0,8115	0,8057	0,0058
33	28,242	0,8372	0,8588	0,0216
34	29,550	0,8628	0,8841	0,0213
35	31,834	0,8885	0,9184	0,0300
36	33,259	0,9141	0,9347	0,0206
37	34,786	0,9397	0,9486	0,0089
38	37,515	0,9654	0,9667	0,0013
39	42,945	0,9910	0,9860	0,0050

Max P(a_i) - Fns(a_i) 	0,0466
D_{0,05}	0,2178

Tabella 9.15 – Test di Kolmogorov-Smirnov

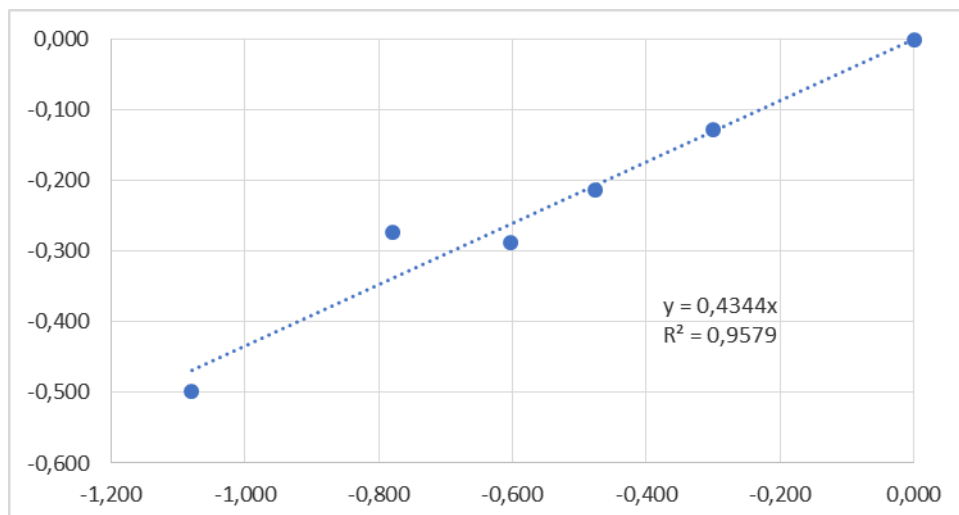
Minuti	5	10	15	20	30	60
1939					15,00	15,00
1942					17,00	33,00
1943					12,00	19,00
1944					16,00	21,00
1946					14,80	14,80
1947					25,00	28,00
1950					12,00	16,00
1952			6,80			22,60
1953					11,80	20,00
1954			7,20			13,20
1955				22,60		35,60
1956					20,00	21,00
1957		13,20				25,40
1958		12,00	12,40			18,60
1959		8,60	14,00			17,00
1960		13,00				19,00
1961		10,00				16,00
1962		14,40				14,40
1963	6,20	12,00				19,40
1964	9,40	19,00				38,40
1965		4,00				12,00
1967	6,00	8,60				18,00
1968	7,60				8,80	12,40
1969	7,60			18,00		22,60
1970	3,00	5,60				20,40
1971			3,00			11,00
1972	4,60	8,40	7,40	10,40		16,40
1975	7,00	11,00	11,80	12,60	14,20	19,00
1976			5,40	7,20	10,40	17,60
1978		7,80	10,60	11,40	13,00	16,60
1982	11,60	15,00	18,40	20,20	23,80	44,00
1983	5,00	9,40	11,80	14,20	19,00	27,00
1984				5,00	5,80	9,00
1987	6,00	9,80	10,60	11,40	13,00	15,20
Numerosità	11	17	12	10	17	34

Tabella 9.16 – Altezze di pioggia di durata inferiore ad 1 ora.

Minuti	5	10	15	20	30	60
1939					1,000	1,000
1942					0,515	1,000
1943					0,632	1,000
1944					0,762	1,000
1946					1,000	1,000
1947					0,893	1,000
1950					0,750	1,000
1952			0,301			1,000
1953					0,590	1,000
1954			0,545			1,000
1955				0,635		1,000
1956					0,952	1,000
1957		0,520				1,000
1958		0,645	0,667			1,000
1959		0,506	0,824			1,000
1960		0,684				1,000
1961		0,625				1,000
1962		1,000				1,000
1963	0,320	0,619				1,000
1964	0,245	0,495				1,000
1965		0,333				1,000
1967	0,333	0,478				1,000
1968	0,613				0,710	1,000
1969	0,336			0,796		1,000
1970	0,147	0,275				1,000
1971			0,273			1,000
1972	0,280	0,512	0,451	0,634		1,000
1975	0,368	0,579	0,621	0,663	0,747	1,000
1976			0,307	0,409	0,591	1,000
1978		0,470	0,639	0,687	0,783	1,000
1982	0,264	0,341	0,418	0,459	0,541	1,000
1983	0,185	0,348	0,437	0,526	0,704	1,000
1984				0,556	0,644	1,000
1987	0,395	0,645	0,697	0,750	0,855	1,000
Numerosità	11	17	12	10	17	34
MEDIA	0,317	0,534	0,515	0,612	0,745	1,000

Tabella 9.17 – Rapporti tra altezze di pioggia di durata inferiore ad 1 ora e corrispondente altezza di pioggia oraria.

Minuti	5	10	15	20	30	60
Ore	0,083	0,167	0,250	0,333	0,500	1,000
Log (ore)	-1,079	-0,778	-0,602	-0,477	-0,301	0,000
LOG MEDIA hd/h60	-0,499	-0,273	-0,288	-0,214	-0,128	0,000



$n' = 0,4344$

Tabella 9.18 – Stima parametro n' , valido per durate di pioggia inferiori ad 1 ora.

10. ALLEGATO 2 – TABULATI DI CALCOLO ANALISI PLUVIOMETRICA – VA.PI.

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	cella						lg(a')	a'	n
			118	119	132	133	146	147			
1	Fosso Rummolo	sv.Vaglio	1,49%	0,00%	98,51%	0,00%	0,00%	0,00%	1,324	21,077	0,298
2	Vallone Tricarico	400	6,55%	7,44%	24,75%	61,27%	0,00%	0,00%	1,320	20,914	0,308
3	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	979	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,311	20,464	0,304
4	Fosso Loc. Bertuccio	1520	0,00%	31,98%	0,00%	68,02%	0,00%	0,00%	1,316	20,713	0,314
5	Acque versante	1990	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
6	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	2244	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
7	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3044	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
8	Vallone Tricarico	3225	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
9	Acque versante - Sx Vallone della Botte	6277	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
10	Acque versante - Sx Vallone della Botte	6610	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
11	Vallone Cerro	6970	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
12	Acque versante - Sx Vallone della Botte	8125	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
13	Torrente Castagno	9000	0,00%	0,00%	22,16%	77,84%	0,00%	0,00%	1,322	21,011	0,307
14	Fosso Loc. Masseria D'Erario	9580	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
15	Fosso Mezzanelle	9782	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
16	Affl. Fosso Mezzanelle	10163	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
17	Acque versante SC 3 Ponti - Pozzillo	sv. Tolve - SC 3Ponti - Pozzillo	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
18	Acque versante	10633	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
19	Affl. Vallone Girifuolo	11138	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
20	Acque versante	11340	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
21	Affl. Vallone Girifuolo	12043	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
22	Torrente Alvo	13360	0,00%	0,00%	51,10%	25,62%	11,05%	12,23%	1,327	21,243	0,299
23	Fosso Masseria Pastore	14593	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	1,322	20,989	0,310
24	Fosso Gambarara	15658	0,00%	0,00%	0,00%	82,89%	0,00%	17,11%	1,325	21,147	0,307
25	Acque versante	15900	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	1,341	21,928	0,291
26	Fosso Masseria Lancieri	16230	0,00%	0,00%	0,00%	24,47%	0,00%	75,53%	1,336	21,695	0,296
27	Fosso Contrada Picone	16457	0,00%	0,00%	0,00%	10,53%	0,00%	89,47%	1,339	21,827	0,293
loga'			1,311	1,304	1,324	1,322	1,339	1,341			
n			0,304	0,322	0,298	0,31	0,285	0,291			

Tabella 10.1 – Calcolo parametro a' e n come media pesata dei parametri a' e n caratteristici di ciascuna cella

11. ALLEGATO 3 – TABULATI DI CALCOLO STIME DELLE PORTATE DI PROGETTO

11.1. CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	tc (ore)	h(T=10) (mm)	h(T=20) (mm)	h(T=25) (mm)	h(T=30) (mm)	h(T=50) (mm)	h(T=100) (mm)	h(T=200) (mm)	h(T=500) (mm)
1	Fosso Rummolo	sv.Vaglio	0.708	27.024	31.558	33.190	34.591	38.813	45.160	52.778	63.479
2	Vallone Tricarico	400	0.572	24.445	28.547	30.023	31.291	35.109	40.852	47.742	57.422
3	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	979	0.051	8.340	9.740	10.244	10.676	11.979	13.938	16.289	19.591
4	Fosso Loc. Bertuccio	1520	0.222	16.054	18.748	19.718	20.550	23.058	26.829	31.354	37.711
5	Acque versante	1990	0.067	9.682	11.307	11.892	12.394	13.906	16.181	18.910	22.744
6	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	2244	0.138	13.230	15.449	16.249	16.934	19.001	22.109	25.838	31.076
7	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3044	0.155	13.930	16.267	17.108	17.830	20.006	23.278	27.205	32.721
8	Vallone Tricarico	3225	0.215	16.036	18.726	19.695	20.526	23.031	26.798	31.318	37.668
9	Acque versante - Sx Vallone della Botte	6277	0.050	8.512	9.940	10.454	10.895	12.225	14.224	16.624	19.994
10	Acque versante - Sx Vallone della Botte	6610	0.050	8.512	9.940	10.454	10.895	12.225	14.224	16.624	19.994
11	Vallone Cerro	6970	0.050	8.512	9.940	10.454	10.895	12.225	14.224	16.624	19.994
12	Acque versante - Sx Vallone della Botte	8125	0.068	9.731	11.364	11.951	12.456	13.976	16.262	19.005	22.858
13	Torrente Castagno	9000	2.892	43.387	50.666	53.287	55.536	62.314	72.505	84.735	101.915
14	Fosso Loc. Masseria D'Erario	9580	0.155	13.933	16.271	17.113	17.835	20.012	23.285	27.212	32.729
15	Fosso Mezzanelle	9782	0.207	15.787	18.436	19.390	20.208	22.674	26.383	30.833	37.084
16	Affl. Fosso Mezzanelle	10163	0.160	14.105	16.472	17.324	18.055	20.259	23.572	27.548	33.133
17	Acque versante SC 3 Ponti - Pozzillo	sv. Tolve SC 3Ponti	0.097	11.351	13.256	13.941	14.530	16.303	18.969	22.169	26.664
18	Acque versante	10633	0.078	10.303	12.032	12.654	13.188	14.798	17.218	20.122	24.202
19	Affl. Vallone Girifuolo	11138	0.187	15.089	17.621	18.532	19.314	21.671	25.216	29.469	35.444
20	Acque versante	11340	0.050	8.512	9.940	10.454	10.895	12.225	14.224	16.624	19.994
21	Affl. Vallone Girifuolo	12043	0.427	21.605	25.229	26.534	27.654	31.029	36.104	42.194	50.749
22	Torrente Alvo	13360	4.937	51.003	59.561	62.641	65.285	73.253	85.233	99.610	119.806
23	Fosso Masseria Pastore	14593	0.237	16.727	19.533	20.543	21.411	24.024	27.953	32.668	39.291
24	Fosso Gambarara	15658	0.235	16.788	19.605	20.619	21.489	24.111	28.055	32.787	39.435
25	Acque versante	15900	0.052	9.034	10.550	11.095	11.564	12.975	15.097	17.644	21.221
26	Fosso Masseria Lancieri	16230	0.350	20.492	23.930	25.168	26.230	29.431	34.245	40.021	48.135
27	Fosso Contrada Picone	16457	0.615	26.328	30.745	32.335	33.700	37.813	43.997	51.419	61.844

Tabella 11.1 – Calcolo piogge lorde

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	CN	S	la	hn(T=10)	hn(T=20)	hn(T=25)	hn(T=30)	hn(T=50)	hn(T=100)	hn(T=200)	hn(T=500)
						(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	Fosso Rummolo	sv.Vaglio	90.90	25.44	5.087	10.158	13.499	14.751	15.844	19.225	24.513	31.102	40.673
2	Vallone Tricarico	400	90.34	27.15	5.429	7.834	10.633	11.691	12.618	15.502	20.054	25.776	34.159
3	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	979	88.51	32.99	6.597	0.087	0.273	0.363	0.449	0.755	1.336	2.201	3.672
4	Fosso Loc. Bertuccio	1520	90.72	25.97	5.194	3.202	4.648	5.209	5.706	7.280	9.832	13.127	18.078
5	Acque versante	1990	90.91	25.39	5.077	0.707	1.228	1.442	1.637	2.278	3.379	4.879	7.249
6	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	2244	90.81	25.72	5.143	1.935	2.949	3.349	3.707	4.853	6.744	9.228	13.021
7	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3044	90.32	27.21	5.443	2.018	3.080	3.500	3.875	5.077	7.061	9.670	13.655
8	Vallone Tricarico	3225	89.37	30.22	6.043	2.483	3.749	4.248	4.692	6.113	8.451	11.512	16.172
9	Acque versante - Sx Vallone della Botte	6277	94.90	13.65	2.730	1.720	2.492	2.791	3.056	3.895	5.255	7.009	9.642
10	Acque versante - Sx Vallone della Botte	6610	90.75	25.90	5.181	0.379	0.739	0.892	1.033	1.506	2.340	3.506	5.389
11	Vallone Cerro	6970	94.90	13.65	2.730	1.720	2.492	2.791	3.056	3.895	5.255	7.009	9.642
12	Acque versante - Sx Vallone della Botte	8125	90.75	25.90	5.181	0.680	1.191	1.403	1.595	2.229	3.320	4.810	7.170
13	Torrente Castagno	9000	90.58	26.41	5.282	22.507	28.690	30.969	32.943	38.982	48.264	59.633	75.893
14	Fosso Loc. Masseria D'Erario	9580	90.54	26.55	5.311	2.114	3.202	3.632	4.014	5.239	7.256	9.900	13.929
15	Fosso Mezzanelle	9782	90.18	27.67	5.535	2.771	4.102	4.622	5.084	6.555	8.958	12.082	16.807
16	Affl. Fosso Mezzanelle	10163	90.75	25.90	5.181	2.287	3.428	3.876	4.274	5.547	7.636	10.364	14.508
17	Acque versante SC 3 Ponti - Pozzillo	sv. Tolve - SC 3Ponti	90.75	25.90	5.181	1.187	1.919	2.214	2.479	3.341	4.790	6.728	9.739
18	Acque versante	10633	90.75	25.90	5.181	0.846	1.433	1.673	1.891	2.604	3.819	5.466	8.054
19	Affl. Vallone Girifuolo	11138	90.75	25.90	5.181	2.741	4.036	4.541	4.989	6.414	8.737	11.753	16.306
20	Acque versante	11340	90.75	25.90	5.181	0.379	0.739	0.892	1.033	1.506	2.340	3.506	5.389
21	Affl. Vallone Girifuolo	12043	90.62	26.29	5.258	6.267	8.621	9.516	10.302	12.757	16.652	21.577	28.829
22	Torrente Alvo	13360	91.39	23.92	4.784	30.455	38.126	40.932	43.357	50.740	62.010	75.722	95.218
23	Fosso Masseria Pastore	14593	91.34	24.07	4.815	3.943	5.585	6.216	6.772	8.525	11.340	14.940	20.301
24	Fosso Gambarara	15658	90.75	25.90	5.181	3.591	5.159	5.765	6.300	7.993	10.726	14.242	19.504
25	Acque versante	15900	90.75	25.90	5.181	0.499	0.922	1.099	1.262	1.803	2.745	4.048	6.134
26	Fosso Masseria Lancieri	16230	90.75	25.90	5.181	5.688	7.872	8.705	9.436	11.725	15.367	19.983	26.795
27	Fosso Contrada Picone	16457	90.58	26.43	5.285	9.328	12.493	13.683	14.723	17.947	23.007	29.332	38.548

Tabella 11.2 – Calcolo piogge nette

N.	CORSO D'ACQUA	PK ATTR.	cd(T=10)	cd(T=20)	cd(T=25)	cd(T=30)	cd(T=50)	cd(T=100)	cd(T=200)	cd(T=500)
			(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
1	Fosso Rummolo	sv.Vaglio	0.376	0.428	0.444	0.458	0.495	0.543	0.589	0.641
2	Vallone Tricarico	400	0.320	0.372	0.389	0.403	0.442	0.491	0.540	0.595
3	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	979	0.010	0.028	0.035	0.042	0.063	0.096	0.135	0.187
4	Fosso Loc. Bertuccio	1520	0.199	0.248	0.264	0.278	0.316	0.366	0.419	0.479
5	Acque versante	1990	0.073	0.109	0.121	0.132	0.164	0.209	0.258	0.319
6	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	2244	0.146	0.191	0.206	0.219	0.255	0.305	0.357	0.419
7	Fosso SN -Affl. Sx V. Tricarico	3044	0.145	0.189	0.205	0.217	0.254	0.303	0.355	0.417
8	Vallone Tricarico	3225	0.155	0.200	0.216	0.229	0.265	0.315	0.368	0.429
9	Acque versante - Sx Vallone della Botte	6277	0.202	0.251	0.267	0.281	0.319	0.369	0.422	0.482
10	Acque versante - Sx Vallone della Botte	6610	0.045	0.074	0.085	0.095	0.123	0.165	0.211	0.270
11	Vallone Cerro	6970	0.202	0.251	0.267	0.281	0.319	0.369	0.422	0.482
12	Acque versante - Sx Vallone della Botte	8125	0.070	0.105	0.117	0.128	0.160	0.204	0.253	0.314
13	Torrente Castagno	9000	0.519	0.566	0.581	0.593	0.626	0.666	0.704	0.745
14	Fosso Loc. Masseria D'Erario	9580	0.152	0.197	0.212	0.225	0.262	0.312	0.364	0.426
15	Fosso Mezzanelle	9782	0.176	0.223	0.238	0.252	0.289	0.340	0.392	0.453
16	Affl. Fosso Mezzanelle	10163	0.162	0.208	0.224	0.237	0.274	0.324	0.376	0.438
17	Acque versante SC 3 Ponti - Pozzillo	sv. Tolve SC 3Ponti	0.105	0.145	0.159	0.171	0.205	0.253	0.304	0.365
18	Acque versante	10633	0.082	0.119	0.132	0.143	0.176	0.222	0.272	0.333
19	Affl. Vallone Girifuolo	11138	0.182	0.229	0.245	0.258	0.296	0.347	0.399	0.460
20	Acque versante	11340	0.045	0.074	0.085	0.095	0.123	0.165	0.211	0.270
21	Affl. Vallone Girifuolo	12043	0.290	0.342	0.359	0.373	0.411	0.461	0.511	0.568
22	Torrente Alvo	13360	0.597	0.640	0.653	0.664	0.693	0.728	0.760	0.795
23	Fosso Masseria Pastore	14593	0.236	0.286	0.303	0.316	0.355	0.406	0.457	0.517
24	Fosso Gambarara	15658	0.214	0.263	0.280	0.293	0.332	0.382	0.434	0.495
25	Acque versante	15900	0.055	0.087	0.099	0.109	0.139	0.182	0.229	0.289
26	Fosso Masseria Lancieri	16230	0.278	0.329	0.346	0.360	0.398	0.449	0.499	0.557
27	Fosso Contrada Picone	16457	0.354	0.406	0.423	0.437	0.475	0.523	0.570	0.623

Tabella 11.3 – Calcolo coefficiente di deflusso

12. ALLEGATO 4: CODICE DI CALCOLO PER LE SIMULAZIONI IDRAULICHE – HEC-RAS

Per effettuare le elaborazioni idrodinamiche è stato utilizzato il modello di simulazione HEC-RAS (River Analysis System) versione 5.0.6, sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers. Esso consente il calcolo dei profili idraulici di moto permanente gradualmente vario, in reti di canali naturali o artificiali.

Con tale codice di calcolo possono essere simulate condizioni di moto subcritico (corrente lenta), supercritico (corrente veloce) e misto, e possono essere valutati gli effetti di immissioni o emissioni laterali di portata, briglie e salti di fondo, paratoie, brevi condotti in pressione, tombini, ponti, ostacoli al flusso e costruzioni edificate nelle zone golenali.

Il modello dispone di una interfaccia grafica che facilita le operazioni di definizione della geometria del problema, dei parametri di calcolo e dell'analisi dei risultati esprimibili sia in termini di tabelle che di grafici. Questi ultimi includono la visualizzazione del tirante idrico relativo a ciascuna sezione, la visualizzazione dei profili di moto permanente (con l'indicazione del pelo libero, dei limiti arginali, della quota della linea dell'energia, ecc...) e grafici in prospettiva tridimensionali che consentono di evidenziare le aree soggette ad inondazione nelle differenti condizioni idrometriche.

La corrente viene suddivisa in estesi tratti ove essa si può ritenere gradualmente variata (e l'alveo pressoché prismatico) collegati da brevi tratti ove essa è rapidamente variata per effetto di rilevanti variazioni geometriche della sezione prodotte da ponti, tombini, soglie e briglie.

12.1. TRONCHI DI CORRENTE GRADUALMENTE VARIATA

Nei tratti di corrente gradualmente variata il profilo liquido si calcola correlando l'energia della corrente in varie sezioni successive con l'equazione differenziale :

$$dH/ds = - J \quad [1]$$

in cui:

$H = z_0 + h + \alpha V^2 / 2g$ è il carico totale della corrente nella sezione avente quota di fondo assoluta z_0 , tirante idrico h e velocità media V sulla sezione; α è il coefficiente di ragguglio della potenza cinetica e g l'accelerazione di gravità;

J è la "cadente" che rappresenta la perdita di carico continua per unità di peso e di percorso nei tronchi.

Per valutare la cadente J si fa uso della formula di Manning definendo dapprima la capacità di portata dell'alveo :

$$K = A R^{2/3} / n$$

dove A è l'area della sezione trasversale della corrente, R il raggio idraulico e n il coefficiente di scabrezza e quindi:

$$J = Q^2 / K^2$$

La definizione di $K(h)$ presume di trattare l'intera corrente come omogenea nella sezione trasversale assumendo:

$$A = A(h) \quad R = R(h)$$

Questa schematizzazione non appare molto appropriata per descrivere i casi in cui il flusso interessa, oltre che l'alveo di magra, caratterizzato da un coefficiente di scabrezza tipico per gli alvei naturali, considerevoli porzioni di zona golenale ove il moto è controllato da una scabrezza certamente assai maggiore.

E' opportuno dunque definire la capacità di portata dell'alveo come somma del contributo di tre correnti "parallele" con caratteristiche cinematiche diversificate: quella che scorre nell'alveo di magra/morbida con area bagnata A_a e portata Q_a , quella fluente in zona golenale con area bagnata A_g e portata Q_g e quella che interessa l'area coltivata invasa dalle acque con area bagnata A_c e portata Q_c , soggette alla stessa cadente piezometrica J , sicché:

$$Q = Q_a + Q_g + Q_c = (K_a + K_g + K_c) J^{1/2} = K J^{1/2}$$

onde :

$$K = K_a + K_g + K_c = A_a R_a^{2/3} / n_a + A_g R_g^{2/3} / n_g + A_c R_c^{2/3} / n_c$$

$$A = A_a + A_g + A_c$$

In modo congruente si definisce il coefficiente di ragguglio della potenza cinetica della corrente α mettendo in conto le diverse velocità nei tre filoni, con l'espressione :

$$\alpha = A^2 K^{-3} (K_a^3 A_a^{-2} + K_g^3 A_g^{-2} + K_c^3 A_c^{-2})$$

Il bilancio energetico per un generico tronco di corrente gradualmente variata compreso tra le ascisse curvilinee s_1 e s_2 si ottiene integrando l'equazione differenziale [1] :

$$H_1 = H_2 + J_{med} Ds \quad (Ds = s_2 - s_1)$$

la perdita di carico media J_{med} nel tronco si valuta come media pesata dei valori corrispondenti ai livelli di estremità:

$$J_{med} = q J_1 + (1 - q) J_2$$

intendendo $H_1 = H(h_1)$, $J_1 = J(h_1)$, ecc. Si assume $q=0.5$.

Si ha in definitiva per il generico tronco:

$$H_1 - q Ds J_1 = H_2 + (1 - q) Ds J_2$$

Se la corrente è subcritica il calcolo procede dalla sezione di valle ove deve essere assegnata la condizione al contorno, verso monte per tronchi successivi: nella espressione precedente, applicata ricorsivamente a tutti i tronchi, dunque, si ritengono sempre note le condizioni idrometriche della corrente nella sezione 2 (di valle) e si devono ricavare quelle della sezione 1 (di monte).

Posto:

$$H = z_o + h + \alpha V^2 / 2g = z_o + h + \alpha Q^2 / 2g A^2$$

$$J = Q^2 / K^2$$

si ha:

$$h_1 + \alpha Q^2 / 2g A(h_1)^2 - Ds/2 Q^2 / K(h_1)^2 = H_2 + Ds/2 J_2 - z_{o1}$$

In questa espressione il secondo membro é una quantità nota.

Risolviendo questa equazione implicita con il metodo di bisezione si ricava h_1 e quindi tutte le variabili idrometriche della corrente nella sezione di monte.

Qualora nessuna soluzione esista nel campo delle correnti subcritiche si pone nella sezione 1 l'altezza critica per proseguire il calcolo.

Ripetendo il procedimento per ogni tronco si ricava il profilo di corrente.

Se la corrente è supercritica, si applica lo stesso algoritmo procedendo da monte (ove deve essere assegnata la condizione al contorno) verso valle.

Il livello idrico nei tratti prismatici è dunque controllato essenzialmente dai valori dei coefficienti di scabrezza che compaiono nella definizione della capacità di portata dell'alveo.

12.2. TRONCHI DI CORRENTE RAPIDAMENTE VARIATA

Nei tronchi sede di ponti, tombini o altre strutture che provocano effetti localizzati le condizioni idrometriche di monte si correlano con quelle di valle tramite relazioni empiriche appropriate tratte dalla letteratura tecnica.

Ai fini della simulazione numerica, la sezione in cui è localizzato il ponte viene trattata nel modo di seguito descritto.

Nella sezione del ponte si inseriscono gli ingombri geometrici delle pile e delle spalle del ponte; la geometria reale viene schematizzata con una idraulicamente equivalente, ove gli ingombri delle singole pile vengono assemblati in un numero ridotto di sagome. Questa operazione viene fatta separatamente per le zone di alveo, golena e coltivo.

Alla stessa ascissa della sezione predetta si posizionano una sezione di monte (identificata dal suffisso 'm') e una sezione di valle (identificata dal suffisso 'v') con lo stesso contorno bagnato, che differiscono dalla sezione del ponte solo per l'assenza dell'ingombro delle pile/spalle.

Queste due sezioni convenzionali di monte e di valle delimitano il tronco, che ha lunghezza trascurabile, in cui è localizzata la variazione della geometria.

La sezione del ponte con gli ingombri delle pile/spalle entra soltanto nel calcolo delle perdite localizzate che, appunto, da tali ingombri sono causate.

Pertanto, nel risultato finale, in corrispondenza della sezione del ponte, saranno riportati alla stessa ascissa i tre livelli corrispondenti, nell'ordine, alla sezione immediatamente a monte ('m'), a quella del ponte con gli ingombri di pile/spalle, e a quella immediatamente a valle ('v').

Il rigurgito dei ponti può essere valutato con metodologie diverse.

Formola di Yarnell

Nel breve tronco in cui è localizzato il ponte la differenza tra il livello di monte e quello di valle ($z_m - z_v$) può essere calcolata con la formola di Yarnell dedotta da una estesa informazione sperimentale relativa a sezioni di forma rettangolare.

Si deve distinguere tra la situazione in cui la contrazione non è così forte da produrre la sezione di controllo tra le pile (di 'classe A' nella terminologia di Yarnell) e il caso in cui tale situazione si verifica (di 'classe B').

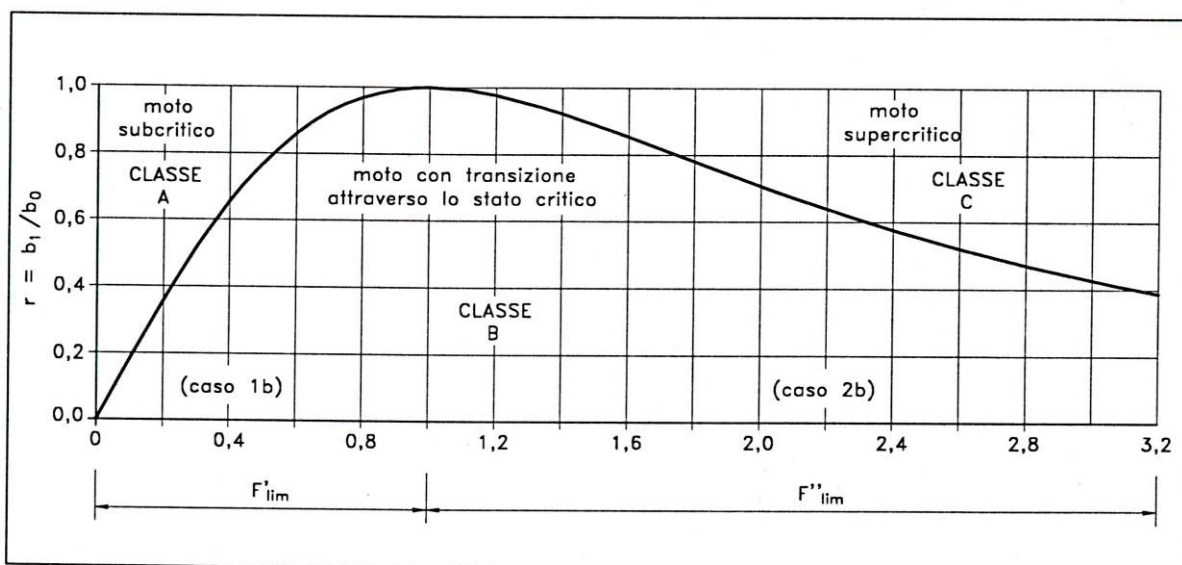


Figura 12.1 : Classificazione dei modi di deflusso attraverso un restringimento (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

Si calcola preventivamente il rapporto di contrazione $r = b_1/b_0$ e si confronta con il rapporto di contrazione limite r_{lim} discriminante tra le classi 'A' e 'B' definito dall' espressione:

$$r_{lim}^2 = 27 \frac{F^2}{(2 + F^2)^3}$$

Se il rapporto di contrazione r risulta minore di r_{lim} il problema é di classe 'B' e il livello di monte si ottiene dal valore dell'energia nella sezione di monte posta pari a quella critica che si stabilisce tra le pile incrementata di una perdita di carico in contrazione pari a circa 1/3 del termine cinetico critico.

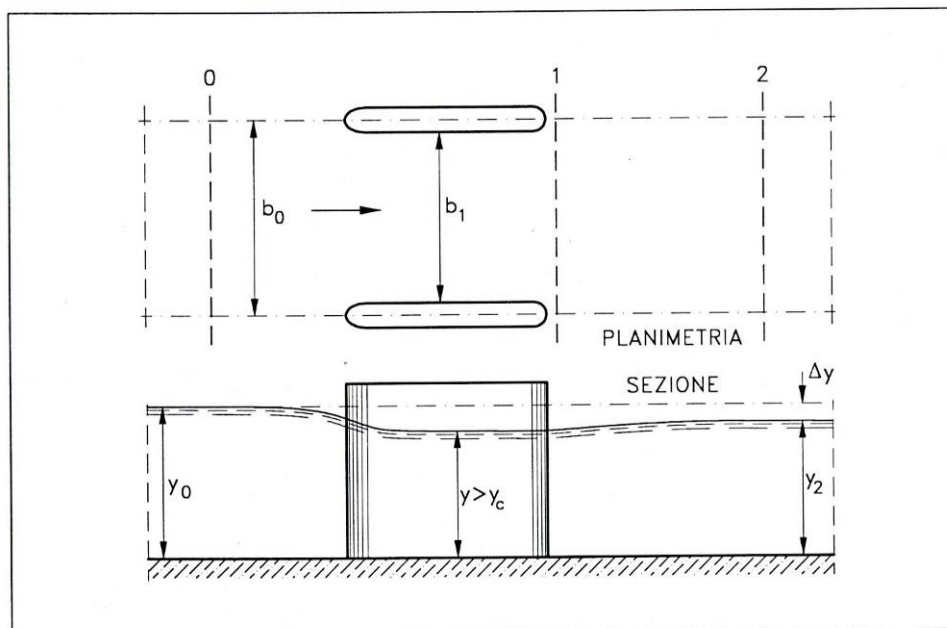


Figura 12-2: deflusso attraverso le pile di un ponte senza transizione – classe A (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

Per il problema di 'classe A' la formula di Yarnell esprime l'entità del rigurgito (Δy) in funzione del tirante idrico di valle (y_2), del rapporto di ingombro del ponte ($z = 1 - r$), di un coefficiente di forma della pila (K_Y) e del numero di Froude ($F = V/\sqrt{gA/B}$) della corrente nella sezione di valle (F_2) con l'espressione:

$$\frac{\Delta y}{y} = K_Y (K_Y - 0.6 + 5F_2^2) (z + 15z^4) F_2^2$$

Il coefficiente di forma K_Y assume valori che vanno da 1.25 per pile non arrotondate a valori dell'ordine di 0.9 per pile arrotondate con vari profili (vedi Figura 12-3).

Nell'ipotesi che la corrente investa l'asse della pila con un angolo α diverso da 0, i valori di Δy devono essere moltiplicati per il coefficiente 1.3 per $\alpha = 10^\circ$ e 2.3 per $\alpha = 20^\circ$.


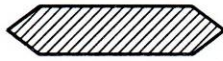


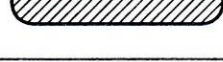
forma della pila	K_Y
	1,25
	1,05
	1,05
	0,95
	0,90

Figura 12-3: coefficienti di forma delle pile dei ponti (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

PROGETTAZIONE ATI:

Formula di Rehbock

In base alla formula di Rehbock, l'espressione del rigurgito è:

$$\Delta y = K_R (1-r) \frac{v_2^2}{2g}$$

dove K_R è un coefficiente di forma pari a 1 per pile a rostri arrotondati e 2 per pile a spigoli vivi.

Bilanci di energia (e-b) e di spinta totale (e-s)

Si distinguono, in corrispondenza dei ponti, il tratto tra la sezione di monte (M) e quella delle pile (P), in cui la corrente accelera, e quello tra questa sezione (P) e quella di valle (V) in cui la corrente rallenta.

Nel tratto M-P si impone il bilancio energetico conteggiando le perdite di carico in contrazione come una frazione del termine cinetico in P valutata in ragione del raccordo delle pile:

$$H_M = H_P + I \frac{v_P^2}{2g}$$

Nel tratto P-V si può ancora imporre il bilancio energetico valutando le perdite di rallentamento con l'espressione di Borda (schema e-b):

$$H_P = H_V + I \frac{(v_P - v_V)^2}{2g}$$

oppure si può, in alternativa, imporre l'invarianza della spinta totale tra le sezioni P e V utilizzando la geometria della sezione V per valutare la spinta idrostatica nella sezione P (schema e-s).

La scelta dello schema di rappresentazione degli effetti di rigurgito può essere effettuata con appropriata analisi di sensitività: gli schemi e-b e e-s, più elaborati, hanno comunque, a priori, il vantaggio di essere applicabili a sezioni non sensibilmente rettangolari.

Per quanto riguarda i tombini, invece, l'analisi è condotta mediante due differenti approcci che tengono in debito conto delle condizioni idrauliche di monte e di valle che governano il moto:

- 1) Outlet Control: il flusso all'interno del tombino è in regime di outlet control quando è condizionato dalle condizioni di valle e/o dalla capacità portante della condotta. Pertanto si valuta l'altezza d'acqua in testa al tombino (upstream headwater depth) utilizzando i convenzionali metodi dell'idraulica considerando prevalenti le perdite dovute alla rugosità della condotta ed all'effetto tappo che si instaura con la eventuale presenza di un battente idrico a valle (tailwater);
- 2) Inlet Control: in questo caso, la capacità del sistema è condizionata dalle perdite di carico all'ingresso del tombino più che dalla capacità della condotta. Pertanto il tirante idrico in testa si determina considerando prevalenti le perdite causate dal restringimento della sezione di monte.

HEC – RAS calcola l'energia a monte del tombino necessaria affinché il flusso sia in regime di outlet control e quella corrispondente al regime di inlet control; il caso per cui risulta maggiore tale energia è quello che viene considerato per la determinazione delle caratteristiche idrodinamiche del flusso.

Outlet control

E' utilizzata l'equazione di Bernouilli

$$Z_3 + Y_3 + \frac{V_3^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H_L$$

dove Z_3, Z_2 sono le quote di imbocco e di sbocco del tombino (m);

Y_3, Y_2 sono i tiranti idrici di monte e di valle (m);

V_3, V_2 sono le velocità di ingresso e di uscita della corrente (m);

H_L sono le perdite di carico totali, date dalla somma delle perdite concentrate di ingresso e di uscita e dalle perdite distribuite lungo la condotta.

Inlet control

L'analisi si differenzia a seconda dell'entità delle portate da smaltire:

- a) Unsubmerged Inlet: portate per le quali il sistema si comporta come uno stramazzo; ci sono due metodi proposti dall'United States Federal Highway Administration:

$$\frac{HW_i}{D} = \frac{H_c}{D} + K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M - 0.5S$$

$$\frac{HW_i}{D} = K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M$$

dove HW_i è il carico idraulico all'ingresso del tombino;

D è l'altezza della condotta;

H_c è l'energia specifica corrispondente all'altezza critica;

Q è la portata;

A è l'area della sezione della condotta;

S è la pendenza della condotta;

K e M sono costanti dipendenti dalla geometria e dal tipo di condotta

- b) Submerged Inlet: quando la condotta si comporta da orifizio nel sistema

$$\frac{HW_i}{D} = c \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^2 + Y - 0.5S$$

dove HW_i è il carico idraulico all'ingresso del tombino;

D è l'altezza della condotta;

H_c è l'energia specifica corrispondente all'altezza critica;

Q è la portata;

A è l'area della sezione della condotta;

S è la pendenza della condotta;

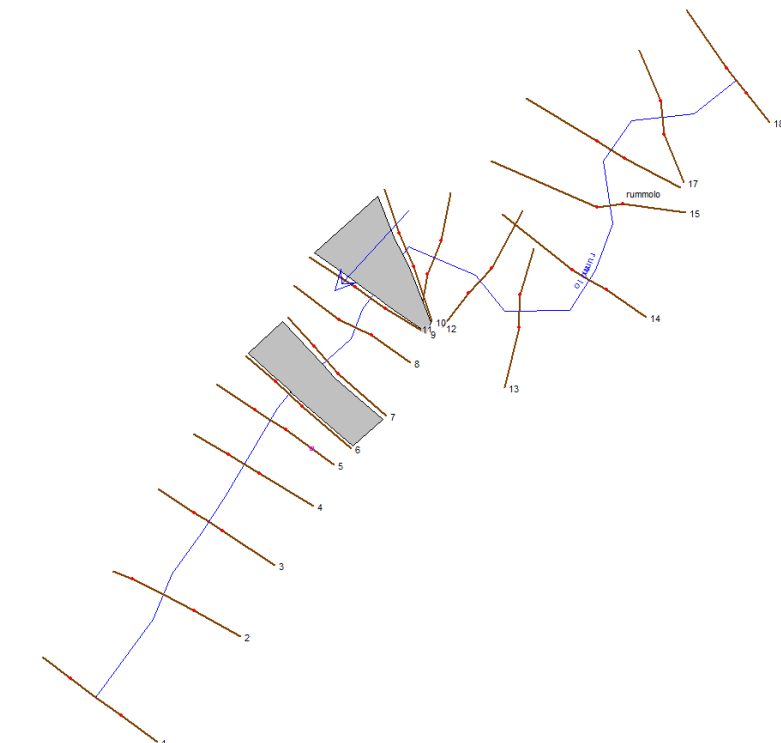
c e Y sono costanti dipendenti dalla geometria e dal tipo di condotta

- c) Transitional: in situazioni intermedie tra il comportamento a stramazzo e il comportamento ad orifizio

