

PNC – PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009–2016, Sub–misura A4, "Investimenti sulla rete stradale statale"

S.S. 210 – Amandola – Servigliano – Lavori di adeguamento e/o miglioramento tecnico funzionale della sezione stradale in t.s. e potenziamento delle intersezioni – 3° Stralcio

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Ing. Marco Salvi</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A30808		I PROGETTISTI SPECIALISTICI <i>Ing. Isidoro Guerrini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14764 <i>Ing. Moreno Paliffr</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657 <i>Ing. Giovanni.C.Alfredo Dalenz Cultrera</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069 <i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629	PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)  <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i>  cooprogetti   <small>Studio di Architettura e Ingegneria Modena</small>
IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541			(Mandante) (Mandante)
VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Marco Mancina</i>			(Mandante)
PROTOCOLLO	DATA	IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035	

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idraulica

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV.PROG. ANNO <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>			NOME FILE T01ID00IDRRE02A		REVISIONE	SCALA
CODICE ELAB.			<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
D						
C						
B						
A	Emissione a seguito di CDS		Maggio '23	Guerrini	G.Guiducci	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

INDICE

1. Premessa	2
1.1. INTRODUZIONE	2
1.2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
2. IDRAULICA DI PIATTAFORMA	4
2.1. DIFFERENZIAMENTO DEI SISTEMI DI RACCOLTA DELLE ACQUE	4
2.2. STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO	5
2.3. OPERE DI DRENAGGIO.....	6
2.3.1. <i>Sezioni in rilevato</i>	6
2.3.2. <i>Sezioni in trincea</i>	6
2.3.3. <i>Sezioni in viadotto e ponte</i>	6
2.3.4. <i>Sezioni in galleria</i>	7
2.3.5. <i>Raccordi tra i fossi di guardia</i>	7
2.3.6. <i>Vasche di prima pioggia</i>	7
2.4. VERIFICHE IDRAULICHE PRELIMINARI DELLE OPERE DI DRENAGGIO	9
2.4.1. <i>Verifica della capacità di smaltimento del sistema cordolo – embrice e cordolo - caditoia</i>	9
2.4.2. <i>Verifica delle tubazioni di raccolta</i>	11
2.4.3. <i>Verifica delle cunette in cls</i>	11
2.4.4. <i>Verifica dei fossi di guardia</i>	12
2.4.5. <i>Dimensionamento preliminare</i>	12
APPENDICE A	17
<i>Calcolo della capacità di smaltimento</i>	17

1. PREMESSA

Il presente elaborato si riferisce alla definizione del calcolo della capacità di smaltimento delle sezioni idrauliche degli assi stradali in progetto, relativi la realizzazione della variante di San Ruffino, lungo la S.S. 210 Amandola-Servigliano, in corrispondenza dell'insenatura laterale lago omonimo in località Villa Basso.

1.1. Introduzione

L'analisi delle interazioni che si verificano fra la corrente idrica, l'alveo del corso d'acqua in cui questa defluisce e le strutture in alveo degli attraversamenti fluviali è stata oggetto negli ultimi anni di una rinnovata attenzione da parte di progettisti e ricercatori.

La presenza di un attraversamento, infatti, quand'anche si prescinda dai problemi derivanti da un suo eventuale collasso o danneggiamento, può indurre conseguenze rilevanti sulla morfologia dell'alveo fluviale, sulle caratteristiche idrauliche della corrente e sullo stesso regime delle portate di piena. Ad esempio, si possono verificare migrazioni laterali d'alveo indotte dalla presenza in alveo delle infrastrutture del ponte, in particolare dei rilevati di accesso, riduzione della capacità di deflusso e conseguente rialzo dei livelli del pelo libero di monte, e formazione di invasi a monte del manufatto di attraversamento che possono essere amplificati dalla parziale ostruzione delle luci del ponte ad opera di detriti lapidei e vegetali trasportati dalla corrente. La formazione di tali invasi temporanei può avere conseguenze particolarmente rilevanti, poiché da un lato può provocare un sensibile rialzamento dei livelli a monte e conseguente sormonto dell'impalcato, dall'altro l'insorgenza di sollecitazioni anomale sia sulle pile dei ponti che soprattutto sull'impalcato. Ciò può portare al collasso del ponte, fenomeno che si sviluppa usualmente in tempi piuttosto brevi; si verifica così lo svaso rapido del volume idrico accumulato a monte, che si traduce in un incremento anche notevole del valore di portata del colmo di piena transitante a valle rispetto alla situazione di alveo indisturbato.

Nei paragrafi seguenti, dopo una sintesi dei principali riferimenti normativi relativi alla progettazione ed alla verifica della sicurezza degli attraversamenti fluviali, sono brevemente descritte gli approcci metodologici, i parametri idraulici e le formule applicative utilizzate per la valutazione quantitativa dei fenomeni di rigurgito della corrente a monte degli attraversamenti e dei fenomeni erosivi alla base delle strutture in alveo.

1.2. Riferimenti normativi

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

PROGETTAZIONE ATI:

- Regio Decreto 25 luglio 1904, n°523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie"
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 DM 17 gennaio 2018_5.1 Ponti_5.1.2.3. Compatibilità idraulica;
- Circolare n.7 del 21 gennaio 2019_ Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018_C 5.1.2.3 Compatibilità Idraulica;
- "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" (PAI) della Regione Marche Norme di Attuazione;
- Linee Guida (Titolo I-Paragrafo 1.4) – "A" Sviluppo della Verifica di Compatibilità Idraulica _DGR n.53 27/11/2014

In appendice sono riportate le verifiche.

PROGETTAZIONE ATI:

2. IDRAULICA DI PIATTAFORMA

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

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

In merito al dimensionamento, sarà 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 da assumere alla base del progetto è quella corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 25 anni; per essa si dovrà verificare che tutti gli elementi idraulici di drenaggio raggiungano un grado di riempimento massimo compatibile con la funzione svolta.

I criteri progettuali da rispettare sono i seguenti:

- mantenimento della sicurezza sul piano viario anche in caso di apporti meteorici eccezionali;
- protezione dall'erosione di trincee, rilevati e opere d'arte che possono essere interessate dal deflusso di acque canalizzate;
- protezione dall'erosione e mantenimento della sicurezza a valle dei recapiti della rete di drenaggio.

