



PROVINCIA DI RAVENNA

Presidente della Provincia
Claudio Casadio

Assessore ai LL.PP. - Viabilità
Secondo Valgimigli

SETTORE LAVORI PUBBLICI

UNITA' ORGANIZZATIVA PROGETTAZIONE STRADE

RAZIONALIZZAZIONE E MESSA IN SICUREZZA CON ELIMINAZIONE PUNTI CRITICI LUNGO LA EX S.S. 306 CASOLANA 1° LOTTO 2° STRALCIO

PROGETTO ESECUTIVO

Tavola/Elaborato

GER_004

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

Scala

-

Data

05 dicembre 2011

Dirigente del Settore Lavori Pubblici:

Dott. Ing. Valentino Natali

Responsabile Unico del Procedimento:

Dott. Ing. Valentino Natali

Progettista:



THESIS ENGINEERING



Prof. Ing. Claudio Comastri

Studio Tecnico di Ingegneria
40037 Sasso Marconi (BO) - via Castello n.7
tel. +39.51.6750312 fax. +39.51.6750370
E-mail: thesis@studiothesis.it



1 PROGETTO

Codice Commessa: 02/11

Committente: Provincia di Ravenna

Opera: Razionalizzazione e messa in sicurezza con eliminazione punti critici
lungo la ex SS306 Casolana- 1°lotto- 2°stralcio

Località: Comune di Riolo Terme (RA)

Progettista: prof. Ing. Claudio Comastri

2 STRUTTURA DOCUMENTO

Pagine numerate: N. 25

Fogli A4: N. 26

Fogli A3: N. 0

Tavole allegate: N. 0

3 REVISIONI DOCUMENTI

Redazione documento: Barbara Barbieri

Controllo documento: Claudio Comastri

Approvazione documento: Claudio Comastri

Revisione: 1^emissione

Emissione: 05/12/2011

Autorizzazione alla trasmissione: prof. ing. Claudio Comastri

4 INDIRIZZO DI TRASMISSIONE

Provincia di Ravenna, Piazza dei Caduti per la Libertà 2/4, 48121 Ravenna.

Responsabile del procedimento: ing. Valentino Natali

Copie: n.1 cartacea + n.1 formato digitale

Data di trasmissione: 05/12/2011

Trasmissione: Direttamente a mano



5 INDICE

1	PROGETTO	1
2	STRUTTURA DOCUMENTO	1
3	REVISIONI DOCUMENTI.....	1
4	INDIRIZZO DI TRASMISSIONE	1
5	INDICE	2
6	GENERALITA'.....	3
6.1	PREMESSA	3
6.2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	4
6.3	DESCRIZIONE DELLE OPERE IDRAULICHE	5
6.4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
7	ANALISI IDROLOGICA	8
7.1	AMBIENTE IDRICO	8
7.2	INFRASTRUTTURE PRESENTI	9
7.3	DEFINIZIONE DEI BACINI.....	10
7.3.1	<i>DETERMINAZIONE DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE</i>	11
7.4	DATI PLUVIOMETRICI.....	13
7.5	ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI.....	15
7.6	VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO	16
8	VERIFICHE IDRAULICHE.....	18
8.1	VERIFICA DEL RIO CA' BRETE	18
8.2	VERIFICA DEL RIO DEL COCCO	19
8.3	VERIFICA DELLE CUNETTE DI PIATTAFORMA	20
8.4	VERIFICA DEI FOSSI DI GUARDIA	24
9	CONCLUSIONI.....	25



6 GENERALITA'

6.1 PREMESSA

La presente relazione tecnica illustra e risolve le principali interferenze idrauliche incontrate nella progettazione dell'adeguamento e della messa in sicurezza della S.S. 306 Casolana – tramite più lotti e più stralci.

Tale intervento si annovera tra quelli previsti dall'art. 11 comma c delle “Norme di Piano” del Piano Stralcio per il bacino del Torrente Senio.

La S.S. 306, tra i comuni di Casola Valsenio e Riolo Terme, percorre un territorio collinare sviluppandosi a mezza costa lungo il percorso del Torrente Senio.

L'attuale tracciato della S.S. 306, tra le contrade Ospedale e Violetta, presenta tre punti critici in corrispondenza degli attraversamenti di altrettanti impluvi, con larghezze della piattaforma stradale mediamente intorno ai 6.5 metri ed in alcuni casi inferiori ai 6 metri.