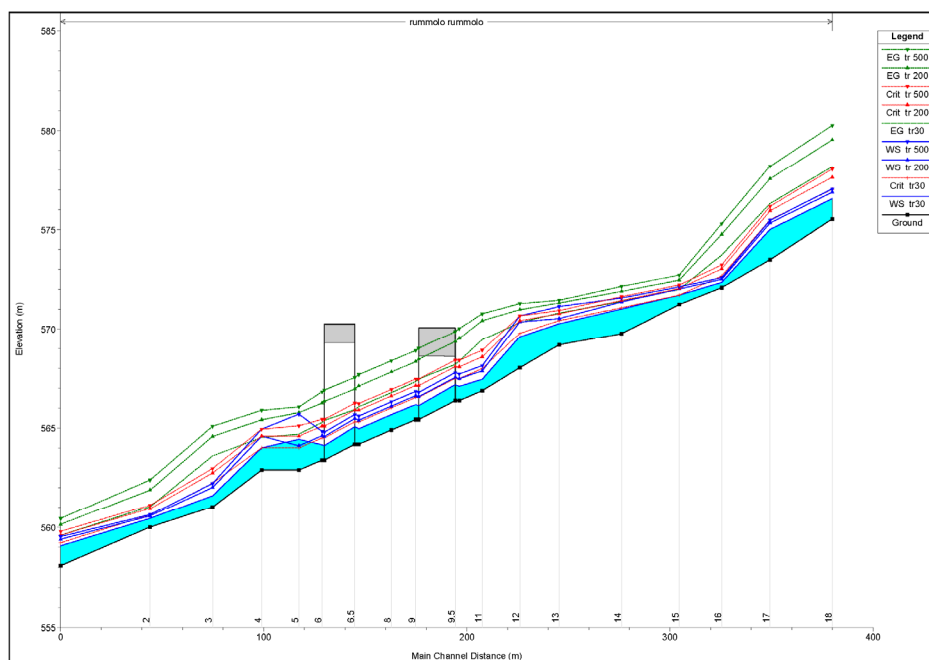
13. ALLEGATO 5: TABULATI DI CALCOLO VERIFICHE CORSI D'ACQUA PRINCIPALI

13.1. FOSSO RUMMOLO

13.1.1. PLANIMETRIA SEZIONI DI CALCOLO

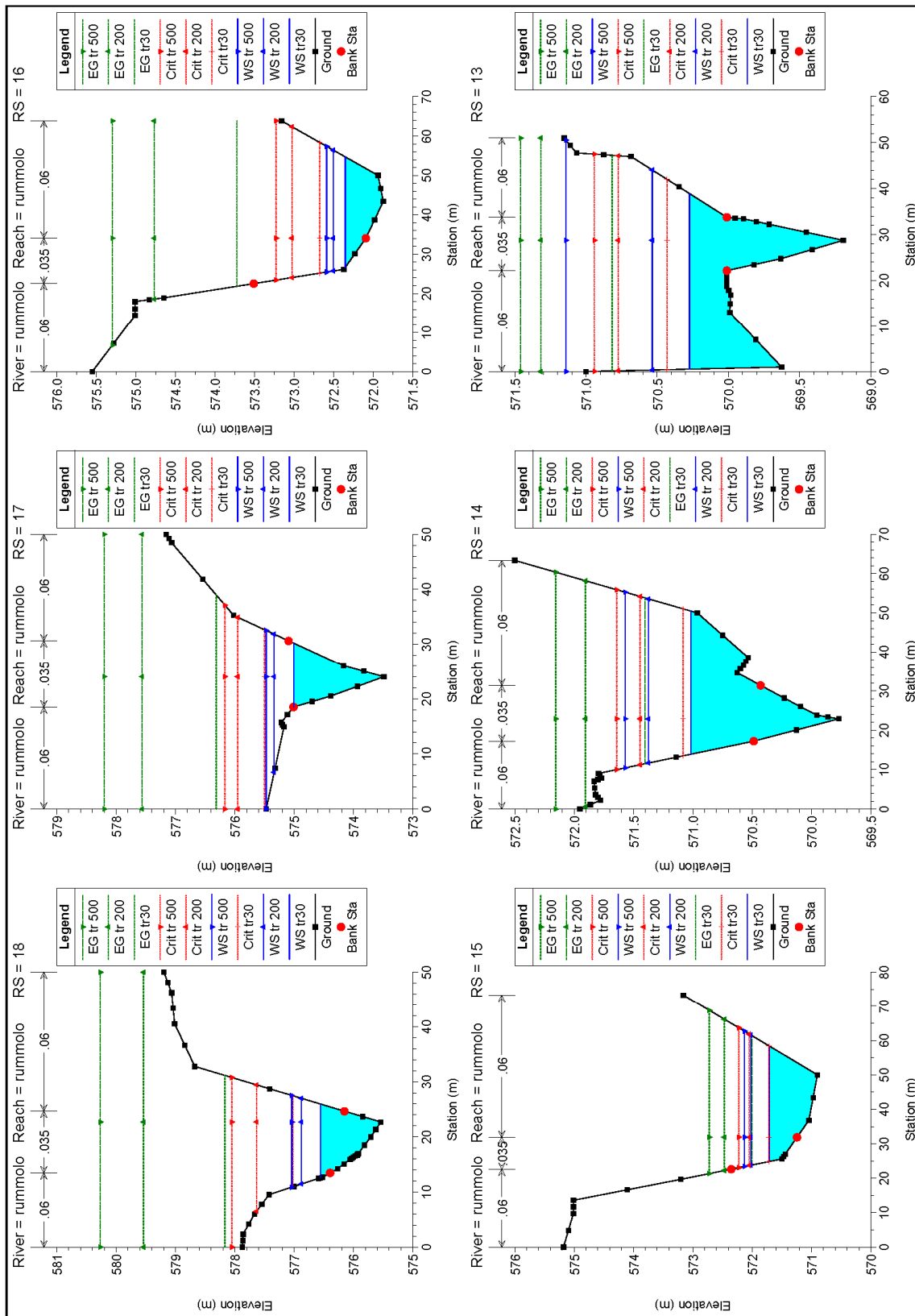


13.1.2. PROFILO

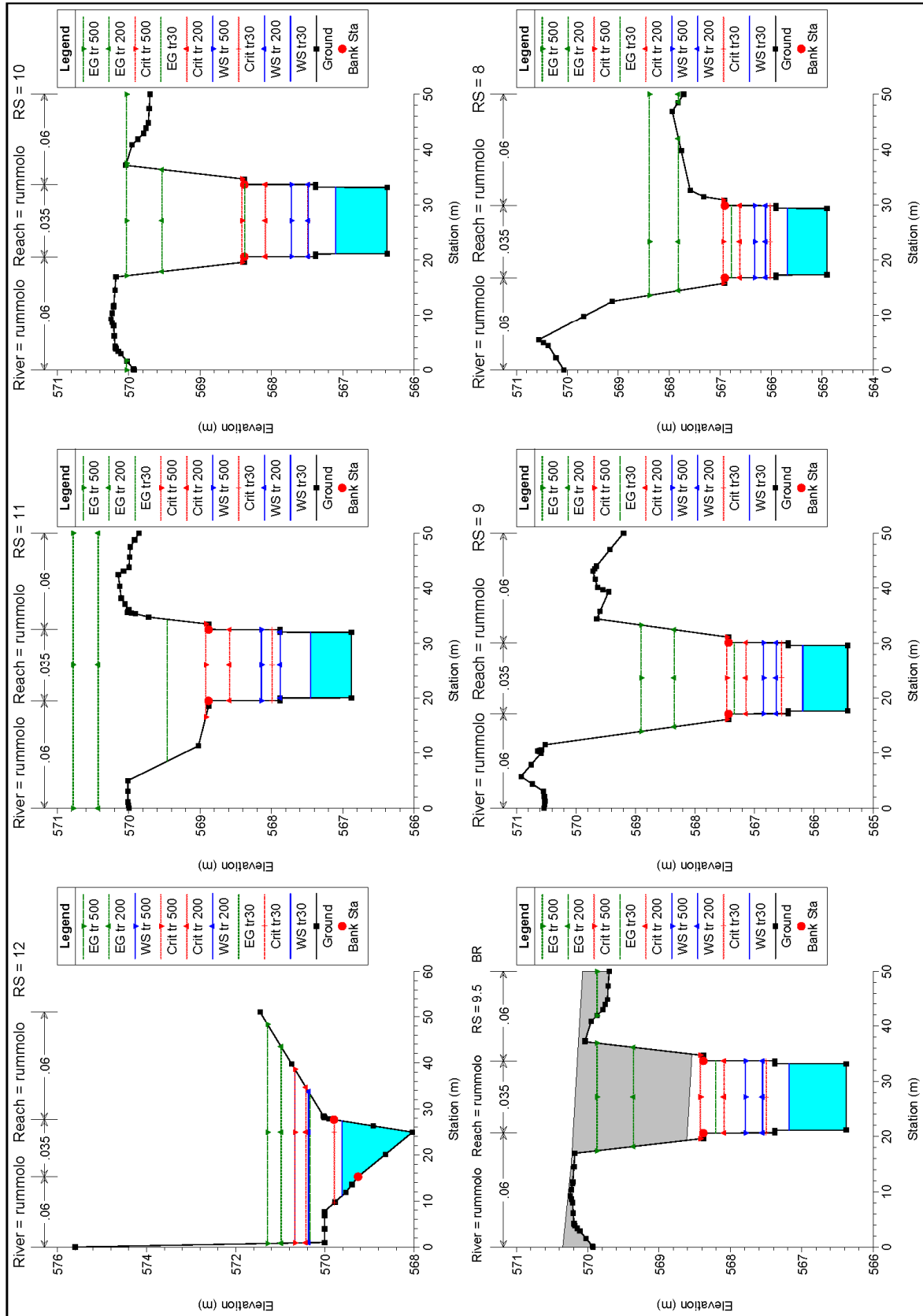


PROGETTAZIONE ATI:

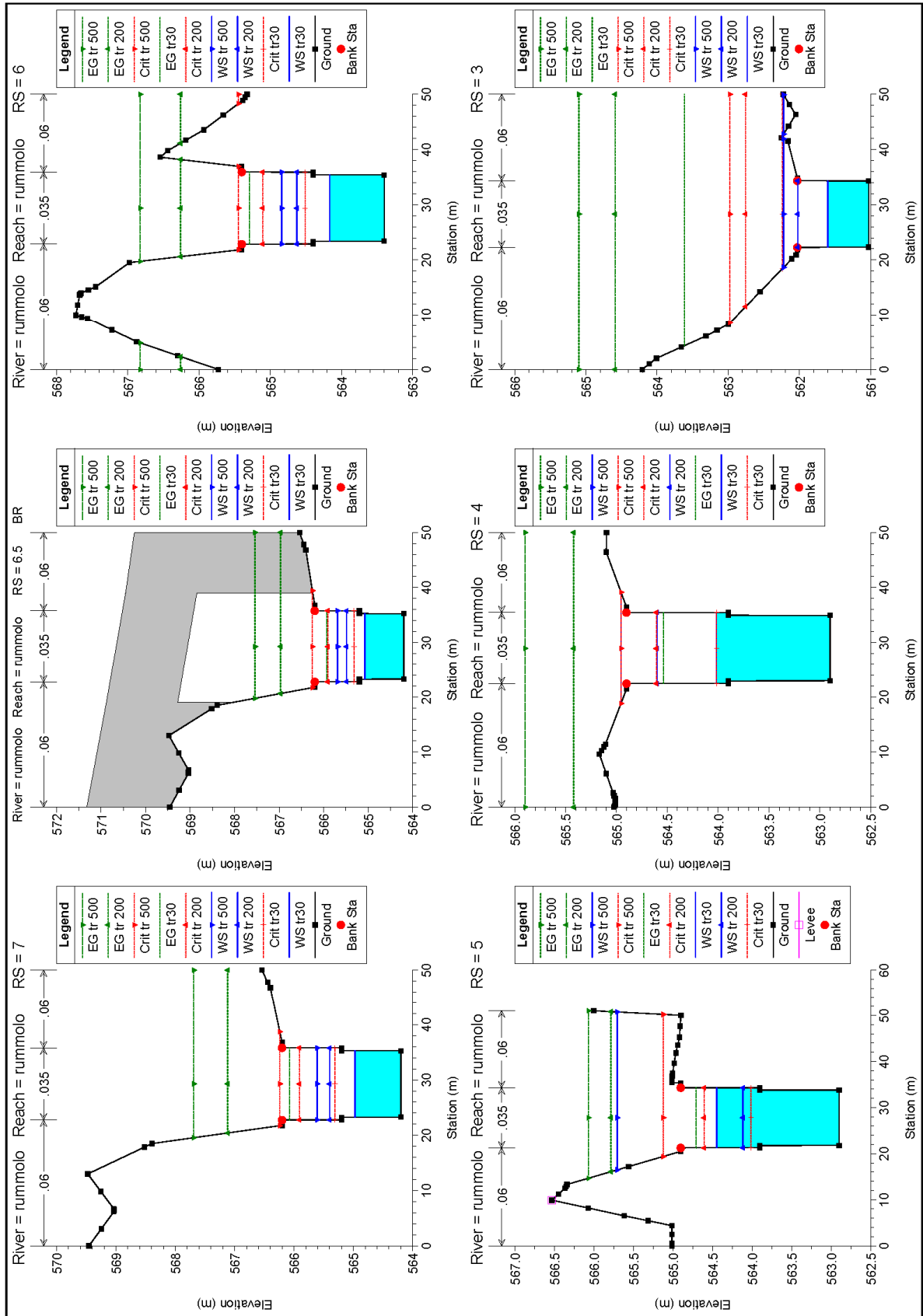
13.1.3. SEZIONI TRASVERSALI



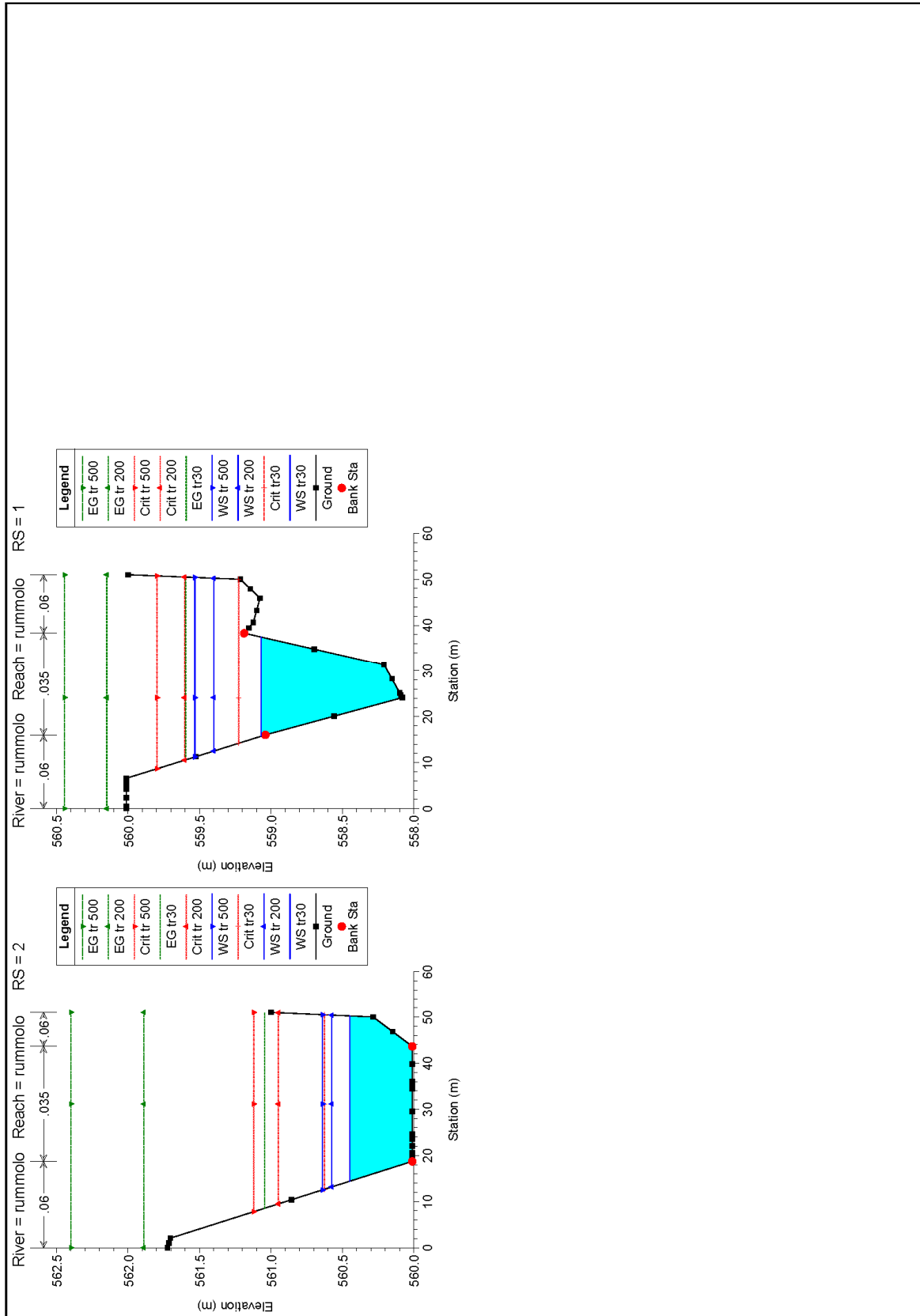
PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

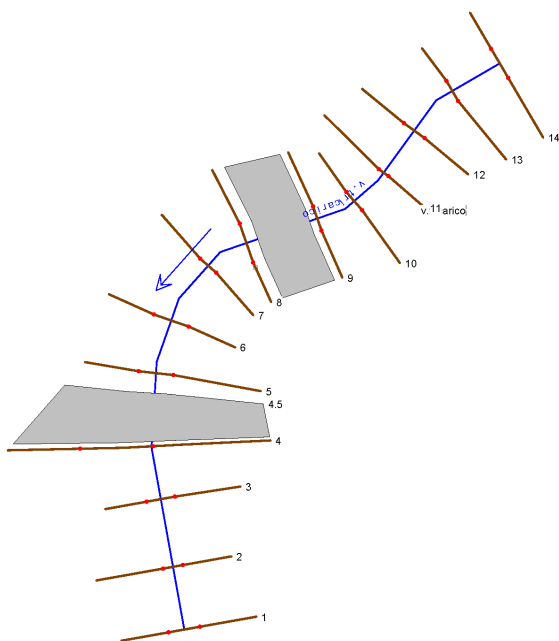
13.1.4. TABELLE

HEC-RAS Plan: Plan 02 River: rummolo Reach: rummolo

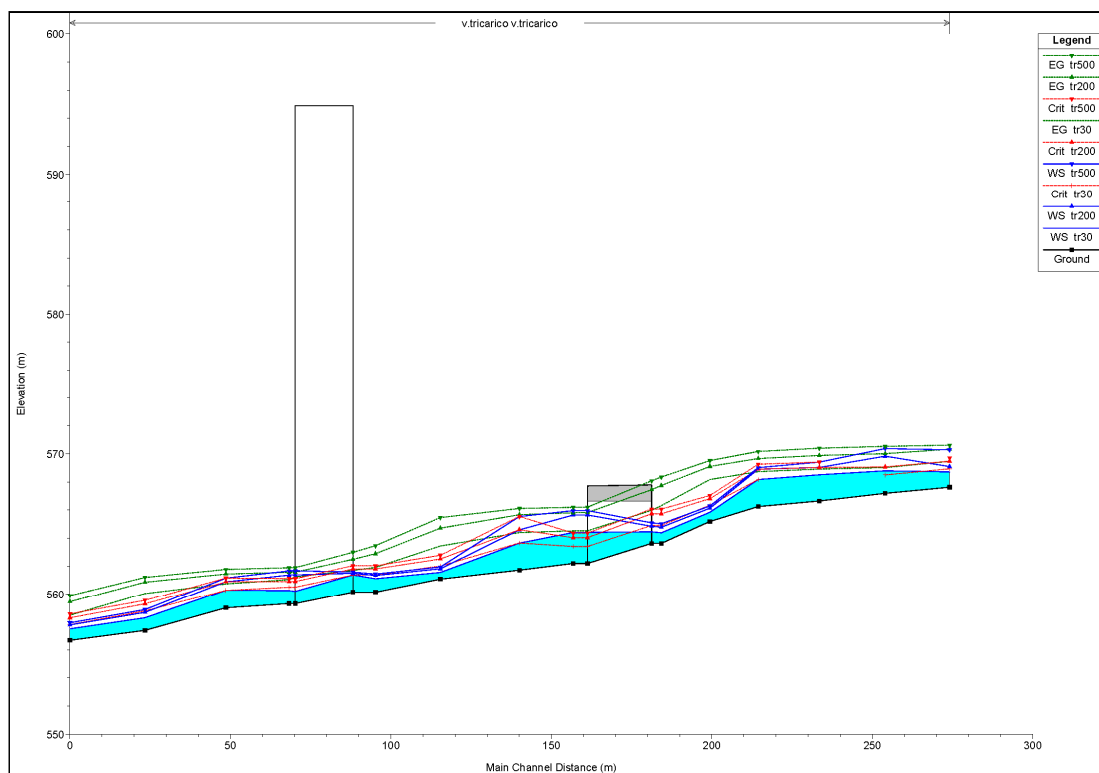
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	
rummolo	18	tr30	43.20	575.54	576.55	577.02	578.17	0.067015	5.65	7.90	13.39	2.19	
rummolo	18	tr 200	84.80	575.54	576.88	577.63	579.54	0.067049	7.34	12.58	15.54	2.34	
rummolo	18	tr 500	110.90	575.54	577.04	578.05	580.27	0.067089	8.12	15.23	16.65	2.40	
rummolo	17	tr30	43.20	573.49	575.01	575.50	576.31	0.049944	5.06	8.54	11.72	1.89	
rummolo	17	tr 200	84.80	573.49	575.34	575.95	577.56	0.054579	6.66	14.08	25.22	2.09	
rummolo	17	tr 500	110.90	573.49	575.47	576.17	578.20	0.058531	7.48	17.97	32.53	2.21	
rummolo	16	tr30	43.20	572.09	572.36	572.68	573.72	0.389187	4.59	8.36	28.06	4.05	
rummolo	16	tr 200	84.80	572.09	572.50	573.03	574.77	0.406733	7.44	12.79	30.67	4.64	
rummolo	16	tr 500	110.90	572.09	572.59	573.23	575.30	0.389099	8.59	15.42	31.89	4.73	
rummolo	15	tr30	43.20	571.24	571.72	571.72	572.00	0.038112	2.60	18.31	33.57	1.47	
rummolo	15	tr 200	84.80	571.24	572.02	572.05	572.47	0.035094	3.64	29.29	37.81	1.54	
rummolo	15	tr 500	110.90	571.24	572.13	572.22	572.72	0.040640	4.26	33.35	39.26	1.70	
rummolo	14	tr30	43.20	569.77	571.02	571.08	571.40	0.013092	2.97	19.61	36.55	1.02	
rummolo	14	tr 200	84.80	569.77	571.37	571.44	571.90	0.012517	3.65	33.61	41.89	1.05	
rummolo	14	tr 500	110.90	569.77	571.57	571.64	572.16	0.011729	3.90	42.19	44.84	1.04	
rummolo	13	tr30	43.20	569.19	570.27	570.43	570.82	0.028196	3.76	17.08	38.39	1.43	
rummolo	13	tr 200	84.80	569.19	570.53	570.77	571.32	0.029046	4.72	27.81	43.72	1.53	
rummolo	13	tr 500	110.90	569.19	571.14	570.94	571.46	0.006836	3.17	56.31	50.54	0.81	
rummolo	12	tr30	43.20	568.04	569.61	569.79	570.34	0.020576	3.79	12.01	16.20	1.26	
rummolo	12	tr 200	84.80	568.04	570.37	570.43	570.98	0.008916	3.67	29.97	32.79	0.91	
rummolo	12	tr 500	110.90	568.04	570.67	570.67	571.29	0.007555	3.78	40.73	37.69	0.86	
rummolo	11	tr30	43.20	566.88	567.45	567.99	569.46	0.114077	6.27	6.89	12.03	2.65	
rummolo	11	tr 200	84.80	566.88	567.88	568.59	570.43	0.075261	7.07	11.99	12.05	2.26	
rummolo	11	tr 500	110.90	566.88	568.14	568.92	570.78	0.063661	7.19	15.42	13.01	2.11	
rummolo	10	tr30	43.20	566.38	567.10	567.49	568.37	0.055073	5.00	8.65	12.04	1.88	
rummolo	10	tr 200	84.80	566.38	567.48	568.09	569.53	0.058045	6.34	13.38	13.01	2.00	
rummolo	10	tr 500	110.90	566.38	567.72	568.41	570.03	0.051731	6.73	16.47	13.02	1.91	
rummolo	9.5		Bridge										
rummolo	9	tr30	43.20	565.43	566.19	566.54	567.34	0.046924	4.75	9.09	12.05	1.75	
rummolo	9	tr 200	84.80	565.43	566.63	567.14	568.34	0.043839	5.80	14.63	13.01	1.75	
rummolo	9	tr 500	110.90	565.43	566.85	567.46	568.91	0.043234	6.35	17.45	13.02	1.75	
rummolo	8	tr30	43.20	564.91	565.68	566.02	566.78	0.043511	4.64	9.31	12.05	1.69	
rummolo	8	tr 200	84.80	564.91	566.11	566.62	567.82	0.043702	5.79	14.65	13.01	1.74	
rummolo	8	tr 500	110.90	564.91	566.32	566.94	568.39	0.043454	6.37	17.42	13.02	1.76	
rummolo	7	tr30	43.20	564.20	564.97	565.31	566.08	0.044029	4.66	9.27	12.05	1.70	
rummolo	7	tr 200	84.80	564.20	565.40	565.91	567.12	0.044030	5.80	14.61	13.01	1.75	
rummolo	7	tr 500	110.90	564.20	565.61	566.24	567.69	0.043859	6.38	17.37	13.02	1.77	
rummolo	6.5		Bridge										
rummolo	6	tr30	43.20	563.40	564.16	564.51	565.29	0.045375	4.70	9.19	12.05	1.72	
rummolo	6	tr 200	84.80	563.40	564.63	565.11	566.26	0.040706	5.66	14.98	13.01	1.68	
rummolo	6	tr 500	110.90	563.40	564.84	565.45	566.83	0.040942	6.24	17.76	13.03	1.71	
rummolo	5	tr30	43.20	562.90	564.45	564.01	564.71	0.004932	2.26	19.13	13.03	0.59	
rummolo	5	tr 200	84.80	562.90	564.11	564.61	565.78	0.042106	5.72	14.82	13.01	1.71	
rummolo	5	tr 500	110.90	562.90	565.70	565.12	566.07	0.003592	2.81	49.92	34.25	0.54	
rummolo	4	tr30	43.20	562.90	564.02	564.02	564.54	0.014565	3.19	13.53	13.01	1.00	
rummolo	4	tr 200	84.80	562.90	564.60	564.61	565.42	0.013947	4.01	21.16	13.04	1.00	
rummolo	4	tr 500	110.90	562.90	564.95	564.95	565.90	0.012957	4.30	26.02	20.34	0.98	
rummolo	3	tr30	43.20	561.03	561.60	562.24	563.61	0.114638	6.28	6.88	12.03	2.65	
rummolo	3	tr 200	84.80	561.03	562.02	562.76	564.59	0.075983	7.09	11.96	12.06	2.27	
rummolo	3	tr 500	110.90	561.03	562.22	562.98	565.10	0.067908	7.58	16.38	30.39	2.22	
rummolo	2	tr30	43.20	560.01	560.45	560.63	561.04	0.046722	3.56	13.80	35.83	1.72	
rummolo	2	tr 200	84.80	560.01	560.57	560.95	561.89	0.075033	5.34	18.36	37.23	2.27	
rummolo	2	tr 500	110.90	560.01	560.64	561.12	562.40	0.087369	6.20	20.82	37.96	2.50	
rummolo	1	tr30	43.20	558.08	559.07	559.23	559.60	0.023823	3.22	13.43	21.72	1.30	
rummolo	1	tr 200	84.80	558.08	559.40	559.60	560.15	0.020787	3.91	24.58	37.71	1.30	
rummolo	1	tr 500	110.90	558.08	559.53	559.80	560.44	0.021685	4.37	29.67	39.17	1.35	

13.2. VALLONE TRICARICO

13.2.1. PLANIMETRIA SEZIONI DI CALCOLO

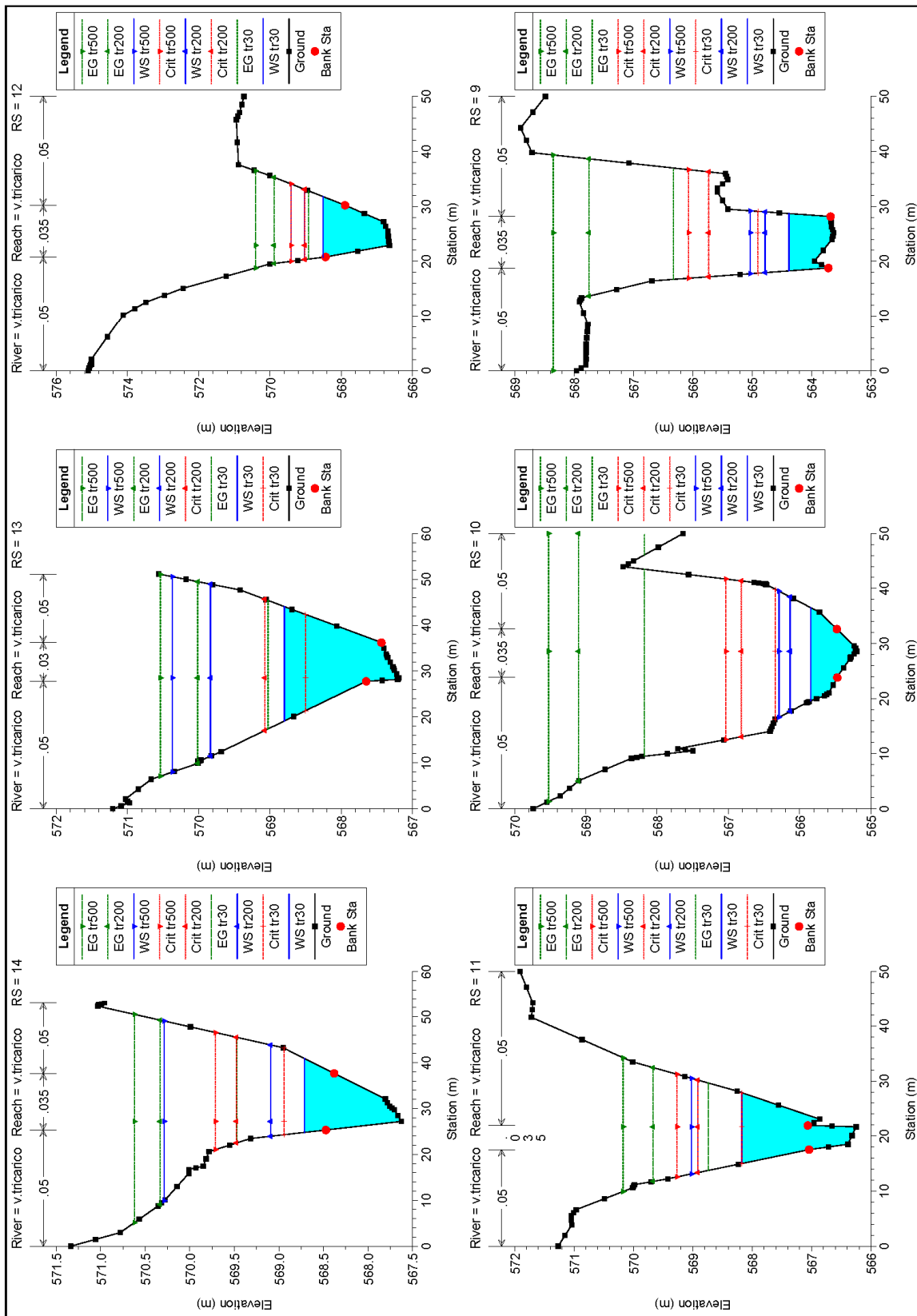


13.2.2. PROFILO

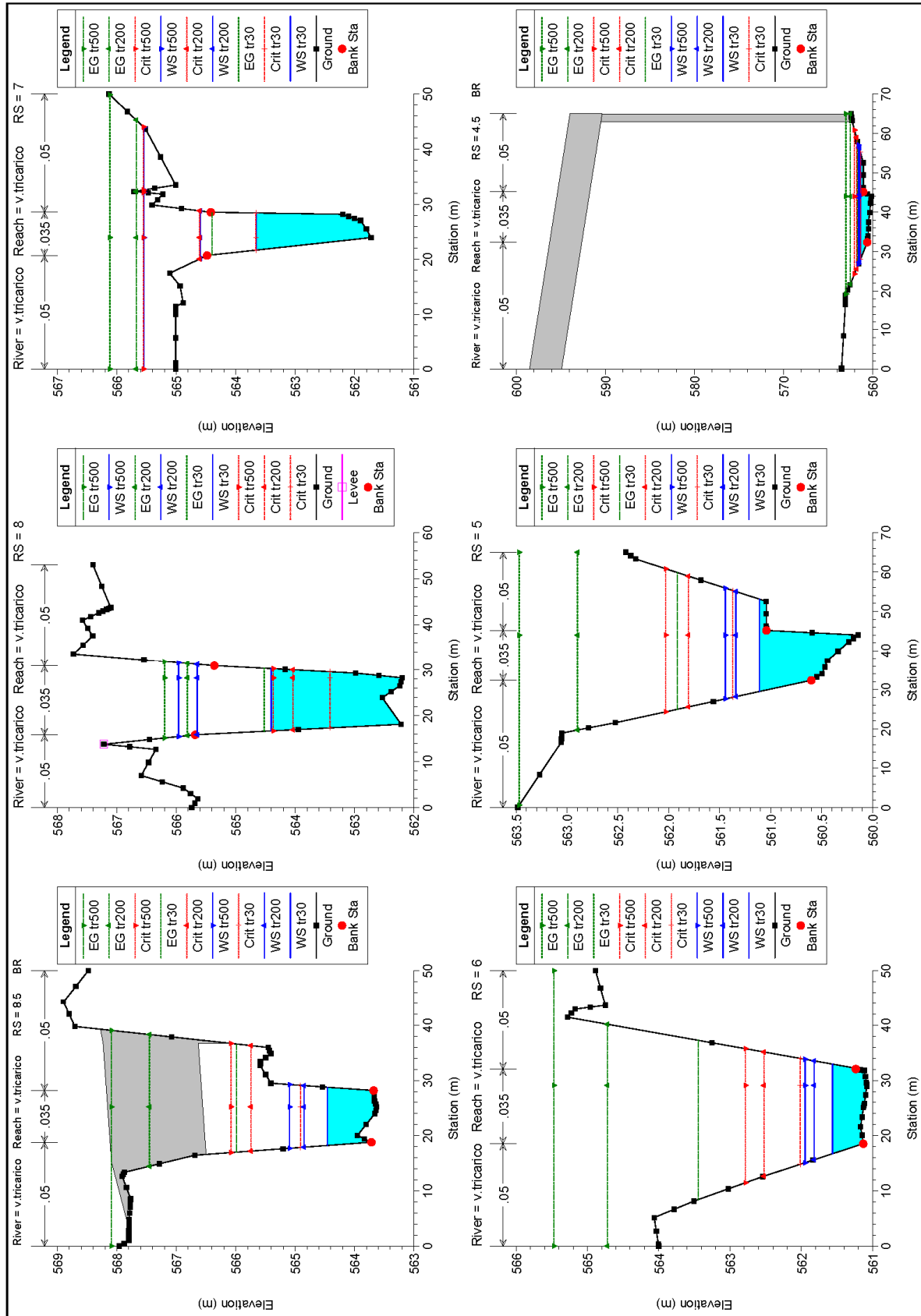


PROGETTAZIONE ATI:

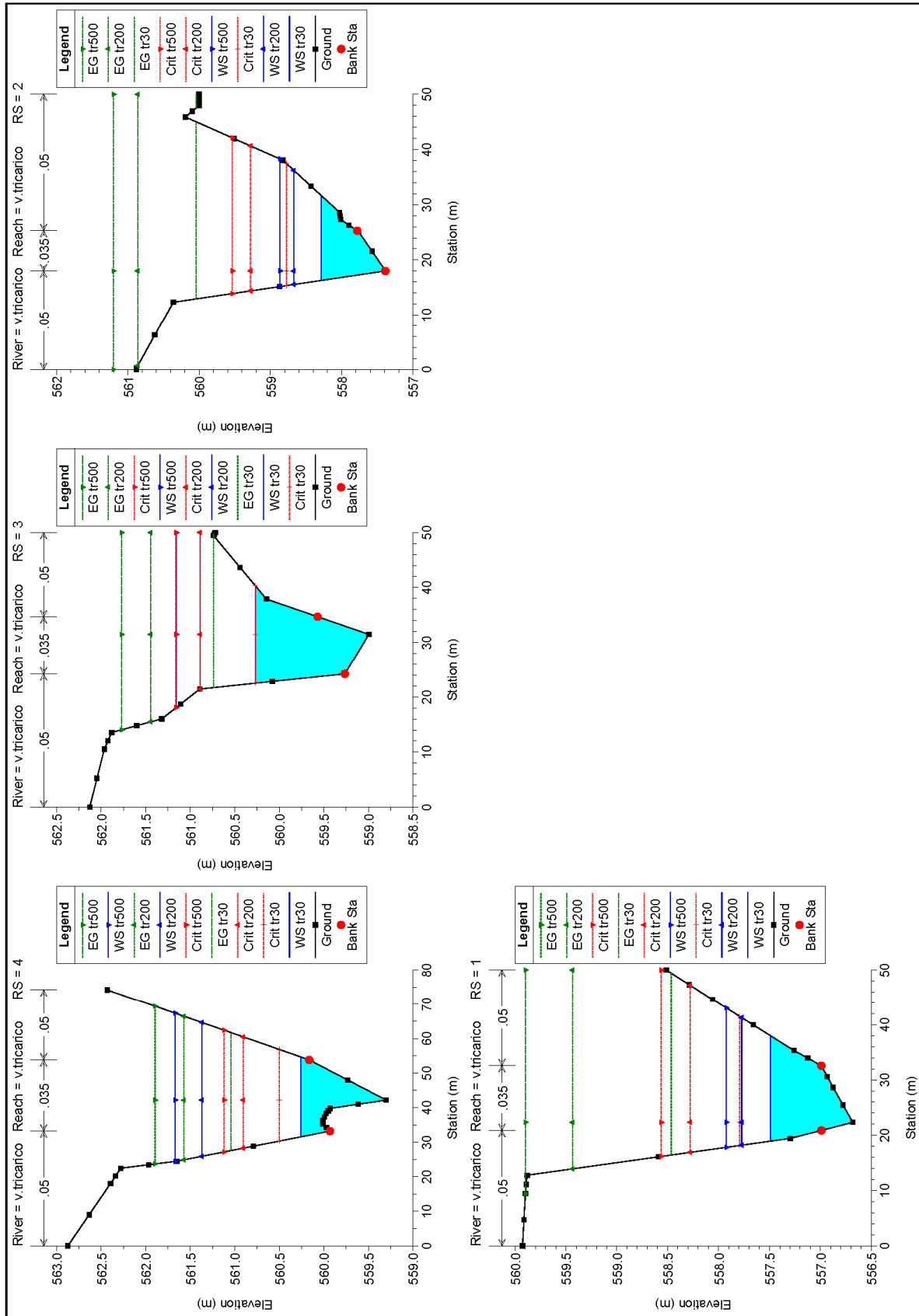
13.2.3. SEZIONI TRASVERSALI



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

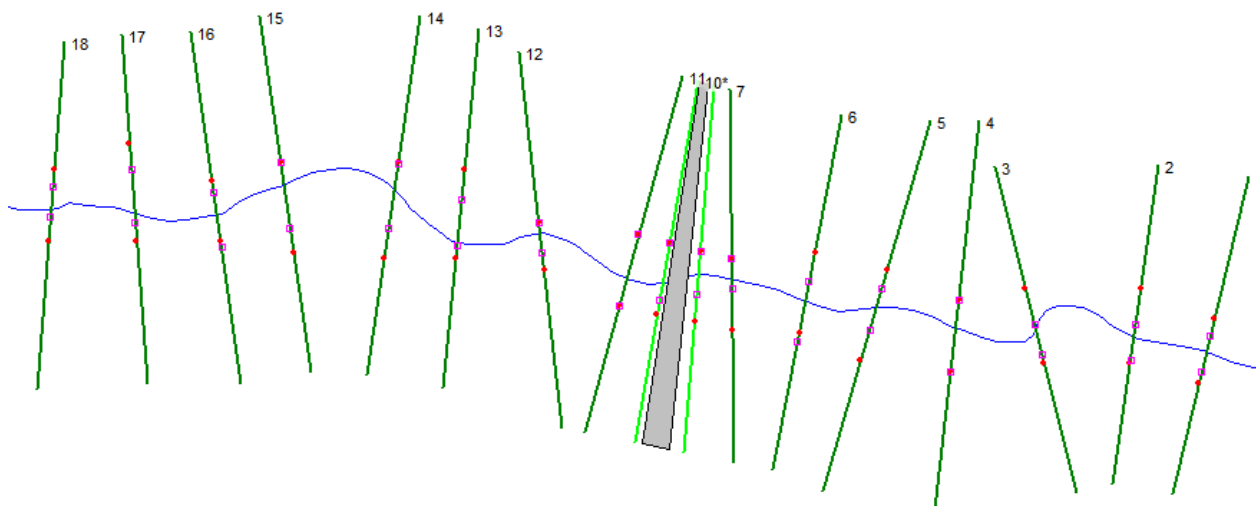
13.2.4. TABELLE

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: v.tricarico Reach: v.tricarico

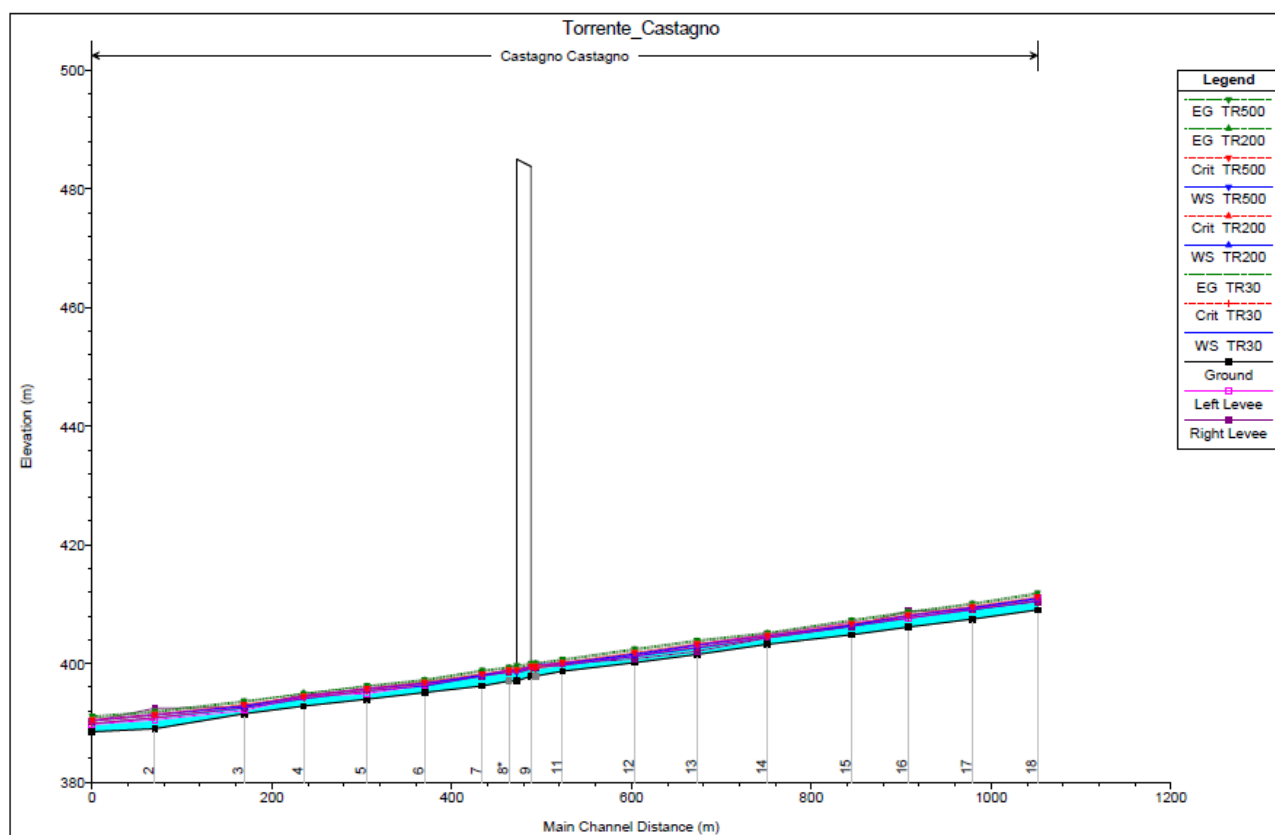
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
v.tricarico	14	tr30	37.89	567.63	568.71	568.94	569.47	0.026518	3.89	10.20	16.11	1.41
v.tricarico	14	tr200	77.40	567.63	569.09	569.48	570.34	0.026514	5.08	17.16	19.90	1.51
v.tricarico	14	tr500	102.58	567.63	570.29	569.71	570.62	0.003175	2.82	49.47	39.14	0.59
v.tricarico	13	tr30	37.89	567.20	568.80	568.50	569.03	0.003099	2.37	22.78	24.94	0.62
v.tricarico	13	tr200	77.40	567.20	569.83	569.07	570.02	0.001423	2.29	55.57	37.50	0.46
v.tricarico	13	tr500	102.58	567.20	570.37		570.54	0.001082	2.27	77.13	42.59	0.42
v.tricarico	12	tr30	37.89	566.65	568.51		568.92	0.007029	2.84	13.70	11.02	0.76
v.tricarico	12	tr200	77.40	566.65	569.03	569.03	569.89	0.009867	4.15	19.90	12.78	0.95
v.tricarico	12	tr500	102.58	566.65	569.41	569.41	570.40	0.009139	4.51	25.03	14.07	0.95
v.tricarico	11	tr30	37.89	566.25	568.17	568.17	568.74	0.010085	3.72	13.65	12.87	0.90
v.tricarico	11	tr200	77.40	566.25	568.91	568.91	569.67	0.009433	4.55	24.62	16.78	0.92
v.tricarico	11	tr500	102.58	566.25	569.02	569.27	570.17	0.013758	5.66	26.49	17.35	1.12
v.tricarico	10	tr30	37.89	565.19	565.84	566.34	568.18	0.158323	7.22	6.34	16.93	3.24
v.tricarico	10	tr200	77.40	565.19	566.14	566.82	569.10	0.118530	8.46	11.84	20.81	3.02
v.tricarico	10	tr500	102.58	565.19	566.29	567.04	569.52	0.105258	8.97	15.23	22.90	2.93
v.tricarico	9	tr30	37.89	563.63	564.38	564.90	566.32	0.086964	6.23	6.33	10.42	2.49
v.tricarico	9	tr200	77.40	563.63	564.78	565.73	567.75	0.070088	7.73	10.62	11.04	2.42
v.tricarico	9	tr500	102.58	563.63	565.03	566.07	568.35	0.059981	8.20	13.45	11.43	2.31
v.tricarico	8.5		Bridge									
v.tricarico	8	tr30	37.89	562.20	564.40	563.41	564.52	0.001537	1.52	24.95	13.59	0.36
v.tricarico	8	tr200	77.40	562.20	565.65	564.04	565.81	0.001298	1.81	42.90	15.38	0.34
v.tricarico	8	tr500	102.58	562.20	565.96	564.37	566.20	0.001614	2.15	47.82	16.12	0.39
v.tricarico	7	tr30	37.89	561.72	563.66	563.66	564.40	0.015099	3.82	9.91	6.74	1.01
v.tricarico	7	tr200	77.40	561.72	564.60	564.61	565.67	0.014204	4.59	16.92	8.68	1.00
v.tricarico	7	tr500	102.58	561.72	565.55	565.55	566.12	0.005397	3.61	40.82	43.52	0.65
v.tricarico	6	tr30	37.89	561.08	561.56	562.02	563.44	0.140919	6.17	6.47	16.22	2.98
v.tricarico	6	tr200	77.40	561.08	561.82	562.52	564.72	0.119712	7.74	10.85	17.90	2.97
v.tricarico	6	tr500	102.58	561.08	561.95	562.78	565.47	0.117506	8.57	13.17	18.72	3.02
v.tricarico	5	tr30	37.89	560.14	561.11	561.37	561.92	0.032914	4.04	10.28	23.58	1.54
v.tricarico	5	tr200	77.40	560.14	561.34	561.81	562.90	0.046204	5.79	16.12	26.83	1.91
v.tricarico	5	tr500	102.58	560.14	561.45	562.03	563.47	0.053696	6.69	18.97	28.28	2.09
v.tricarico	4.5		Bridge									
v.tricarico	4	tr30	37.89	559.30	560.26	560.50	561.04	0.053663	3.94	9.83	23.11	1.85
v.tricarico	4	tr200	77.40	559.30	561.37	560.91	561.57	0.002968	2.10	44.13	38.72	0.53
v.tricarico	4	tr500	102.58	559.30	561.67	561.12	561.89	0.002699	2.25	56.44	42.92	0.52
v.tricarico	3	tr30	37.89	559.00	560.27	560.27	560.74	0.010583	3.11	13.80	17.82	0.95
v.tricarico	3	tr200	77.40	559.00	560.89	560.89	561.44	0.007714	3.58	28.73	28.54	0.87
v.tricarico	3	tr500	102.58	559.00	561.16	561.16	561.77	0.007383	3.86	36.82	31.90	0.88
v.tricarico	2	tr30	37.89	557.39	558.29	558.77	560.04	0.076291	6.26	7.46	15.37	2.38
v.tricarico	2	tr200	77.40	557.39	558.67	559.28	560.86	0.058822	7.34	14.38	20.66	2.24
v.tricarico	2	tr500	102.58	557.39	558.87	559.53	561.20	0.052699	7.76	18.71	23.11	2.18
v.tricarico	1	tr30	37.89	556.68	557.49	557.80	558.47	0.044532	4.54	9.53	19.09	1.79
v.tricarico	1	tr200	77.40	556.68	557.77	558.28	559.44	0.049570	6.08	15.48	23.10	2.01
v.tricarico	1	tr500	102.58	556.68	557.93	558.56	559.90	0.049470	6.71	19.14	25.24	2.05