2.1. Differenziazione dei sistemi di raccolta delle acque

Data la sensibilità ambientale del sistema idrografico superficiale e del connesso sistema idrogeologico, nel presente progetto si è previsto di realizzare un sistema differenziato di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento della sede stradale e delle acque di ruscellamento provenienti dai versanti naturali e dalla scarpate artificiali. Il tratto interessato dal drenaggio differenziato riguarda l'intero asse stradale di progetto.

Il sistema di raccolta delle acque provenienti dalla sola piattaforma, che può essere interessata dal dilavamento superficiale per effetto delle acque di prima pioggia, particolarmente inquinanti per la presenza del particolato solido depositato in tempo secco, ed eccezionalmente dallo sversamento di liquidi pericolosi in occasione di incidenti che possono coinvolgere autobotti o mezzi di trasporto di sostanze pericolose, è organizzato in comparti a seconda dell'andamento delle pendenze del profilo stradale e in maniera tale da ottimizzare il numero e la posizione degli scarichi finali ai recettori superficiali.

In corrispondenza di ogni scarico, a monte del recettore naturale, è prevista una vasca di trattamento delle acque di prima pioggia e di intercettazione degli sversamenti accidentali.

PROGETTAZIONE ATI:

Il sistema di raccolta delle acque non inquinanti provenienti dai versanti naturali, dalle scarpate artificiali e dalle infiltrazioni a tergo delle gallerie possono invece essere direttamente convogliate, per il tramite dei fossi di guardia, ai recettori superficiali ubicati in posizione favorevole in relazione all'andamento delle pendenze del terreno.

2.2. Stima delle portate di progetto

Per giungere al dimensionamento di tutti i rami della rete di drenaggio occorre preventivamente definire, sulla base degli elementi idrologici, idraulici e geometrici disponibili, le portate generate da un evento meteorico, di preassegnata frequenza probabile, assunto come sollecitazione di progetto.

Le ipotesi alla base del progetto sono quelle di considerare un evento corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 25 anni e proporzionare la rete di drenaggio in modo che tutti gli elementi della rete raggiungano un grado di riempimento accettabile.

La stima delle portate affluenti dalla piattaforma stradale, dalla scarpata e dai bacini contribuenti viene effettuata utilizzando il "metodo razionale" secondo il quale la portata al colmo può essere espressa tramite la nota relazione:

$$Q = c i A$$

dove:

- i è l'intensità di pioggia corrispondente ad una durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- A è l'area del bacino versante o superficie contribuente;
- c è il coefficiente di deflusso complessivo del bacino.

Per la stima delle portate di progetto in sezioni che sottendono bacini variamente composti, si utilizza l'espressione:

$$Q = i \sum_{i=1}^n c_i A_i$$

in cui n è il numero di aree con differenti caratteristiche di superficie e coefficiente di deflusso.

I coefficienti di deflusso, da assumere per il calcolo, sono:

$c = 0,90$ per le superfici pavimentate;

$c = 0,50$ per le superfici di scarpate e/o versanti;

$c = 0,20$ per le superfici di campagna con pendenze modeste e notevole permeabilità.

2.3. Opere di drenaggio

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

2.3.1. Sezioni in rilevato

Nei pochi tratti di tracciato in cui non è prevista la separazione delle acque, esclusivamente rampe di svincolo, 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. La geometria del fosso è di tipo trapezoidale, con larghezza di base ed altezza pari a 50 cm e sponde aventi pendenza pari a 1/1. Gli embrici vengono sistemati lungo le scarpate ad interasse di 20 metri nei tratti rettilinei ed opportunamente infittiti nei tratti in curva lungo le rampe.

Lungo il tracciato principale, ed anche nella maggior parte delle rampe, il drenaggio della piattaforma viene isolato idraulicamente da quello delle scarpate e dei versanti mediante la sistemazione al di sotto del piano stradale di una tubazione di raccolta connessa al relativo sistema di drenaggio destinato alla corrispondente vasca di prima pioggia.

2.3.2. Sezioni 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 di fondo 1 m.

Le acque raccolte dalla cunetta, provenienti dalla corrispondente carreggiata scolante e destinate alla raccolta di prima pioggia, saranno trasferite per mezzo di caditoie poste ad interasse di 25 m, protette da griglie carrabili in ghisa sagomate come la stessa cunetta, alla sottostante tubazione di allontanamento in cls. Per i particolari costruttivi dei pozzetti di raccolta si rimanda ai relativi allegati grafici.

Lungo il ciglio delle scarpate artificiali, per il drenaggio delle acque provenienti dai versanti naturali ed afferenti al sistema di scarico delle acque "pulite", sono previsti fossi di guardia rivestiti in cls di tipo trapezoidale, con larghezza di base ed altezza pari a 50 cm e sponde aventi pendenza pari a 1/1.

Nel caso in cui sia previsto un muro di controripa, oltre al fosso di guardia lungo il ciglio della scarpata verrà realizzata una canaletta in cls a tergo del muro per la raccolta delle acque scolanti lungo la scarpata stessa.

2.3.3. Sezioni in viadotto e ponte

Nel caso dei viadotti e dei ponti sono previste lungo le banchine delle caditoie stradali, con interasse massimo di 25 m, munite di griglie carrabili in ghisa, collegate alla sottostante tubazione di raccolta che per il tratto scoperto verrà prevista in acciaio ed ancorata all'impalcato mediante staffaggi.

PROGETTAZIONE ATI:

La tubazione di raccolta sarà connessa al relativo comparto di allontanamento e raccolta della prima pioggia.

2.3.4. Sezioni in galleria

Nei tratti in galleria sono previsti due distinti sistemi di drenaggio: tubazioni in cls al di sotto della banchina, alimentate mediamente ogni 25 m da caditoie a bocca di lupo con relativo pozzetto in cls, per la raccolta dei liquidi eventualmente scolanti sulla piattaforma (ad esempio i liquidi accidentalmente sversati in caso di incidenti che possono coinvolgere autobotti o mezzi di trasporto di sostanze pericolose) e due tubazioni in cls $\Phi 250$, lungo i margini della carreggiata, per la raccolta, mediante pozzetti in cls con interasse 100 m, delle acque di infiltrazione preliminarmente convogliate lungo tubazioni di drenaggio in PVC $\Phi 125$ poste a tergo della calotta ed a contatto con il terreno di scavo.

2.3.5. Raccordi tra i fossi di guardia

Per realizzare le connessioni all'interno della rete dei fossi di guardia che drenano le acque "pulite" e consentire l'attraversamento della sede stradale lungo i tratti in rilevato, verranno previsti tombini in cls di diametro minimo $\Phi 1000$, dotati alle sezioni di imbocco di pozzetti quadrati in cls di lato almeno 120 cm, aventi funzione di raccordo ed interconnessione tra i diversi rami confluenti nei punti di minima quota.