13.3. TORRENTE CASTAGNO

13.3.1. PLANIMETRIA SEZIONI DI CALCOLO

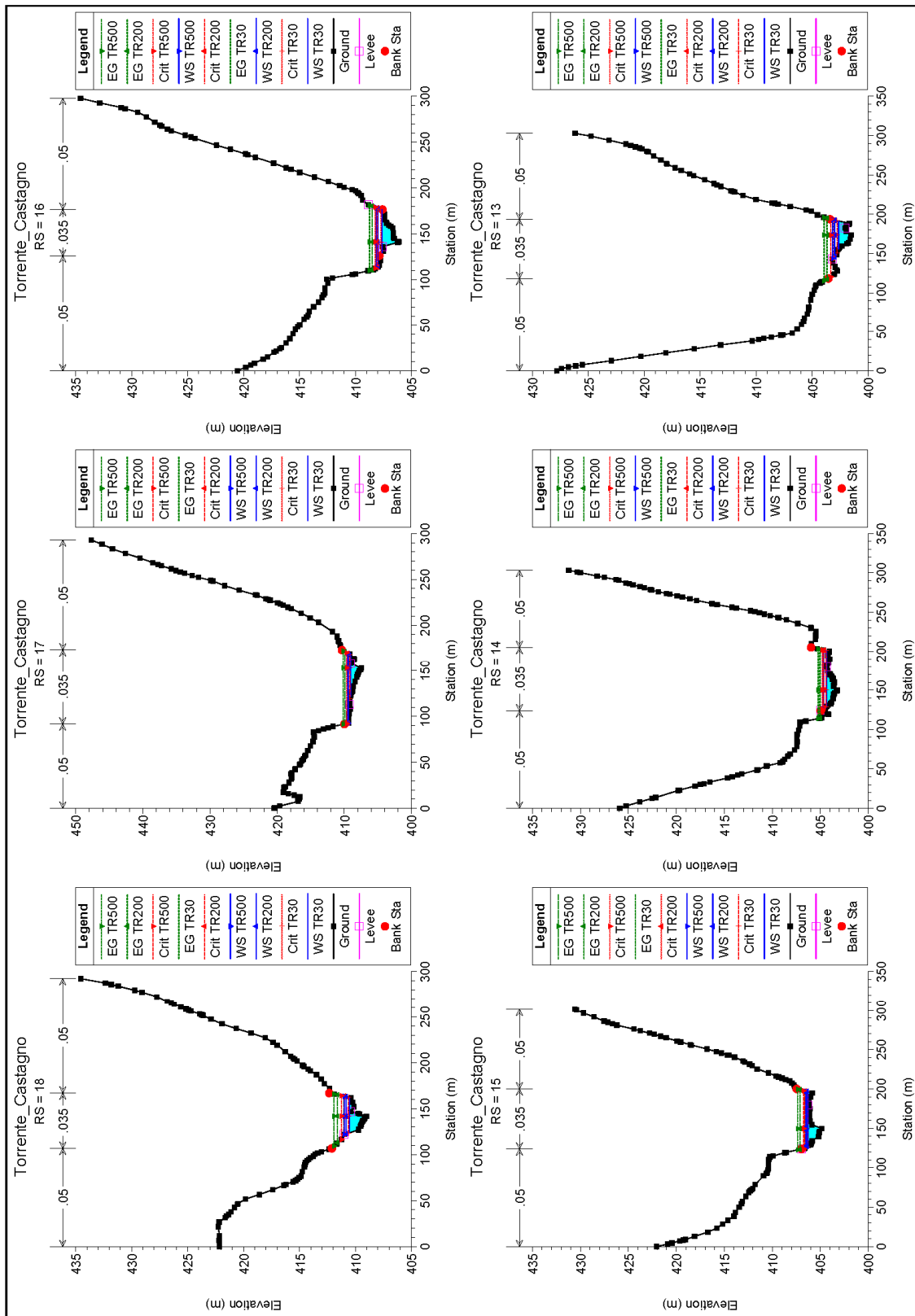


13.3.2. PROFILO

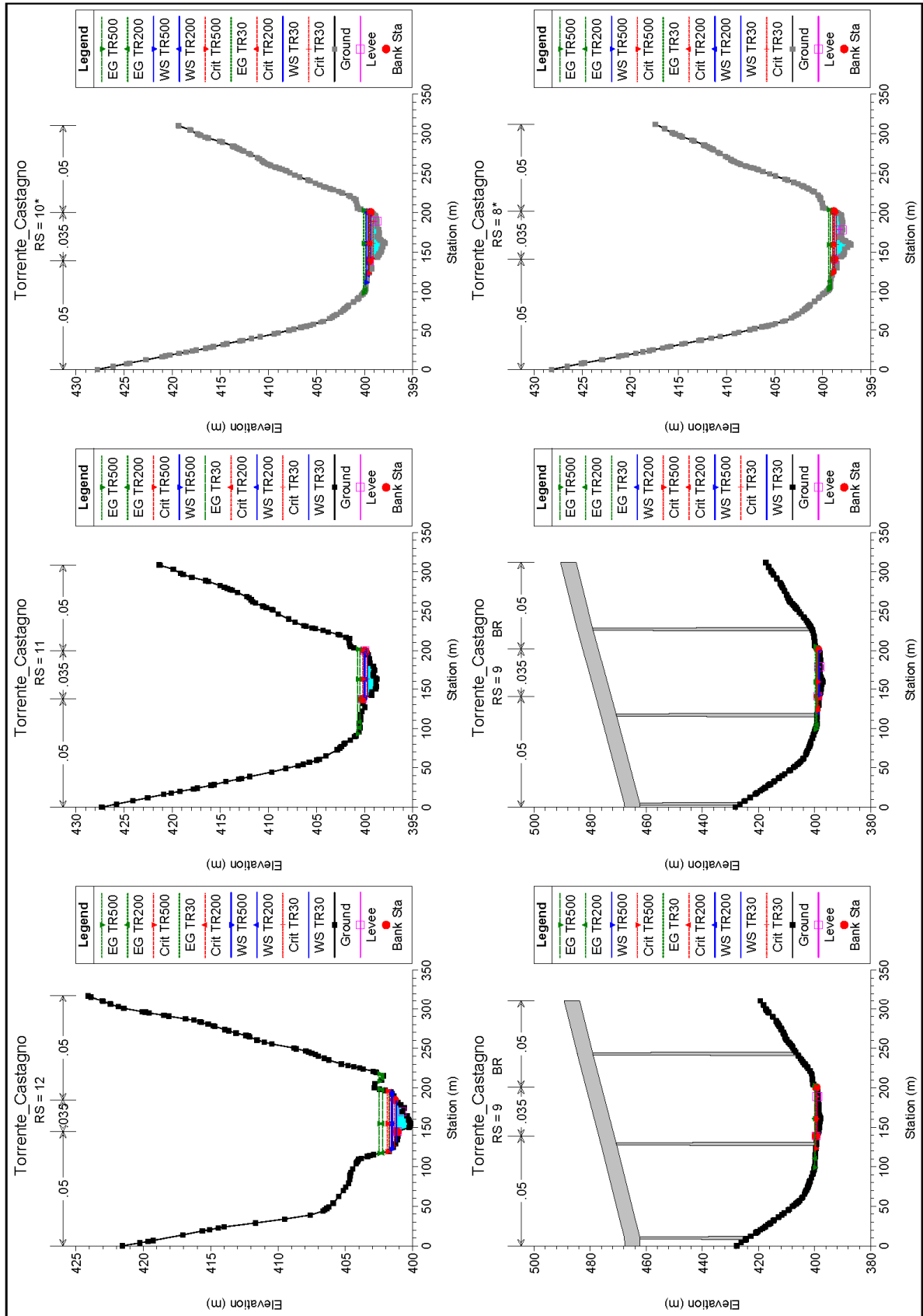


PROGETTAZIONE ATI:

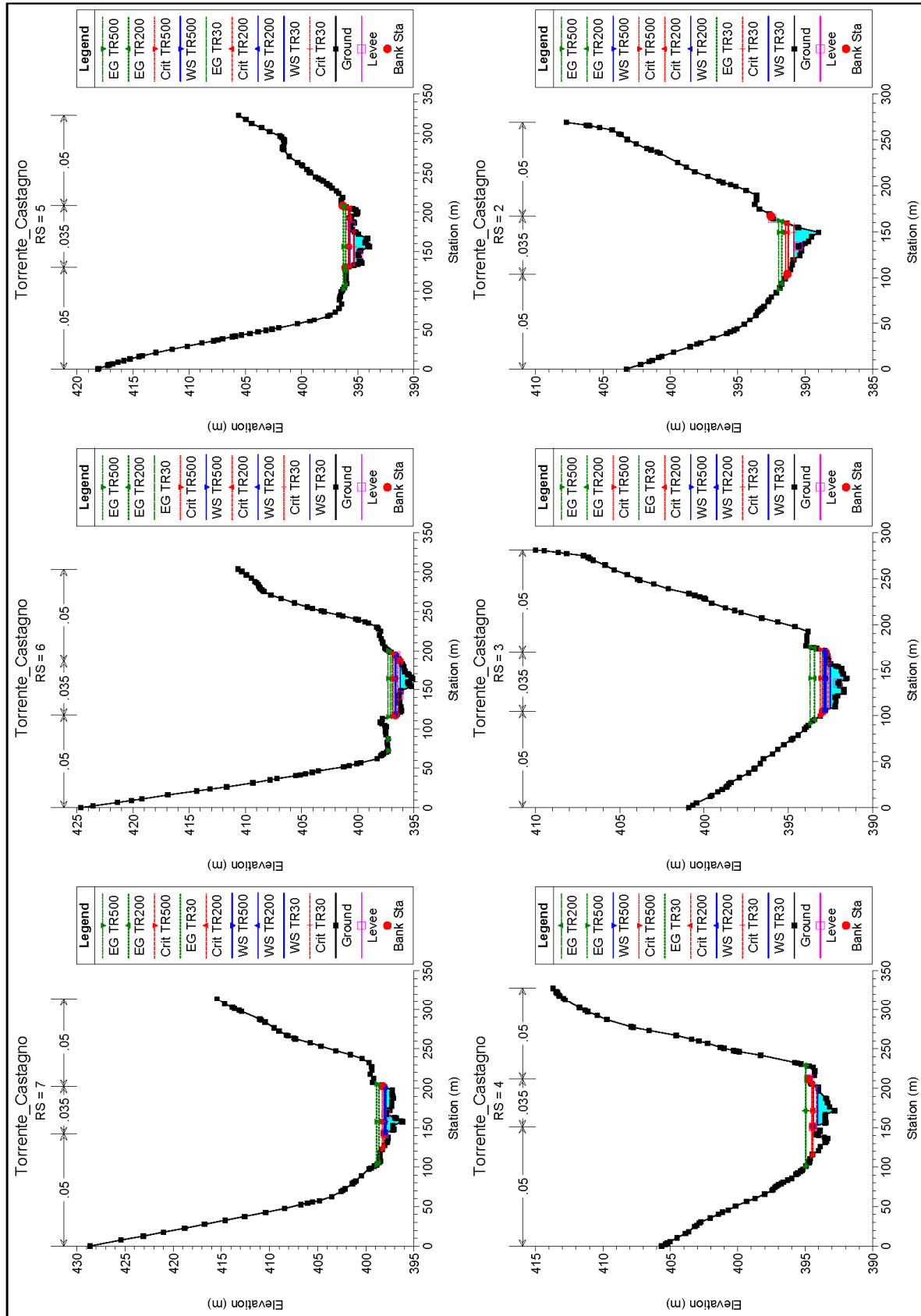
13.3.3. SEZIONI TRASVERSALI



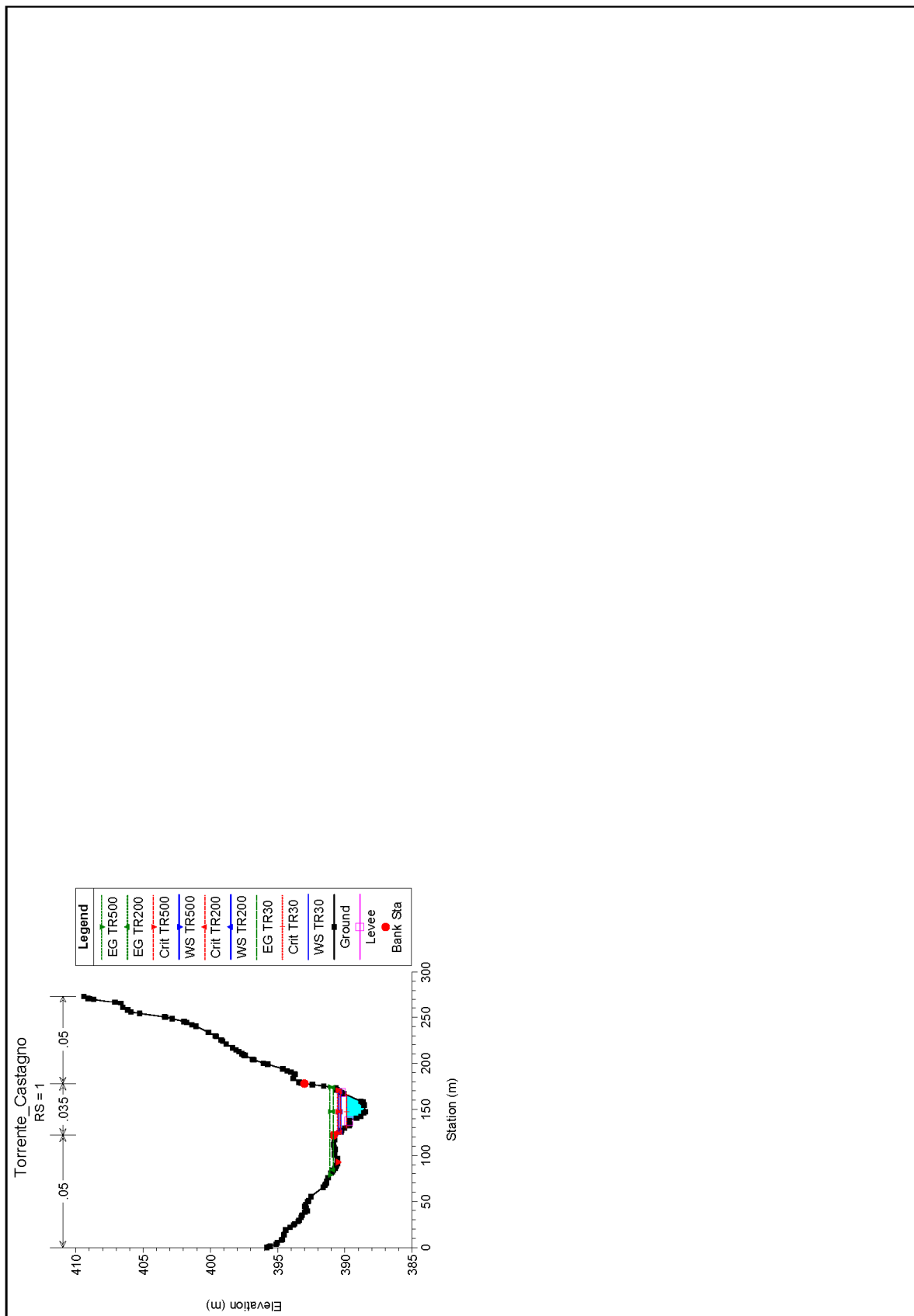
PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

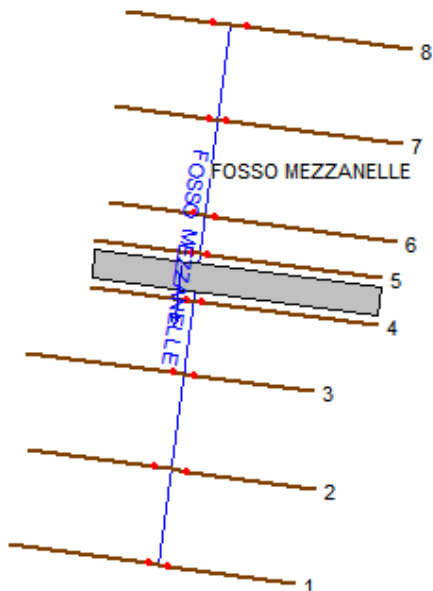
13.3.4. TABELLE

HEC-RAS Plan: Plan 04 River: Castagno Reach: Castagno

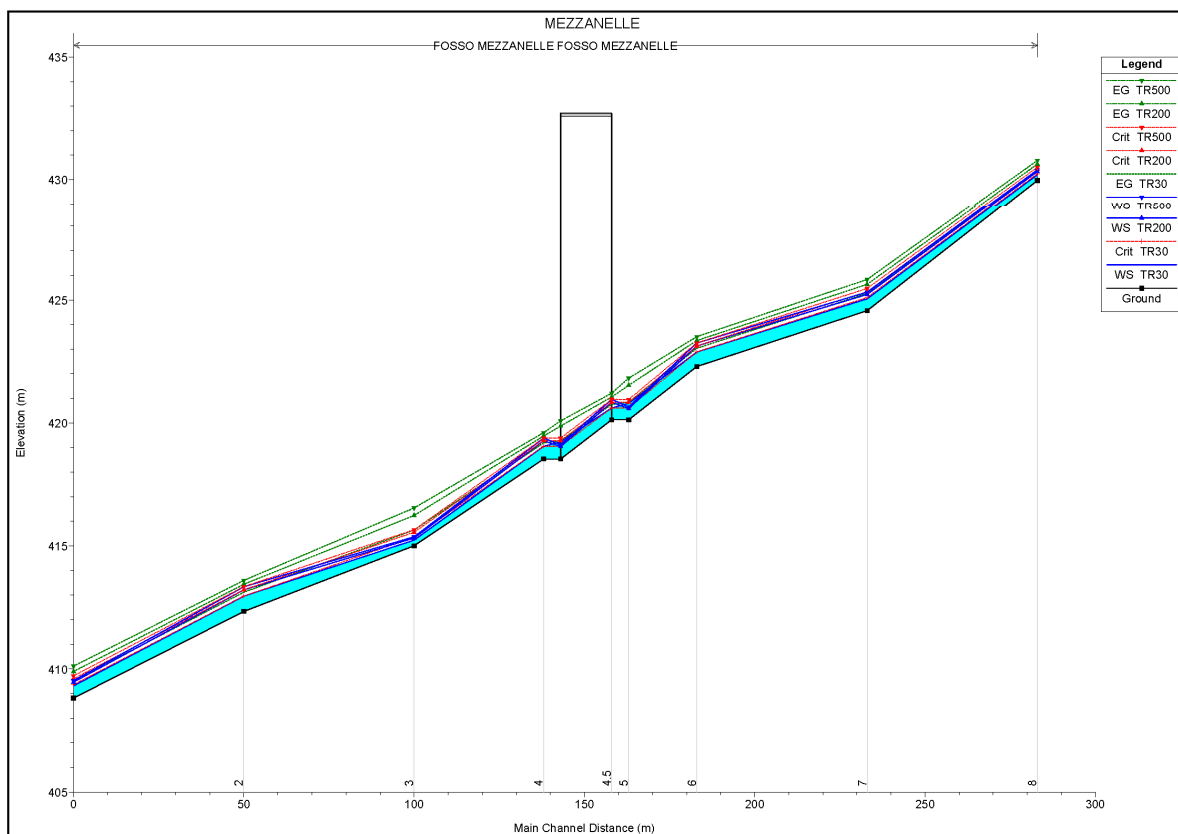
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Castagno	18	TR30	82.46	409.03	410.55	410.63	411.04	0.020006	3.12	26.41	38.55	1.20
Castagno	18	TR200	149.26	409.03	410.85	411.02	411.62	0.020005	3.88	38.50	40.53	1.27
Castagno	18	TR500	189.96	409.03	411.01	411.26	411.92	0.020012	4.23	44.95	41.55	1.30
Castagno	17	TR30	82.46	407.47	409.09	409.17	409.52	0.019878	2.92	28.26	45.47	1.18
Castagno	17	TR200	149.26	407.47	409.38	409.51	409.92	0.025629	3.25	45.93	76.29	1.34
Castagno	17	TR500	189.96	407.47	409.45	409.64	410.14	0.028188	3.67	51.71	76.73	1.43
Castagno	16	TR30	82.46	406.13	407.64	407.72	408.07	0.020663	2.91	28.35	47.45	1.20
Castagno	16	TR200	149.26	406.13	407.98	408.07	408.52	0.015363	3.27	47.14	63.79	1.11
Castagno	16	TR500	189.96	406.13	408.14	408.23	408.74	0.013892	3.48	57.63	65.68	1.08
Castagno	15	TR30	82.46	404.83	406.27	406.34	406.63	0.024691	2.65	31.18	68.67	1.25
Castagno	15	TR200	149.26	404.83	406.41	406.60	407.10	0.035257	3.70	40.34	70.13	1.56
Castagno	15	TR500	189.96	404.83	406.48	406.74	407.36	0.038120	4.15	45.76	70.98	1.65
Castagno	14	TR30	82.46	403.23	404.35	404.38	404.64	0.018217	2.37	34.79	72.06	1.09
Castagno	14	TR200	149.26	403.23	404.62	404.63	405.01	0.014428	2.76	54.06	74.69	1.04
Castagno	14	TR500	189.96	403.23	404.74	404.77	405.20	0.014078	3.00	63.37	75.95	1.05
Castagno	13	TR30	82.46	401.51	402.65	402.77	403.16	0.018991	3.18	25.95	35.52	1.19
Castagno	13	TR200	149.26	401.51	403.00	403.16	403.68	0.019340	3.64	41.08	46.59	1.24
Castagno	13	TR500	189.96	401.51	403.18	403.34	403.93	0.017981	3.82	49.66	49.41	1.22
Castagno	12	TR30	82.46	400.14	401.22	401.37	401.74	0.021990	3.20	26.67	51.96	1.26
Castagno	12	TR200	149.26	400.14	401.49	401.71	402.24	0.021975	3.93	42.38	67.63	1.33
Castagno	12	TR500	189.96	400.14	401.60	401.88	402.50	0.023098	4.35	50.08	72.46	1.39
Castagno	11	TR30	82.46	398.70	399.69	399.75	400.06	0.018941	2.66	30.95	55.38	1.14
Castagno	11	TR200	149.26	398.70	399.94	400.05	400.49	0.019640	3.30	45.27	60.44	1.22
Castagno	11	TR500	189.96	398.70	400.07	400.20	400.72	0.019066	3.58	53.12	61.72	1.23
Castagno	10*	TR30	82.46	397.87	399.38	399.12	399.52	0.004552	1.66	49.60	60.64	0.59
Castagno	10*	TR200	149.26	397.87	399.65	399.41	399.89	0.005548	2.21	70.94	80.15	0.68
Castagno	10*	TR500	189.96	397.87	399.82	399.58	400.10	0.005452	2.41	84.96	90.55	0.69
Castagno	9		Bridge									
Castagno	8*	TR30	82.46	397.03	398.59	398.59	398.80	0.008446	2.03	40.63	58.23	0.78
Castagno	8*	TR200	149.26	397.03	398.79	398.79	399.18	0.011789	2.78	55.77	75.58	0.95
Castagno	8*	TR500	189.96	397.03	398.94	398.94	399.39	0.011126	3.00	67.11	79.29	0.95
Castagno	7	TR30	82.46	396.20	397.90	397.90	398.14	0.010206	2.18	37.85	57.29	0.86
Castagno	7	TR200	149.26	396.20	397.94	398.14	398.64	0.027294	3.70	40.35	57.72	1.41
Castagno	7	TR500	189.96	396.20	398.06	398.28	398.89	0.027261	4.04	47.06	59.01	1.44
Castagno	6	TR30	82.46	395.11	396.23	396.45	396.95	0.038801	3.76	21.90	39.87	1.62
Castagno	6	TR200	149.26	395.11	396.61	396.71	397.11	0.019770	3.12	48.84	76.58	1.20
Castagno	6	TR500	189.96	395.11	396.71	396.84	397.32	0.020617	3.47	56.18	77.52	1.25
Castagno	5	TR30	82.46	393.97	395.35	395.35	395.71	0.013414	2.65	31.08	43.04	1.00
Castagno	5	TR200	149.26	393.97	395.70	395.70	396.08	0.013265	2.74	54.51	71.34	1.00
Castagno	5	TR500	189.96	393.97	395.81	395.84	396.28	0.014237	3.03	62.77	74.55	1.05
Castagno	4	TR30	82.46	392.82	394.08	394.16	394.51	0.021980	2.93	28.12	48.69	1.23
Castagno	4	TR200	149.26	392.82	394.39	394.42	394.97	0.018145	3.39	44.00	52.97	1.19
Castagno	4	TR500	189.96	392.82	394.52	394.52	394.93	0.012441	3.05	72.93	91.33	1.00
Castagno	3	TR30	82.46	391.53	392.52	392.64	392.99	0.024050	3.01	27.39	48.75	1.28
Castagno	3	TR200	149.26	391.53	392.77	392.96	393.45	0.029610	3.66	40.76	63.26	1.46
Castagno	3	TR500	189.96	391.53	392.86	393.11	393.70	0.030965	4.06	46.86	66.45	1.52
Castagno	2	TR30	82.46	389.00	390.84	390.84	391.24	0.013146	2.80	29.41	36.76	1.00
Castagno	2	TR200	149.26	389.00	391.27	391.27	391.74	0.012829	3.03	49.31	54.10	1.01
Castagno	2	TR500	189.96	389.00	391.46	391.46	391.98	0.011580	3.19	59.82	59.98	0.99
Castagno	1	TR30	82.46	388.48	389.86	389.88	390.30	0.013983	2.93	28.18	34.75	1.04
Castagno	1	TR200	149.26	388.48	390.32	390.33	390.86	0.012251	3.26	45.83	43.59	1.01
Castagno	1	TR500	189.96	388.48	390.50	390.54	391.13	0.012454	3.52	53.99	46.28	1.04

13.4. FOSSO MEZZANELLE

13.4.1. PLANIMETRIA SEZIONI DI CALCOLO

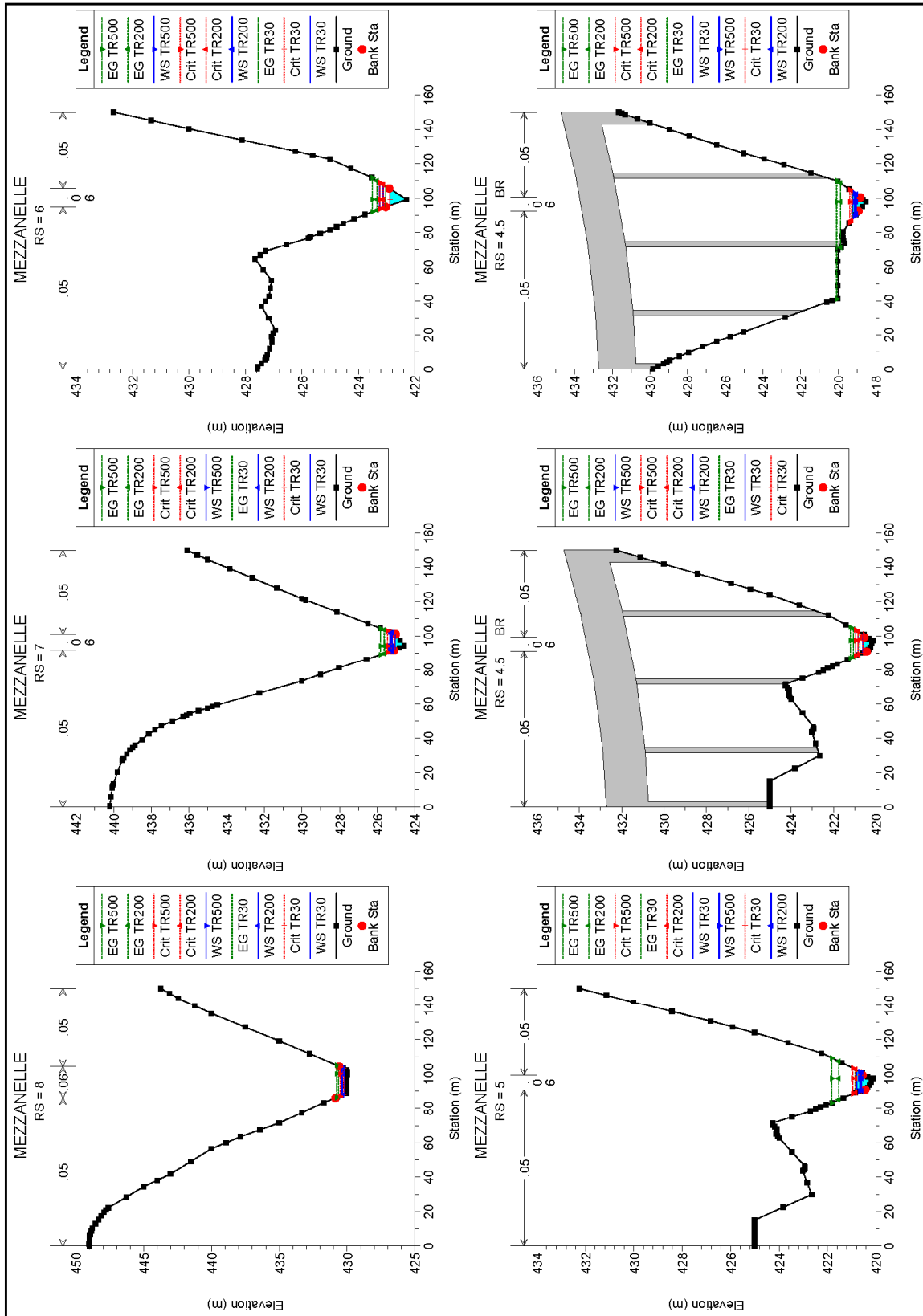


13.4.2. PROFILO

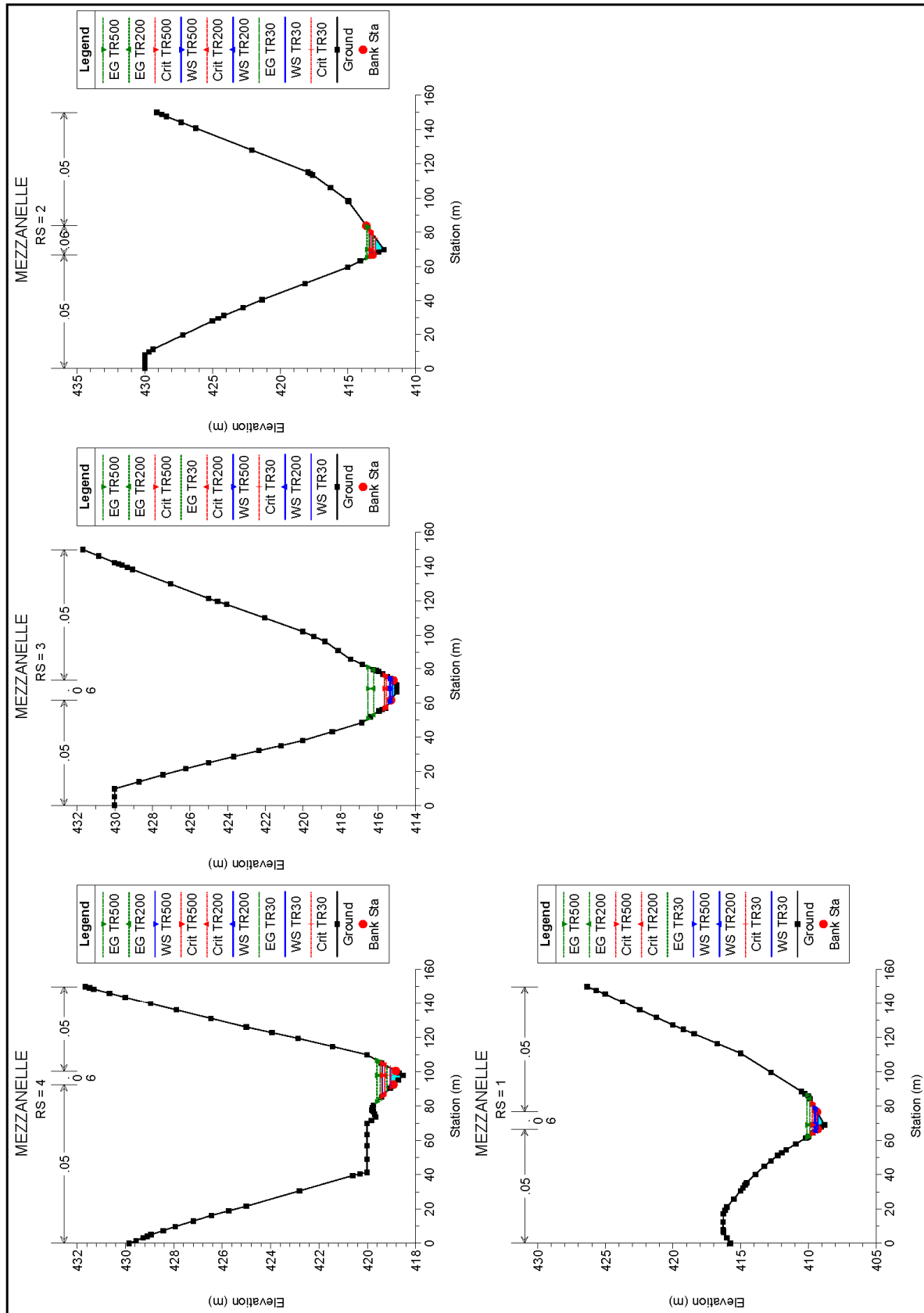


PROGETTAZIONE ATI:

13.4.3. SEZIONI TRASVERSALI



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

13.4.4. TABELLE

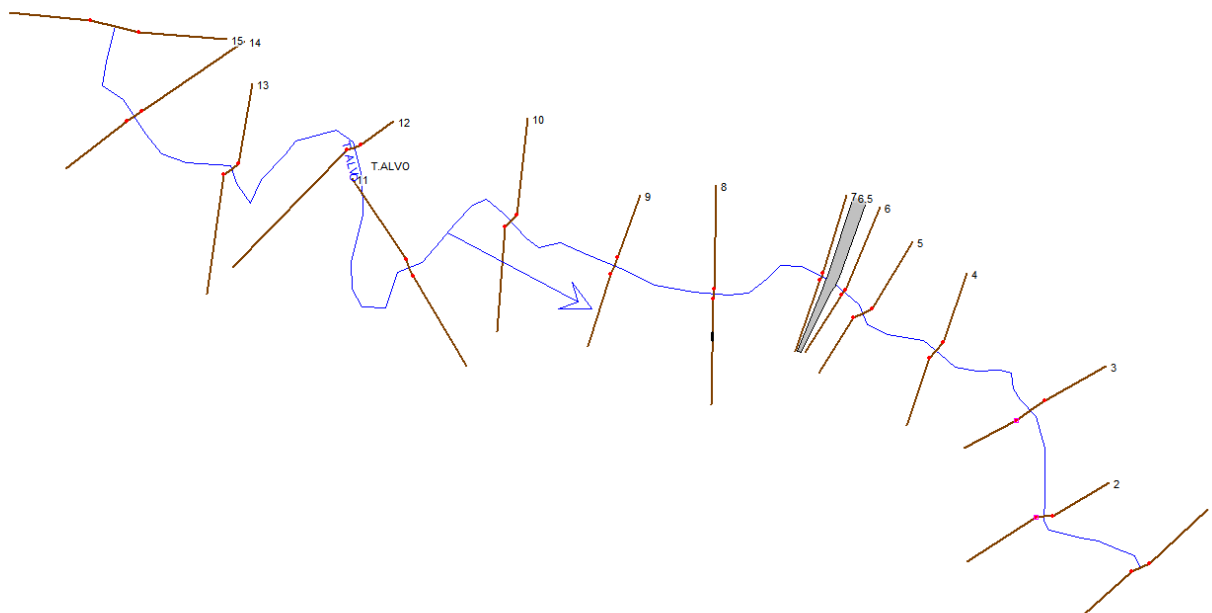
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: FOSSO MEZZANELLE Reach: FOSSO MEZZANELLE

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
FOSSO MEZZANELLE	8	TR30	4.87	429.97	430.21	430.25	430.37	0.108047	1.76	2.77	15.16	1.31
FOSSO MEZZANELLE	8	TR200	11.58	429.97	430.34	430.42	430.64	0.108214	2.43	4.76	15.98	1.42
FOSSO MEZZANELLE	8	TR500	16.11	429.97	430.41	430.51	430.79	0.108213	2.75	5.86	16.41	1.47
FOSSO MEZZANELLE	7	TR30	4.87	424.56	425.04	425.09	425.26	0.096398	2.09	2.34	9.17	1.31
FOSSO MEZZANELLE	7	TR200	11.58	424.56	425.22	425.33	425.63	0.092614	2.85	4.13	10.74	1.40
FOSSO MEZZANELLE	7	TR500	16.11	424.56	425.31	425.46	425.83	0.090865	3.22	5.15	11.46	1.43
FOSSO MEZZANELLE	6	TR30	4.87	422.29	422.88	422.88	423.03	0.054683	1.72	2.83	9.58	1.01
FOSSO MEZZANELLE	6	TR200	11.58	422.29	423.13	423.13	423.35	0.040102	2.10	5.68	13.56	0.94
FOSSO MEZZANELLE	6	TR500	16.11	422.29	423.25	423.25	423.50	0.035728	2.28	7.43	15.51	0.92
FOSSO MEZZANELLE	5	TR30	4.87	420.13	420.80	420.61	420.84	0.008495	0.99	5.25	13.13	0.44
FOSSO MEZZANELLE	5	TR200	11.58	420.13	420.59	420.84	421.53	0.317984	4.33	2.74	10.82	2.46
FOSSO MEZZANELLE	5	TR500	16.11	420.13	420.65	420.95	421.82	0.312264	4.86	3.47	11.54	2.52
FOSSO MEZZANELLE	4.5		Bridge									
FOSSO MEZZANELLE	4	TR30	4.87	418.53	419.05	419.05	419.19	0.043185	1.69	3.05	11.79	0.92
FOSSO MEZZANELLE	4	TR200	11.58	418.53	419.27	419.27	419.47	0.033489	2.08	6.26	16.77	0.88
FOSSO MEZZANELLE	4	TR500	16.11	418.53	419.38	419.38	419.60	0.030968	2.25	8.22	19.17	0.87
FOSSO MEZZANELLE	3	TR30	4.87	415.01	415.24	415.35	415.65	0.325421	2.85	1.72	10.72	2.25
FOSSO MEZZANELLE	3	TR200	11.58	415.01	415.32	415.56	416.24	0.459167	4.26	2.75	12.64	2.82
FOSSO MEZZANELLE	3	TR500	16.11	415.01	415.37	415.66	416.55	0.455836	4.83	3.40	13.72	2.91
FOSSO MEZZANELLE	2	TR30	4.87	412.34	412.96	412.96	413.12	0.054395	1.77	2.75	8.86	1.01
FOSSO MEZZANELLE	2	TR200	11.58	412.34	413.22	413.22	413.44	0.048315	2.11	5.48	12.52	1.01
FOSSO MEZZANELLE	2	TR500	16.11	412.34	413.35	413.35	413.60	0.044174	2.25	7.20	14.40	1.00
FOSSO MEZZANELLE	1	TR30	4.87	408.82	409.32	409.37	409.53	0.098773	2.06	2.36	9.51	1.32
FOSSO MEZZANELLE	1	TR200	11.58	408.82	409.47	409.61	409.90	0.112956	2.94	4.03	12.57	1.52
FOSSO MEZZANELLE	1	TR500	16.11	408.82	409.53	409.72	410.12	0.125000	3.44	4.89	13.89	1.64

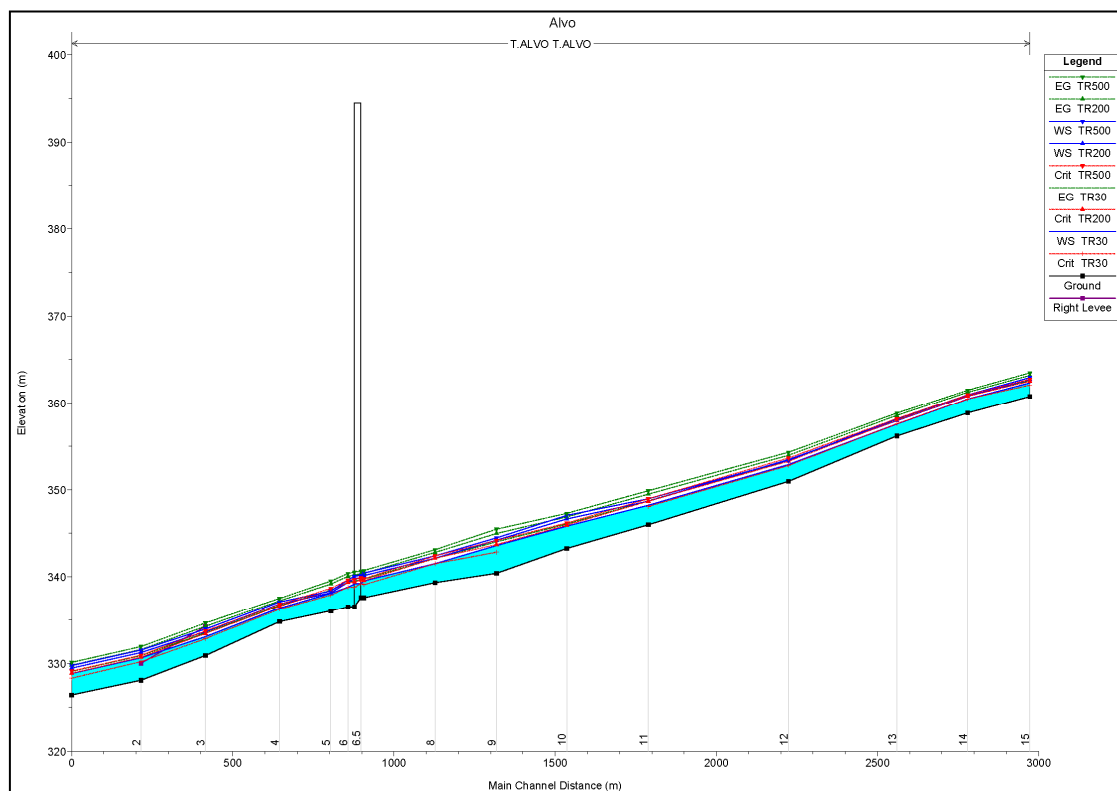
PROGETTAZIONE ATI:

13.5. TORRENTE ALVO

13.5.1. PLANIMETRIA SEZIONI DI CALCOLO

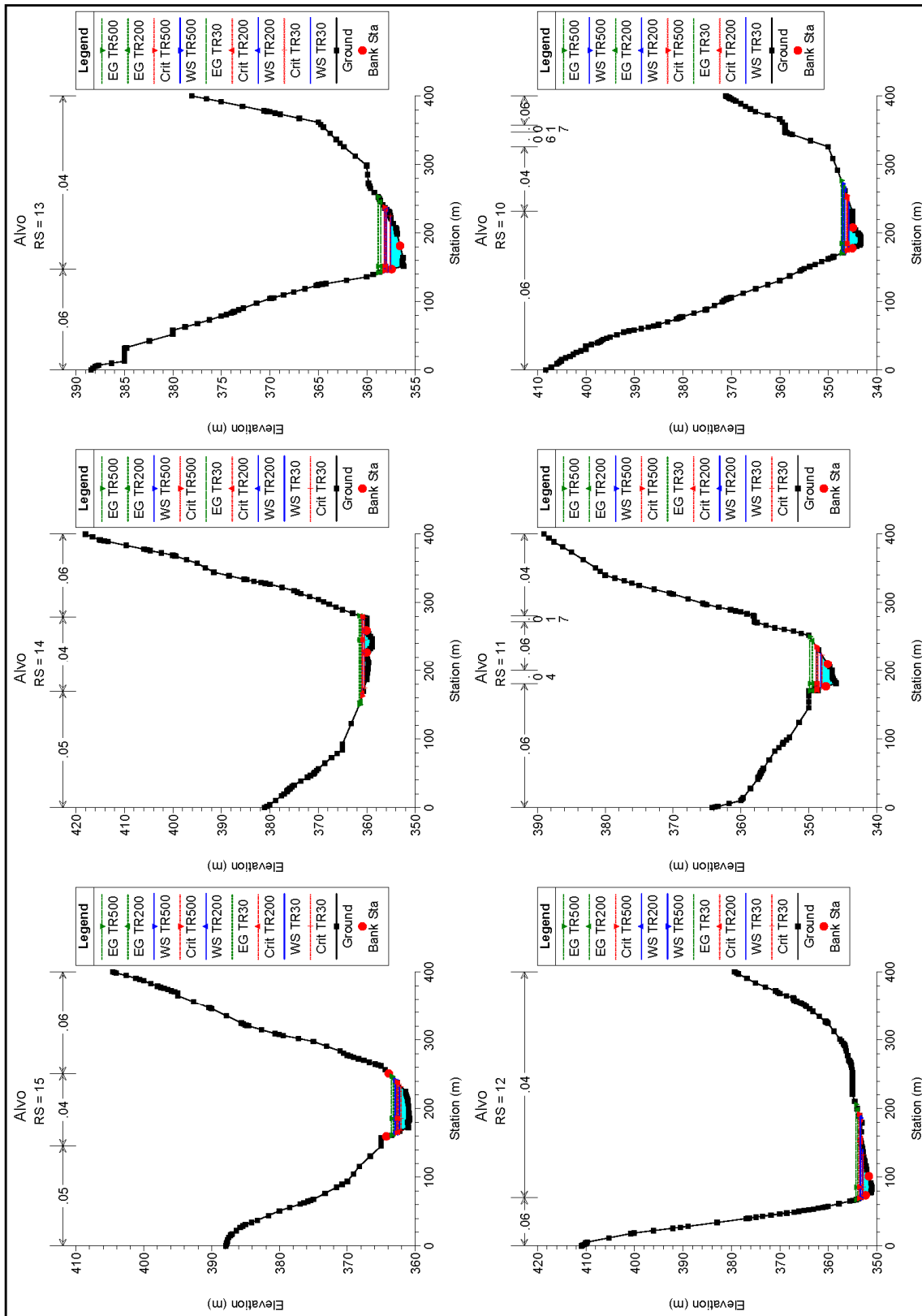


13.5.2. PROFILO

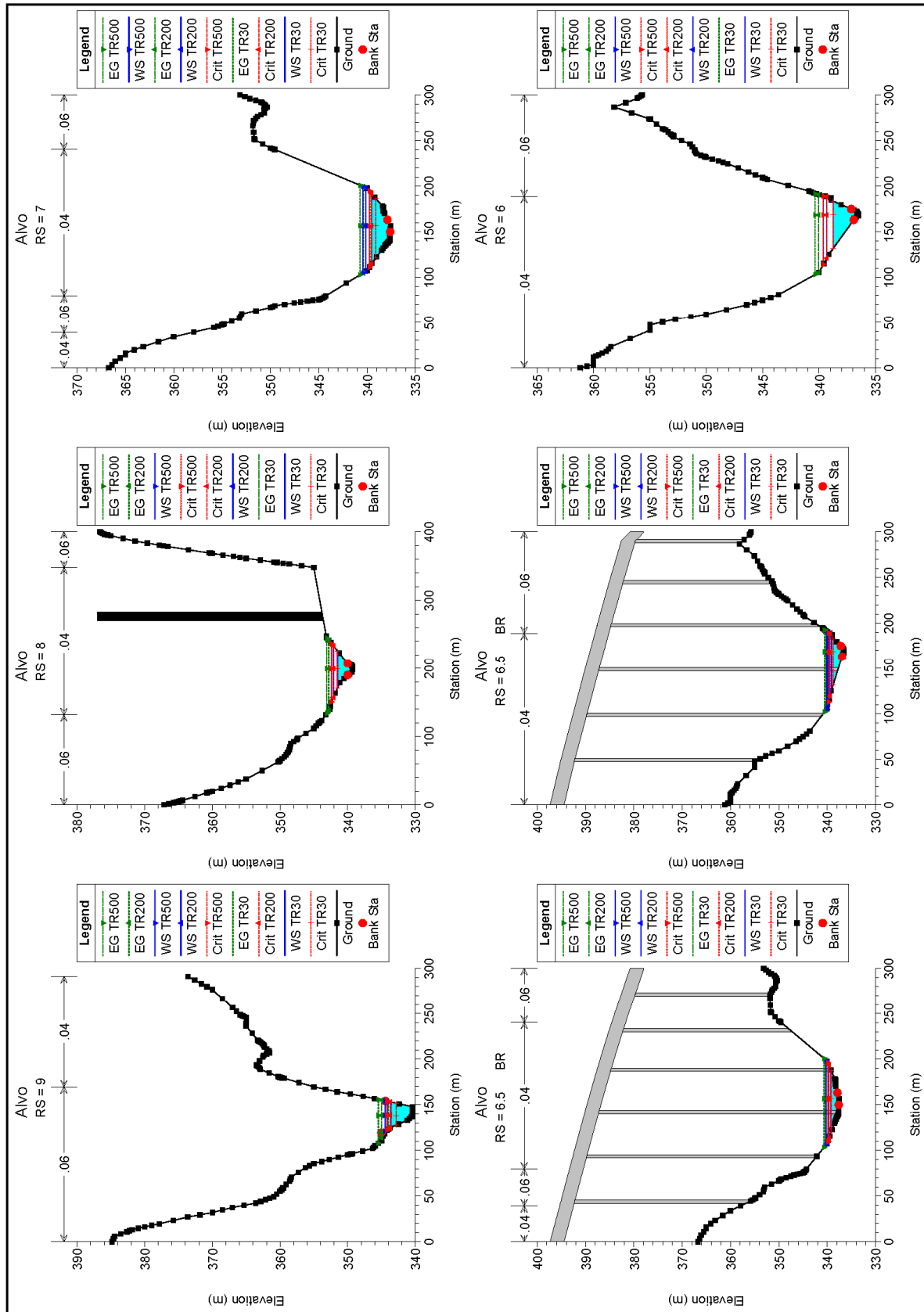


PROGETTAZIONE ATI:

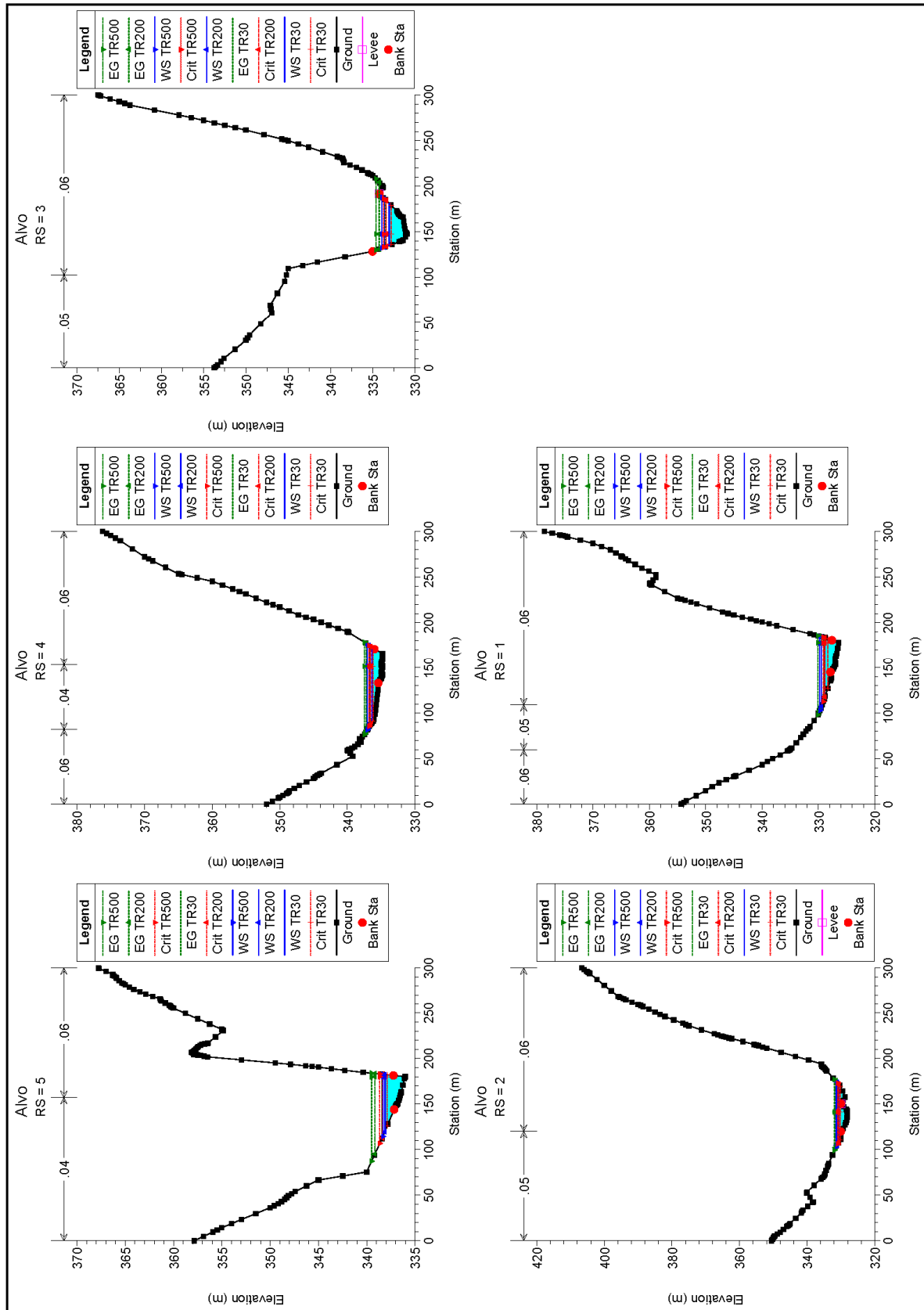
13.5.3. SEZIONI TRASVERSALI



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

13.5.4. TABELLE

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: T.ALVO Reach: T.ALVO

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Vel Left (m/s)	Vel Right (m/s)	Froude # Chl
T.ALVO	15	TR30	180.89	360.78	362.34	362.10	362.63	0.007822	2.37			0.72
T.ALVO	15	TR200	315.92	360.78	362.75	362.53	363.21	0.009088	2.99			0.80
T.ALVO	15	TR500	397.26	360.78	362.96	362.76	363.51	0.009533	3.27			0.84
T.ALVO	14	TR30	180.89	358.86	360.49	360.49	360.84	0.011198	3.00	1.76	1.58	0.87
T.ALVO	14	TR200	315.92	358.86	360.82	360.82	361.28	0.011054	3.50	2.29	2.20	0.90
T.ALVO	14	TR500	397.26	358.86	360.97	360.97	361.50	0.011299	3.77	2.57	2.50	0.92
T.ALVO	13	TR30	180.89	356.19	357.56	357.58	358.02	0.014582	3.30	0.34	2.08	0.98
T.ALVO	13	TR200	315.92	356.19	357.95	358.00	358.56	0.013752	3.88	0.78	2.58	1.00
T.ALVO	13	TR500	397.26	356.19	358.15	358.19	358.83	0.012973	4.10	0.95	2.81	0.99
T.ALVO	12	TR30	180.89	350.96	352.89	352.78	353.35	0.008860	3.25	1.06	1.57	0.81
T.ALVO	12	TR200	315.92	350.96	353.47	353.27	353.96	0.007163	3.58	1.58	1.61	0.77
T.ALVO	12	TR500	397.26	350.96	353.39	353.64	354.31	0.013782	4.85	2.05	2.09	1.06
T.ALVO	11	TR30	180.89	345.97	348.22	348.07	348.72	0.013014	3.20	0.94	1.21	0.80
T.ALVO	11	TR200	315.92	345.97	348.68	348.68	349.49	0.015691	4.16	1.42	1.71	0.92
T.ALVO	11	TR500	397.26	345.97	348.96	348.96	349.88	0.015409	4.48	1.50	1.90	0.93
T.ALVO	10	TR30	180.89	343.25	345.81		346.07	0.008185	2.40	0.79	1.28	0.54
T.ALVO	10	TR200	315.92	343.25	346.65	345.94	346.88	0.005091	2.38	1.01	1.61	0.45
T.ALVO	10	TR500	397.26	343.25	347.06	346.17	347.29	0.004280	2.39	1.07	1.71	0.42
T.ALVO	9	TR30	180.89	340.39	343.58	342.83	344.01	0.010807	2.89			0.61
T.ALVO	9	TR200	315.92	340.39	344.20	343.70	344.98	0.016882	3.90			0.78
T.ALVO	9	TR500	397.26	340.39	344.47	344.17	345.47	0.019927	4.43		0.20	0.86
T.ALVO	8	TR30	180.89	339.30	341.50	341.50	342.10	0.009154	3.82	1.72	1.96	0.86
T.ALVO	8	TR200	315.92	339.30	342.12	342.12	342.79	0.008062	4.28	1.99	2.33	0.84
T.ALVO	8	TR500	397.26	339.30	342.39	342.39	343.11	0.007923	4.53	2.15	2.50	0.85
T.ALVO	7	TR30	180.89	337.56	339.53	339.08	339.74	0.004255	2.48	1.81	1.60	0.58
T.ALVO	7	TR200	315.92	337.56	340.13	339.54	340.39	0.003876	2.85	2.03	1.90	0.58
T.ALVO	7	TR500	397.26	337.56	340.42	339.78	340.71	0.003656	2.98	2.17	2.05	0.57
T.ALVO	6.5		Bridge									
T.ALVO	6	TR30	180.89	336.50	338.76	338.76	339.33	0.010013	4.00	2.37	2.14	0.90
T.ALVO	6	TR200	315.92	336.50	339.33	339.33	340.04	0.009786	4.66	2.76	2.47	0.92
T.ALVO	6	TR500	397.26	336.50	339.62	339.62	340.37	0.009331	4.88	2.86	2.79	0.92
T.ALVO	5	TR30	180.89	336.02	338.07	337.87	338.44	0.012395	2.80	1.64	0.86	0.71
T.ALVO	5	TR200	315.92	336.02	338.13	338.40	339.15	0.032078	4.63	2.77	1.45	1.16
T.ALVO	5	TR500	397.26	336.02	338.33	338.66	339.50	0.031904	5.00	3.12	1.65	1.18
T.ALVO	4	TR30	180.89	334.78	336.35	336.21	336.64	0.010081	2.59	1.82	0.52	0.71
T.ALVO	4	TR200	315.92	334.78	336.82	336.58	337.20	0.008632	2.92	2.33	0.85	0.69
T.ALVO	4	TR500	397.26	334.78	337.06	336.78	337.49	0.008177	3.09	2.53	0.98	0.69
T.ALVO	3	TR30	180.89	330.90	333.05	332.82	333.47	0.019757	2.87			0.78
T.ALVO	3	TR200	315.92	330.90	333.63	333.41	334.24	0.020846	3.45			0.84
T.ALVO	3	TR500	397.26	330.90	333.92	333.70	334.62	0.020830	3.70			0.85
T.ALVO	2	TR30	180.89	328.08	330.63	330.20	330.88	0.008871	2.37	1.24	1.63	0.55
T.ALVO	2	TR200	315.92	328.08	331.23	330.70	331.58	0.008776	2.84	1.82	2.06	0.58
T.ALVO	2	TR500	397.26	328.08	331.52	330.94	331.92	0.008909	3.08	2.03	2.26	0.59
T.ALVO	1	TR30	180.89	326.40	328.85	328.32	329.09	0.007803	2.27	1.17	1.03	0.52
T.ALVO	1	TR200	315.92	326.40	329.47	328.86	329.79	0.007815	2.73	1.57	1.40	0.55
T.ALVO	1	TR500	397.26	326.40	329.75	329.13	330.12	0.007807	2.93	1.80	1.54	0.56

PROGETTAZIONE ATI:

14. ALLEGATO 6: CODICE DI CALCOLO PER LE SIMULAZIONI IDRAULICHE – HY-8

Il funzionamento idraulico dei manufatti di attraversamento a sezione chiusa dipende da numerosi fattori quali:

- *la pendenza;*
- *la sezione;*
- *la forma;*
- *la scabrezza;*
- *i livelli liquidi a monte e a valle del tombino.*

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 il deflusso relativo agli eventi di piena di riferimento siano compatibili con il funzionamento delle opere di attraversamento senza interessare l'infrastruttura stradale.

La verifica proposta dalla FHWA (Federal Highway Administration) ossia l'Agenzia del Dipartimento dei Trasporti degli Stati Uniti che detta i criteri e gli standard di progettazione delle strade, 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.

Per ottenere un deflusso all'imbocco a superficie libera è necessario che nella verifica idraulica il carico a monte (indicato con H_w) sia al massimo pari a $1,2 D$ (dove D è l'altezza del tombino), essendo libero lo sbocco di valle.

Il programma HY-8 ha lo scopo di consentire un 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, in accordo ai 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 scapolari) 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.*

PROGETTAZIONE ATI:

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.

Descrizione della metodologia utilizzata

Si illustra di seguito il modulo relativo alla verifica delle opere d'arte di attraversamento dei corsi d'acqua minori.

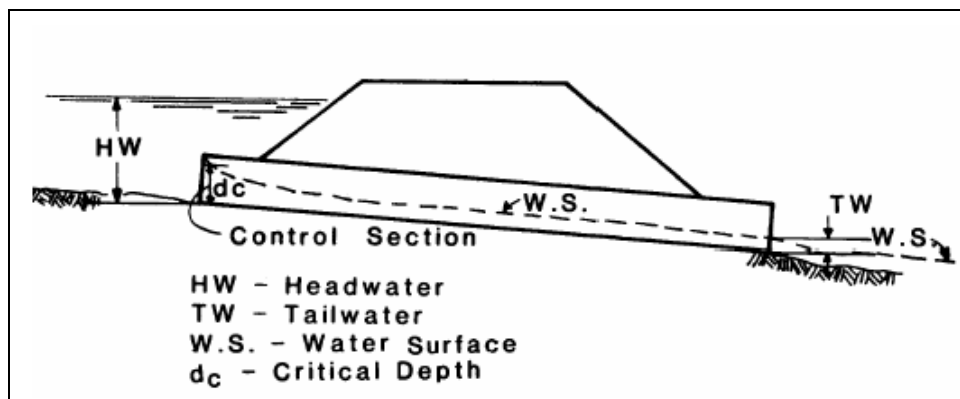


Figura 14-1: Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso

Il livello idrico a monte è stato valutato sulla base dei diagrammi sperimentali (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

I diagrammi nelle figure delle pagine 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).

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

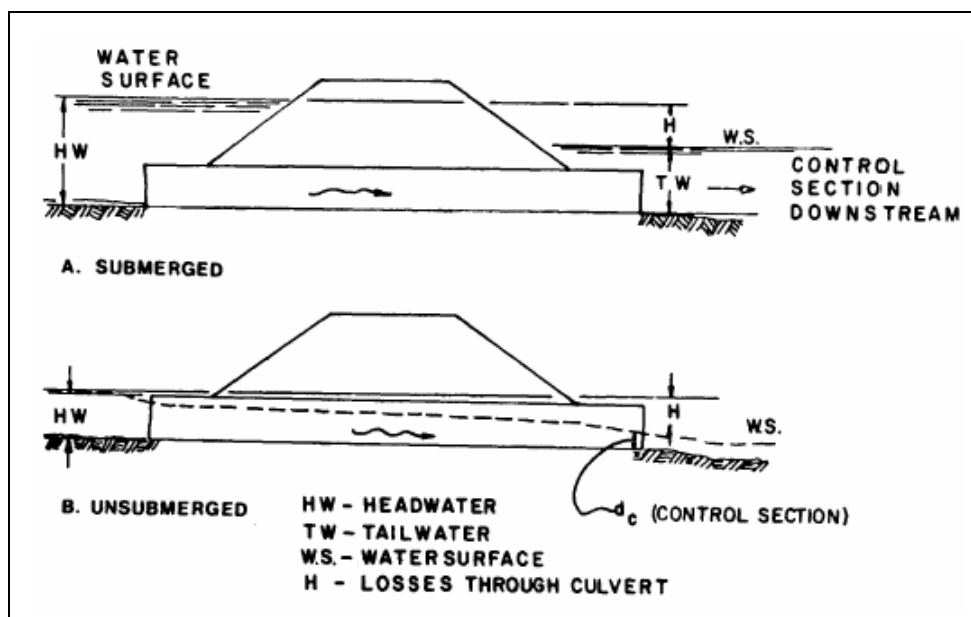


Figura 14-2: Esempi di moto controllato da sezioni a valle del tombino

PROGETTAZIONE ATI:

I diagrammi nelle figure successive, 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.

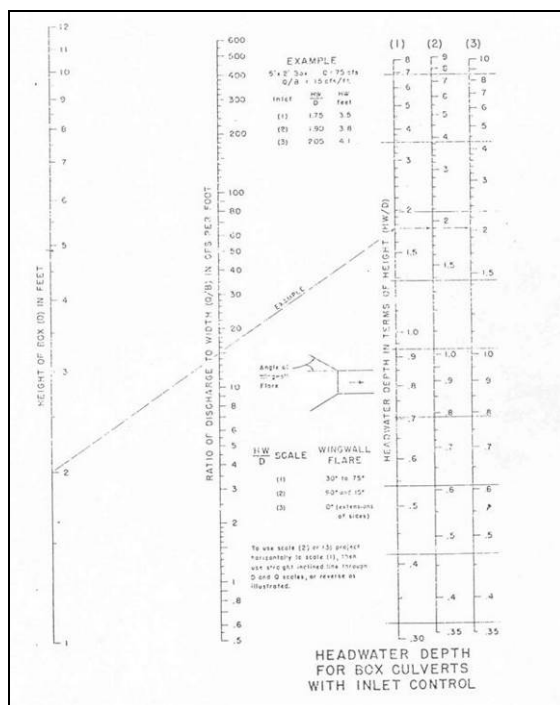


Figura 14-3: Verifica del riempimento di tombini scatoari con controllo da monte (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

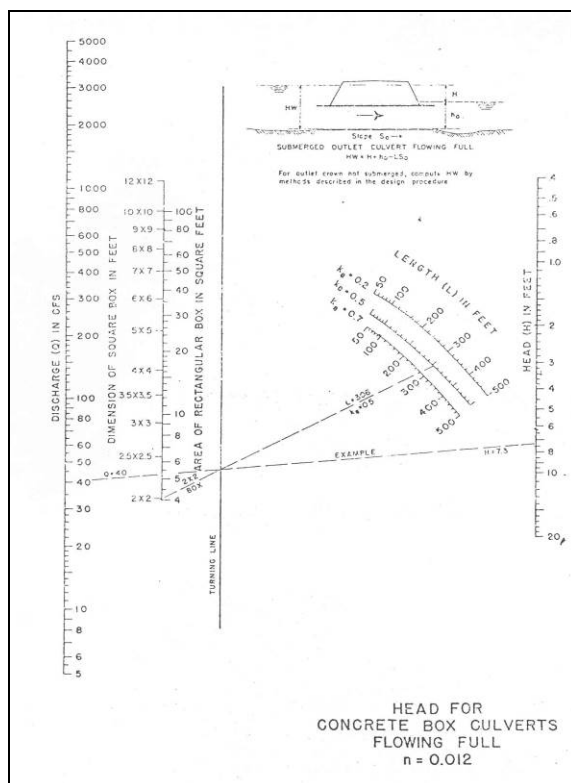


Figura 14-4: Verifica del riempimento di tombini scatoari con controllo da valle (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA)

PROGETTAZIONE ATI:

Il software HY-8 determina, per diversi valori della portata, il tipo di controllo (inlet/outlet) che si instaura nella canna e fornisce per esso il profilo della superficie idrica lungo la canna e il tirante all'imbocco e allo sbocco.

Nell'analisi delle strutture di progetto di nuovi tombini è fondamentale conoscere la condizione al contorno di valle. Il programma permette di assegnare al livello idrico di valle un valore costante (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.) o l'altezza di moto uniforme che si sviluppa nel canale di valle.

Sezione di controllo all'ingresso.

Essa 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.

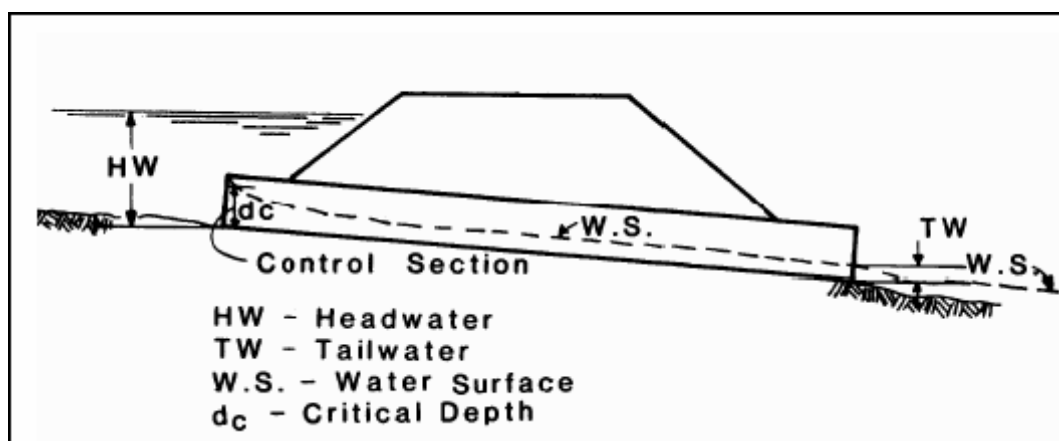


Figura 14-5: Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso

Sezione di controllo all'uscita.

Si realizza quando il tombino non è in grado di convogliare tanta portata quanta 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.

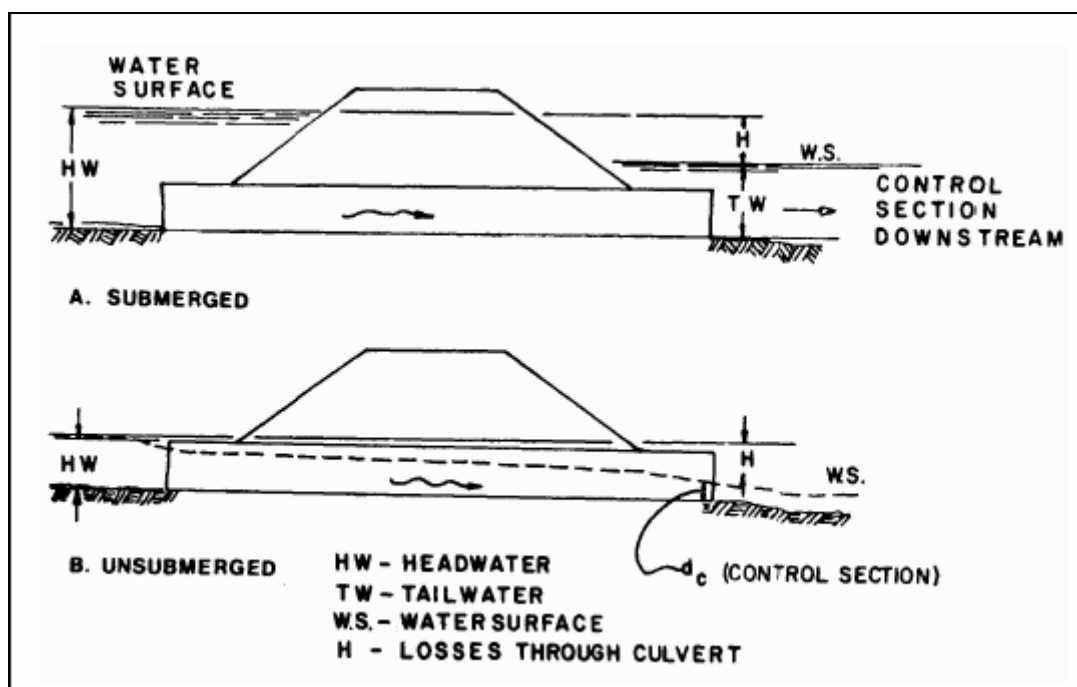


Figura 14-6: Esempi di moto controllato da sezioni a valle del tombino

Calcolo idraulico per i tombini con 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, già citato fornisce le equazioni sulla base del parametro (non adimensionale):

$$Q / AD^{0.5} (ft^{0.5} / s)$$

dove Q(ft³/s) è la portata, A(ft²) è la sezione del tombino e D(ft) l'altezza interna.

Dato che 1 ft = 0,3048 m possiamo dire calcolare il fattore di conversione 1 (m^{0.5}/s) = 1.81 (ft^{0.5}/s) per le unità del SI.

Riferendoci a questo sistema di misura le equazioni hanno le seguenti forme:

Se $Q / AD^{0.5} < 1,932$ -Imbocco non sommerso

$$Hw_i = Hc / D + K [1,81 * Q / AD^{0.5}] - 0,5 * S$$

Se $Q / AD^{0.5} > 2,208$ -Imbocco sommerso

$$Hw_i = c [1,81 * Q / AD^{0.5}]^2 + Y - 0,5 * S$$

Se $1,932 < Q / AD^{0.5} < 2,208$ -Zona di transizione

PROGETTAZIONE ATI:

Si interpola linearmente tra le due equazioni precedenti.

Dove H_{Wi} è l'altezza idrica prima dell'imbocco, nel caso di velocità di arrivo nulla; H_c è l'energia critica; S è la pendenza della condotta; K , M , Y e c sono dei coefficienti dipendenti dalla forma dell'imbocco, dai materiali e dall'equazione usata.

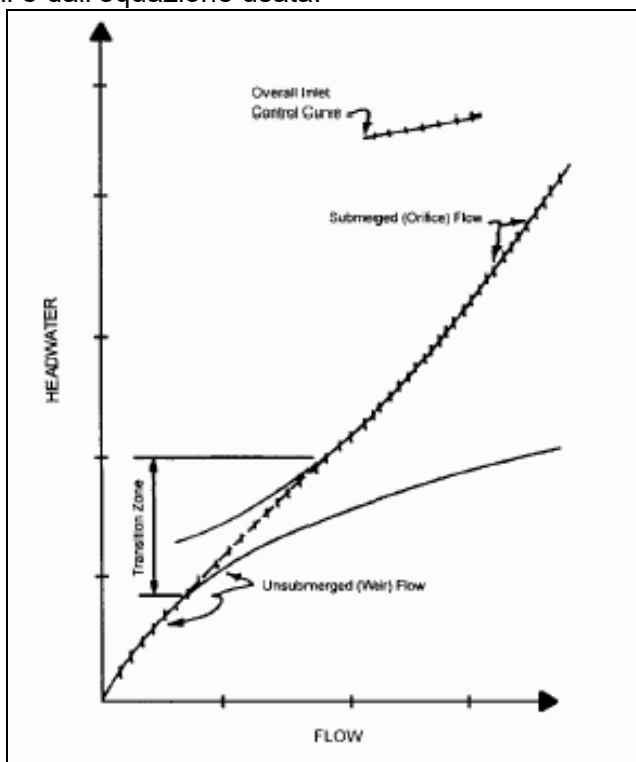


Figura 14-7: Andamento tipico della scala di portata per moto controllato da monte

Calcolo idraulico per i tombini con sezione di controllo a valle

Il calcolo viene eseguito sulla base dell'equazione di conservazione dell'energia:

$$H_{W_o} + v_u^2 / 2g = TW + v_d^2 / 2g + H_L$$

dove i simboli hanno il significato indicato in figura.

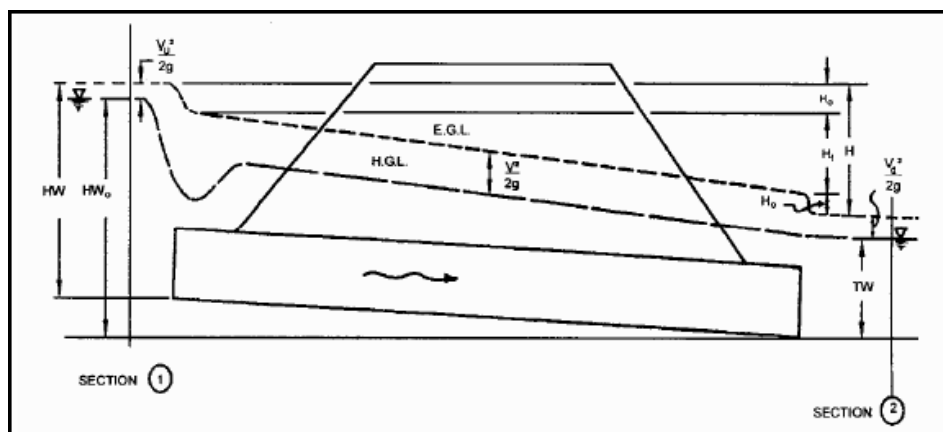


Figura 14-8: Significato delle variabili usato per il calcolo dei tombini con sezioni di controllo a valle

PROGETTAZIONE ATI:

Il pelo libero di moto permanente viene integrato utilizzando gli usuali metodi numerici e tenendo conto della pendenza dello stato rapido o lento della corrente e degli eventuali risalti idraulici.

Tailwater – La condizione al contorno di valle

Nell'analisi delle strutture esistenti e nel progetto di nuovi tombini è fondamentale conoscere la condizione al contorno di valle.

Il programma permette di assegnare al livello idrico di valle un valore costante (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.) o l'altezza di moto uniforme che si sviluppa nel canale di valle.

A questo scopo è possibile definire la sezione del canale e la sua scabrezza sia per canali con sezione geometrica (rettangolare, trapezia ecc...) sia per alvei naturali.

Il calcolo del moto uniforme si basa sulla formula di Manning:

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

dove

- v (m/s) è la velocità media della corrente;
- R (m) è il raggio idraulico;
- S è la pendenza della linea dell'energia
- n è il coefficiente di scabrezza dipendente dalle caratteristiche dell'alveo: nel caso di canali rivestiti in massi cementati pari a 0.025, nel caso di canali rivestiti in cls pari a 0.013

15. ALLEGATO 7: TABULATI DI CALCOLO VERIFICHE TOMBINI

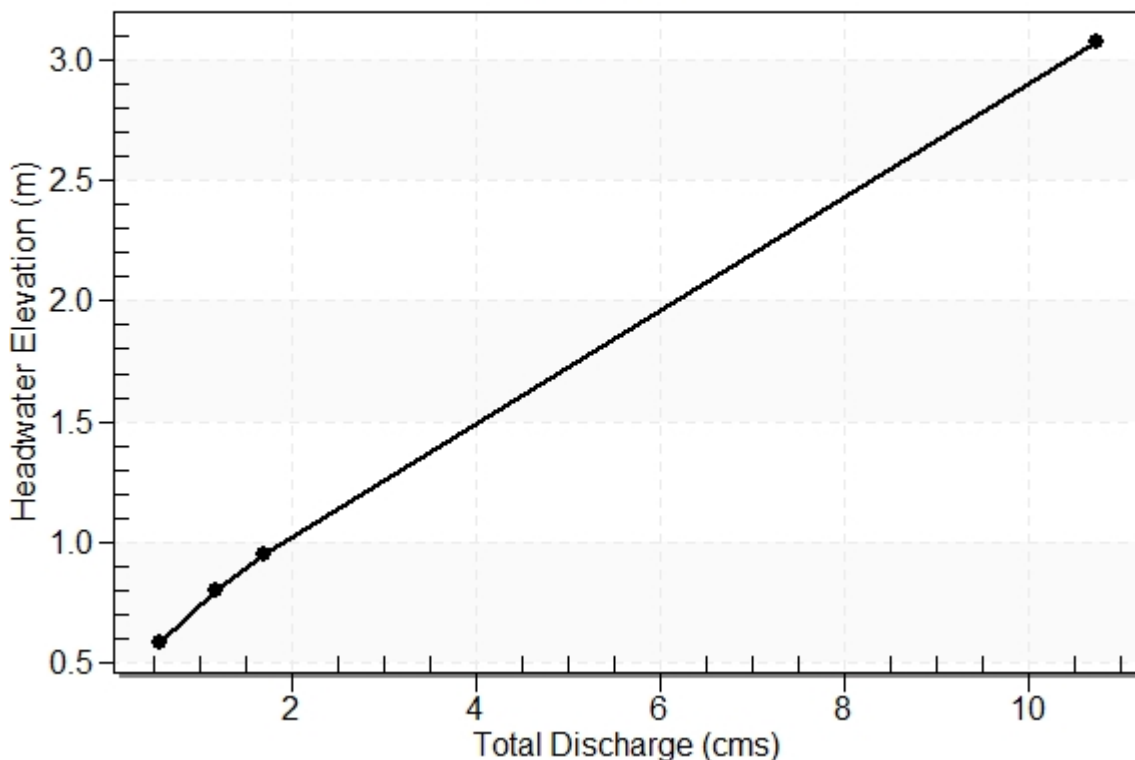
15.1. TOMBINO SCATOLARE 2.00X1.50 PK 2+779

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 2779

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 2.00X1.50 pk 2+779 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
0.59	TR 30	0.57	0.57	0.00	1
0.80	TR 100	1.17	1.17	0.00	1
0.95	TR 200	1.70	1.70	0.00	1
3.00	Overtopping	9.84	9.84	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 2779

Total Rating Curve
Crossing: 2779



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 2.00X1.50 pk 2+779

Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	0.57	0.57	0.59	0.340	0.0*	1-S2n	0.172	0.202	0.172	0.201	1.650	1.228
TR 100	1.17	1.17	0.80	0.551	0.094	1-S2n	0.276	0.328	0.276	0.307	2.127	1.557
TR 200	1.70	1.70	0.95	0.704	0.203	1-S2n	0.353	0.419	0.353	0.378	2.407	1.747

Straight Culvert

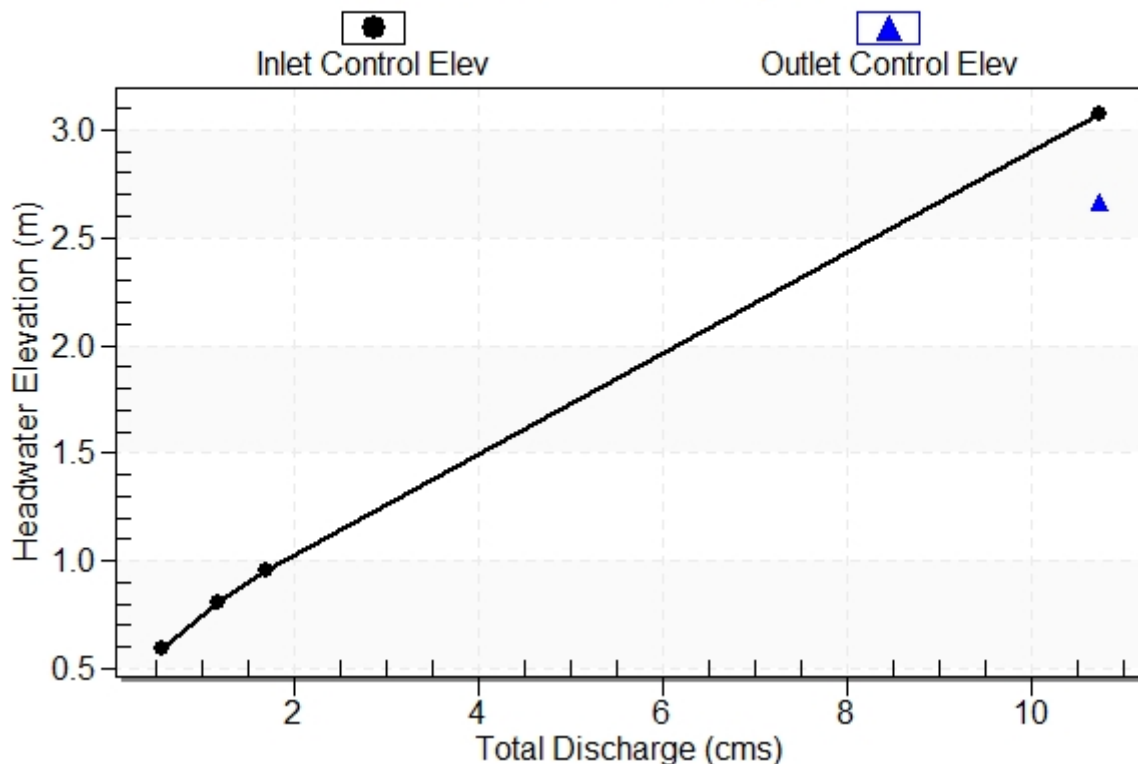
Inlet Elevation (invert): 0.25 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m

Culvert Length: 25.00 m, Culvert Slope: 0.0100

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 2.00X1.50 pk 2+779

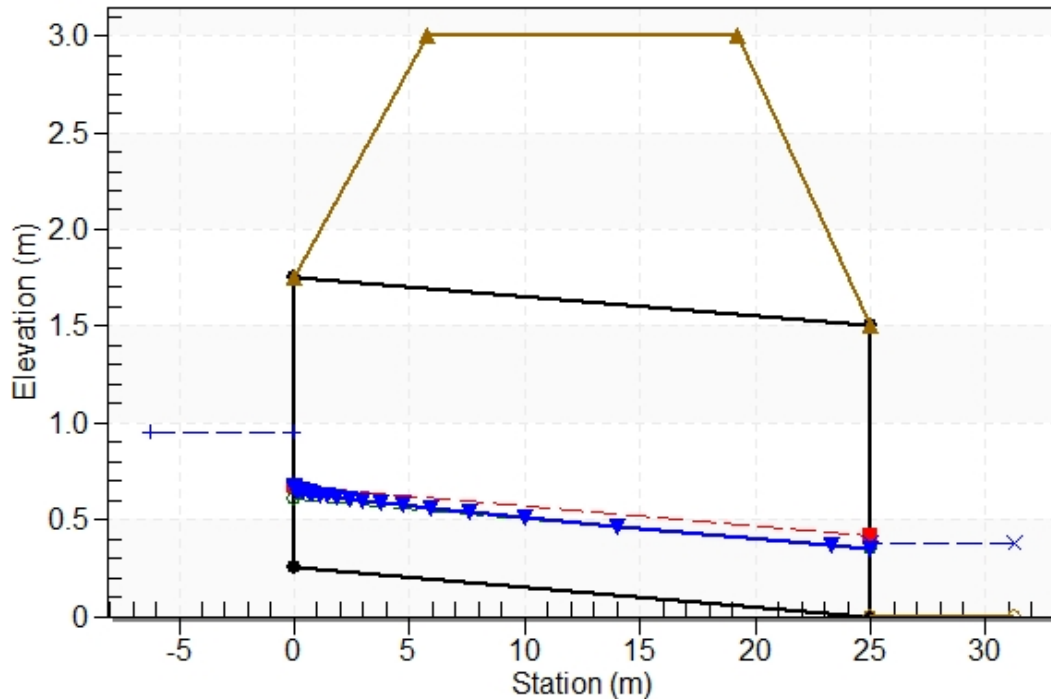
Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 2.00X1.50 pk 2+779



PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 2.00X1.50 pk 2+779
Crossing - 2779, Design Discharge - 1.70 cms
Culvert - SCATOLARE 2.00X1.50 pk 2+779, Culvert Discharge - 1.70 cms



Site Data - SCATOLARE 2.00X1.50 pk 2+779

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 0.25 m

Outlet Station: 25.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 2.00X1.50 pk 2+779

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 2000.00 mm

Barrel Rise: 1500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 2779)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
0.57	0.20	0.20	1.23	19.74	0.93
1.17	0.31	0.31	1.56	30.06	0.98
1.70	0.38	0.38	1.75	37.08	1.00

Tailwater Channel Data - 2779

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.0100

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 2779

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 3.00 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

15.2. TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 3+033

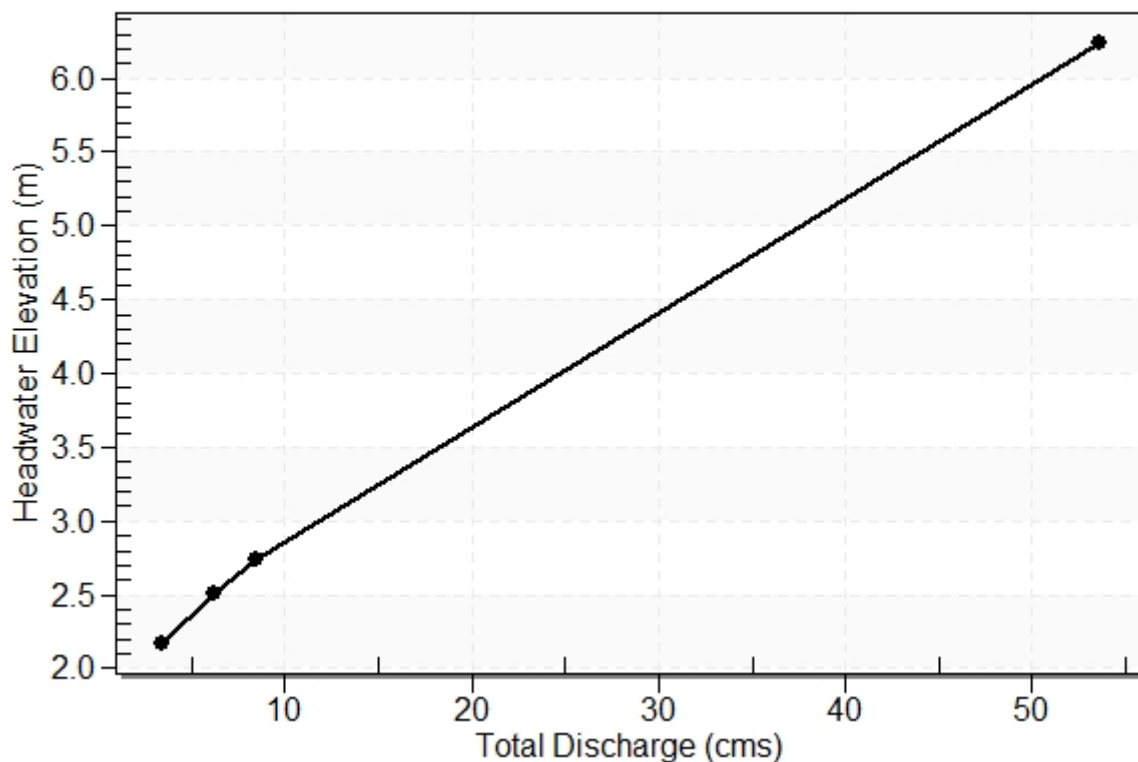
Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 3033

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+033 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
2.18	TR 30	3.40	3.40	0.00	1
2.51	TR 100	6.18	6.18	0.00	1
2.74	TR 200	8.46	8.46	0.00	1
6.00	Overtopping	47.16	47.16	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 3033

Total Rating Curve

Crossing: 3033



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+033

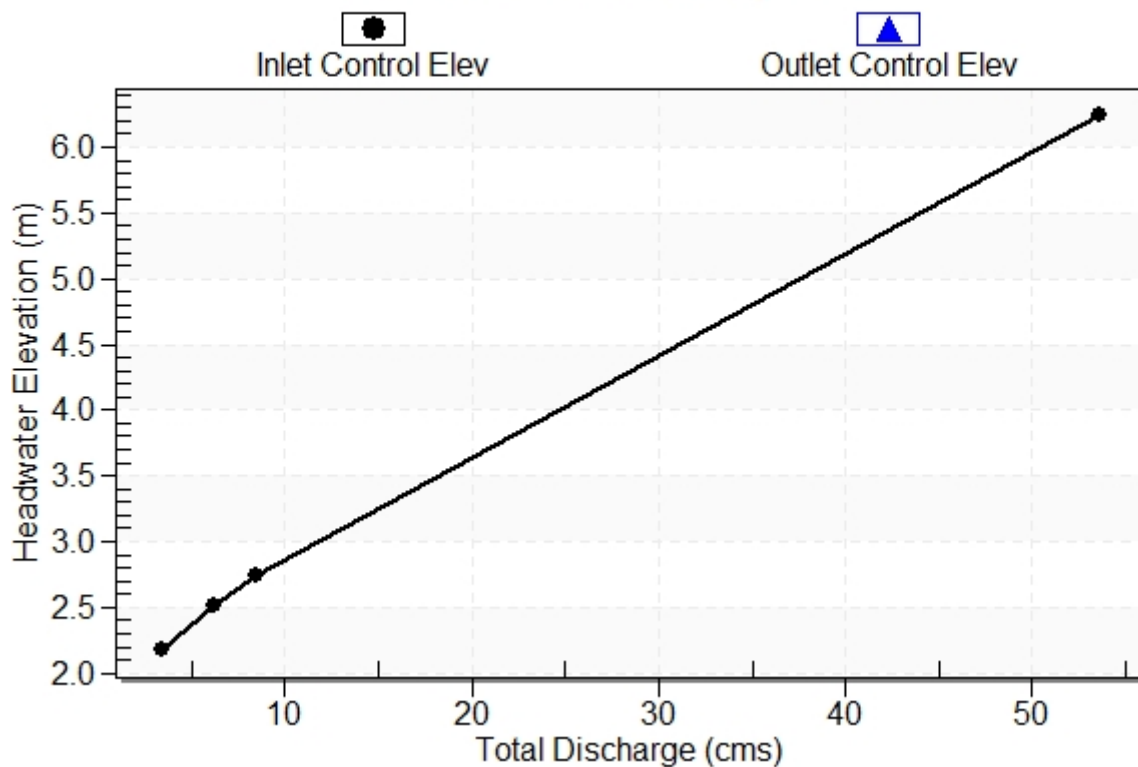
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	3.40	3.40	2.18	0.676	0.0*	1-S2n	0.198	0.419	0.198	0.232	4.283	4.367
TR 100	6.18	6.18	2.51	1.008	0.0*	1-S2n	0.291	0.625	0.311	0.330	4.978	5.356
TR 200	8.46	8.46	2.74	1.242	0.0*	1-S2n	0.355	0.770	0.390	0.396	5.431	5.939

 Straight Culvert
 Inlet Elevation (invert): 1.50 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
 Culvert Length: 30.04 m, Culvert Slope: 0.0500

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+033

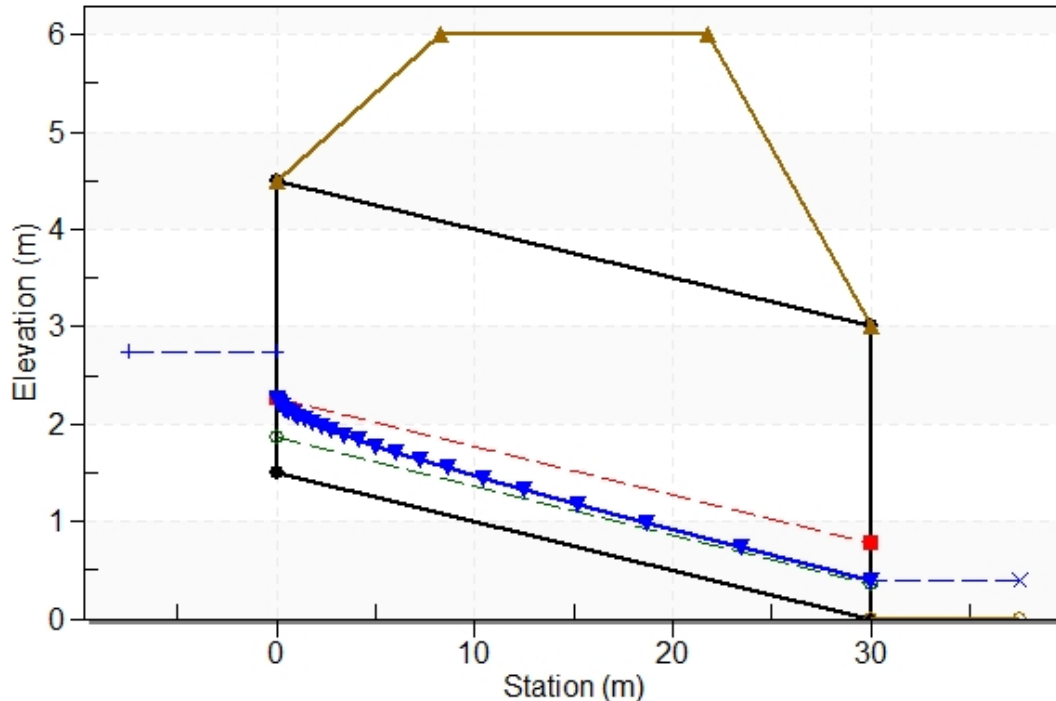
Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+033



PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+033
Crossing - 3033, Design Discharge - 8.46 cms
Culvert - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+033, Culvert Discharge - 8.46 cms



Site Data - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+033

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 1.50 m

Outlet Station: 30.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+033

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 4000.00 mm

Barrel Rise: 3000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 3033)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
3.40	0.23	0.23	4.37	227.88	3.04
6.18	0.33	0.33	5.36	323.82	3.18
8.46	0.40	0.40	5.94	388.61	3.25

Tailwater Channel Data - 3033

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 3.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (1:1)

Channel Slope: 0.1000

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 3033

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 6.00 m

Roadway Surface: Paved

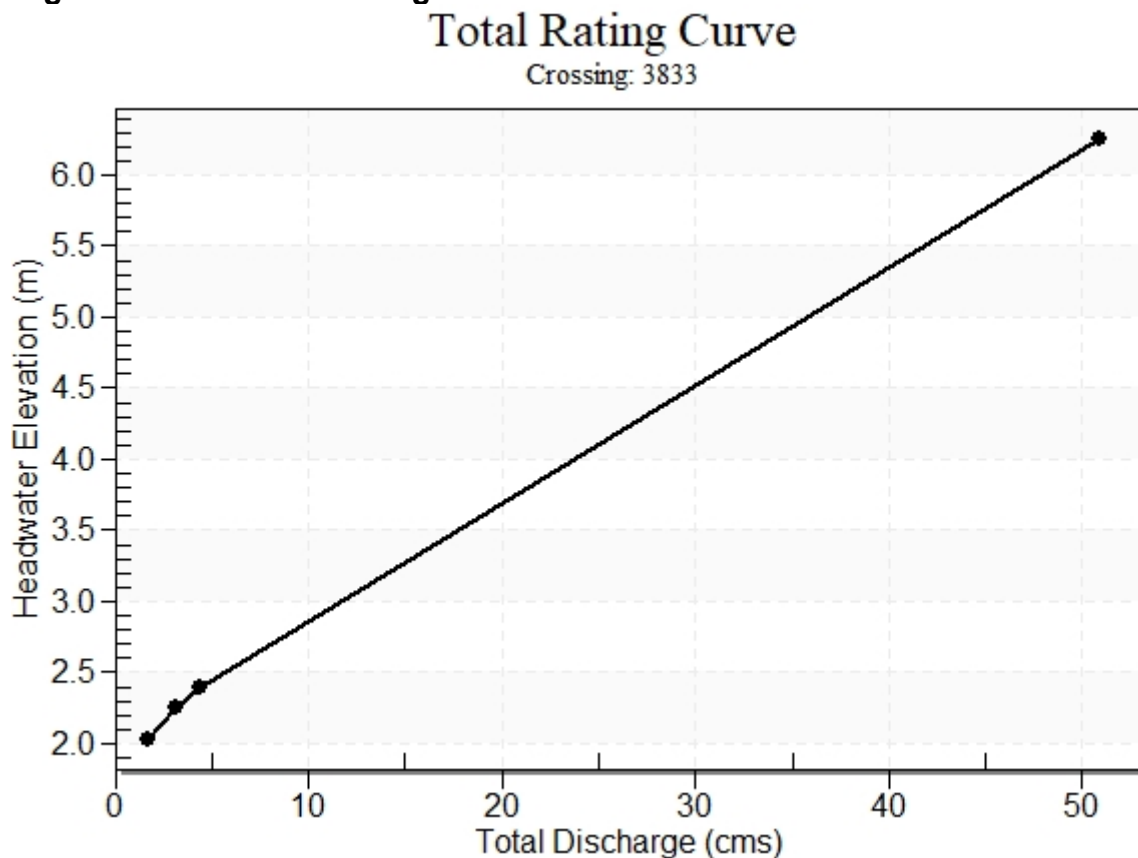
Roadway Top Width: 13.50 m

15.3. TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 3+833

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 3833

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+833 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
2.03	TR 30	1.75	1.75	0.00	1
2.25	TR 100	3.18	3.18	0.00	1
2.40	TR 200	4.36	4.36	0.00	1
6.10	Overtopping	47.16	47.16	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 3833



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+833

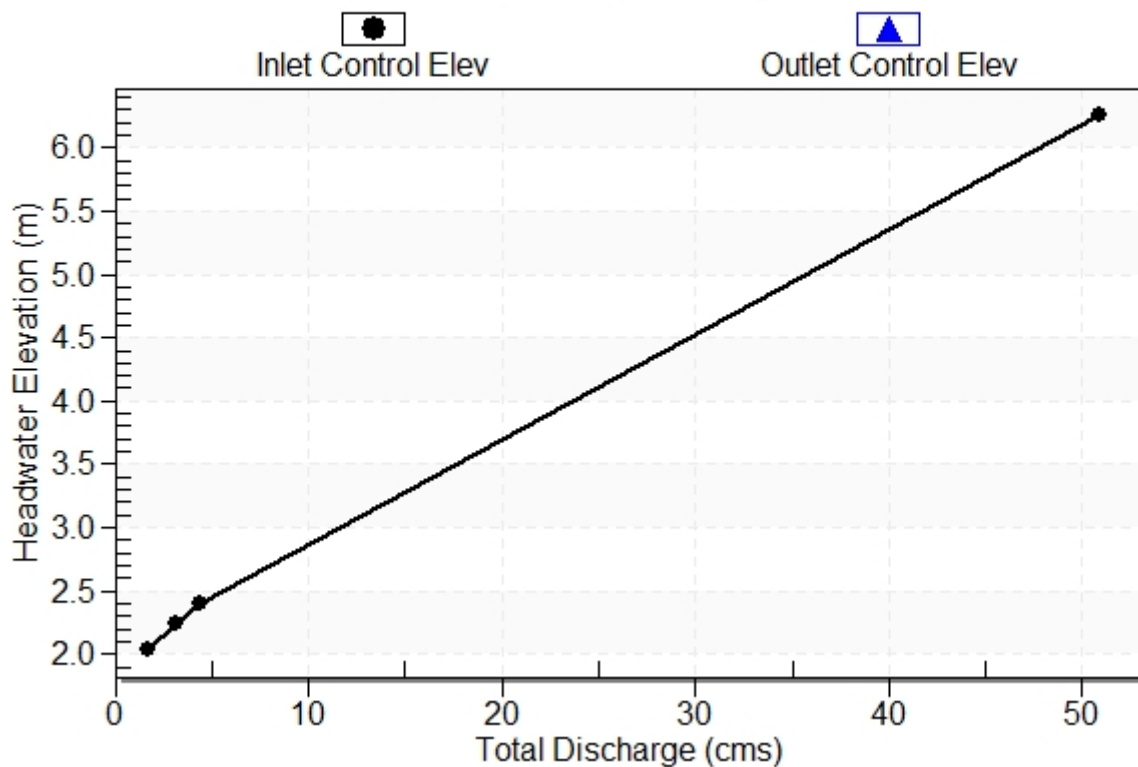
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	1.75	1.75	2.03	0.434	0.0*	1-S2n	0.130	0.269	0.130	0.157	3.367	3.449
TR 100	3.18	3.18	2.25	0.647	0.0*	1-S2n	0.190	0.401	0.200	0.224	3.974	4.266
TR 200	4.36	4.36	2.40	0.798	0.0*	1-S2n	0.234	0.495	0.243	0.269	4.487	4.759

 Straight Culvert
 Inlet Elevation (invert): 1.60 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
 Culvert Length: 32.04 m, Culvert Slope: 0.0500

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+833

Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+833

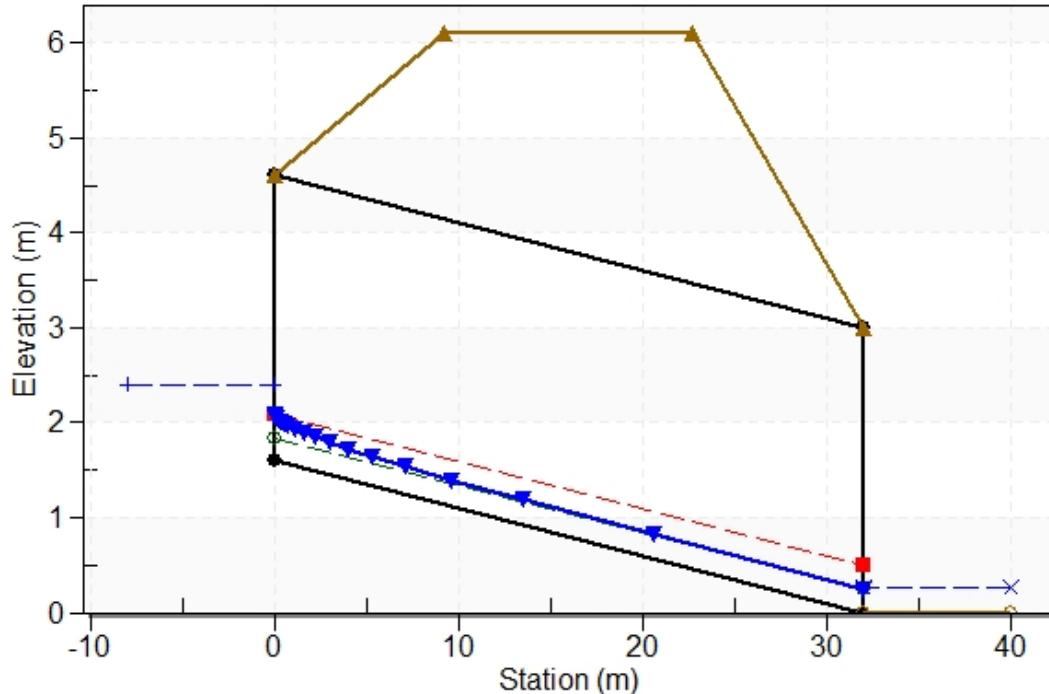


PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+833

Crossing - 3833, Design Discharge - 4.36 cms

Culvert - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+833, Culvert Discharge - 4.36 cms



Site Data - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+833

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 1.60 m

Outlet Station: 32.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 3+833

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 4000.00 mm

Barrel Rise: 3000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 3833)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
1.75	0.16	0.16	3.45	153.74	2.88
3.18	0.22	0.22	4.27	219.09	3.02
4.36	0.27	0.27	4.76	263.83	3.10

Tailwater Channel Data - 3833

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 3.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.1000

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 3833

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 6.10 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

15.4. TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 4+014

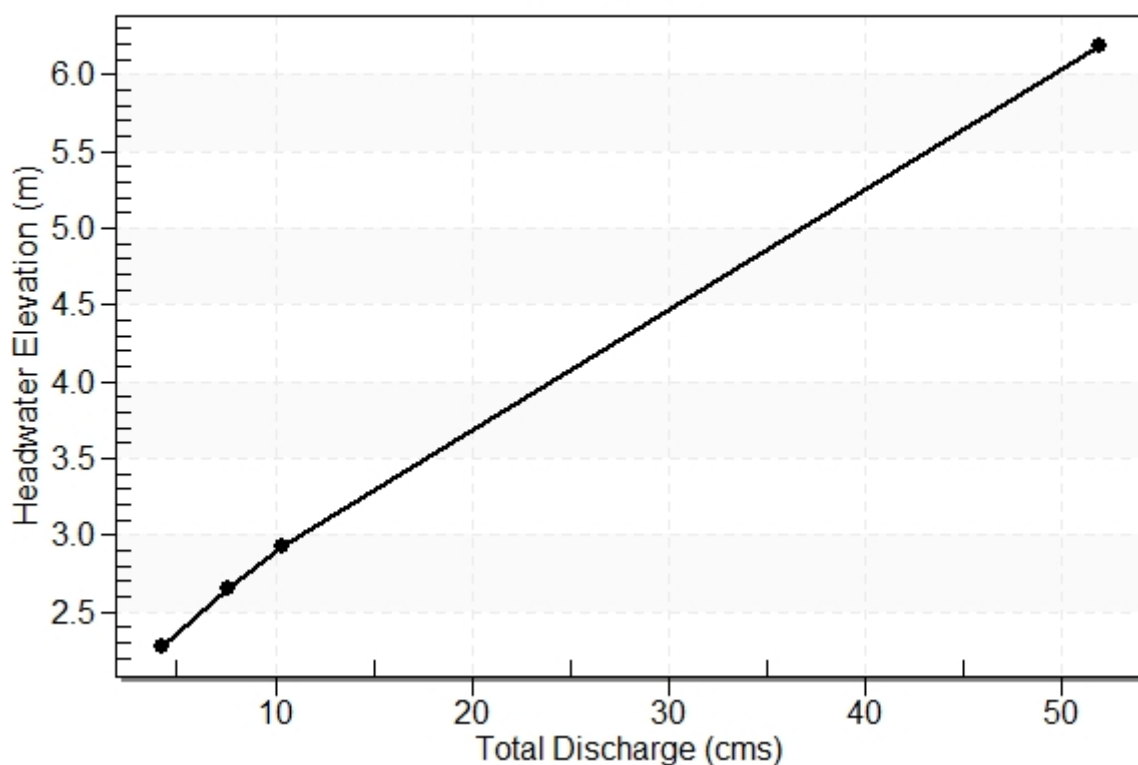
Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 4014

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 4.00x3.00 pk 4+014 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
2.28	TR 30	4.23	4.23	0.00	1
2.66	TR 100	7.62	7.62	0.00	1
2.92	TR 200	10.38	10.38	0.00	1
6.00	Overtopping	47.16	47.16	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 4014

Total Rating Curve

Crossing: 4014



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 4+014

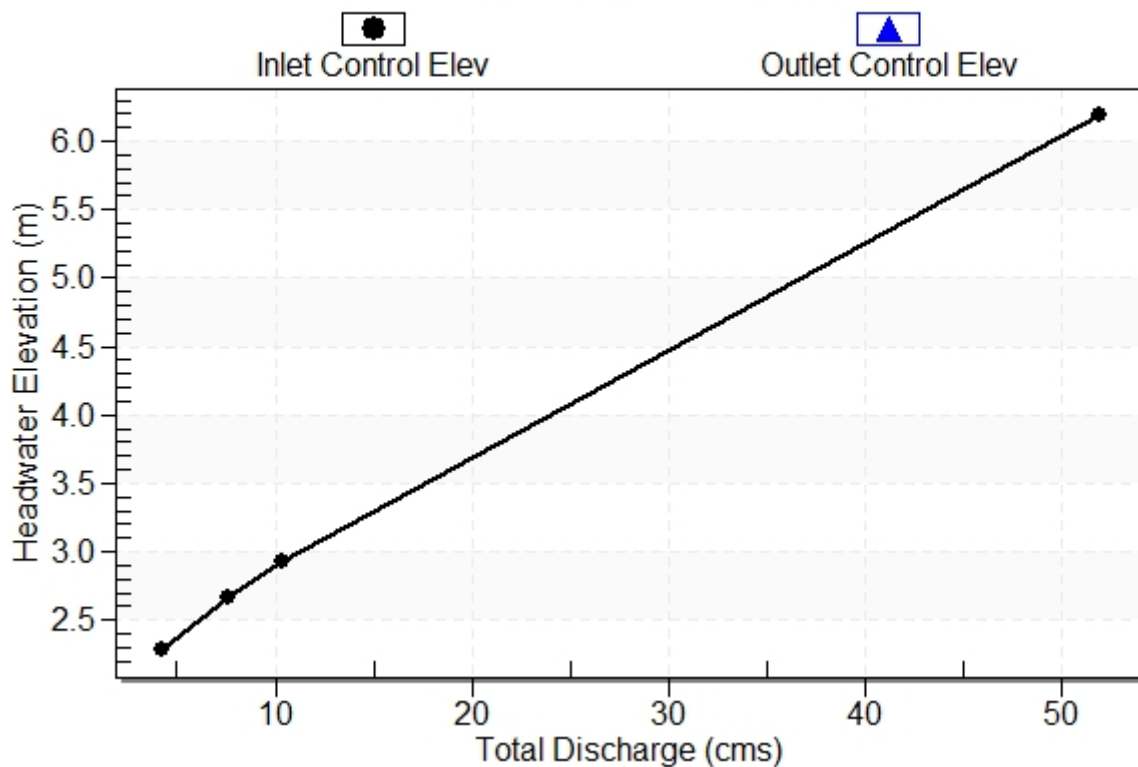
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	4.23	4.23	2.28	0.782	0.0*	1-S2n	0.230	0.485	0.240	0.300	4.412	4.086
TR 100	7.62	7.62	2.66	1.158	0.0*	1-S2n	0.332	0.718	0.361	0.423	5.271	4.963
TR 200	10.38	10.38	2.92	1.423	0.0*	1-S2n	0.405	0.882	0.454	0.505	5.710	5.476

Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 1.50 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
Culvert Length: 30.04 m, Culvert Slope: 0.0500

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 4+014

Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 4+014

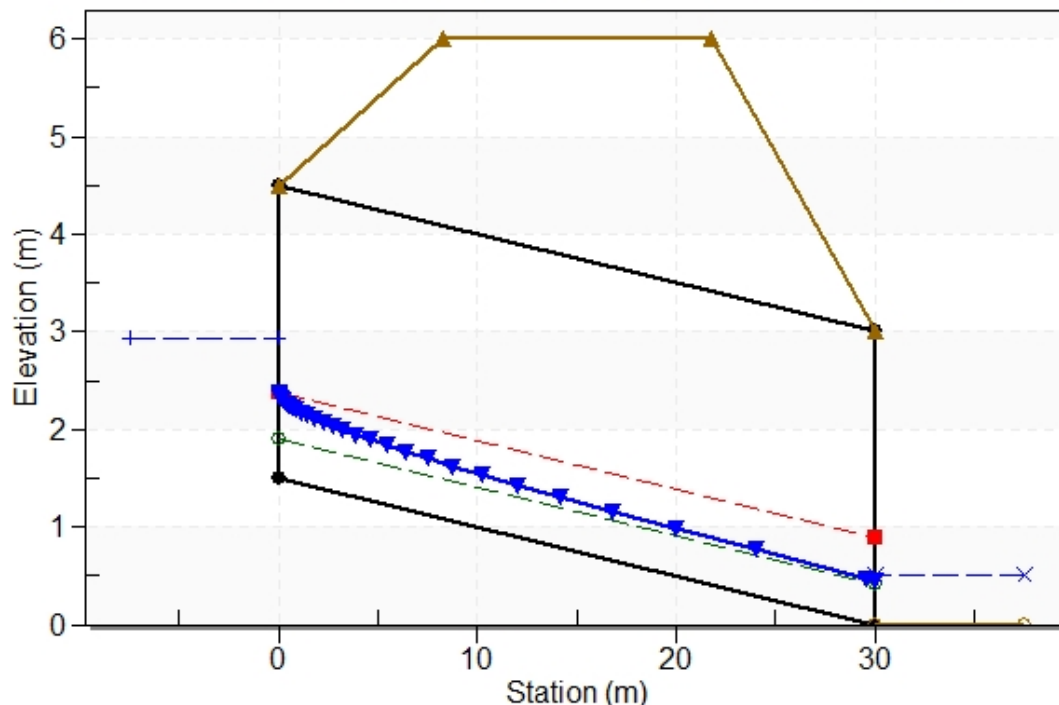


PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 4+014

Crossing - 4014, Design Discharge - 10.38 cms

Culvert - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 4+014, Culvert Discharge - 10.38 cms



Site Data - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 4+014

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 1.50 m

Outlet Station: 30.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 4+014

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 4000.00 mm

Barrel Rise: 3000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 4014)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
4.23	0.30	0.30	4.09	191.18	2.53
7.62	0.42	0.42	4.96	269.21	2.64
10.38	0.50	0.50	5.48	321.50	2.70

Tailwater Channel Data - 4014

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 3.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.0650

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 4014

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 6.00 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

15.5. TOMBINO SCATOLARE 2.00X1.50 PK 7+067

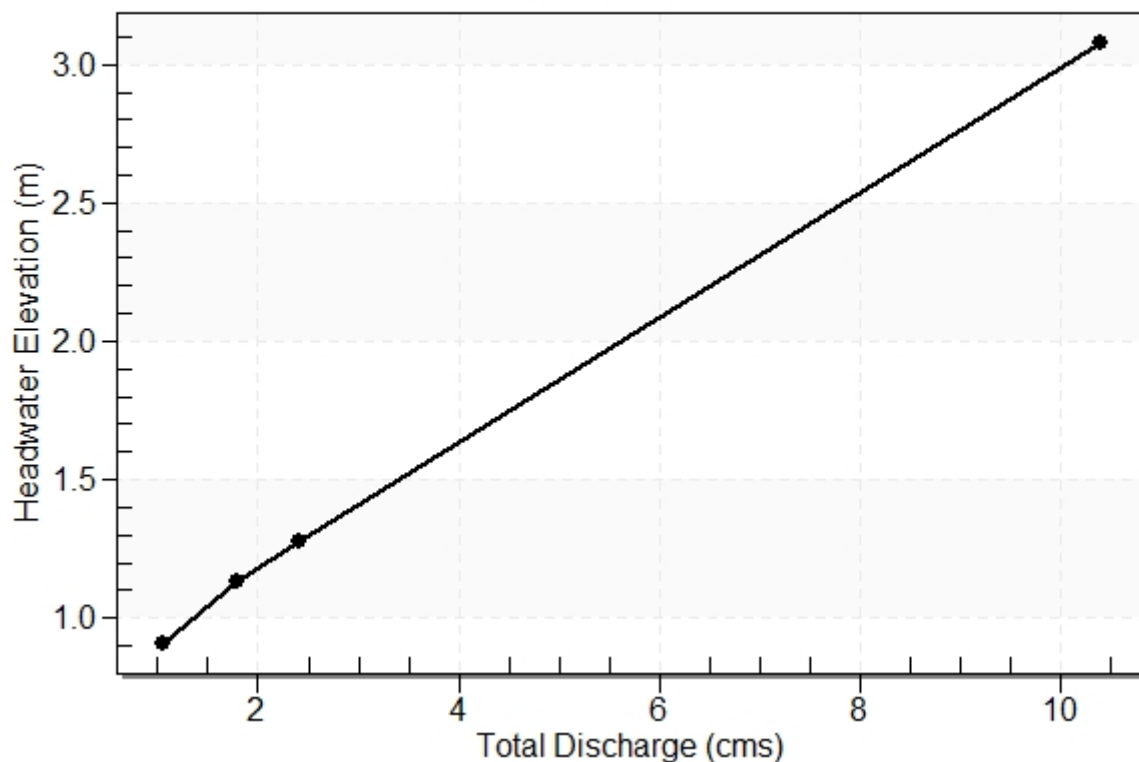
Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 7067

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+067 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
0.91	TR 30	1.05	1.05	0.00	1
1.13	TR 100	1.80	1.80	0.00	1
1.28	TR 200	2.40	2.40	0.00	1
3.00	Overtopping	9.39	9.39	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 7067

Total Rating Curve

Crossing: 7067



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+067

Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	1.05	1.05	0.91	0.511	0.0*	1-S2n	0.256	0.304	0.256	0.287	2.047	1.502
TR 100	1.80	1.80	1.13	0.732	0.079	1-S2n	0.367	0.435	0.367	0.391	2.454	1.779
TR 200	2.40	2.40	1.28	0.880	0.206	1-S2n	0.446	0.527	0.446	0.460	2.692	1.941

Straight Culvert

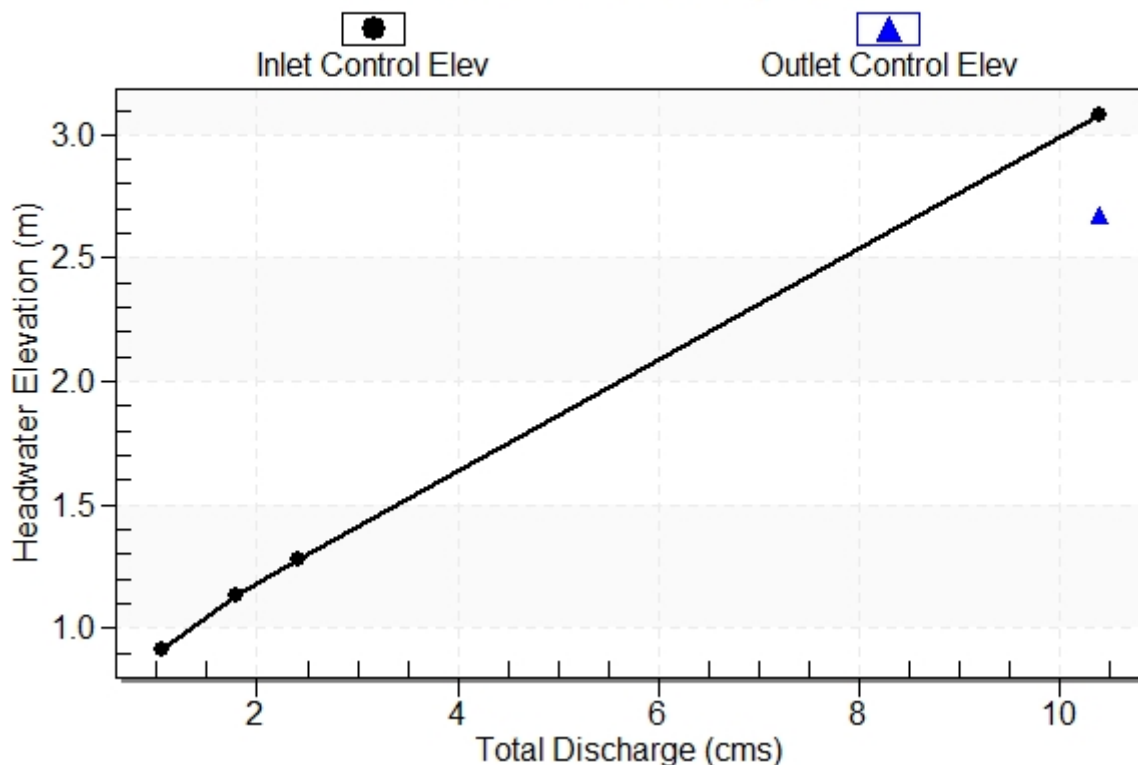
Inlet Elevation (invert): 0.40 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m

Culvert Length: 40.00 m, Culvert Slope: 0.0100

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+067

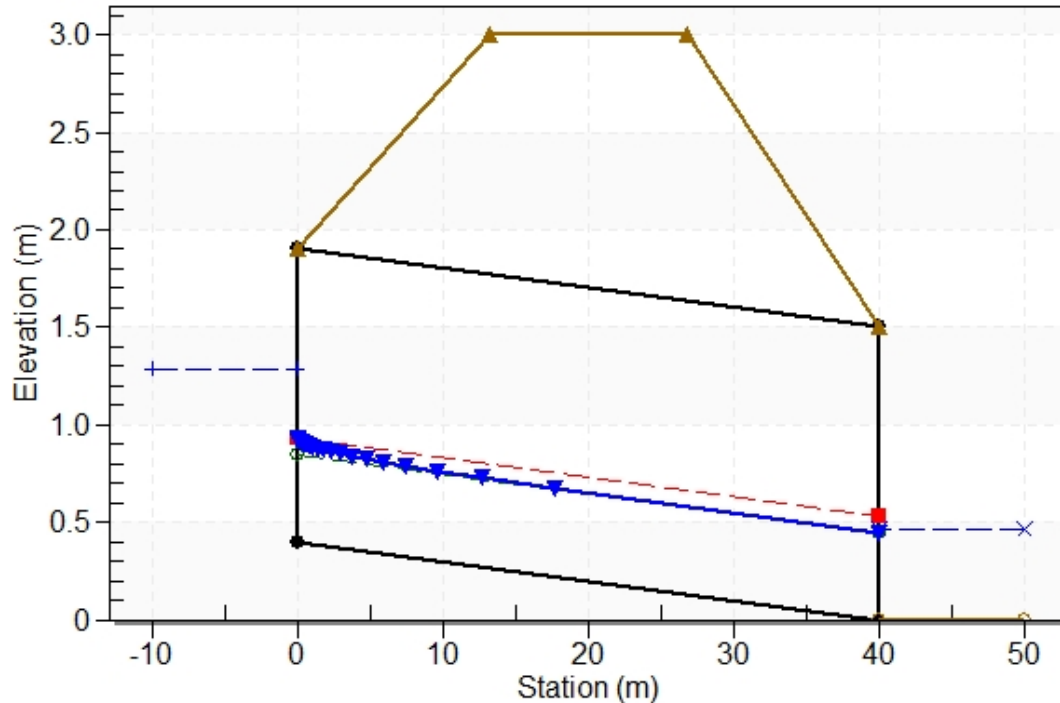
Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+067



PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+067
Crossing - 7067, Design Discharge - 2.40 cms
Culvert - SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+067, Culvert Discharge - 2.40 cms



Site Data - SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+067

Site Data Option: Culvert Invert Data
Inlet Station: 0.00 m
Inlet Elevation: 0.40 m
Outlet Station: 40.00 m
Outlet Elevation: 0.00 m
Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+067

Barrel Shape: Concrete Box
Barrel Span: 2000.00 mm
Barrel Rise: 1500.00 mm
Barrel Material: Concrete
Embedment: 0.00 mm
Barrel Manning's n: 0.0170
Culvert Type: Straight
Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall
Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 7067)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
1.05	0.29	0.29	1.50	28.18	0.97
1.80	0.39	0.39	1.78	38.34	1.01
2.40	0.46	0.46	1.94	45.06	1.02

Tailwater Channel Data - 7067

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (1:1)

Channel Slope: 0.0100

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 7067

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 3.00 m

Roadway Surface: Paved

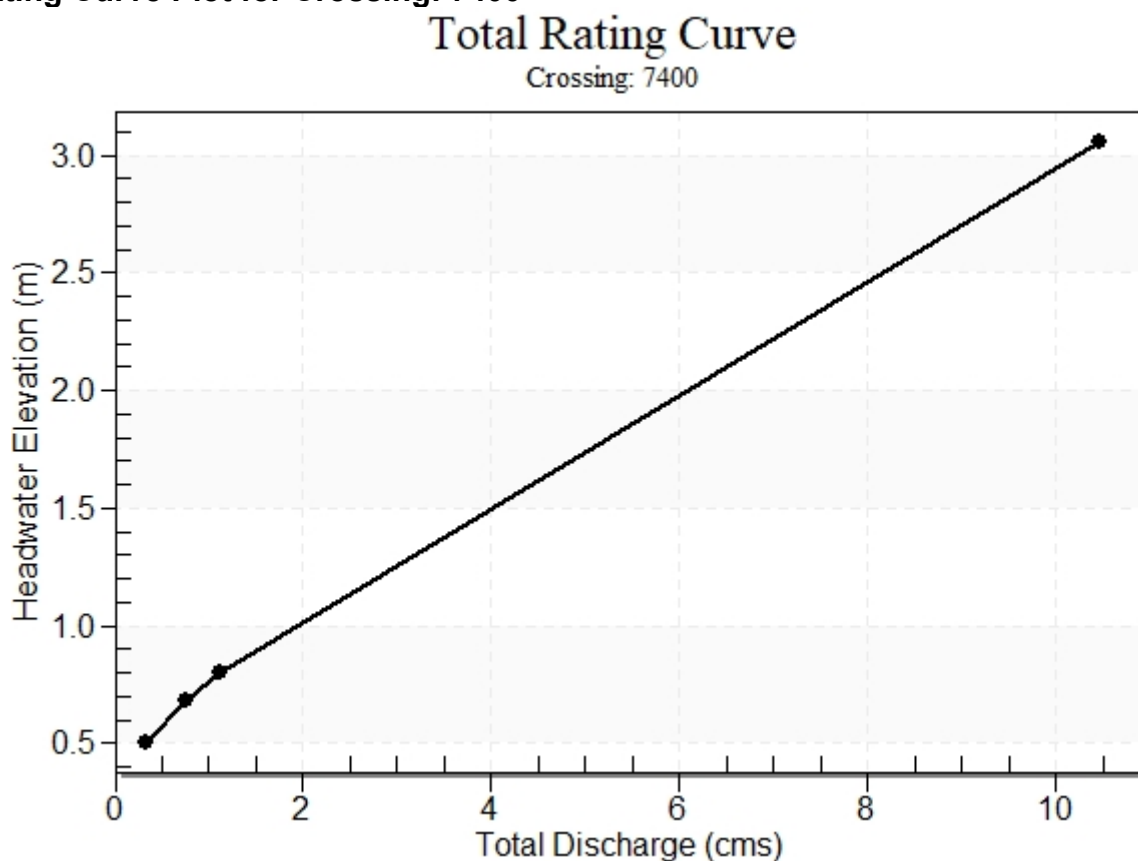
Roadway Top Width: 13.50 m

15.6. TOMBINO SCATOLARE 2.00X1.50 PK 7+400

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 7400

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+400 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
0.51	TR 30	0.33	0.33	0.00	1
0.68	TR 100	0.75	0.75	0.00	1
0.80	TR 200	1.12	1.12	0.00	1
3.00	Overtopping	9.78	9.78	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 7400



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+400

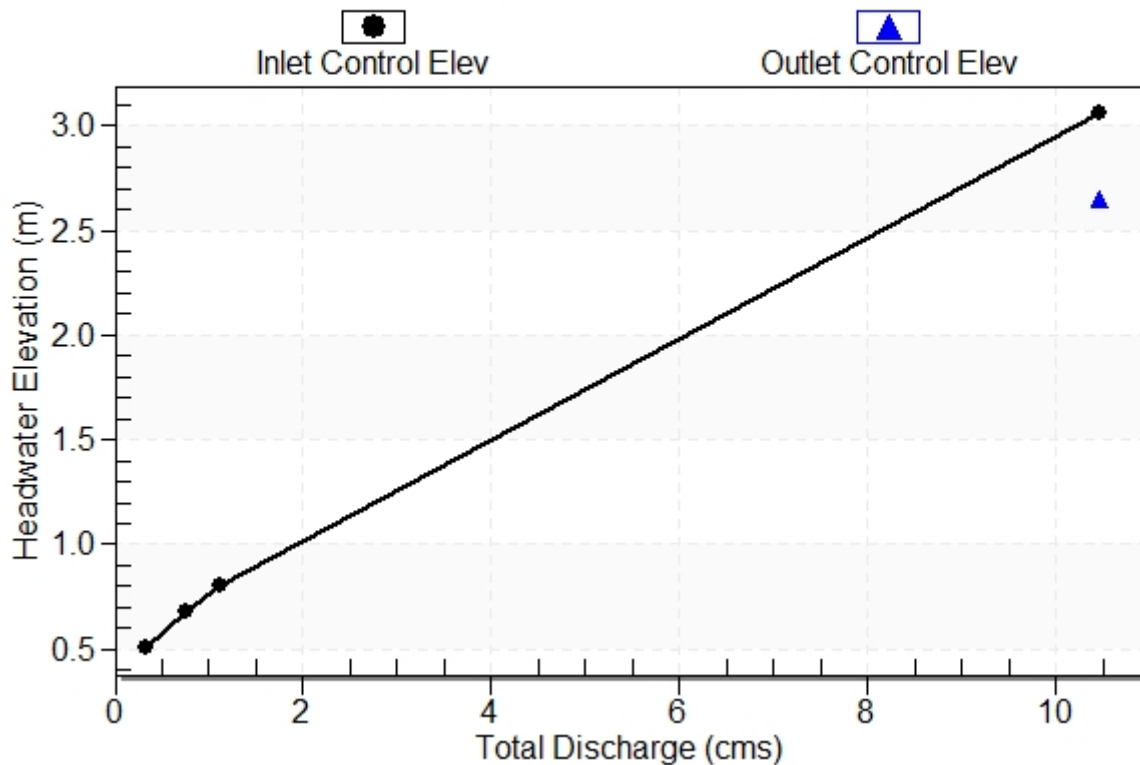
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	0.33	0.33	0.51	0.236	0.0*	1-S2n	0.122	0.141	0.122	0.146	1.352	1.018
TR 100	0.75	0.75	0.68	0.409	0.0*	1-S2n	0.206	0.243	0.206	0.237	1.820	1.346
TR 200	1.12	1.12	0.80	0.534	0.063	1-S2n	0.268	0.317	0.268	0.298	2.091	1.534

 Straight Culvert
 Inlet Elevation (invert): 0.27 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
 Culvert Length: 27.00 m, Culvert Slope: 0.0100

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+400

Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+400

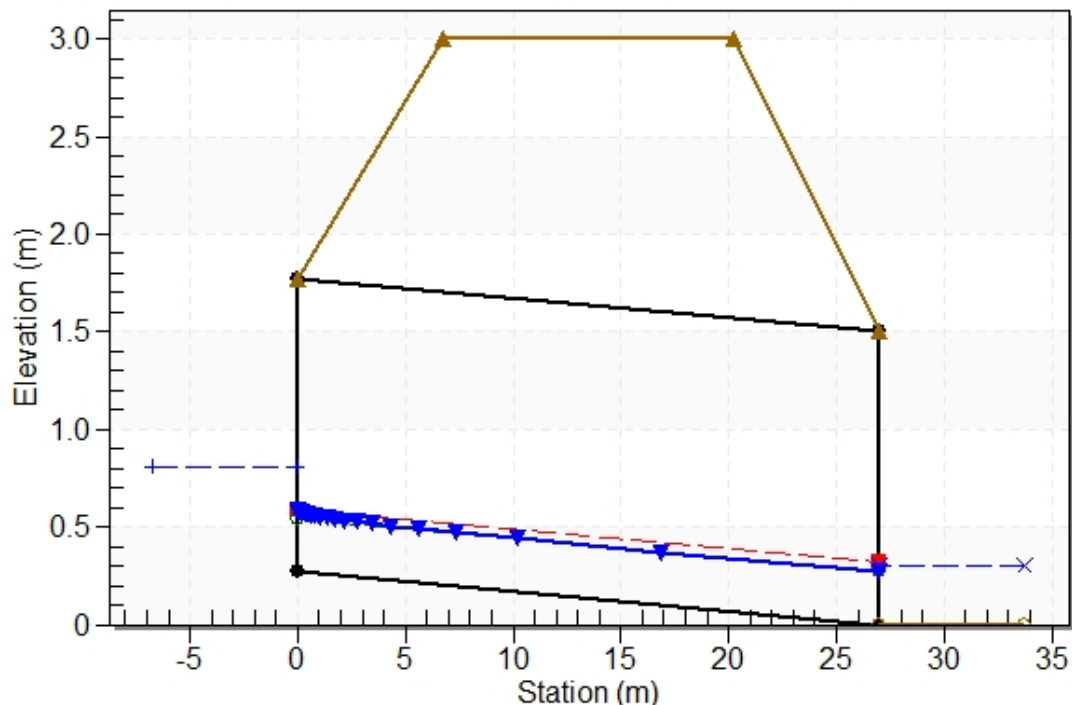


PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+400

Crossing - 7400, Design Discharge - 1.12 cms

Culvert - SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+400, Culvert Discharge - 1.12 cms



Site Data - SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+400

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 0.27 m

Outlet Station: 27.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 2.00x1.50 pk 7+400

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 2000.00 mm

Barrel Rise: 1500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 7400)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
0.33	0.15	0.15	1.02	14.33	0.89
0.75	0.24	0.24	1.35	23.19	0.95
1.12	0.30	0.30	1.53	29.24	0.97

Tailwater Channel Data - 7400

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.0100

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 7400

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 3.00 m

Roadway Surface: Paved

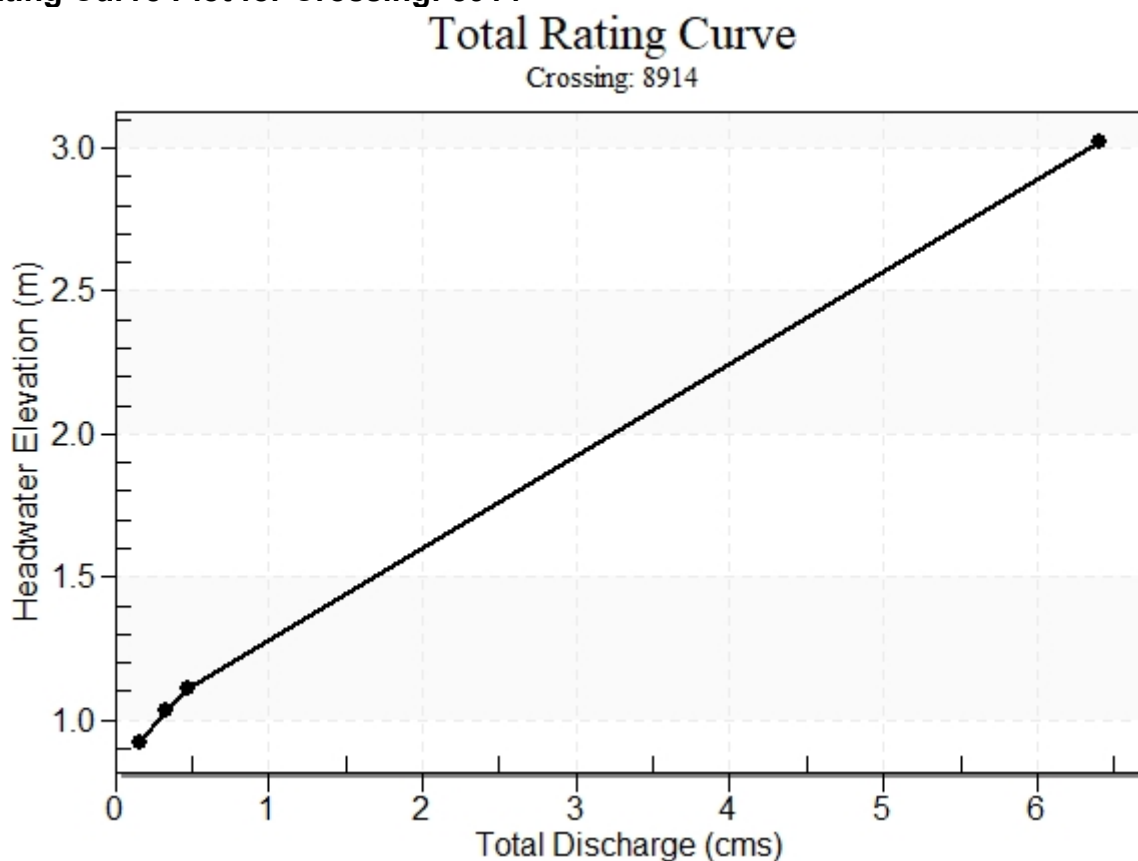
Roadway Top Width: 13.50 m

15.7. TOMBINO SCATOLARE 1.50X1.50 PK 8+914

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 8914

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 1.50x1.50 pk 8+914 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
0.92	TR 30	0.16	0.16	0.00	1
1.03	TR 100	0.33	0.33	0.00	1
1.11	TR 200	0.48	0.48	0.00	1
3.00	Overtopping	6.20	6.20	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 8914



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 1.50x1.50 pk 8+914

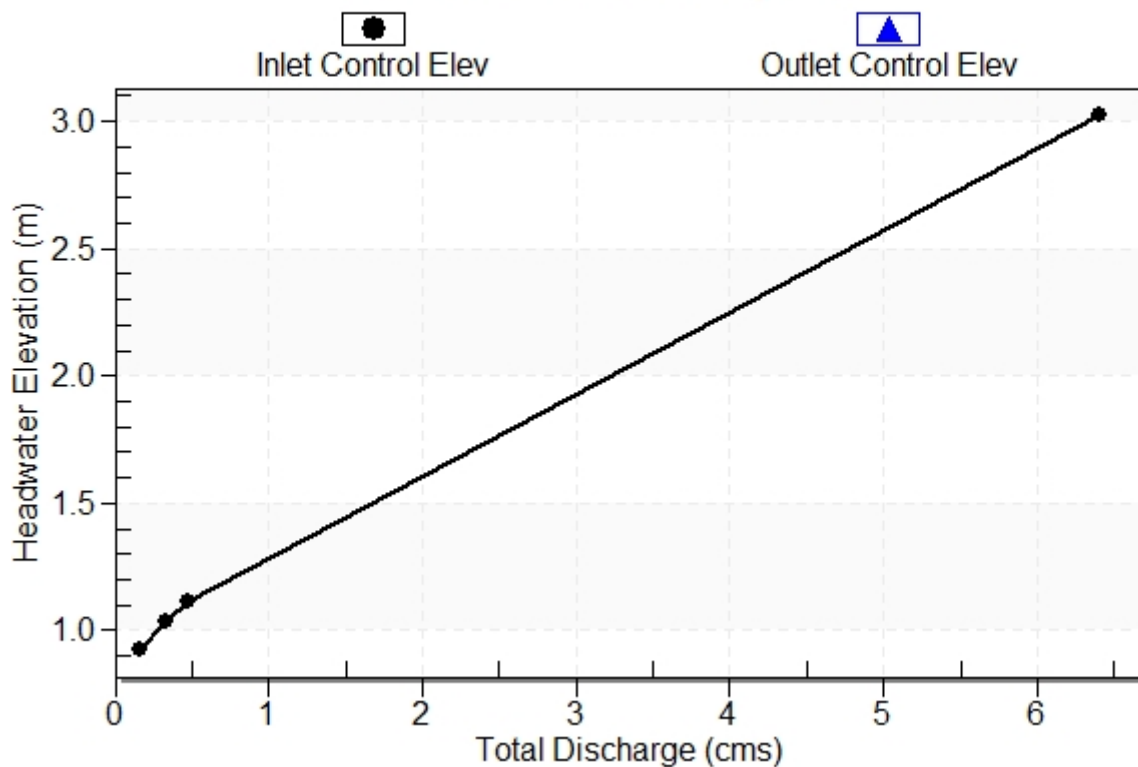
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	0.16	0.16	0.92	0.174	0.0*	1-S2n	0.070	0.105	0.070	0.070	1.525	1.430
TR 100	0.33	0.33	1.03	0.282	0.0*	1-S2n	0.111	0.170	0.111	0.107	1.977	1.854
TR 200	0.48	0.48	1.11	0.362	0.0*	1-S2n	0.141	0.219	0.141	0.134	2.267	2.112

Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 0.75 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
Culvert Length: 30.01 m, Culvert Slope: 0.0250

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 1.50x1.50 pk 8+914

Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 1.50x1.50 pk 8+914

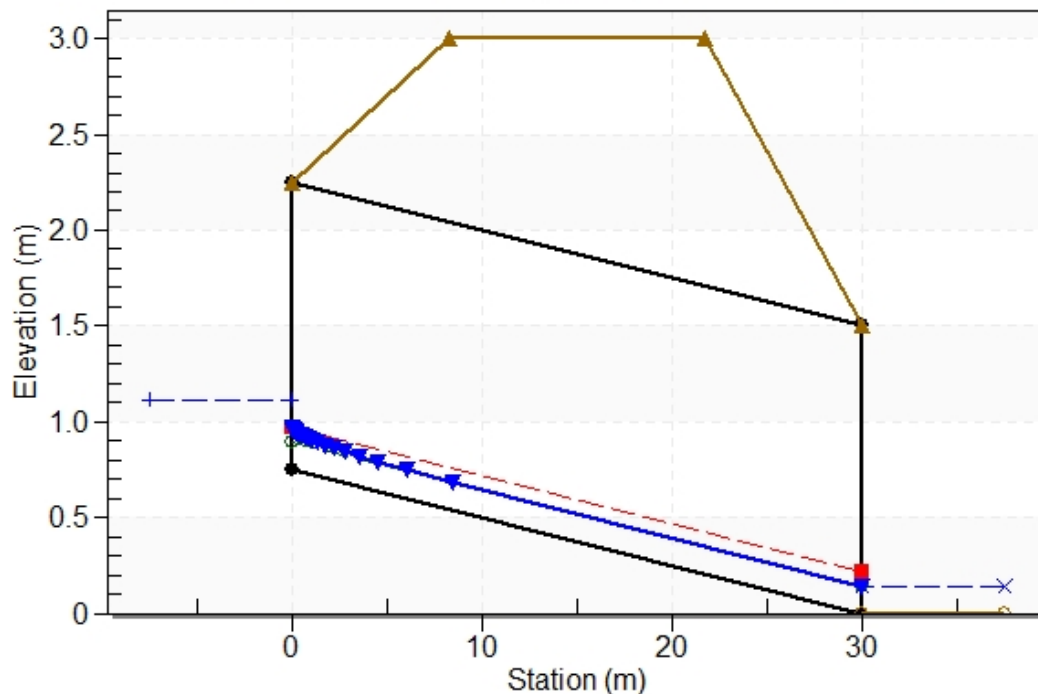


PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 1.50x1.50 pk 8+914

Crossing - 8914, Design Discharge - 0.48 cms

Culvert - SCATOLARE 1.50x1.50 pk 8+914, Culvert Discharge - 0.48 cms



Site Data - SCATOLARE 1.50x1.50 pk 8+914

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 0.75 m

Outlet Station: 30.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 1.50x1.50 pk 8+914

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 1500.00 mm

Barrel Rise: 1500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 8914)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
0.16	0.07	0.07	1.43	34.18	1.78
0.33	0.11	0.11	1.85	52.54	1.89
0.48	0.13	0.13	2.11	65.51	1.95

Tailwater Channel Data - 8914

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.50 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.0500

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 8914

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 3.00 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

15.8. TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 10+370

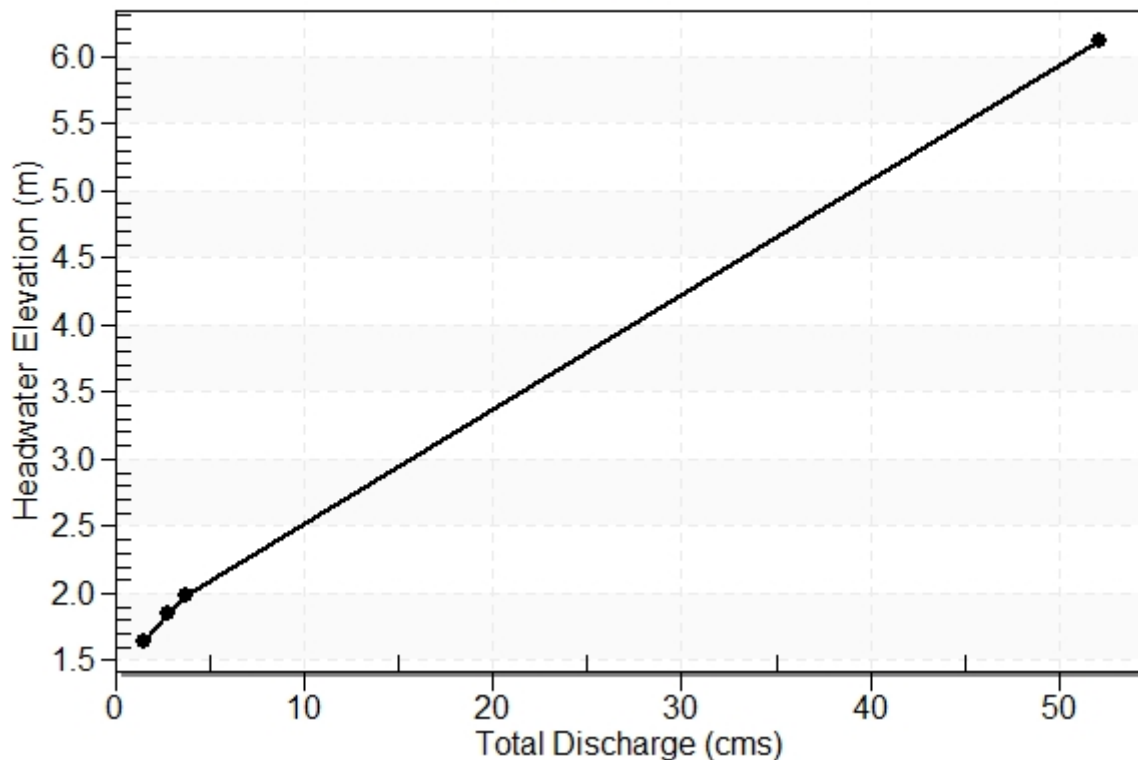
Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 10370

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+370 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1.65	TR 30	1.54	1.54	0.00	1
1.84	TR 100	2.79	2.79	0.00	1
1.98	TR 200	3.81	3.81	0.00	1
6.00	Overtopping	49.56	49.56	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 10370

Total Rating Curve

Crossing: 10370



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+370

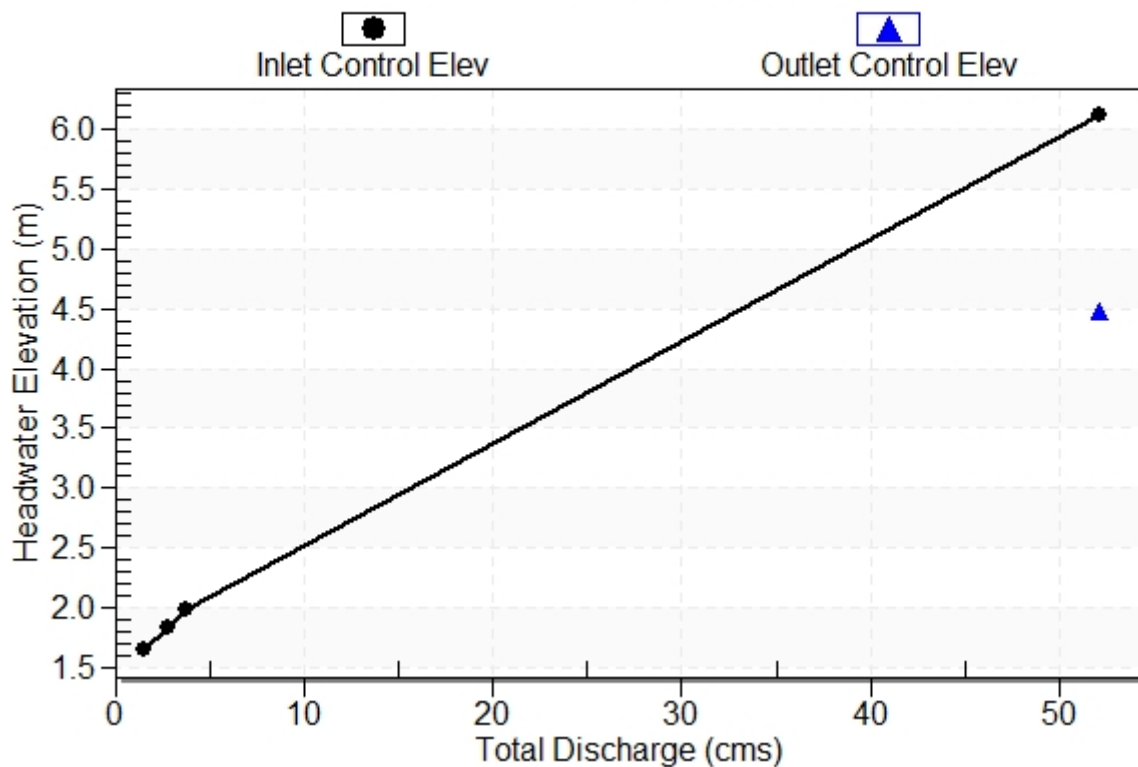
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	1.54	1.54	1.65	0.399	0.0*	1-S2n	0.119	0.247	0.123	0.145	3.138	3.292
TR 100	2.79	2.79	1.84	0.593	0.0*	1-S2n	0.175	0.367	0.175	0.207	3.975	4.075
TR 200	3.81	3.81	1.98	0.729	0.0*	1-S2n	0.214	0.452	0.214	0.249	4.452	4.543

Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 1.25 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
Culvert Length: 25.03 m, Culvert Slope: 0.0500

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+370

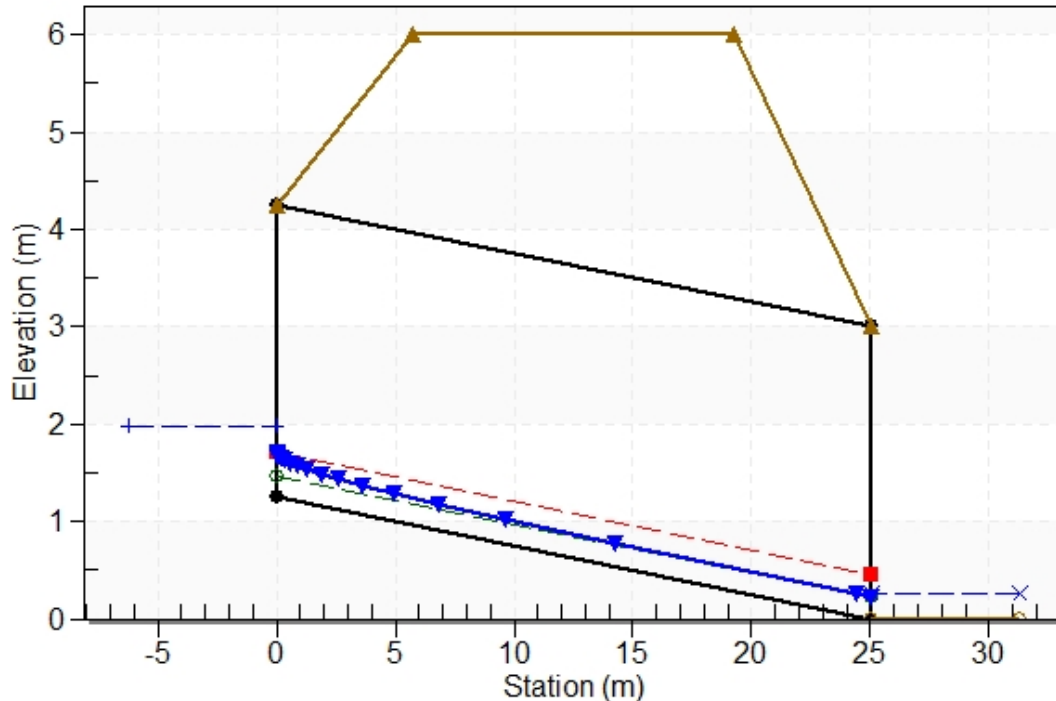
Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+370



PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+370
Crossing - 10370, Design Discharge - 3.81 cms
Culvert - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+370, Culvert Discharge - 3.81 cms



Site Data - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+370

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 1.25 m

Outlet Station: 25.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+370

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 4000.00 mm

Barrel Rise: 3000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 10370)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
1.54	0.15	0.15	3.29	142.50	2.85
2.79	0.21	0.21	4.07	202.75	2.99
3.81	0.25	0.25	4.54	243.72	3.06

Tailwater Channel Data - 10370

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 3.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.1000

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 10370

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 6.00 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

15.9. TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 10+952

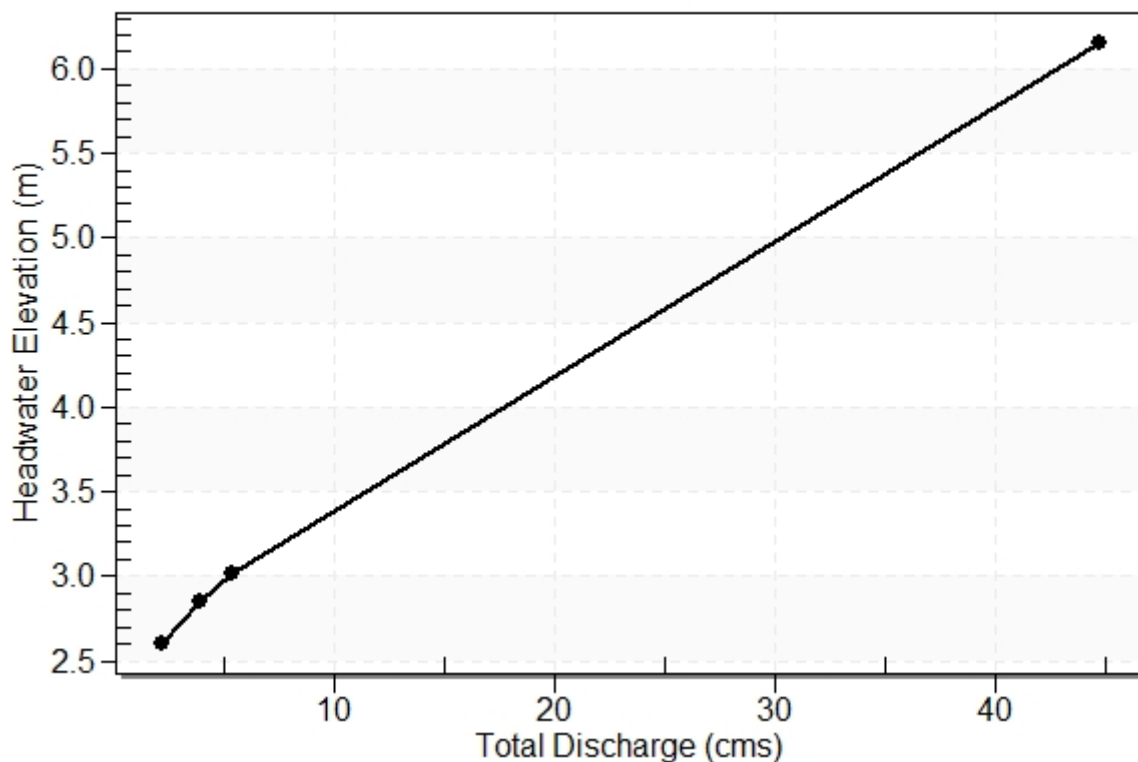
Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 10952

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+952 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
2.61	TR 30	2.21	2.21	0.00	1
2.85	TR 100	3.96	3.96	0.00	1
3.02	TR 200	5.37	5.37	0.00	1
6.00	Overtopping	40.94	40.94	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 10952

Total Rating Curve

Crossing: 10952



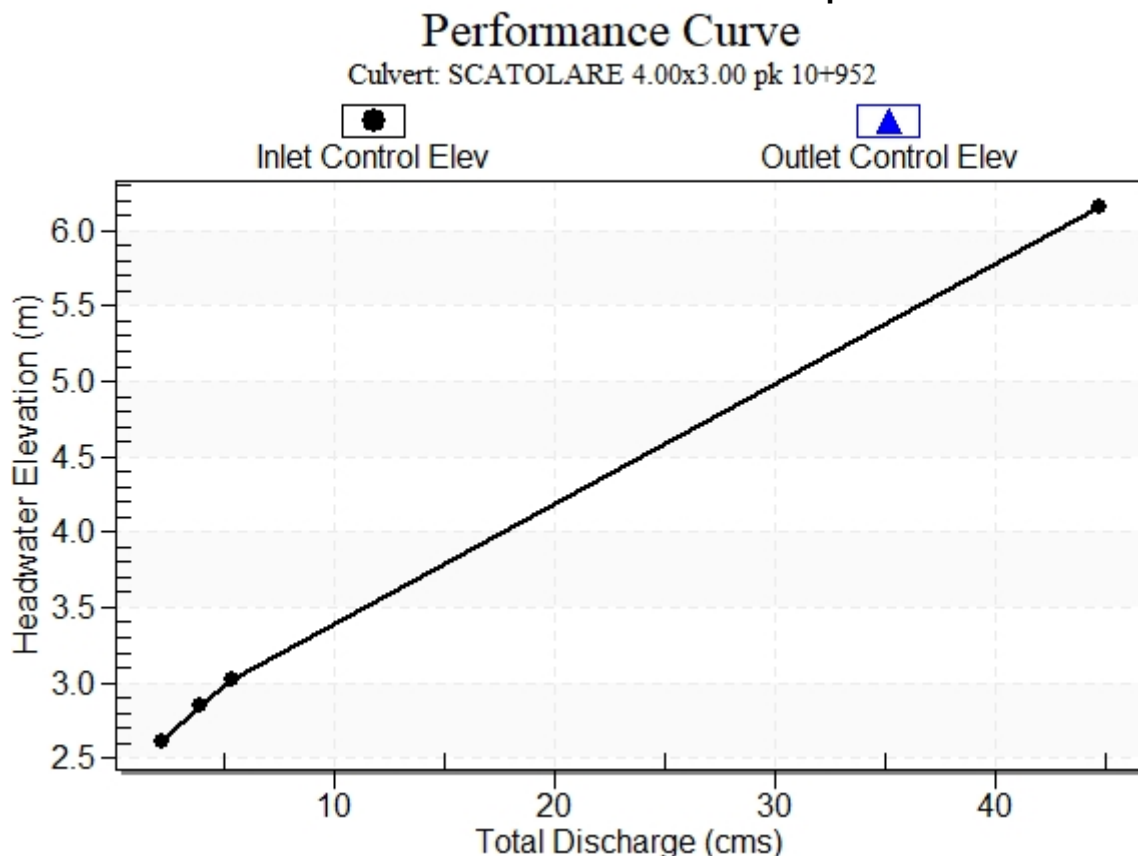
PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+952

Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	2.21	2.21	2.61	0.507	0.0*	1-S2n	0.154	0.314	0.154	0.221	3.599	2.998
TR 100	3.96	3.96	2.85	0.748	0.0*	1-S2n	0.220	0.464	0.222	0.312	4.451	3.664
TR 200	5.37	5.37	3.02	0.917	0.0*	1-S2n	0.266	0.568	0.276	0.372	4.862	4.053

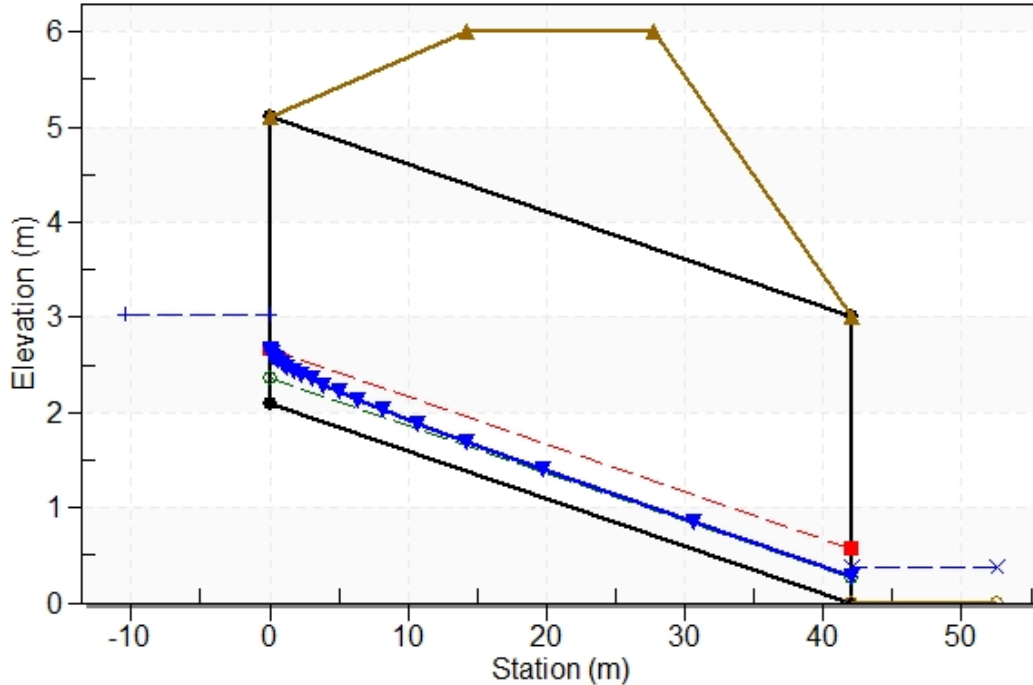
Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 2.10 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
Culvert Length: 42.05 m, Culvert Slope: 0.0500

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+952



PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+952
Crossing - 10952, Design Discharge - 5.37 cms
Culvert - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+952, Culvert Discharge - 5.37 cms



Site Data - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+952

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 2.10 m

Outlet Station: 42.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 10+952

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 4000.00 mm

Barrel Rise: 3000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 10952)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
2.21	0.22	0.22	3.00	108.43	2.13
3.96	0.31	0.31	3.66	152.77	2.23
5.37	0.37	0.37	4.05	182.47	2.28

Tailwater Channel Data - 10952

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 3.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.0500

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 10952

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 6.00 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

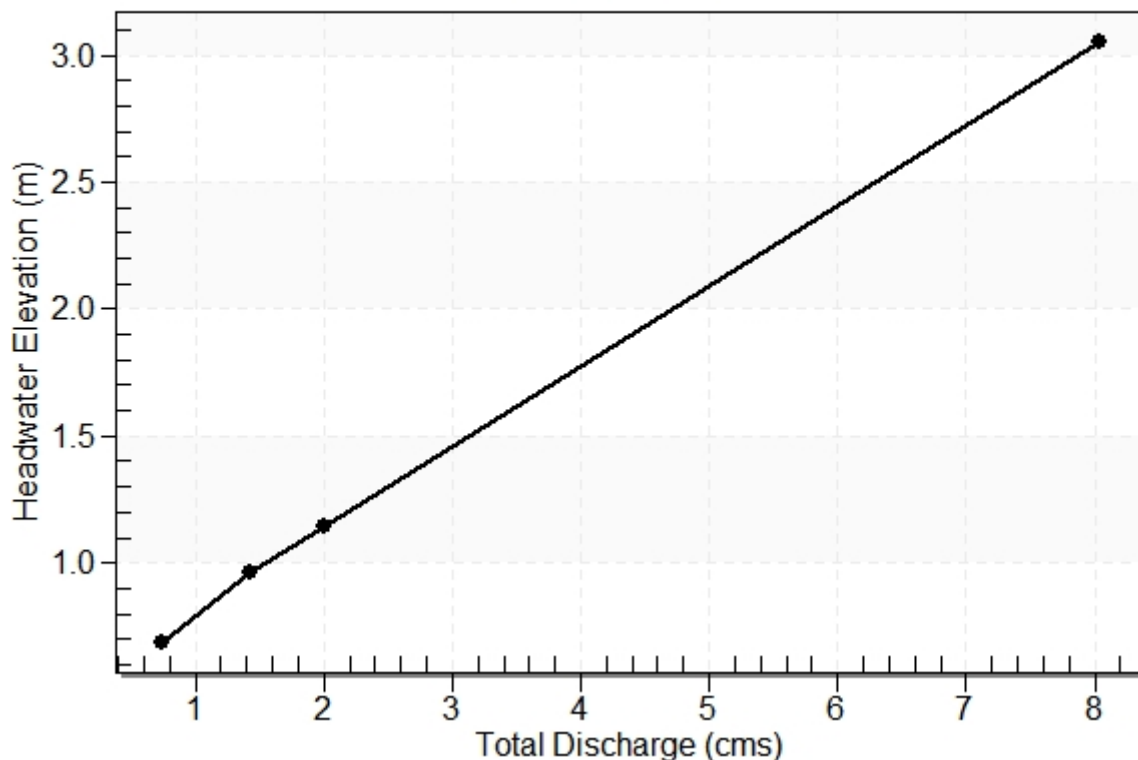
15.10. TOMBINO SCATOLARE 1.50X1.50 SV. TOLVE

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: sv.Tolve

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 1.50x1.50 sv.Tolve Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
0.69	TR 30	0.74	0.74	0.00	1
0.96	TR 100	1.43	1.43	0.00	1
1.14	TR 200	2.01	2.01	0.00	1
3.00	Overtopping	7.49	7.49	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: sv.Tolve

Total Rating Curve
Crossing: sv.Tolve



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 1.50x1.50 sv.Tolve

Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	0.74	0.74	0.69	0.491	0.103	1-S2n	0.253	0.292	0.253	0.172	1.947	2.444
TR 100	1.43	1.43	0.96	0.760	0.296	1-S2n	0.397	0.452	0.397	0.252	2.400	3.023
TR 200	2.01	2.01	1.14	0.945	0.454	1-S2n	0.505	0.568	0.508	0.306	2.639	3.358

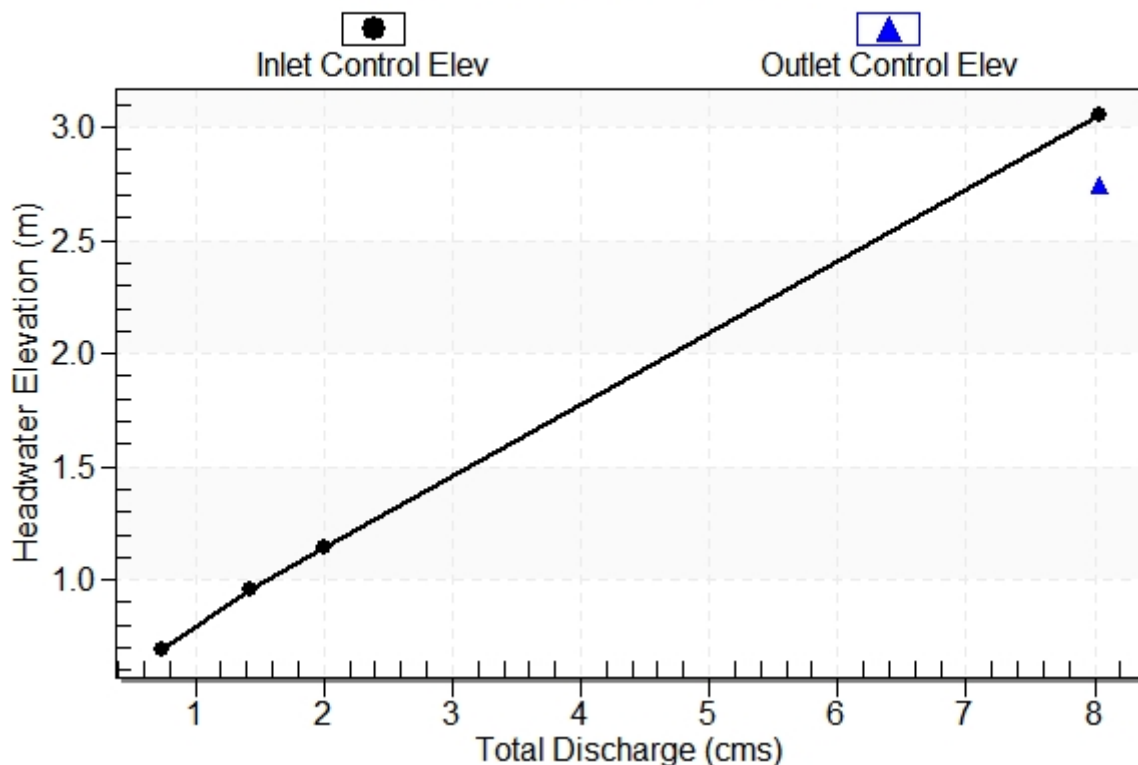
Straight Culvert

Inlet Elevation (invert): 0.20 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m

Culvert Length: 20.00 m, Culvert Slope: 0.0100

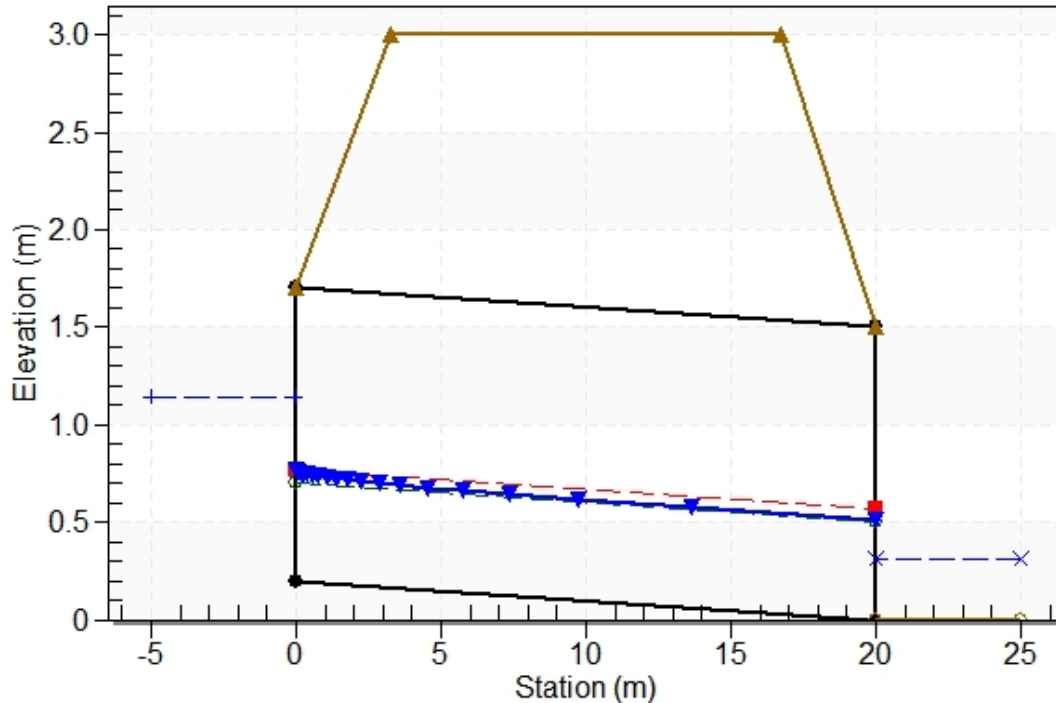
Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 1.50x1.50 sv.Tolve
Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 1.50x1.50 sv.Tolve



PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 1.50x1.50 sv.Tolve
Crossing - sv.Tolve, Design Discharge - 2.01 cms
Culvert - SCATOLARE 1.50x1.50 sv.Tolve, Culvert Discharge - 2.01 cms



Site Data - SCATOLARE 1.50x1.50 sv.Tolve

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 0.20 m

Outlet Station: 20.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 1.50x1.50 sv.Tolve

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 1500.00 mm

Barrel Rise: 1500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: sv.Tolve)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
0.74	0.17	0.17	2.44	84.40	2.01
1.43	0.25	0.25	3.02	123.47	2.11
2.01	0.31	0.31	3.36	149.78	2.15

Tailwater Channel Data - sv.Tolve

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.50 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.0500

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: sv.Tolve

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 3.00 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