2.3.6. Vasche di prima pioggia

Una progettazione accorta e ambientalmente sostenibile dovrebbe prevedere la presenza di vasche di prima pioggia al fine di operare il trattamento degli sversamenti accidentali (oli e/o carburanti) e delle acque di prima pioggia.

Le vasche, ubicate in punti idraulicamente favorevoli (a valle del relativo comparto di drenaggio delle acque di piattaforma nei pressi del recettore) e nello stesso tempo facilmente raggiungibili per consentire una corretta e continua manutenzione, hanno una duplice funzione: raccogliere e segregare le acque di prima pioggia e di lavaggio delle strade, particolarmente inquinanti, e gli eventuali liquidi pericolosi accidentalmente sversati sulla sede stradale.

Al momento non sono pervenute indicazioni da parte delle Autorità indicazioni a riguardo; tali manufatti, per esigenze legate alla morfologia del terreno ove si sviluppa il tracciato stradale, vanno ubicate in maniera tale da poter consentire sempre lo scolo delle acque per gravità, senza quindi l'impiego di sistemi di pompaggio.

I criteri a base della progettazione della vasca si possono riassumere in:

- limitare al minimo la necessità di manutenzione, consentendo interventi molto diluiti nel tempo, pur conservando buona efficacia di funzionamento;
- fare transitare nella vasca le acque di prima pioggia (assunte pari ai primi 5mm di precipitazione intercettata dall'area drenata);

PROGETTAZIONE ATI:

- intercettare gli eventuali sversamenti accidentali sulla piattaforma stradale;
- far assumere al flusso in entrata una velocità tale da consentire la risalita in superficie degli oli e la sedimentazione dei solidi in sospensione;
- mantenere all'interno della vasca gli oli in superficie.

Dal punto di vista costruttivo, la vasca prevede un pozzetto in entrata tale da consentire l'entrata nella vasca vera e propria della portata di prima pioggia e il by-pass dell'acqua in supero con scarico dall'apposita tubazione di uscita. L'acqua di piattaforma che entra nella vasca dissipa dapprima la sua energia in una zona di calma, dove è ubicata anche una griglia in acciaio, quindi entra attraverso un setto forato nella vasca vera e propria.

La quota che si stabilisce all'interno della vasca è quella dello sfioratore a valle (o di scarico); la portata in transito è data dal dislivello fra lo sfioro in entrata e quello in uscita, e la portata transitante defluisce al di sotto del setto alla fine della vasca.

È evidente che il volume compreso fra il bordo inferiore del setto e lo sfioratore in uscita è a disposizione degli oli (di sversamento o di prima pioggia), che quindi, in assenza di sversamenti, possono essere allontanati con cadenza anche di diversi mesi; gli sversamenti vanno invece allontanati a breve scadenza in quanto saturano praticamente la capacità disponibile.

Le saracinesche predisposte per lo scarico e la pulizia della vasca potranno essere sostituite con flange cieche o eliminate completamente prevedendo uno svuotamento per aggotaggio meccanico. La quota della generatrice superiore della tubazione di scarico può essere al massimo alla quota dello sfioratore di scarico, in tal modo si riduce al minimo il dislivello fra entrata e uscita del flusso.

Come detto sopra, per quanto riguarda la portata di progetto per le acque di prima pioggia, si è preso come riferimento quanto previsto dalla legge regionale della Lombardia n° 62/85, che recita: "Sono considerate acque di prima pioggia quelle corrispondenti per ogni evento meteorico ad una precipitazione di 5 mm distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Ai fini del calcolo delle portate, si stabilisce che tale valore si verifichi in quindici minuti; i coefficienti di afflusso alla rete si assumono pari ad 1 per le superfici coperte, lastricate od impermeabilizzate e a 0,3 per quelle permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici coltivate."

Sommando il contributo imputabile allo sversamento accidentale e quello derivante invece dalle acque di prima pioggia si ha, per le vasche, una portata totale da trattare che assume valori attorno a 110 l/s ha; tale valore è variabile in funzione della lunghezza del tratto autostradale asservito ad ogni singola vasca.

Per quanto riguarda i volumi d'acqua e/o carburante da stoccare nelle vasche, si è assunto un tempo di detenzione pari a 4 minuti ed una velocità massima dell'acqua, nel tratto ove avviene la separazione oli/acque, pari a 0,05 m/s. Data l'impostazione assunta, i volumi d'acqua di prima pioggia da stoccare sono sempre inferiori al volume totale di carburante proveniente da uno sversamento accidentale, assunto pari a 40 mc, e si è quindi considerato come parametro di progetto quest'ultimo valore. Peraltro le dimensioni della vasca risultano condizionate dalle

PROGETTAZIONE ATI:

assunzioni fatte circa velocità di transito e tempo di detenzione, portando a volumi interni comunque superiori.

Tale volume utile della vasca corrisponde al dislivello compreso fra la quota inferiore del setto e quella dello sfioratore in uscita. Supponendo, come visto in precedenza, di avere contemporaneità tra lo sversamento accidentale conseguente ad un incidente ad un'autobotte e l'evento meteorico, si avrà un certo afflusso alla vasca, attraverso la rete di scolo superficiale, pari alla portata di progetto.

Tale portata, dovendo essere trattata, dovrà sfiorare attraverso lo stramazzo che ne permette l'ingresso alla vera e propria vasca di trattamento. Quando la portata complessiva che giunge al manufatto supera la portata di progetto, il quantitativo in esubero (il cui rapporto di diluizione è tale da non richiedere alcun trattamento) non giunge alla vasca di trattamento ma stramazza a lato e giunge, attraverso la condotta di uscita, direttamente alla rete idrografica.

Nella vasca di trattamento vera e propria, il tempo di detenzione (almeno 4 minuti) e la distanza totale che la miscela acqua/olio e/o carburante deve percorrere, sono stati prefissati in maniera tale che la componente olio/carburante, più leggera, possa venire in superficie e sfiorare nella canaletta appositamente predisposta lungo l'intero perimetro della vasca.

Le sostanze inquinanti permangono confinate in condizioni di sicurezza all'interno del bacino centrale, ma possono comunque essere spurgate durante le operazioni di manutenzione con sistemi idonei attraverso i chiusini di accesso alla vasca.

2.4. Verifiche idrauliche preliminari delle opere di drenaggio

2.4.1. Verifica della capacità di smaltimento del sistema cordolo – embrice e cordolo - caditoia

Il drenaggio della piattaforma in rilevato, laddove non è prevista la separazione delle acque di prima pioggia, è realizzato per mezzo di un impluvio confinato da un cordolo bituminoso delimitante la piattaforma ed opportunamente sagomato per il deflusso negli embrici. Nel tratto in cui la piattaforma viene drenata da apposita tubazione sotto banchina, gli embrici vengono utilizzati esclusivamente per il drenaggio delle scarpate.

Gli embrici vengono posati con un interasse medio pari a 20 m sulla scarpa del rilevato, avente pendenza trasversale pari a 2/3, e proseguono, nel tratto terminale, con una pendenza inferiore fino a raggiungere il fosso di guardia. Nei tratti in curva tale interasse viene necessariamente infittito.

La verifica idraulica è svolta per il caso più gravoso che si presenta in corrispondenza dello svincolo sulla rampa, tratto in cui, non essendo prevista la separazione delle acque di piattaforma, gli embrici raccolgono le acque defluenti dalla sede stradale.

PROGETTAZIONE ATI:

La portata di progetto per una singola canaletta embriciata è:

$$Q = \frac{1}{3.6 \cdot 10^6} \varphi A i$$

dove:

φ = coefficiente di deflusso = 0.90

A = area del bacino contribuente, compreso tra due embrici successivi, per una larghezza della carreggiata pari a 9,75 m = $20 \times 9,75 = 195$ mq

i = assumendo per l'intensità di pioggia di progetto il valore di 196.05 mm/ora si ricava:

$$Q = \frac{1}{3.6 \cdot 10^6} 0.90 \cdot 195 \cdot 196,05 = 0.0096 \text{ mc/s}$$

Per la verifica si applica la formula del moto uniforme:

$$Q = K_s A R_H^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

utilizzando i valori di $K_s = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ e $i = 2/3$ e ponendo pari a 35 cm la larghezza media della base della canaletta (sezione rettangolare). Risolvendo rispetto ad h si ottiene:

$$0.0096 = 70 \cdot 0.35 \cdot h \cdot \left(\frac{0.35 \cdot h}{0.35 + 2h} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\frac{2}{3} \right)^{\frac{1}{2}}$$

da cui $h = 0.010$ m.

Considerando l'altezza media di una canaletta pari a circa 15 cm, la verifica è ampiamente soddisfatta.

Tra gli imbocchi di due embrici successivi si verifica inoltre la larghezza dello scorrimento in banchina lungo il cordolo, tenendo conto della presenza della cunetta laterale in cls di larghezza 40 cm. Applicando la legge di Chezy per un canale a sezione triangolare di pendenza longitudinale minima $i = 0.009$, pendenza trasversale della cunetta $j = 0.122$ raccordata alla pendenza trasversale del manto stradale (2,5%), $K_s = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $\varphi = 0,90$, $i = 196,05 \text{ mm/ora}$, si ottiene un'altezza idrica $h = 6$ cm, valore ampiamente cautelativo se confrontato con i 17 cm di altezza della cunetta. La corrispondente larghezza di scorrimento in banchina è pari a 70 cm.

Nei tratti in cui è prevista la raccolta separata delle acque di piattaforma, tra due caditoie successive si verifica la larghezza dello scorrimento in banchina lungo il cordolo, tenendo conto anche in questo caso della presenza della cunetta laterale in cls di larghezza 40 cm. Applicando la legge di Chezy per un canale a sezione triangolare di pendenza longitudinale minima $i = 0.002$ (caso più sfavorevole nel tratto in esame), pendenza trasversale della cunetta $j = 0.122$ raccordata alla pendenza trasversale del manto stradale (2,5%), $K_s = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $Q = 0,0080 \text{ mc/s}$, si ottiene un'altezza idrica $h = 7$ cm, valore ampiamente cautelativo se confrontato con i 17 cm di altezza della cunetta. La corrispondente larghezza di scorrimento in banchina è però superiore al metro

PROGETTAZIONE ATI:

(1,13 m). Si ritiene pertanto opportuno portare l'interasse tra le caditoie a 20 m. In quest'ultima configurazione ($Q=0,0064$ mc/s) la verifica risulta soddisfatta (altezza = 6 cm e larghezza 96 cm).

2.4.2. Verifica delle tubazioni di raccolta

Per la verifica idraulica delle tubazioni di drenaggio della piattaforma si fa sempre riferimento alla formula del moto uniforme.

Fissata la lunghezza del bacino stradale drenato a monte della sezione di verifica, è ammesso per la condotta un grado di riempimento massimo dell'ordine del 50% per i diametri inferiori a 400 mm e del 70% per diametri pari o superiori a 400 mm.

La verifica idraulica, svolta nella condizione più sfavorevole, ha riguardato il tratto terminale della tubazione di raccolta del comparto di drenaggio afferente alla vasca di prima pioggia n..

I dati assunti per la verifica sono i seguenti:

- la portata di progetto (relativa ad una sola carreggiata stradale) è pari alla metà della portata affluente alla corrispondente vasca n. ($0,408/2 = 0,204$ mc/s);
- K_s è pari a 80 m^{1/3}/s per le tubazioni in cls;
- $i = 0,002$ è stata estrapolata dalle livellette stradali riportate nel profilo longitudinale di progetto.

Ponendo il DN = 600 mm, dall'equazione di Chezy si ottiene un grado di riempimento di 62,60%. Tale riempimento può essere comunque diminuito conferendo localmente una maggiore pendenza alla tubazione.

Si ritiene pertanto accettabile il diametro massimo DN 600, mentre il diametro minimo non dovrà essere inferiore, come buona norma, al DN 300, previa verifica, caso per caso, del grado di riempimento.

2.4.3. Verifica delle cunette in cls

Per la verifica idraulica delle cunette a sezione triangolare ("alla francese") realizzate lungo i tratti in scavo e delle cunette a sezione trapezia lungo la fascia spartitraffico nei tratti in curva, si ricorre alla formula del moto uniforme precedentemente enunciata.

La portata di progetto viene calcolata mediante la formula razionale, considerando una superficie scolante di larghezza pari ad una carreggiata stradale e lunghezza pari alla distanza tra due caditoie consecutive (25 m).