15.11. TOMBINO SCATOLARE 2.00X2.00 PK 11+389

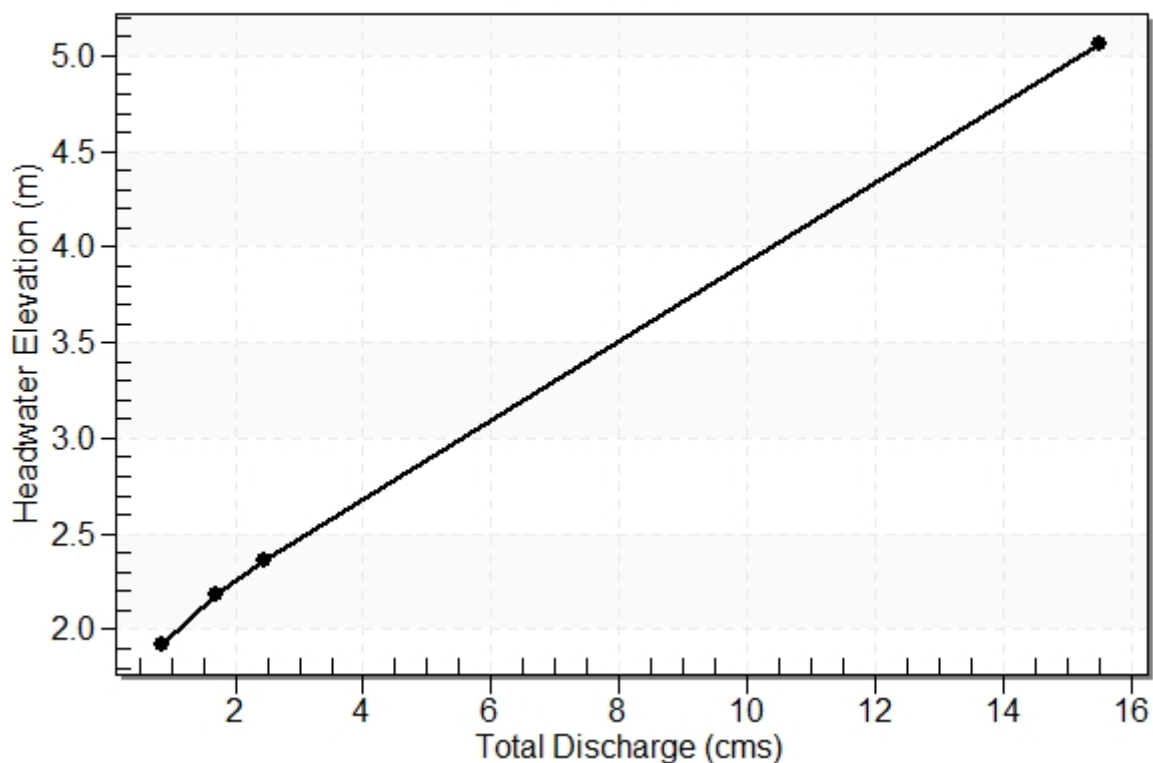
Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 11389

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 2.00x2.00 pk 11+389 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1.93	TR 30	0.85	0.85	0.00	1
2.18	TR 100	1.71	1.71	0.00	1
2.36	TR 200	2.45	2.45	0.00	1
5.00	Overtopping	14.71	14.71	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 11389

Total Rating Curve

Crossing: 11389



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 2.00x2.00 pk 11+389

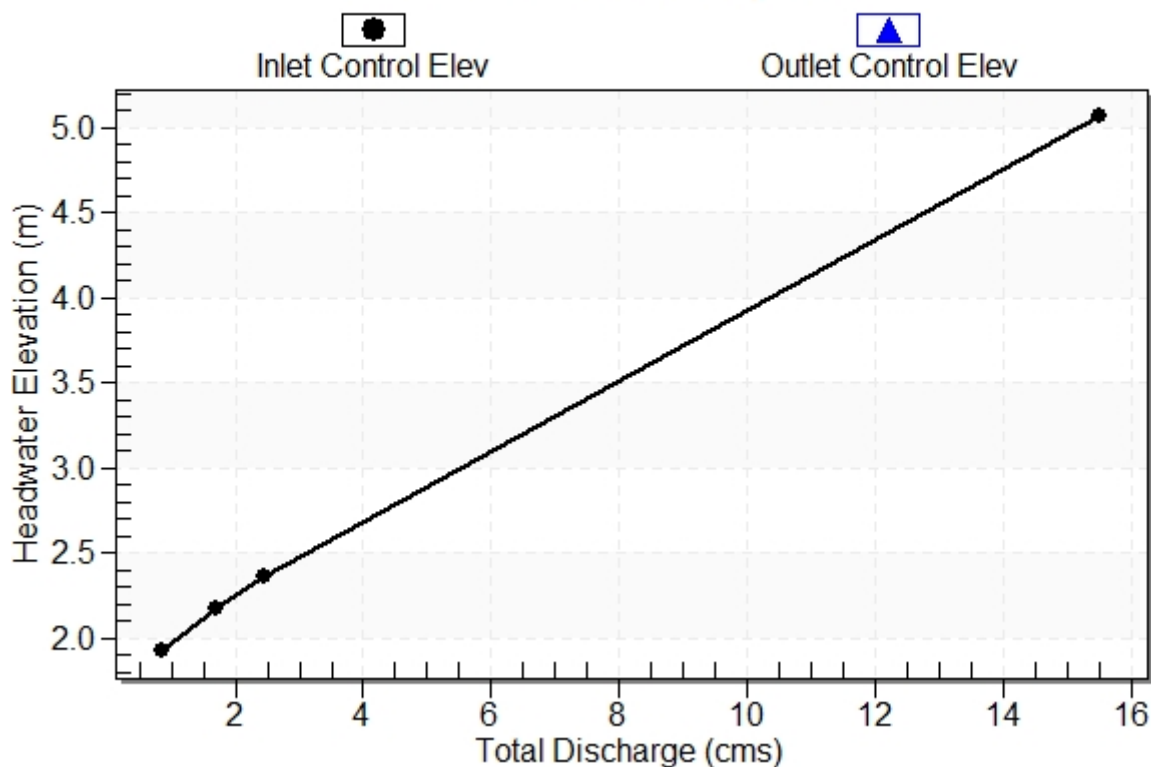
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	0.85	0.85	1.93	0.426	0.0*	1-S2n	0.133	0.264	0.133	0.138	3.205	2.786
TR 100	1.71	1.71	2.18	0.679	0.0*	1-S2n	0.209	0.421	0.215	0.209	3.979	3.544
TR 200	2.45	2.45	2.36	0.863	0.0*	1-S2n	0.264	0.535	0.274	0.257	4.463	3.992

Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 1.50 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
Culvert Length: 30.04 m, Culvert Slope: 0.0500

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 2.00x2.00 pk 11+389

Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 2.00x2.00 pk 11+389

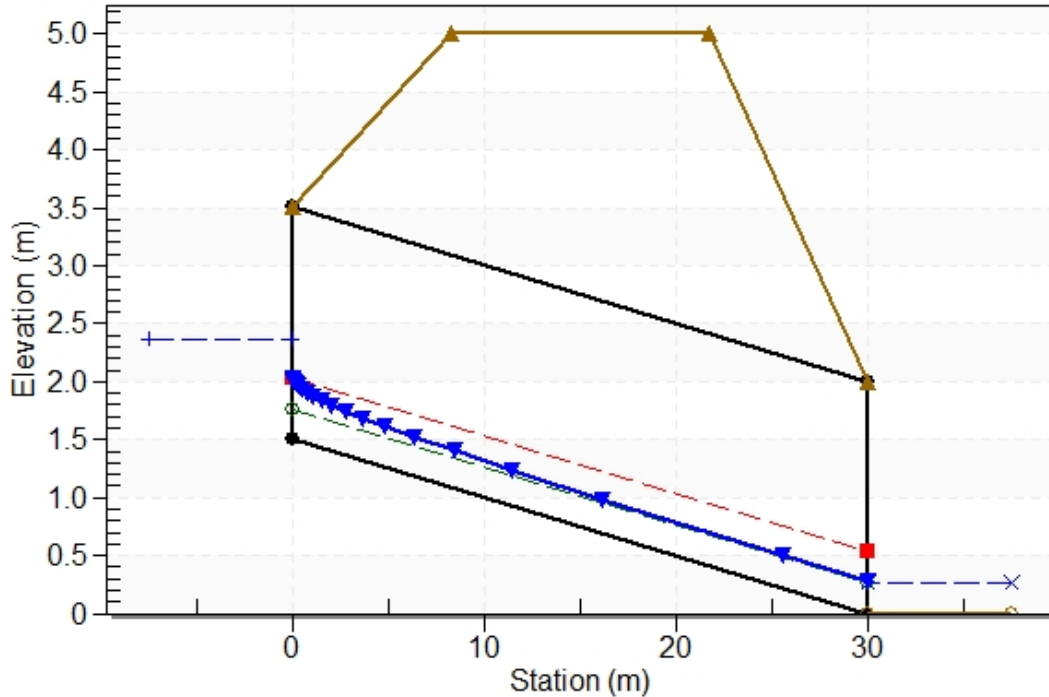


PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 2.00x2.00 pk 11+389

Crossing - 11389, Design Discharge - 2.45 cms

Culvert - SCATOLARE 2.00x2.00 pk 11+389, Culvert Discharge - 2.45 cms



Site Data - SCATOLARE 2.00x2.00 pk 11+389

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 1.50 m

Outlet Station: 30.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 2.00x2.00 pk 11+389

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 2000.00 mm

Barrel Rise: 2000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 11389)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
0.85	0.14	0.14	2.79	108.40	2.50
1.71	0.21	0.21	3.54	163.58	2.64
2.45	0.26	0.26	3.99	201.70	2.71

Tailwater Channel Data - 11389

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.0800

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 11389

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 5.00 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

15.12. TOMBINO SCATOLARE 4.00X3.00 PK 11+893

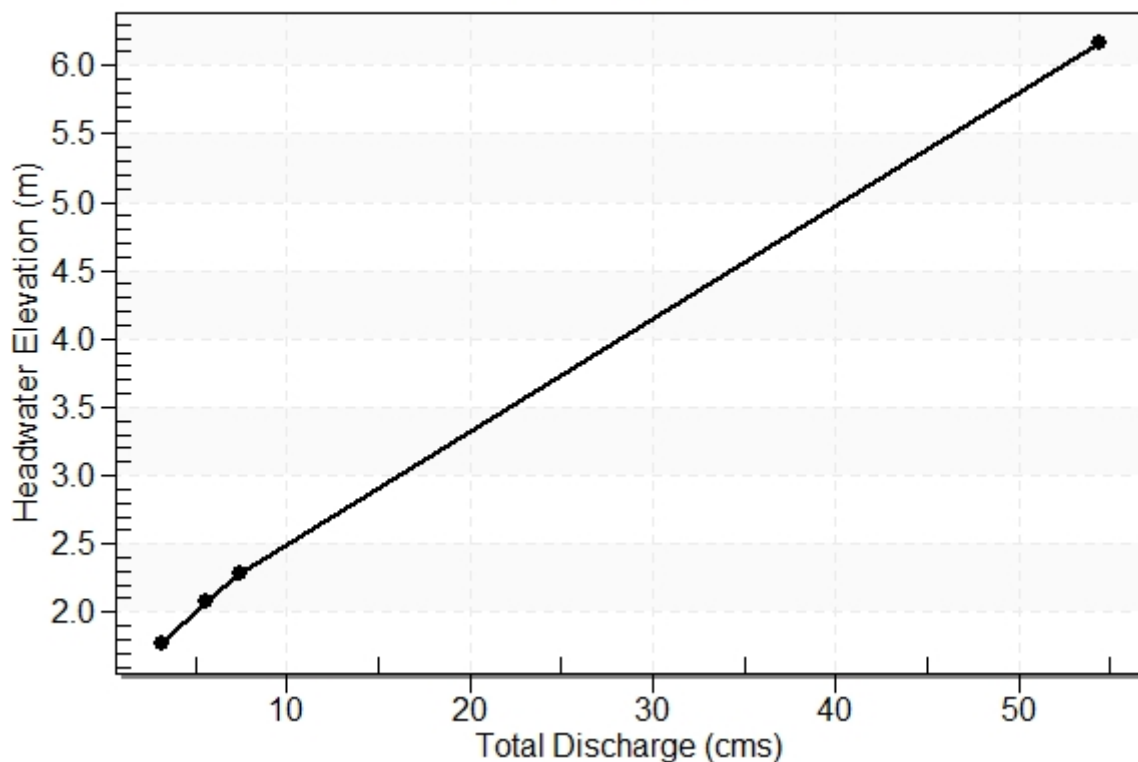
Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 11893

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 4.00x3.00 pk 11+893 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1.78	TR 30	3.15	3.15	0.00	1
2.08	TR 100	5.52	5.52	0.00	1
2.28	TR 200	7.42	7.42	0.00	1
6.00	Overtopping	50.46	50.46	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 11893

Total Rating Curve

Crossing: 11893



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 11+893

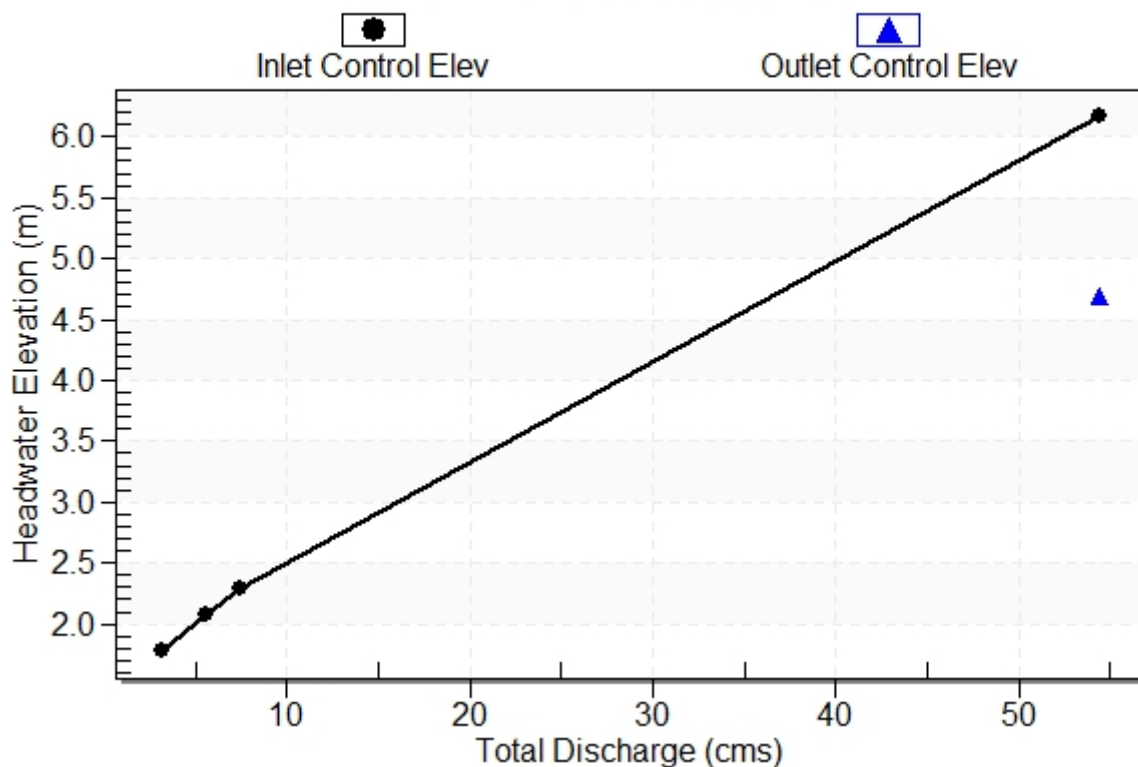
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	3.15	3.15	1.78	0.657	0.0*	1-S2n	0.229	0.398	0.229	0.323	3.439	2.798
TR 100	5.52	5.52	2.08	0.955	0.0*	1-S2n	0.326	0.579	0.335	0.447	4.118	3.362
TR 200	7.42	7.42	2.28	1.164	0.0*	1-S2n	0.394	0.705	0.413	0.530	4.494	3.691

 Straight Culvert
 Inlet Elevation (invert): 1.12 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
 Culvert Length: 40.02 m, Culvert Slope: 0.0280

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 11+893

Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 11+893

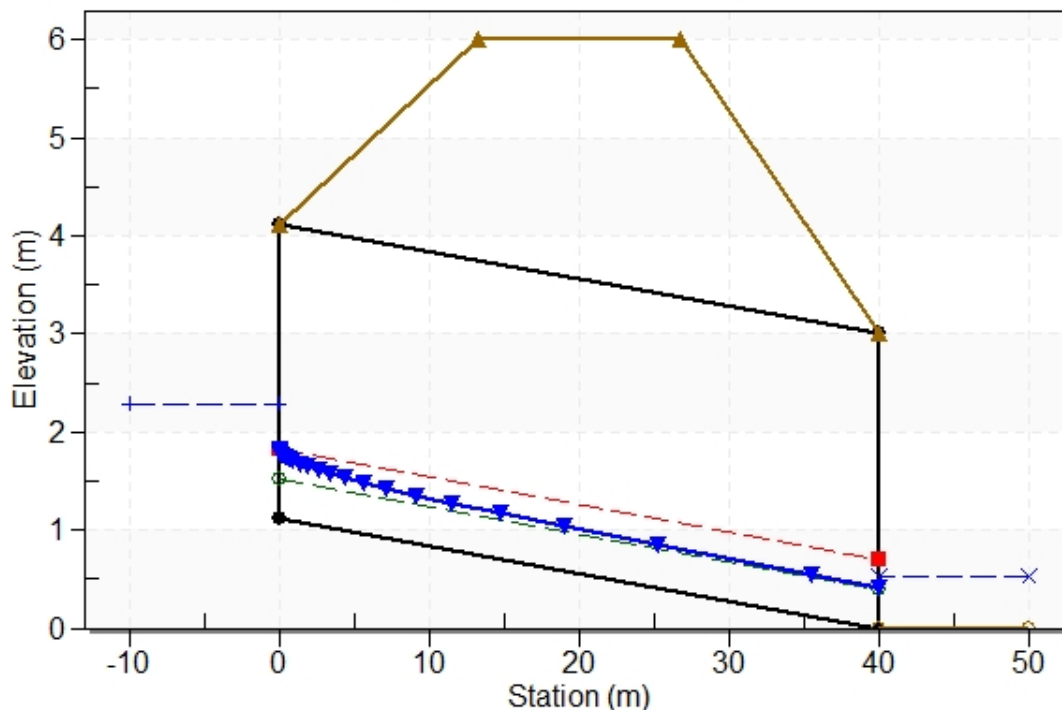


PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 4.00x3.00 pk 11+893

Crossing - 11893, Design Discharge - 7.42 cms

Culvert - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 11+893, Culvert Discharge - 7.42 cms



Site Data - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 11+893

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 1.12 m

Outlet Station: 40.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 4.00x3.00 pk 11+893

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 4000.00 mm

Barrel Rise: 3000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 11893)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
3.15	0.32	0.32	2.80	88.67	1.68
5.52	0.45	0.45	3.36	122.76	1.75
7.42	0.53	0.53	3.69	145.41	1.78

Tailwater Channel Data - 11893

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 3.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (1:1)

Channel Slope: 0.0280

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 11893

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 6.00 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

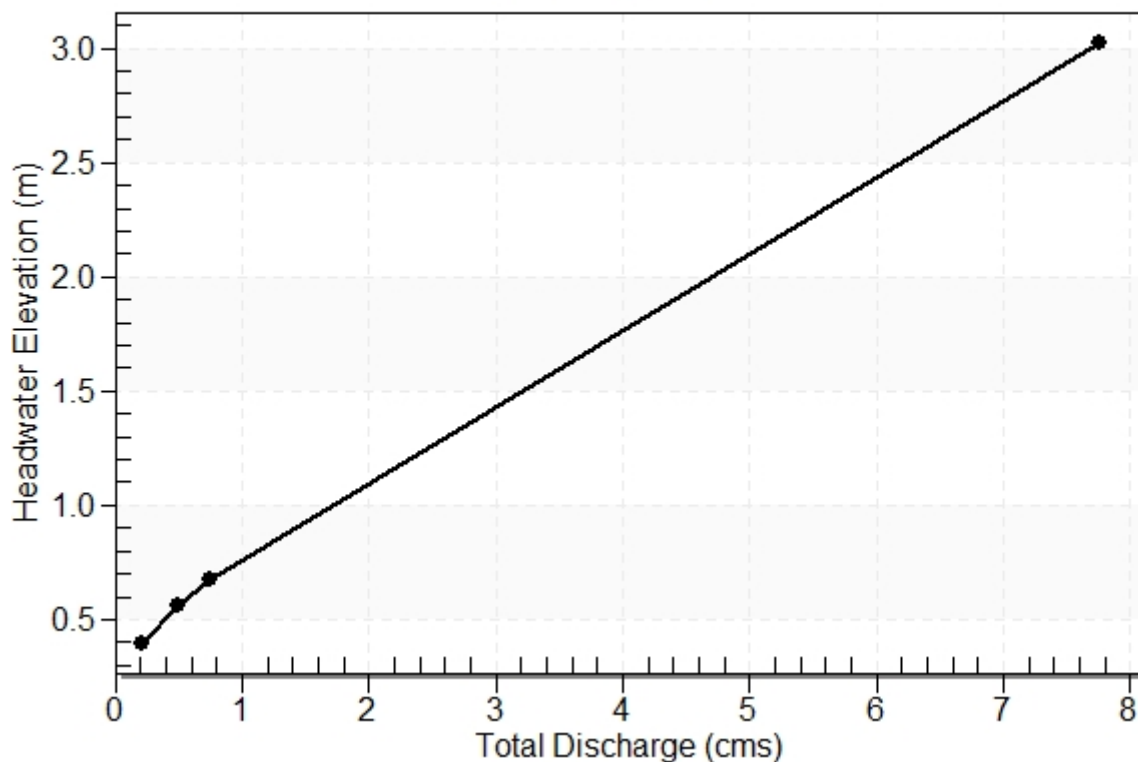
15.13. TOMBINO SCATOLARE 1.50X1.50 PK 12+096

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 12096

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 1.50x1.50 pk 12+096 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
0.40	TR 30	0.22	0.22	0.00	1
0.56	TR 100	0.50	0.50	0.00	1
0.67	TR 200	0.75	0.75	0.00	1
3.00	Overtopping	7.54	7.54	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 12096

Total Rating Curve
Crossing: 12096



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 1.50x1.50 pk 12+096

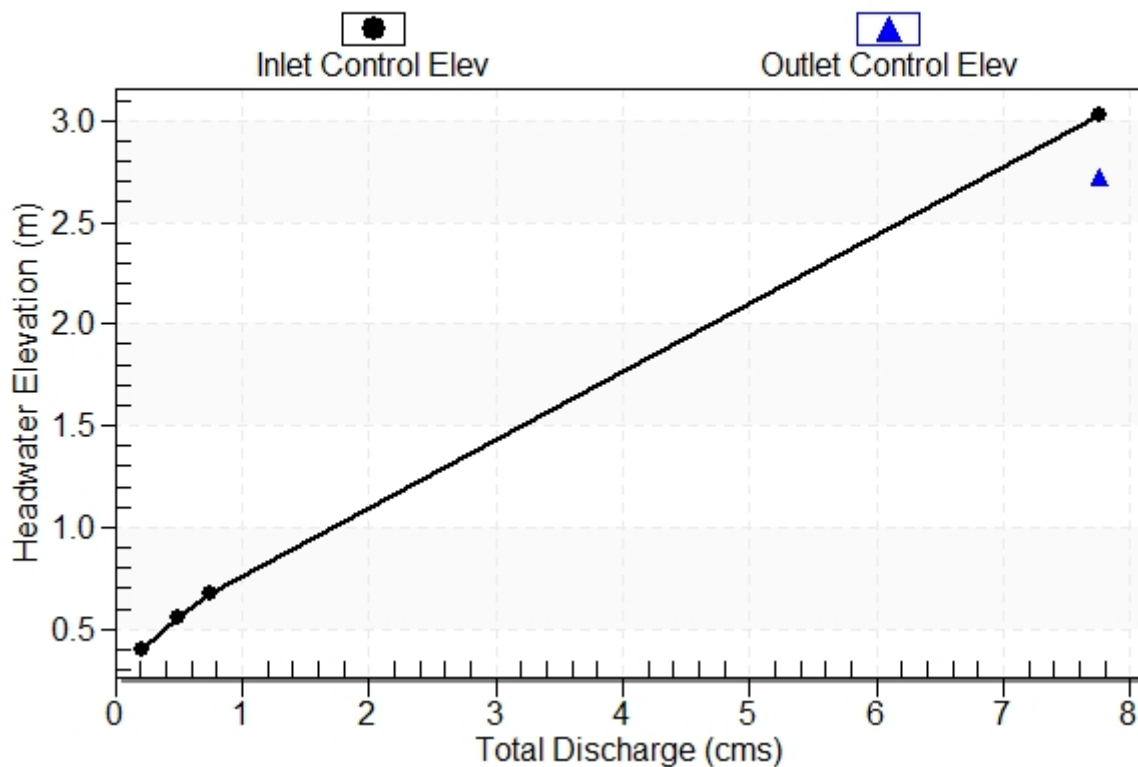
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	0.22	0.22	0.40	0.219	0.0*	1-S2n	0.115	0.130	0.115	0.136	1.270	0.952
TR 100	0.50	0.50	0.56	0.378	0.050	1-S2n	0.196	0.225	0.196	0.219	1.704	1.250
TR 200	0.75	0.75	0.67	0.495	0.126	1-S2n	0.256	0.294	0.256	0.276	1.956	1.421

Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 0.18 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
Culvert Length: 18.00 m, Culvert Slope: 0.0100

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 1.50x1.50 pk 12+096

Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 1.50x1.50 pk 12+096

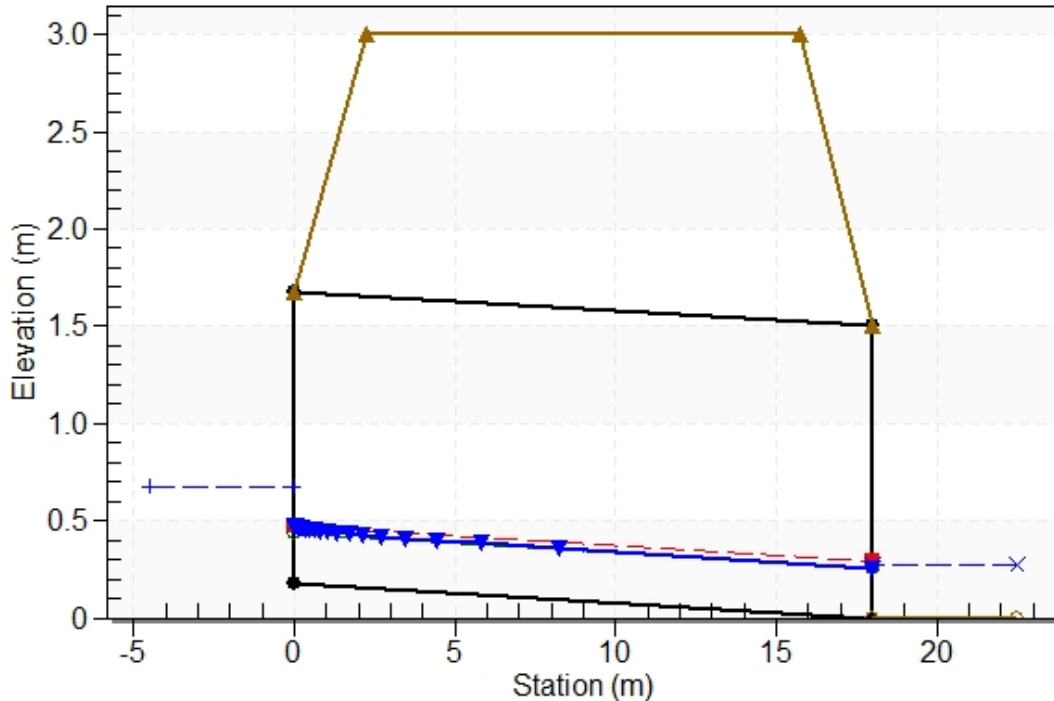


PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 1.50x1.50 pk 12+096

Crossing - 12096, Design Discharge - 0.75 cms

Culvert - SCATOLARE 1.50x1.50 pk 12+096, Culvert Discharge - 0.75 cms



Site Data - SCATOLARE 1.50x1.50 pk 12+096

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 0.18 m

Outlet Station: 18.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 1.50x1.50 pk 12+096

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 1500.00 mm

Barrel Rise: 1500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (0° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 12096)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
0.22	0.14	0.14	0.95	13.29	0.87
0.50	0.22	0.22	1.25	21.44	0.93
0.75	0.28	0.28	1.42	27.04	0.95

Tailwater Channel Data - 12096

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.50 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.0100

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 12096

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 3.00 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

15.14. TOMBINO SCATOLARE 5.00X3.00 PK 12+801

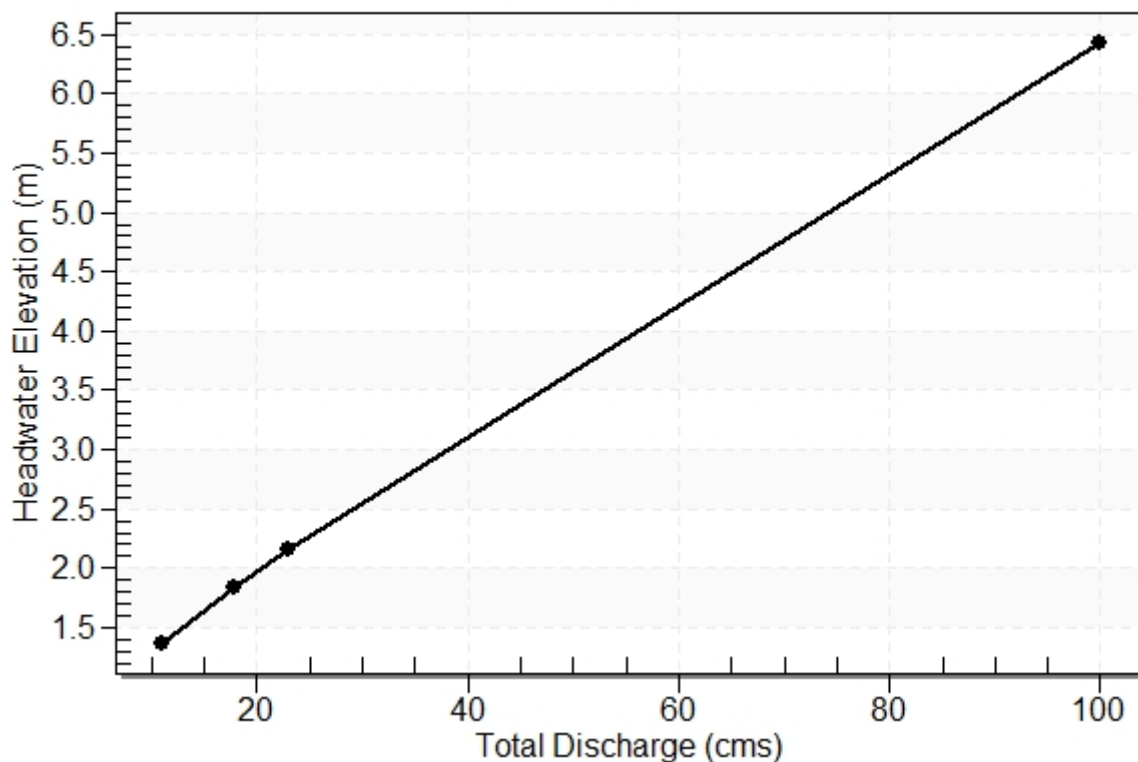
Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 12801

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 5.00x3.00 pk 12+801 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1.37	TR 30	11.00	11.00	0.00	1
1.83	TR 100	17.80	17.80	0.00	1
2.16	TR 200	23.06	23.06	0.00	1
6.00	Overtopping	84.93	84.93	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 12801

Total Rating Curve

Crossing: 12801



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 5.00x3.00 pk 12+801

Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	11.00	11.00	1.37	1.192	0.646	1-S2n	0.603	0.790	0.645	0.681	3.410	2.684
TR 100	17.80	17.80	1.83	1.651	1.003	1-S2n	0.828	1.089	0.905	0.897	3.933	3.127
TR 200	23.06	23.06	2.16	1.979	1.272	1-S2n	0.986	1.294	1.089	1.038	4.236	3.386

Straight Culvert

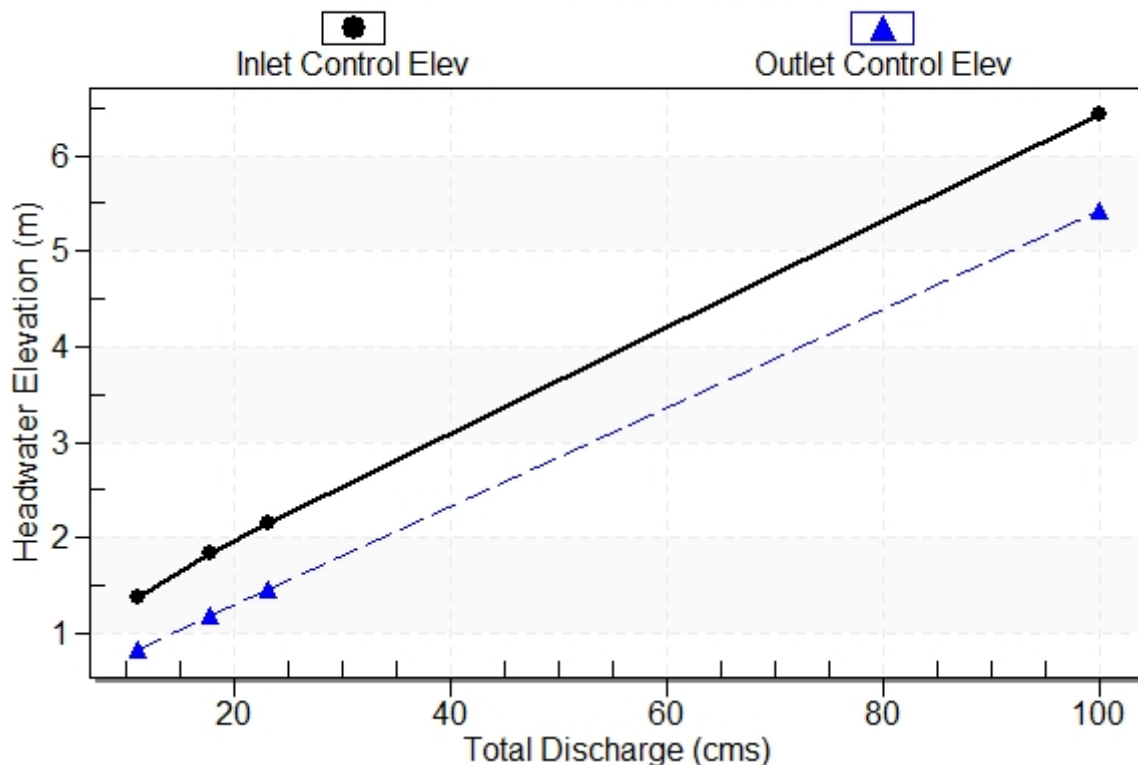
Inlet Elevation (invert): 0.18 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m

Culvert Length: 18.00 m, Culvert Slope: 0.0100

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 5.00x3.00 pk 12+801

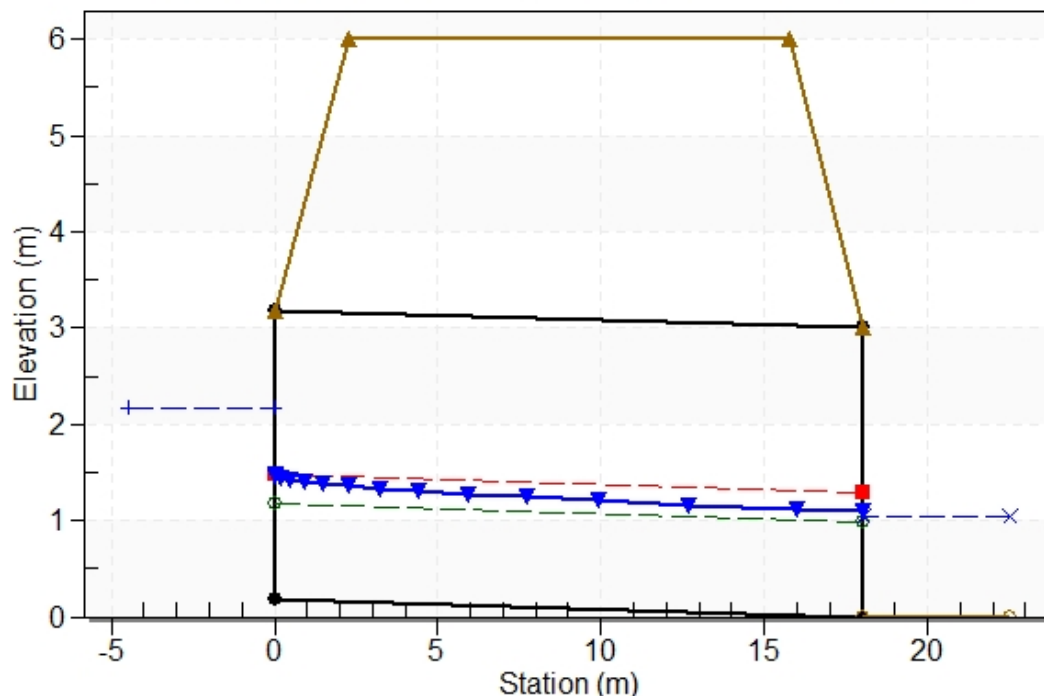
Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 5.00x3.00 pk 12+801



PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 5.00x3.00 pk 12+801
Crossing - 12801, Design Discharge - 23.06 cms
Culvert - SCATOLARE 5.00x3.00 pk 12+801, Culvert Discharge - 23.06 cms



Site Data - SCATOLARE 5.00x3.00 pk 12+801

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 0.18 m

Outlet Station: 18.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 5.00x3.00 pk 12+801

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 5000.00 mm

Barrel Rise: 3000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: 1:1 Bevel (45° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 12801)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
11.00	0.68	0.68	2.68	66.71	1.12
17.80	0.90	0.90	3.13	87.92	1.16
23.06	1.04	1.04	3.39	101.79	1.18

Tailwater Channel Data - 12801

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 5.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.0100

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 12801

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 6.00 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

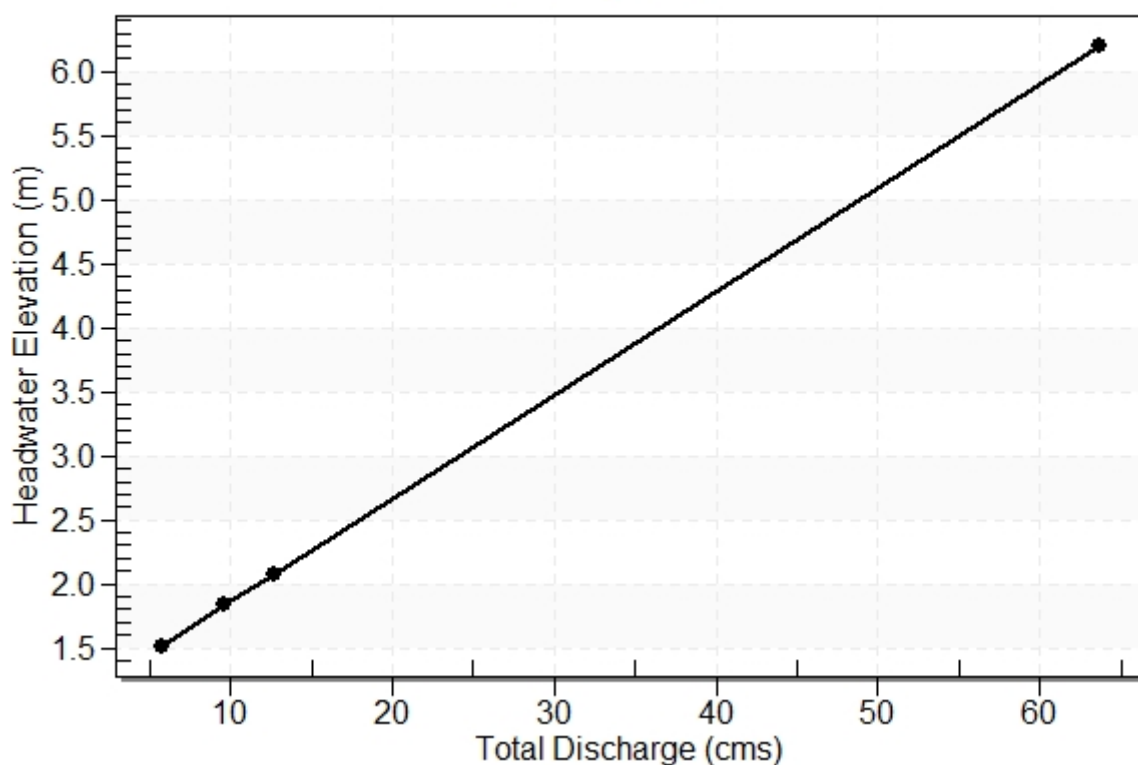
15.15. TOMBINO SCATOLARE 5.00X2.00 PK 15+320

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 15320

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 5.00x2.00 pk 15+320 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1.52	TR 30	5.77	5.77	0.00	1
1.84	TR 100	9.67	9.67	0.00	1
2.07	TR 200	12.74	12.74	0.00	1
6.00	Overtopping	58.85	58.85	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 15320

Total Rating Curve
Crossing: 15320



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 5.00x2.00 pk 15+320

Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	5.77	5.77	1.52	0.762	0.0*	1-S2n	0.288	0.514	0.302	0.345	3.818	3.032
TR 100	9.67	9.67	1.84	1.081	0.038	1-S2n	0.399	0.725	0.437	0.468	4.422	3.627
TR 200	12.74	12.74	2.07	1.315	0.234	1-S2n	0.476	0.871	0.536	0.550	4.755	3.980

Straight Culvert

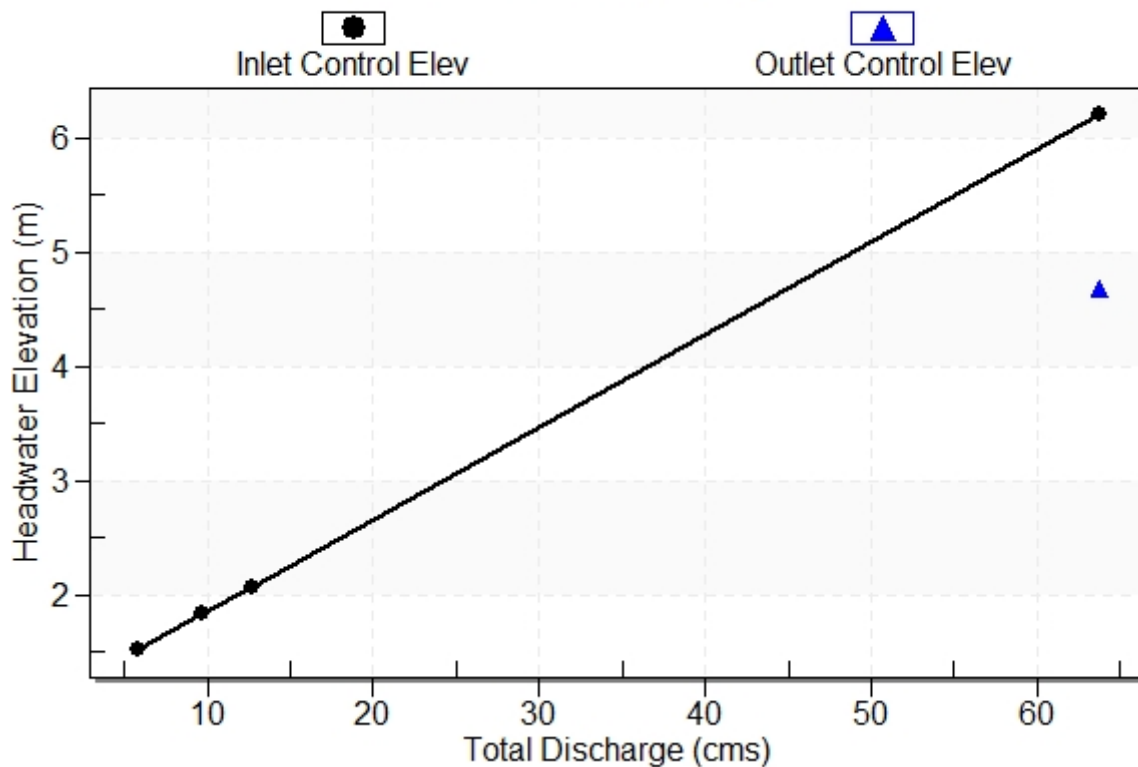
Inlet Elevation (invert): 0.76 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m