Si ottiene:

$$Q = \frac{1}{3.6 \cdot 10^6} \varphi A i = \frac{1}{3.6 \cdot 10^6} 0.90 \cdot (25 \cdot 9.75) \cdot 131.64 = 0.0080 \text{ (mc/s)}$$

PROGETTAZIONE ATI:

Applicando la legge di Chezy per un canale a sezione triangolare di pendenza longitudinale minima $i = 0.002$, pendenza trasversale $j = 0.122$ raccordata alla pendenza trasversale del manto stradale (2,5%), $Ks = 70 \text{ m}^{1/3}/s$, $\varphi = 0,90$, $i = 131,64 \text{ mm/ora}$, si ottiene un'altezza idrica $h = 7 \text{ cm}$, valore ampiamente cautelativo se confrontato con i 40 cm di altezza della cunetta. La corrispondente larghezza di scorrimento è pari a 57 cm.

Relativamente alla cunetta nella fascia spartitraffico, applicando la legge di Chezy per un canale a sezione trapezia con base 30 cm, altezza 17 cm e falde 1:1, di pendenza longitudinale minima $i = 0.002$, $Ks = 70 \text{ m}^{1/3}/s$, $\varphi = 0,90$, $i = 131,64 \text{ mm/ora}$, si ottiene un'altezza idrica $h = 6 \text{ cm}$, valore ampiamente cautelativo se confrontato con i 17 cm di altezza della cunetta.

2.4.4. Verifica dei fossi di guardia

Le acque provenienti dalla sede stradale vengono scaricate attraverso gli embrici disposti sulla scarpa del rilevato stradale di pendenza 2/3.

Le acque meteoriche, scaricate tramite gli embrici, raggiungono il fosso rivestito ai piedi del rilevato stradale realizzato da un canale in calcestruzzo a sezione trapezia delle dimensioni di m 0,50 x 0,50 x 0,50 con pendenza delle scarpe 1/1; sono prescritte larghezza di fondo ed altezza minime di 0,50 m e pendenza longitudinale minima di 0,001. Si fissa un franco minimo di 0,10 m.

La portata transitante in una sezione del fosso di guardia è data dalla somma delle portate convogliate dagli embrici che scaricano a monte di tale sezione ed eventualmente quelle provenienti dai terreni naturali circostanti.

La verifica della sezione viene svolta mediante la formula del moto uniforme di Chezy precedentemente enunciata. Per i fossi di guardia rivestiti in cls a sezione trapezia con pendenza della scarpa 1/1 e larghezza del fondo di cm 50 può essere adottato un coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler pari a 70 $\text{m}^{1/3}/s$.

Nel caso in cui il fosso di guardia venga spezzato in tratte a diversa pendenza, in questo caso, in via cautelativa, la verifica viene effettuata applicando il valore minore della pendenza sull'intero sviluppo del fosso di guardia.

La verifica delle sezioni dei fossi andrà effettuata caso per caso a seconda delle caratteristiche locali dei bacini drenati. La sezione trapezia proposta risulta comunque cautelativa in quanto i fossi di guardia, drenando acqua "pulita" o comunque non destinata alla raccolta della prima pioggia, possono scaricare frequentemente ai recettori superficiali.

2.4.5. Dimensionamento preliminare

Le ipotesi di progetto fissate per le diverse opere di drenaggio sono sintetizzate nelle tabelle seguenti dove:

- B , larghezza complessiva della fascia contribuente [m];
- $p.i.$, percentuale impermeabile;

PROGETTAZIONE ATI:

gr., grado di riempimento dello speco.

DRENAGGIO IN RILEVATO				
Tipologia speco	dimensioni	B	p.i.	gr.
	(m)	(m)	(%)	(%)
fosso di guardia trapezio	0.50x0.50 - 0.60x0.60 - 0.80x0.80	71.7	27	70
canaletta banca trapezia	0.30x0.30	6	30	70

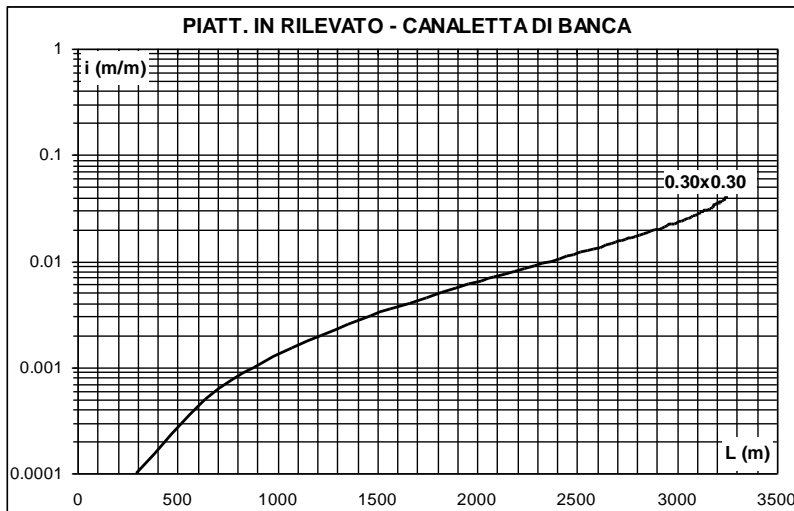
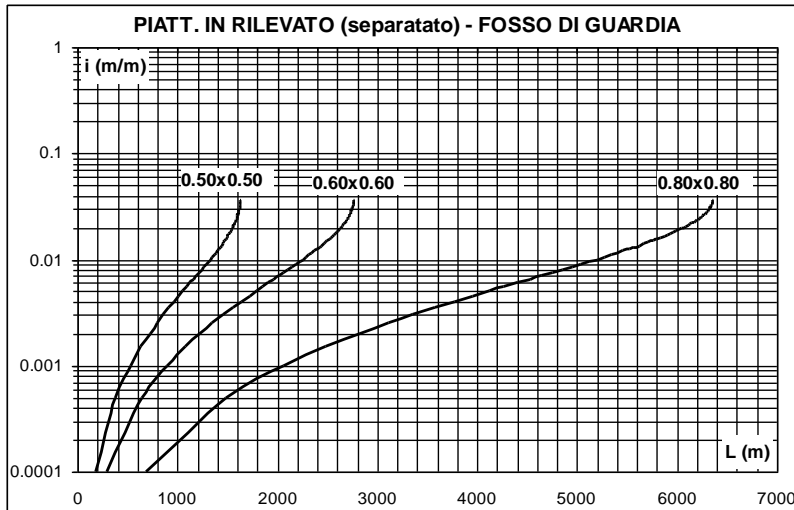
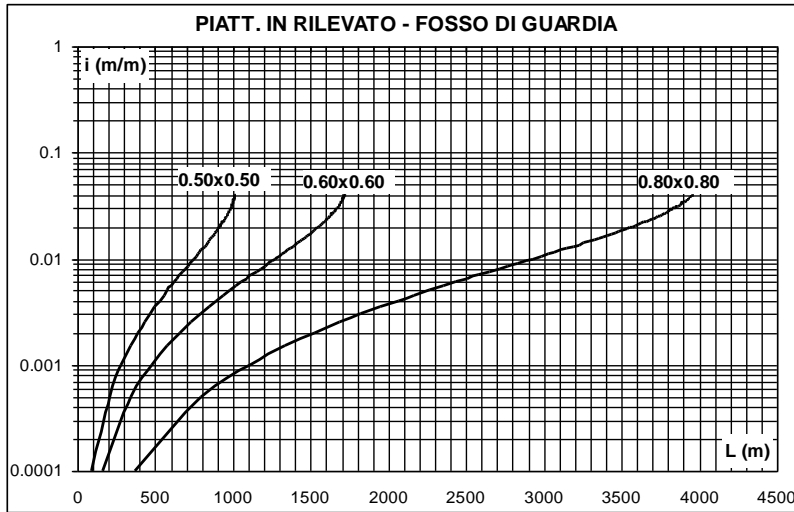
DRENAGGIO IN RILEVATO SEPARATO				
Tipologia speco	dimensioni	B	p.i.	gr.
	(m)	(m)	(%)	(%)
fosso di guardia trapezio	0.50x0.50 - 0.60x0.60 - 0.80x0.80	60	13	70
canaletta banca trapezia	0.30x0.30	6	30	70
collettore circolare	Φ400 – Φ500 – Φ600 – Φ800	11.7	100	50 - 60 - 70

DRENAGGIO IN CURVA				
Tipologia speco	dimensioni	B	p.i.	gr.
	(mm)	(m)	(%)	(%)
collettore circolare	Φ400 - Φ500	14.5	100	50

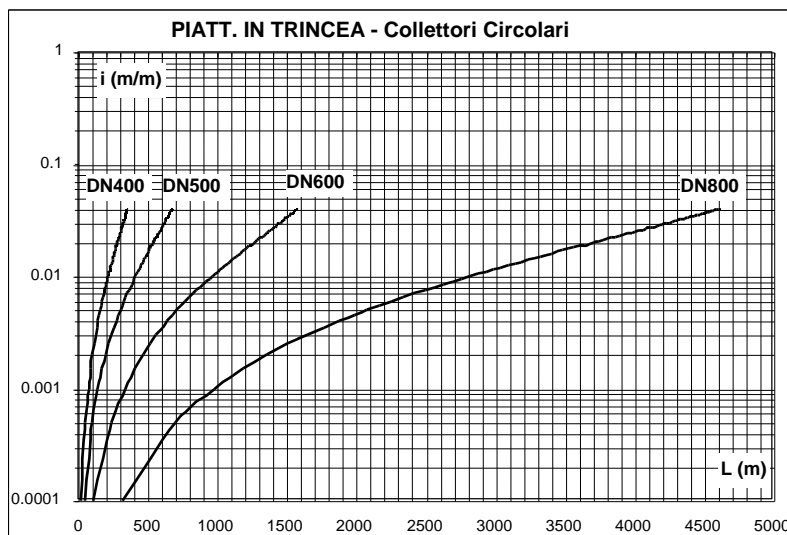
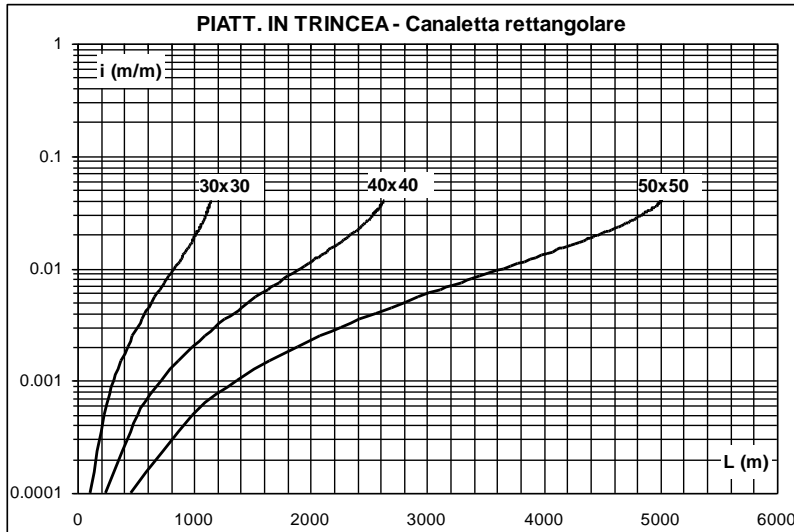
DRENAGGIO IN TRINCEA				
Tipologia speco	dimensioni	B	p.i.	gr.
	(m)	(m)	(%)	(%)
fosso di guardia trapezio	0.50x0.50 - 0.60x0.60 - 0.80x0.80	50	10	70
collettore circolare	Φ400 – Φ500 – Φ600 – Φ800	11.7	100	50 - 60 - 70
canaletta scarpata rettangolare	0.30x0.30 - 0.40x0.40 - 0.50x0.50	7.5	30	70

DRENAGGIO IN VIADOTTO				
Tipologia speco	dimensioni	B	p.i.	gr.
	(mm)	(m)	(%)	(%)
collettore circolare	Φ300 – Φ400 – Φ500 – Φ600	11.2	100	50 - 60