Culvert Length: 27.01 m, Culvert Slope: 0.0280

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 5.00x2.00 pk 15+320

Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 5.00x2.00 pk 15+320

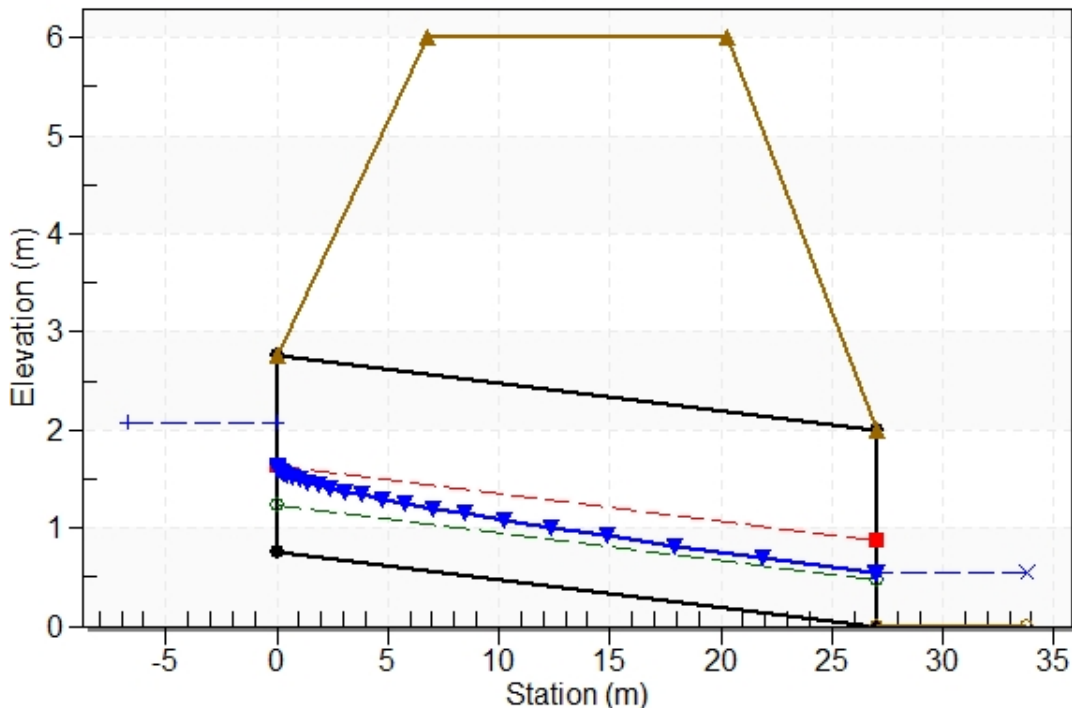


PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 5.00x2.00 pk 15+320

Crossing - 15320, Design Discharge - 12.74 cms

Culvert - SCATOLARE 5.00x2.00 pk 15+320, Culvert Discharge - 12.74 cms



Site Data - SCATOLARE 5.00x2.00 pk 15+320

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 0.76 m

Outlet Station: 27.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 5.00x2.00 pk 15+320

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 5000.00 mm

Barrel Rise: 2000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: 1:1 Bevel (45° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 15320)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
5.77	0.34	0.34	3.03	94.67	1.72
9.67	0.47	0.47	3.63	128.35	1.79
12.74	0.55	0.55	3.98	150.84	1.83

Tailwater Channel Data - 15320

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 5.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.0280

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 15320

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 6.00 m

Roadway Surface: Paved

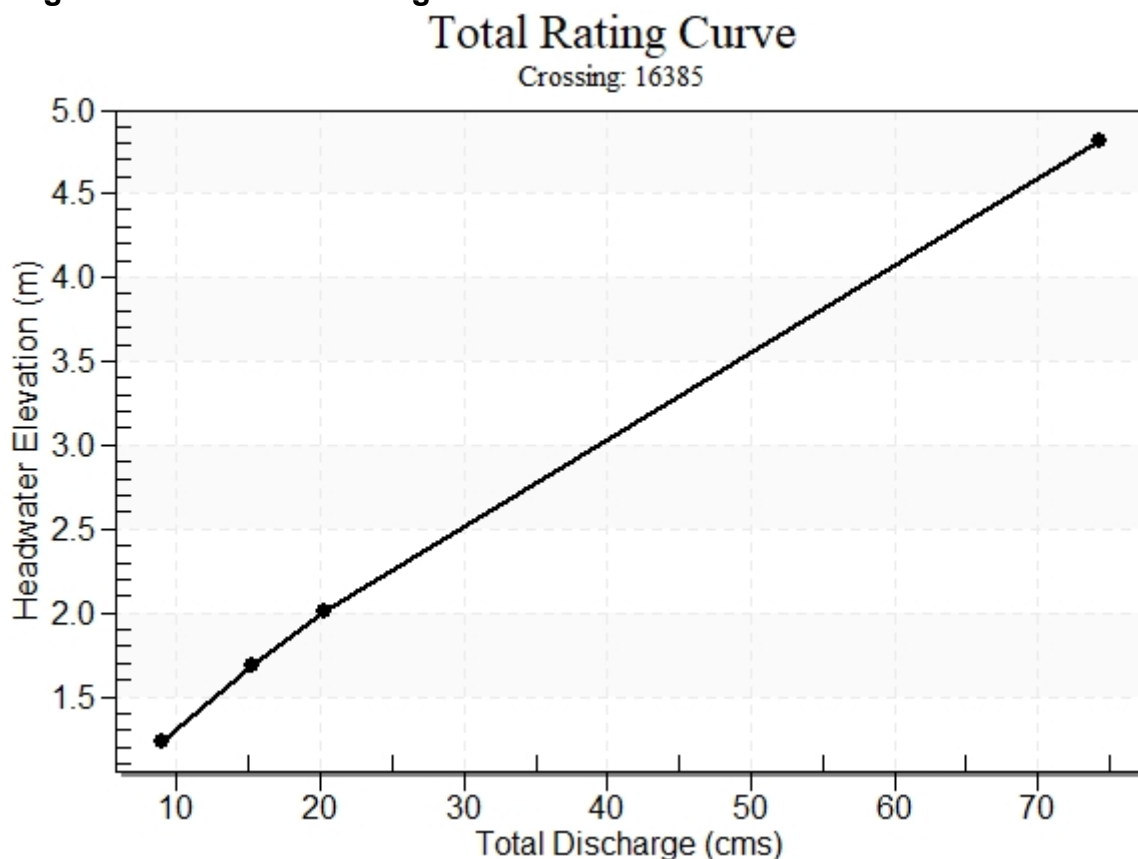
Roadway Top Width: 13.50 m

15.16. TOMBINO SCATOLARE 5.00X3.00 PK 16+385

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 16385

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 5.00X3.00-163858 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1.24	TR 30	8.92	8.92	0.00	1
1.68	TR 100	15.19	15.19	0.00	1
2.00	TR 200	20.17	20.17	0.00	1
4.50	Overtopping	63.46	63.46	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 16385



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 5.00X3.00 pk16+385

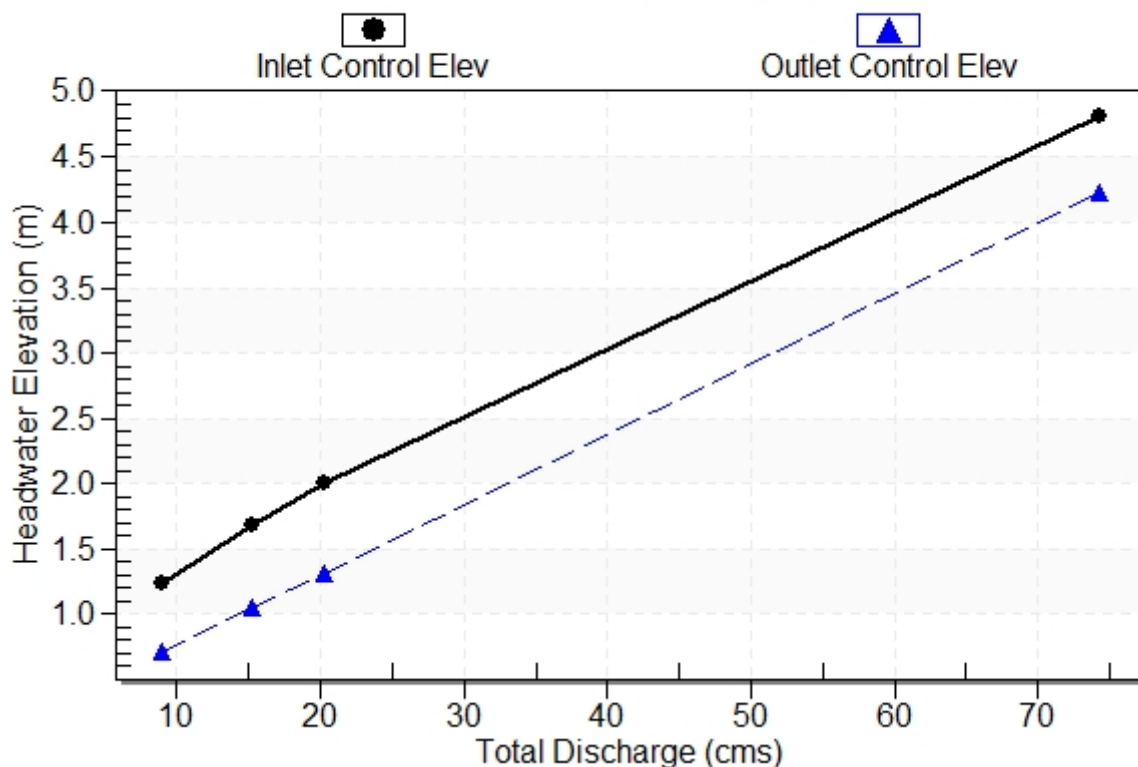
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	8.92	8.92	1.24	1.037	0.511	1-S2n	0.527	0.687	0.554	0.603	3.220	2.507
TR 100	15.19	15.19	1.68	1.479	0.849	1-S2n	0.745	0.980	0.804	0.819	3.777	2.976
TR 200	20.17	20.17	2.00	1.802	1.105	1-S2n	0.901	1.184	0.983	0.963	4.103	3.250

Straight Culvert
Inlet Elevation (invert): 0.20 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
Culvert Length: 20.00 m, Culvert Slope: 0.0100

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 5.00X3.00 - pk16+385

Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 5.00X3.00 pk16+385

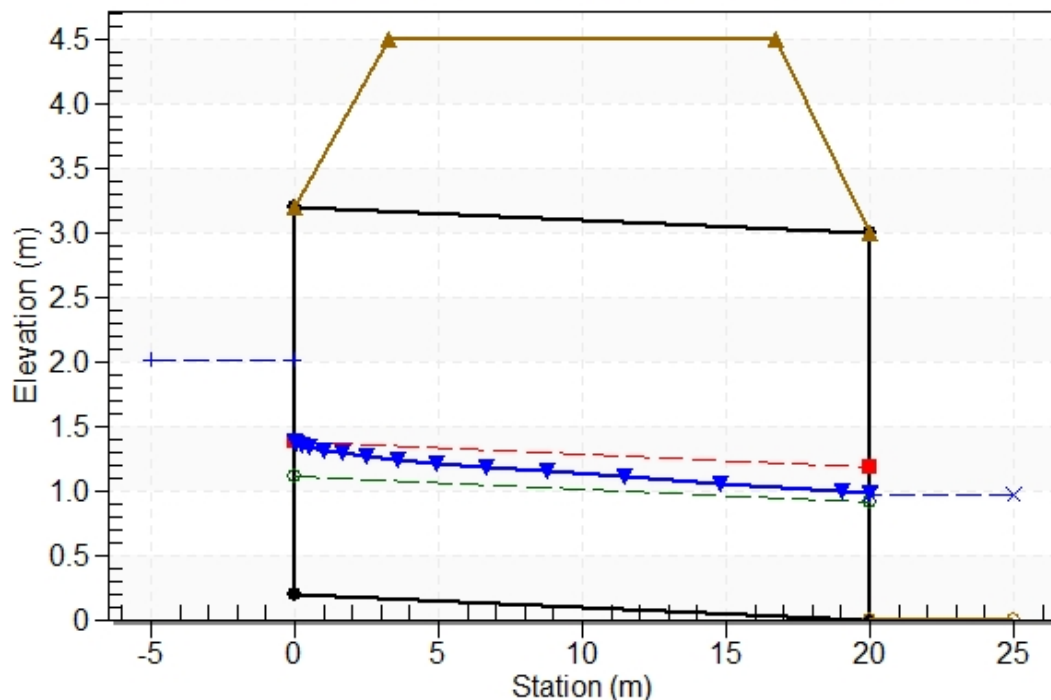


PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 5.00X3.00- pk16+385

Crossing - 16385, Design Discharge - 20.27 cms

Culvert - SCATOLARE 5.00X3.00 pk16+385, Culvert Discharge - 20.27 cms



Site Data - SCATOLARE 5.00X3.00- pk16+385

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 0.20 m

Outlet Station: 20.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 5.00X3.00- pk16+385

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 5000.00 mm

Barrel Rise: 3000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: 1:1 Bevel (45° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 16385)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
8.92	0.60	0.60	2.51	59.08	1.11
15.19	0.82	0.82	2.98	80.32	1.15
20.17	0.96	0.96	3.25	94.39	1.17

Tailwater Channel Data - 16385

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 5.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (:1)

Channel Slope: 0.0100

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 16385

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 4.50 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

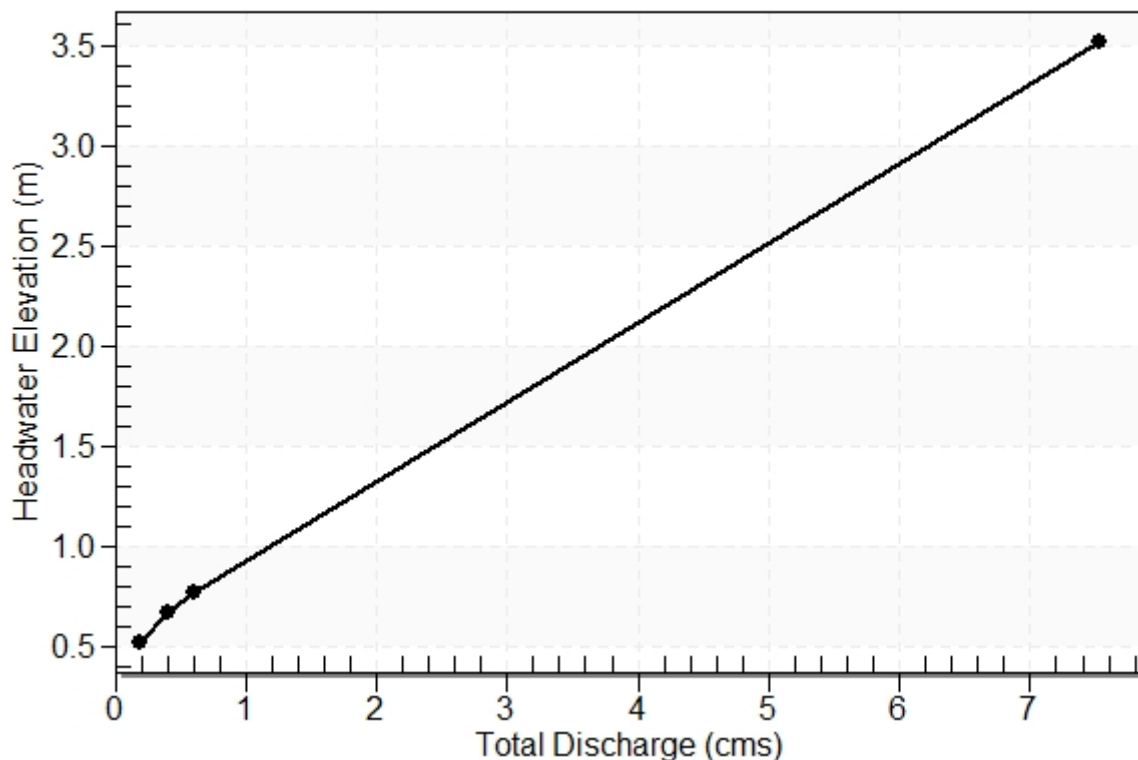
15.17. TOMBINO CIRCOLARE D1500 PK 16+626

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 16626

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	CIRCOLARE D1500 pk 16+626 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
0.52	TR 30	0.19	0.19	0.00	1
0.66	TR 100	0.41	0.41	0.00	1
0.76	TR 200	0.61	0.61	0.00	1
3.50	Overtopping	7.40	7.40	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 16626

Total Rating Curve
Crossing: 16626



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: CIRCOLARE D1500 pk 16+626

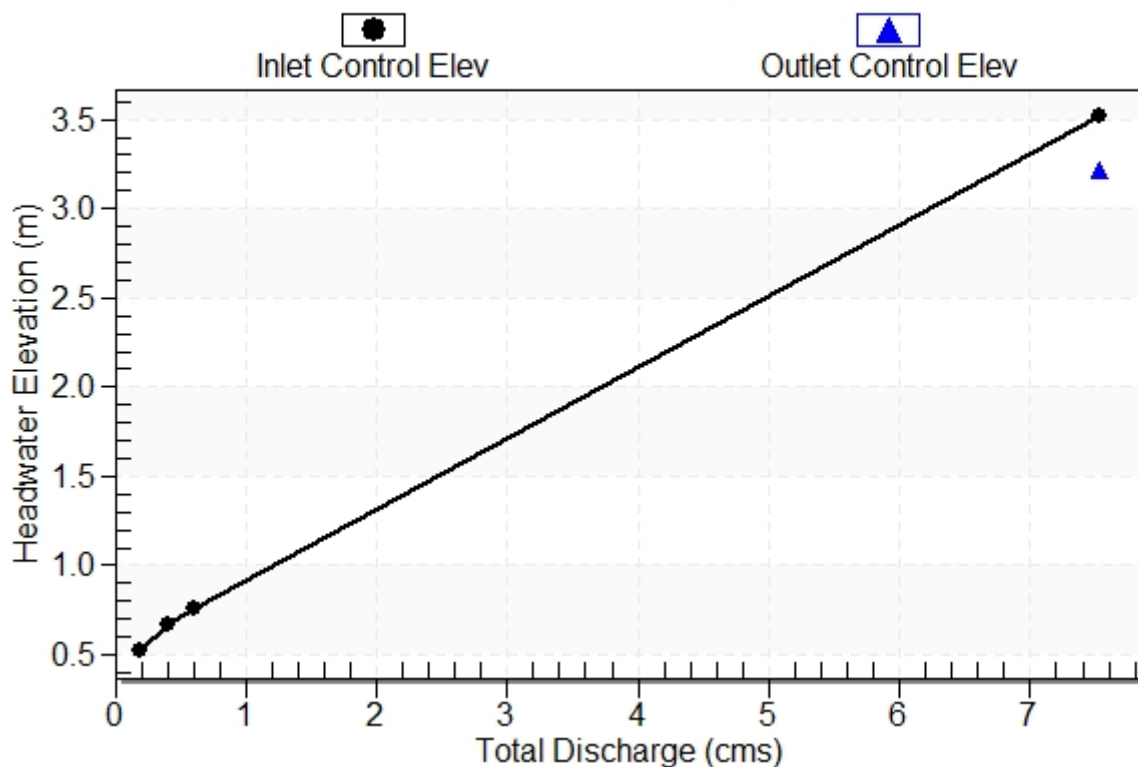
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	0.19	0.19	0.52	0.292	0.0*	1-S2n	0.192	0.216	0.192	0.105	1.437	0.836
TR 100	0.41	0.41	0.66	0.434	0.096	1-S2n	0.279	0.320	0.279	0.166	1.809	1.098
TR 200	0.61	0.61	0.76	0.534	0.175	1-S2n	0.340	0.392	0.340	0.210	2.031	1.257

 Straight Culvert
 Inlet Elevation (invert): 0.23 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
 Culvert Length: 23.00 m, Culvert Slope: 0.0100

Culvert Performance Curve Plot: CIRCOLARE D1500 pk 16+626

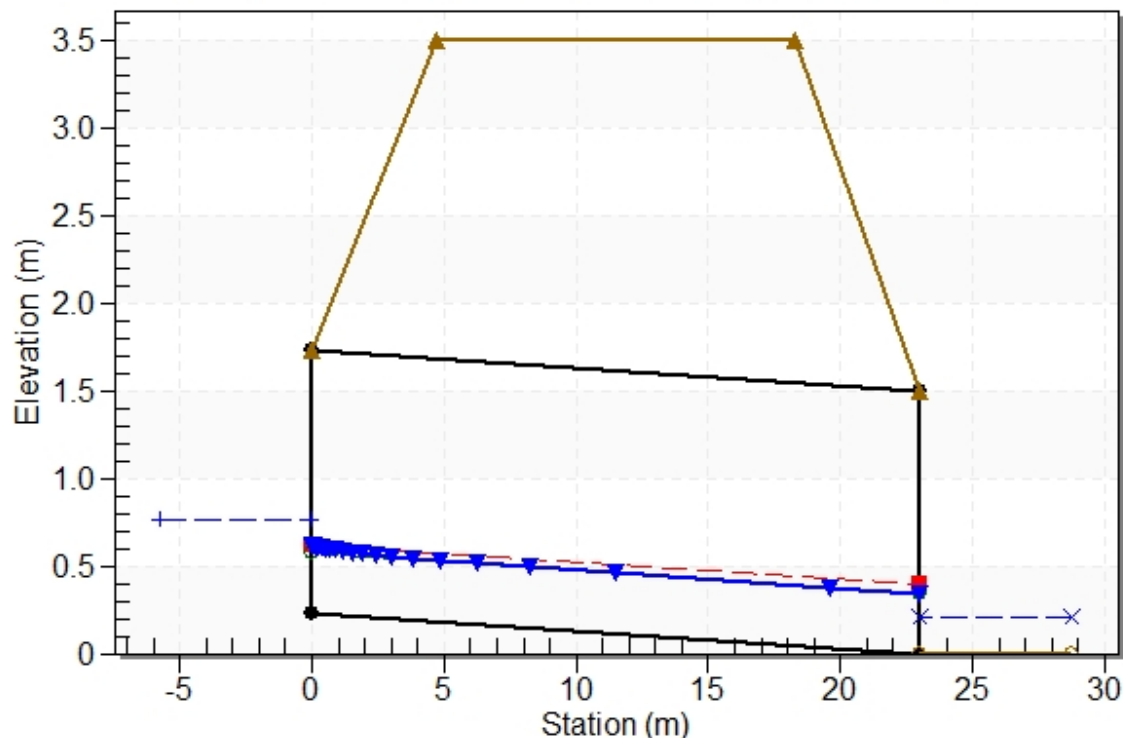
Performance Curve

Culvert: CIRCOLARE D1500 pk 16+626



PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: CIRCOLARE D1500 pk 16+626
Crossing - 16626, Design Discharge - 0.61 cms
Culvert - CIRCOLARE D1500 pk 16+626, Culvert Discharge - 0.61 cms



Site Data - CIRCOLARE D1500 pk 16+626

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 0.23 m

Outlet Station: 23.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - CIRCOLARE D1500 pk 16+626

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge with Headwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 16626)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
0.19	0.11	0.11	0.84	10.32	0.85
0.41	0.17	0.17	1.10	16.28	0.91
0.61	0.21	0.21	1.26	20.55	0.93

Tailwater Channel Data - 16626

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 2.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (1:1)

Channel Slope: 0.0100

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 16626

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 3.50 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

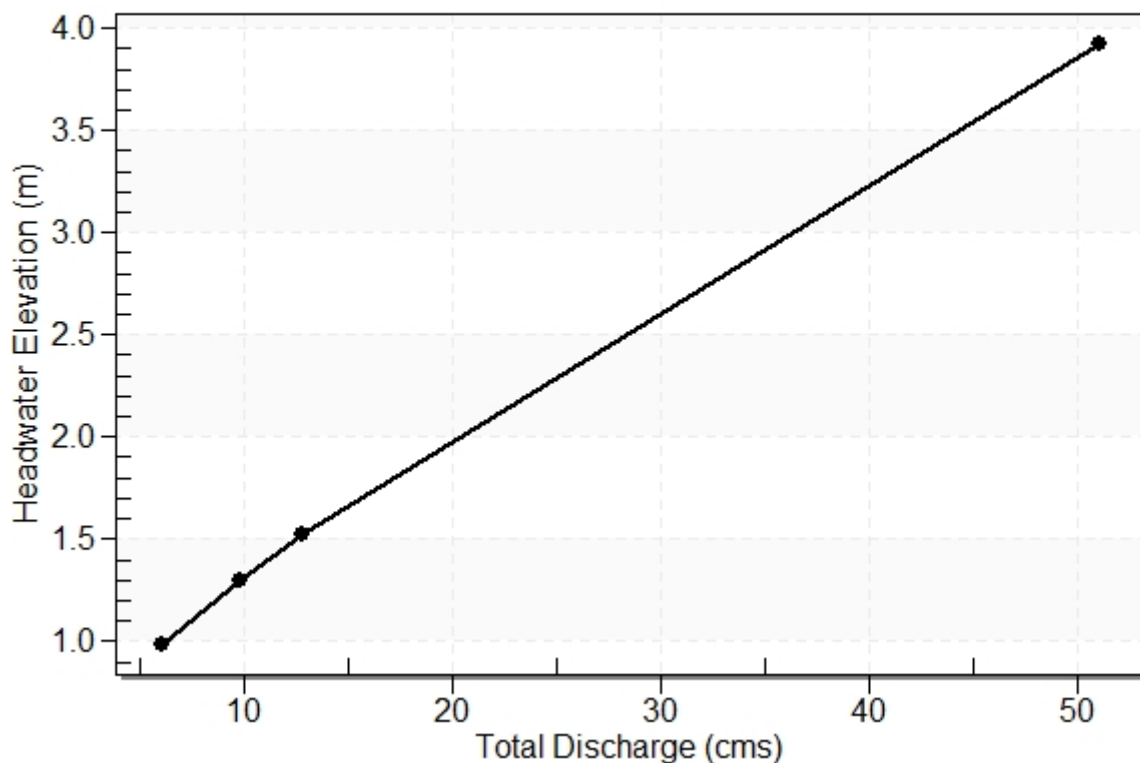
15.18. TOMBINO SCATOLARE 5.00X2.00 PK 16+957

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 16957

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 5.00x2.00 pk 16+957 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
0.99	TR 30	6.03	6.03	0.00	1
1.30	TR 100	9.81	9.81	0.00	1
1.52	TR 200	12.76	12.76	0.00	1
3.60	Overtopping	41.14	41.14	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 16957

Total Rating Curve
Crossing: 16957



PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 5.00x2.00 pk 16+957

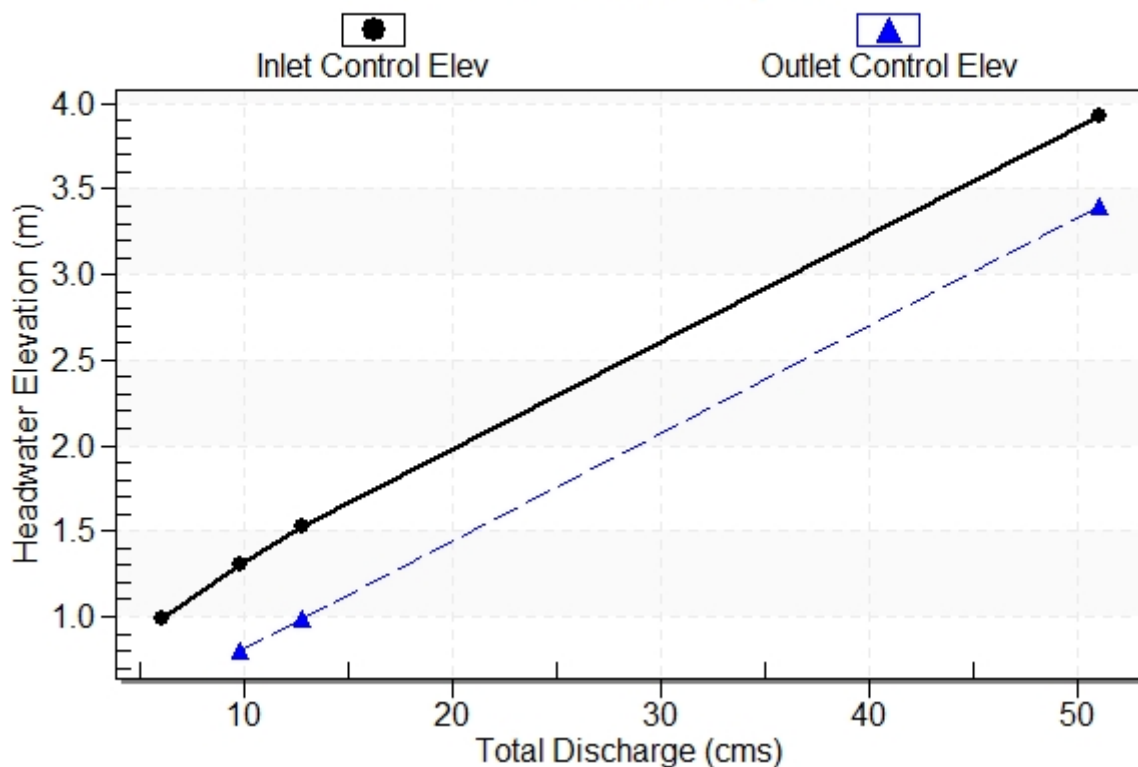
Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	6.03	6.03	0.99	0.799	0.365	1-S2n	0.410	0.529	0.424	0.480	2.841	2.199
TR 100	9.81	9.81	1.30	1.110	0.609	1-S2n	0.560	0.732	0.593	0.637	3.307	2.586
TR 200	12.76	12.76	1.52	1.330	0.796	1-S2n	0.665	0.872	0.714	0.741	3.577	2.816

 Straight Culvert
 Inlet Elevation (invert): 0.19 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
 Culvert Length: 19.00 m, Culvert Slope: 0.0100

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 5.00x2.00 pk 16+957

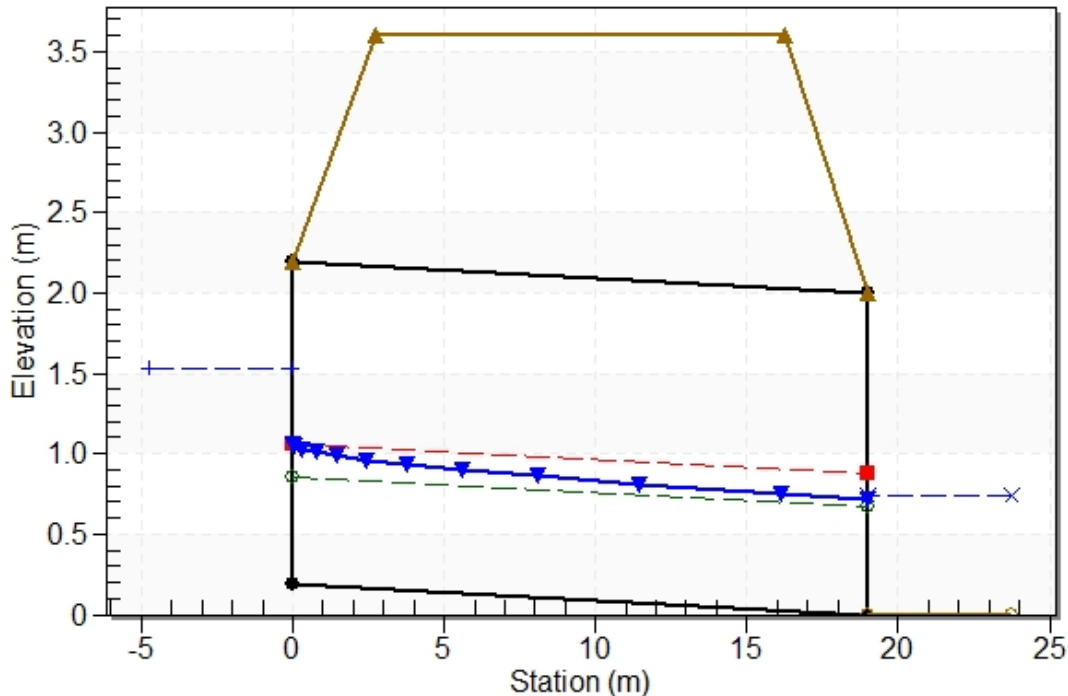
Performance Curve

Culvert: SCATOLARE 5.00x2.00 pk 16+957



PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 5.00x2.00 pk 16+957
Crossing - 16957, Design Discharge - 12.76 cms
Culvert - SCATOLARE 5.00x2.00 pk 16+957, Culvert Discharge - 12.76 cms



Site Data - SCATOLARE 5.00x2.00 pk 16+957

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 0.19 m

Outlet Station: 19.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - SCATOLARE 5.00x2.00 pk 16+957

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 5000.00 mm

Barrel Rise: 2000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: 1:1 Bevel (45° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 16957)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
6.03	0.48	0.48	2.20	47.00	1.08
9.81	0.64	0.64	2.59	62.43	1.11
12.76	0.74	0.74	2.82	72.67	1.13

Tailwater Channel Data - 16957

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 5.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (1:1)

Channel Slope: 0.0100

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 16957

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 3.60 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m

15.19. TOMBINO SCATOLARE 2 (5.00X3.00) PK 17+184

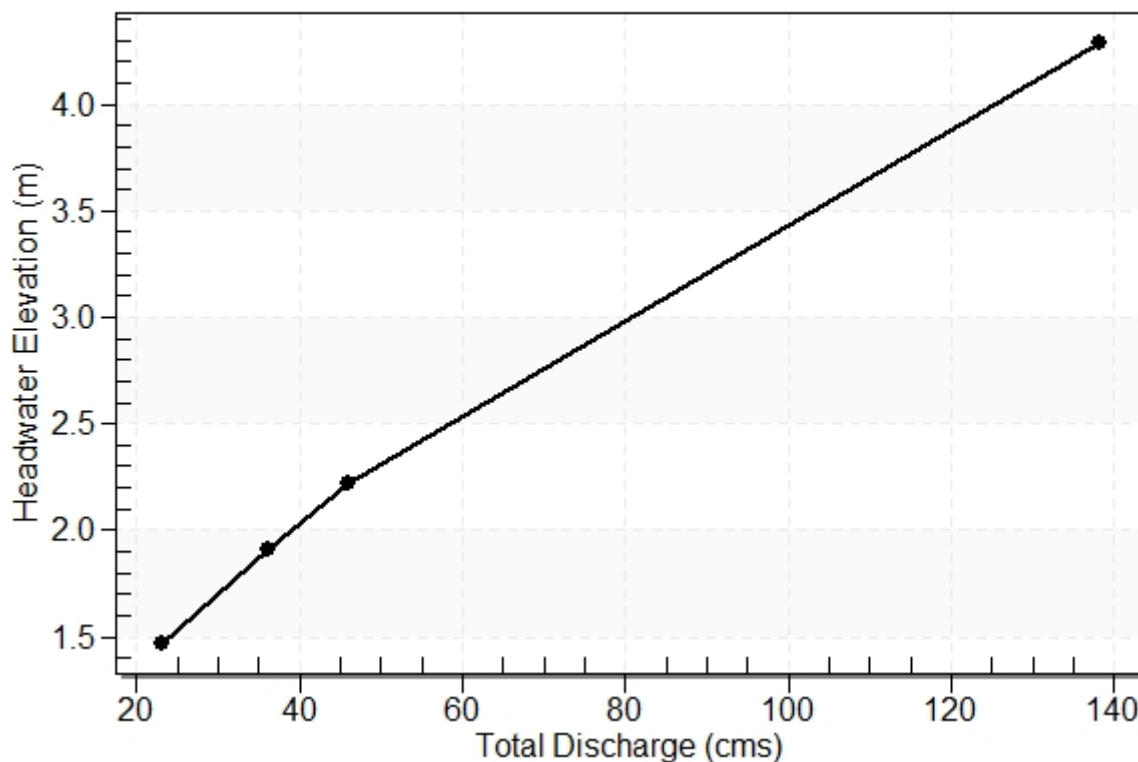
Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: 17184

Headwater Elevation (m)	Discharge Names	Total Discharge (cms)	SCATOLARE 5.00x3.00 pk 17+184 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1.47	TR 30	23.13	23.13	0.00	1
1.91	TR 100	36.15	36.15	0.00	1
2.22	TR 200	46.08	46.08	0.00	1
3.60	Overtopping	95.16	95.16	0.00	Overtopping

Rating Curve Plot for Crossing: 17184

Total Rating Curve

Crossing: 17184



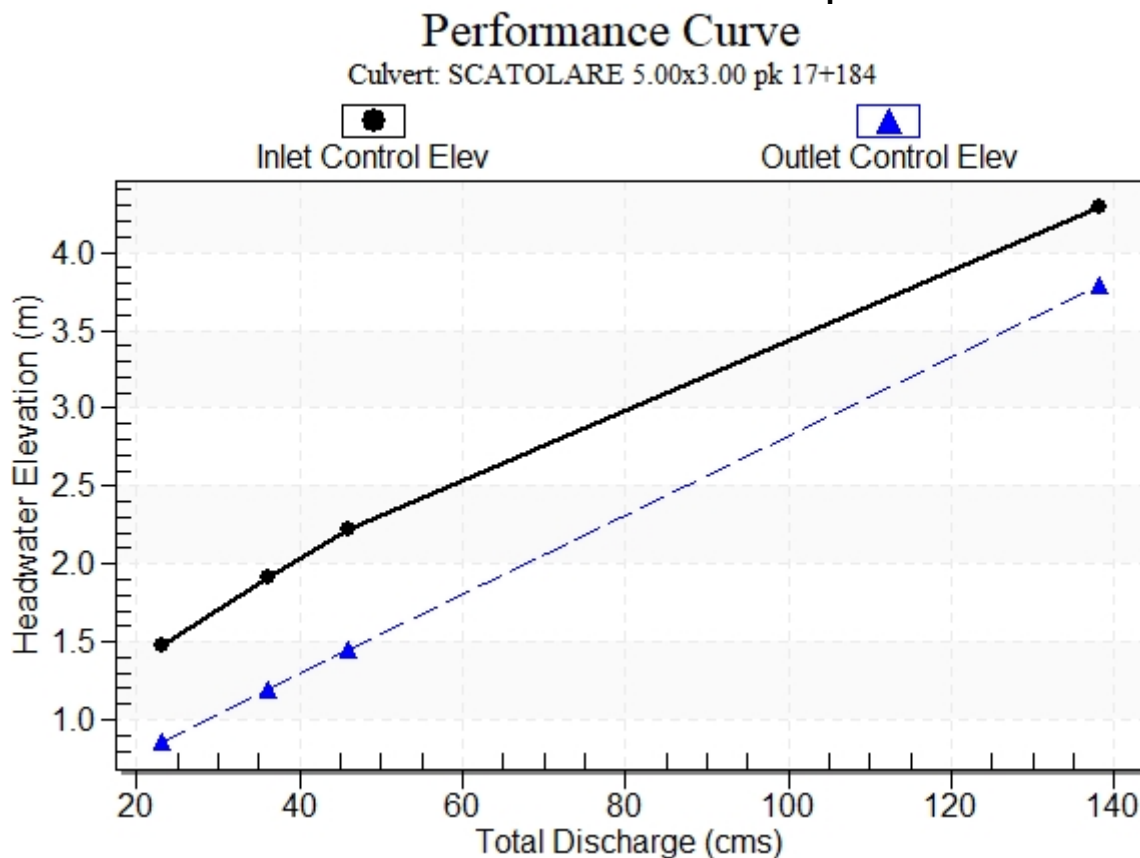
PROGETTAZIONE ATI:

Table 2 - Culvert Summary Table: SCATOLARE 5.00x3.00 pk 17+184

Discharge Names	Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
TR 30	23.13	23.13	1.47	1.233	0.618	1-S2n	0.623	0.817	0.657	0.674	3.519	2.855
TR 100	36.15	36.15	1.91	1.668	0.960	1-S2n	0.837	1.100	0.899	0.878	4.019	3.342
TR 200	46.08	46.08	2.22	1.978	1.215	1-S2n	0.985	1.293	1.069	1.013	4.310	3.633

 Straight Culvert
 Inlet Elevation (invert): 0.24 m, Outlet Elevation (invert): 0.00 m
 Culvert Length: 24.00 m, Culvert Slope: 0.0100

Culvert Performance Curve Plot: SCATOLARE 5.00x3.00 pk 17+184

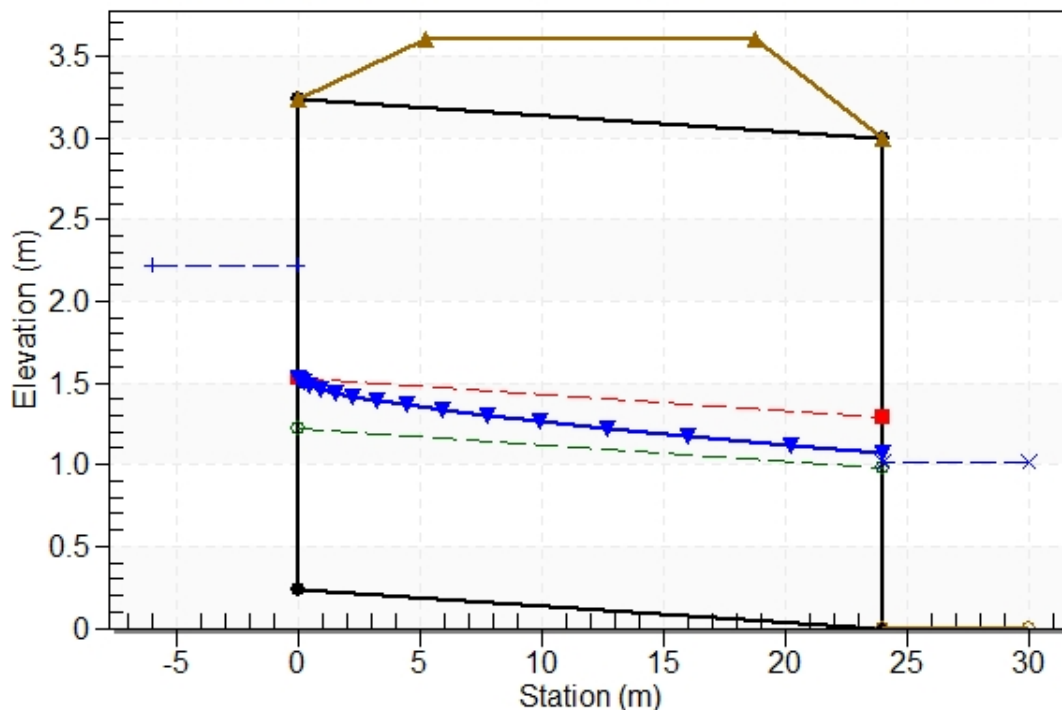


PROGETTAZIONE ATI:

Water Surface Profile Plot for Culvert: SCATOLARE 5.00x3.00 pk 17+184

Crossing - 17184, Design Discharge - 46.08 cms

Culvert - SCATOLARE 5.00x3.00 pk 17+184, Culvert Discharge - 46.08 cms



Site Data - SCATOLARE 5.00x3.00 pk 17+184

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 0.24 m

Outlet Station: 24.00 m

Outlet Elevation: 0.00 m

Number of Barrels: 2

Culvert Data Summary - SCATOLARE 5.00x3.00 pk 17+184

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 5000.00 mm

Barrel Rise: 3000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0170

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: 1:1 Bevel (45° flare) Wingwall

Inlet Depression: None

PROGETTAZIONE ATI:

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: 17184)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
23.13	0.67	0.67	2.86	66.10	1.16
36.15	0.88	0.88	3.34	86.08	1.20
46.08	1.01	1.01	3.63	99.30	1.22

Tailwater Channel Data - 17184

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 11.00 m

Side Slope (H:V): 1.50 (_:1)

Channel Slope: 0.0100

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 0.00 m

Roadway Data for Crossing: 17184

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 20.00 m

Crest Elevation: 3.60 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 13.50 m