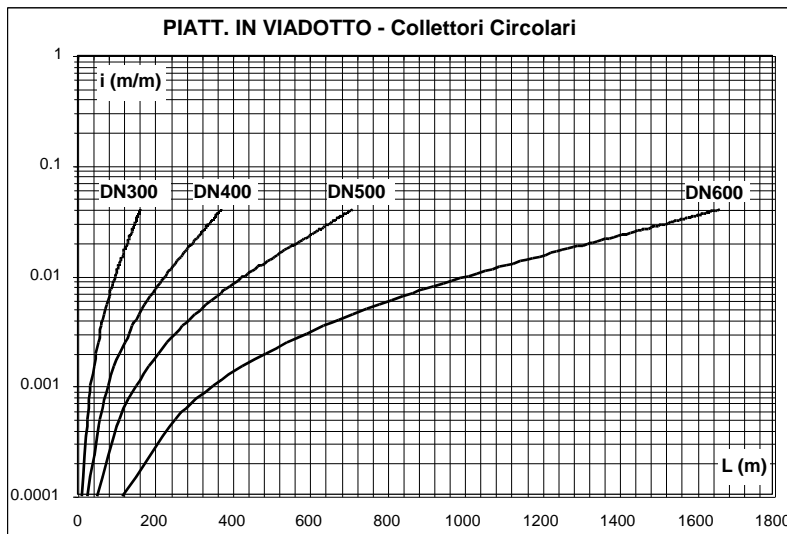
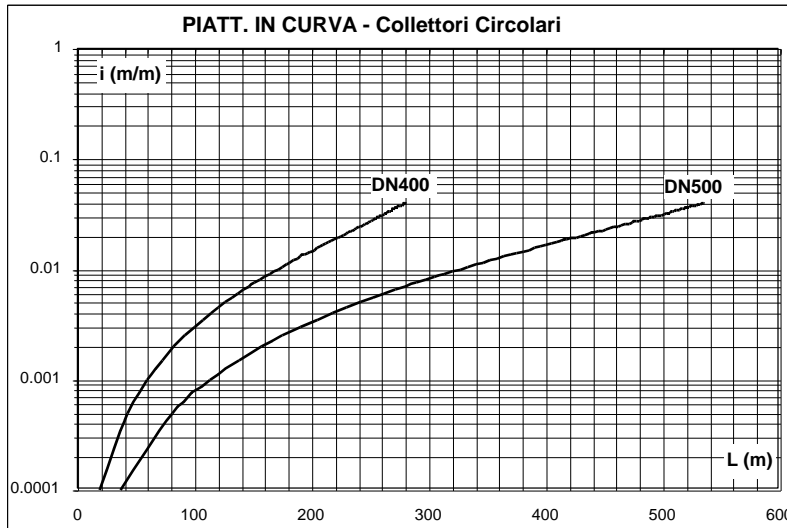
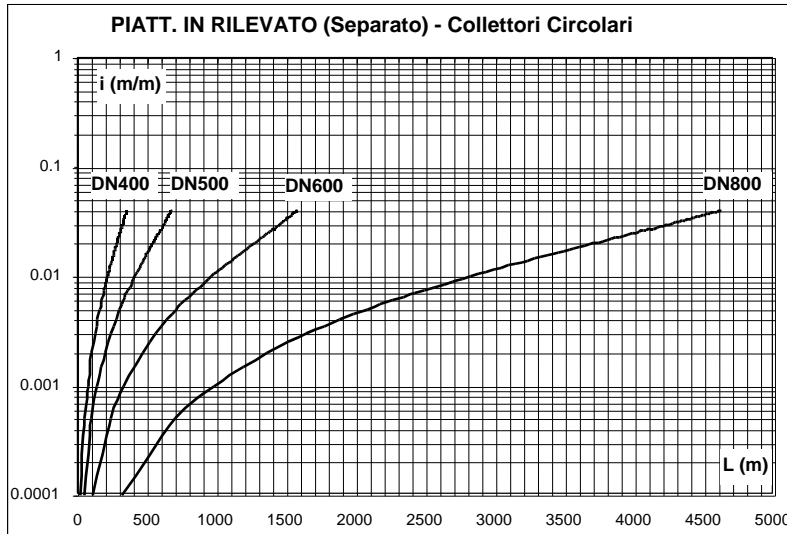
PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:



PROGETTAZIONE ATI:

APPENDICE A

CALCOLO DELLA CAPACITÀ DI SMALTIMENTO

Nel seguito sono riportate le verifiche dei tombini principali:

Tombino 2x2 pK 0+027

Tombino 2x2 pK 0+115

Per questi tombini, che drenano piccole incisioni locali di versante viene cautelativamente considerata una portata di 4,7 m³/sec determinata da un bacino di 10Ha con intensità di pioggia di 170mm/h e coefficiente di deflusso 1.

Per pendenza del fondo pari a 1% la portata di progetto viene smaltita con un grado di riempimento appena superiore al 35%.

Tombino D1000 pK 0+453

Per questo tombino, che in realtà costituisce solo lo scarico delle acque del fontanile e del piazzale dell'abbazia di San Ruffino e Vitale viene cautelativamente considerata una portata di 0,94 m³/sec determinata da un bacino di 2 Ha con intensità di pioggia di 170mm/h e coefficiente di deflusso 1.

Per pendenza del fondo pari a 1% la portata di progetto viene smaltita con un grado di riempimento pari al 50%.

Seguono le verifiche dettagliate.

Si rammenta infine che l'unico bacino di significativa importanza presente nella tratta di intervento è quello che alimenta il fosso scorrente nel fianco collinare tra San Lorenzo e San Martino al Faggio, con una superficie di circa 1,2kmq.

Detto fosso, tributario del lago di San Ruffino, viene attraversato a quota elevata dalla campata centrale di 60m del viadotto che taglia l'ansa del lago e quindi non può costituire interferenza idraulica alcuna per il progetto.

PROGETTAZIONE ATI:

PORTATA DEI CANALI IN MOTO UNIFORME

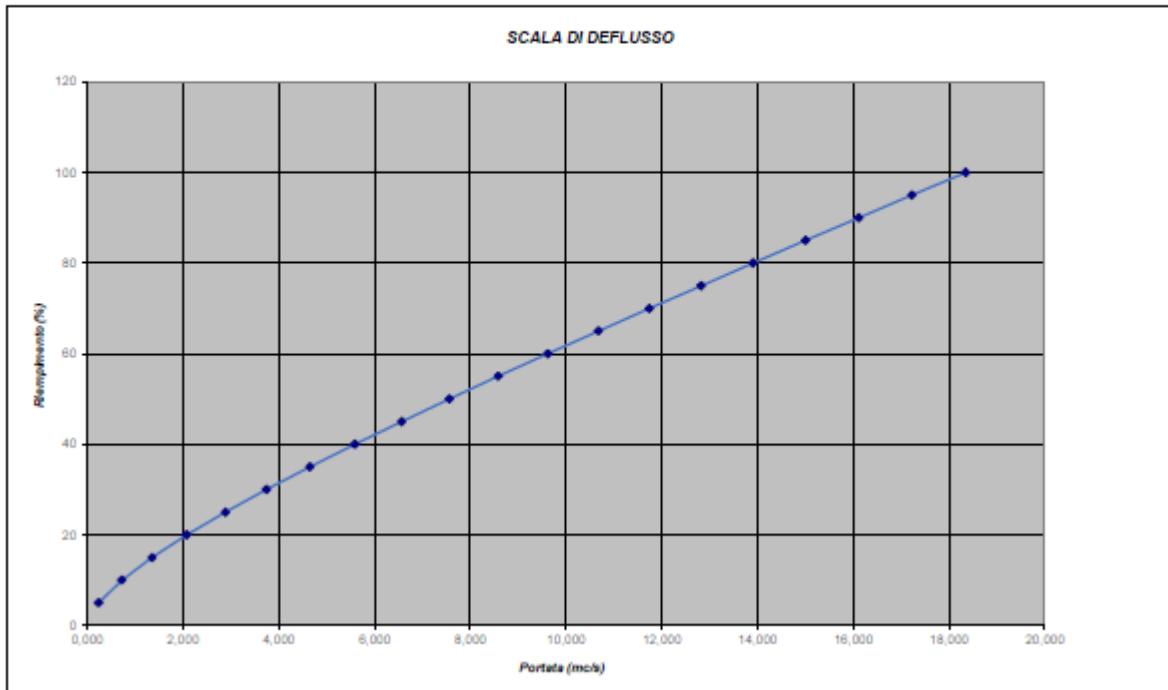
(Relazione di Chezy):

VARIANTE DI SAN RUFFINO - TOMBINI 2X2 - Asse AP01 -pK 0+027 e 0+115 (WBS TM01, TM02)

Base:	2,00 (m)
Altezza:	2,00 (m)
P. sponda 1	1000,000 (H/L)
P. sponda 2	1000,000 (H/L)
Scabrezza:	60 (Strickler)
Pendenza:	1,00 (%)

F(%)	Hw(m)	Aw(mq)	C(m)	R(m)	L(m)	Q(mc/s)	V(m/s)	F(%)
5	0,100	0,200	2,200	0,091	2,000	0,243	1,213	5
10	0,200	0,400	2,400	0,167	2,000	0,727	1,817	10
15	0,300	0,600	2,600	0,231	2,001	1,355	2,258	15
20	0,400	0,800	2,800	0,286	2,001	2,083	2,603	20
25	0,500	1,000	3,000	0,333	2,001	2,886	2,885	25
30	0,600	1,200	3,200	0,375	2,001	3,746	3,121	30
35	0,700	1,400	3,400	0,412	2,001	4,652	3,322	35
40	0,800	1,601	3,600	0,445	2,002	5,595	3,495	40
45	0,900	1,801	3,800	0,474	2,002	6,568	3,647	45
50	1,000	2,001	4,000	0,500	2,002	7,566	3,781	50
55	1,100	2,201	4,200	0,524	2,002	8,585	3,900	55
60	1,200	2,401	4,400	0,546	2,002	9,623	4,007	60
65	1,300	2,602	4,600	0,566	2,003	10,676	4,103	65
70	1,400	2,802	4,800	0,584	2,003	11,742	4,191	70
75	1,500	3,002	5,000	0,600	2,003	12,821	4,270	75
80	1,600	3,203	5,200	0,616	2,003	13,909	4,343	80
85	1,700	3,403	5,400	0,630	2,003	15,007	4,410	85
90	1,800	3,603	5,600	0,643	2,004	16,113	4,472	90
95	1,900	3,804	5,800	0,656	2,004	17,226	4,529	95
100	2,000	4,004	6,000	0,667	2,004	18,346	4,582	100

- F= Riempimento
- Hw= Altezza liquida
- Aw= Area liquida
- C= Contorno bagnato
- R= Raggio idraulico
- L= Larghezza pelo libero
- Q= Portata
- V= Velocità media



PORTATA DELLE CONDOTTE CIRCOLARI IN MOTO UNIFORME

(Relazione di Chezy):

VARIANTE DI SAN RUFFINO - TOMBINO D1000 - ASSE AP02 Pk 0+453 (WBS TM03)

Diametro:	1 (m)
Scabrezza:	60 (Strickler)
Pendenza:	1 (%)

F(%)	Hw(m)	α (deg.)	Aw(mg)	C(m)	R(m)	L(m)	Q(mc/s)	V(m/s)	F(%)
5	0,050	25,842	0,015	0,451	0,033	0,436	0,009	0,612	5
10	0,100	36,870	0,041	0,644	0,064	0,600	0,039	0,955	10
15	0,150	45,573	0,074	0,795	0,093	0,714	0,091	1,231	15
20	0,200	53,130	0,112	0,927	0,121	0,800	0,164	1,465	20
25	0,250	60,000	0,154	1,047	0,147	0,866	0,256	1,668	25
30	0,300	66,422	0,198	1,159	0,171	0,917	0,366	1,848	30
35	0,350	72,542	0,245	1,266	0,193	0,954	0,492	2,007	35
40	0,400	78,463	0,293	1,369	0,214	0,980	0,630	2,148	40
45	0,450	84,261	0,343	1,471	0,233	0,995	0,779	2,272	45
50	0,500	90,000	0,393	1,571	0,250	1,000	0,935	2,381	50
55	0,550	95,739	0,443	1,671	0,265	0,995	1,095	2,475	55
60	0,600	101,537	0,492	1,772	0,278	0,980	1,256	2,554	60
65	0,650	107,458	0,540	1,875	0,288	0,954	1,415	2,618	65
70	0,700	113,578	0,587	1,982	0,296	0,917	1,566	2,666	70
75	0,750	120,000	0,632	2,094	0,302	0,866	1,705	2,699	75
80	0,800	126,870	0,674	2,214	0,304	0,800	1,828	2,714	80
85	0,850	134,427	0,712	2,346	0,303	0,714	1,927	2,708	85
90	0,900	143,130	0,745	2,498	0,298	0,600	1,993	2,677	90
95	0,950	154,158	0,771	2,691	0,286	0,436	2,009	2,607	95
100	1,000	180,000	0,785	3,142	0,250	0,000	1,870	2,381	100

SIMBOLOGIA

- F= Riempimento
- Hw= Altezza liquida
- α = Angolo al centro (1/2)
- Aw= Area liquida
- C= Contorno bagnato
- R= Raggio idraulico
- L= Larghezza pelo libero
- Q= Portata
- V= Velocità media