Tali punti critici comportano una notevole riduzione del livello di esercizio della viabilità con un elevato rischio per l'utenza.

Il progetto mira a risolvere tali criticità aumentando il livello di servizio della viabilità nel tratto in oggetto compreso tra le progressive 11+070 e 12+483 della Casolana.

Per quanto riguarda gli approfondimenti trattati nella presente relazione, relativa all'intero 1°lotto, suddiviso in più stralci e come di seguito illustrato, vanno presi in considerazione solo i tratti e le opere ricadenti nel 2° stralcio.

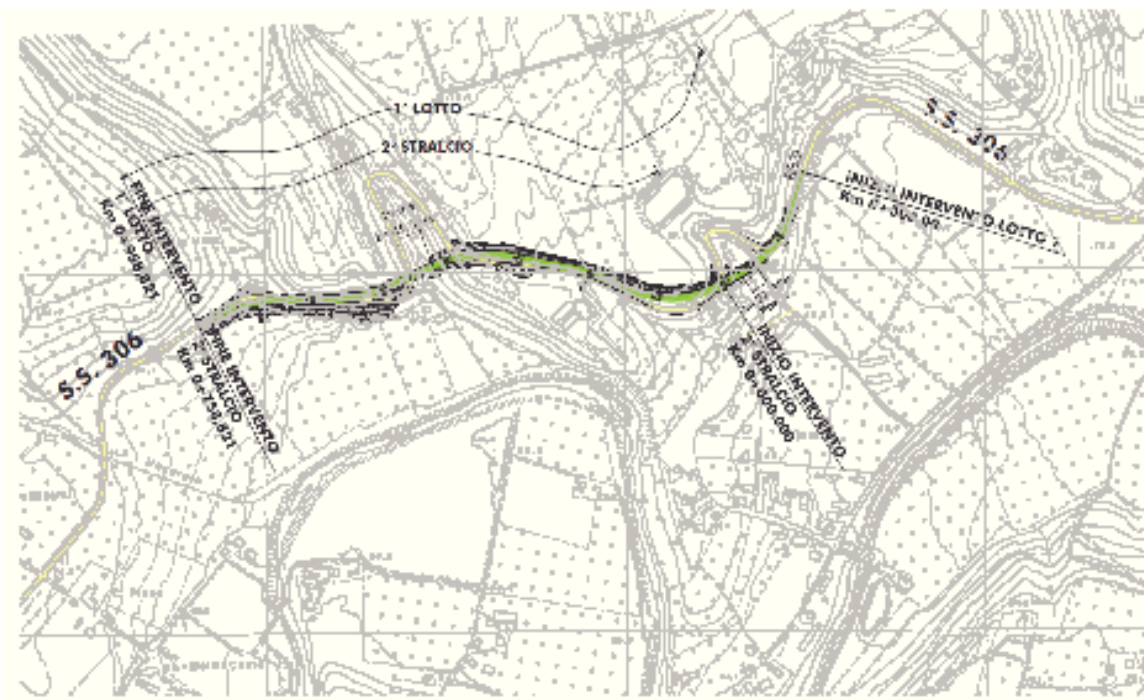


Figura 1: Planimetria di progetto 1 Lotto Stralcio 2

6.2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il tracciato in progetto del 1° lotto, è localizzato in prossimità dell'abitato di Isola, tra la chilometrica 11+070 e la chilometrica 12+483 della viabilità esistente, per uno sviluppo complessivo del nuovo tracciato di 958.821 m ed è suddiviso in più stralci.

Gli interventi previsti nel 2° stralcio consistono, essenzialmente, nell'allargamento del tratto realizzato in affiancamento (deviazione) eseguito nello stralcio uno del primo lotto e la realizzazione del corpo stardale, che procederà sempre in trincea fino alla progressiva 0+600.00, in cui avrà inizio il rilevato di approccio al nuovo ponte di luce 35m (progressive 0+617.00-0+652.00). Dopo il ponte, il tracciato, proseguirà in rilevato, ad esclusione di un breve tratto realizzato in parte in trincea, in corrispondenza della progressiva 0+800.00.

Infine, l'asse rientra progressivamente verso l'asse esistente ricucendosi ad esso dopo l'ultima curva.

I tornanti eliminati si trovano corrispondenza degli impluvi alle progressive di progetto 0+070-0+200 e 0+600-0+650. Gli attraversamenti saranno realizzati mediante ponti a singola campata.

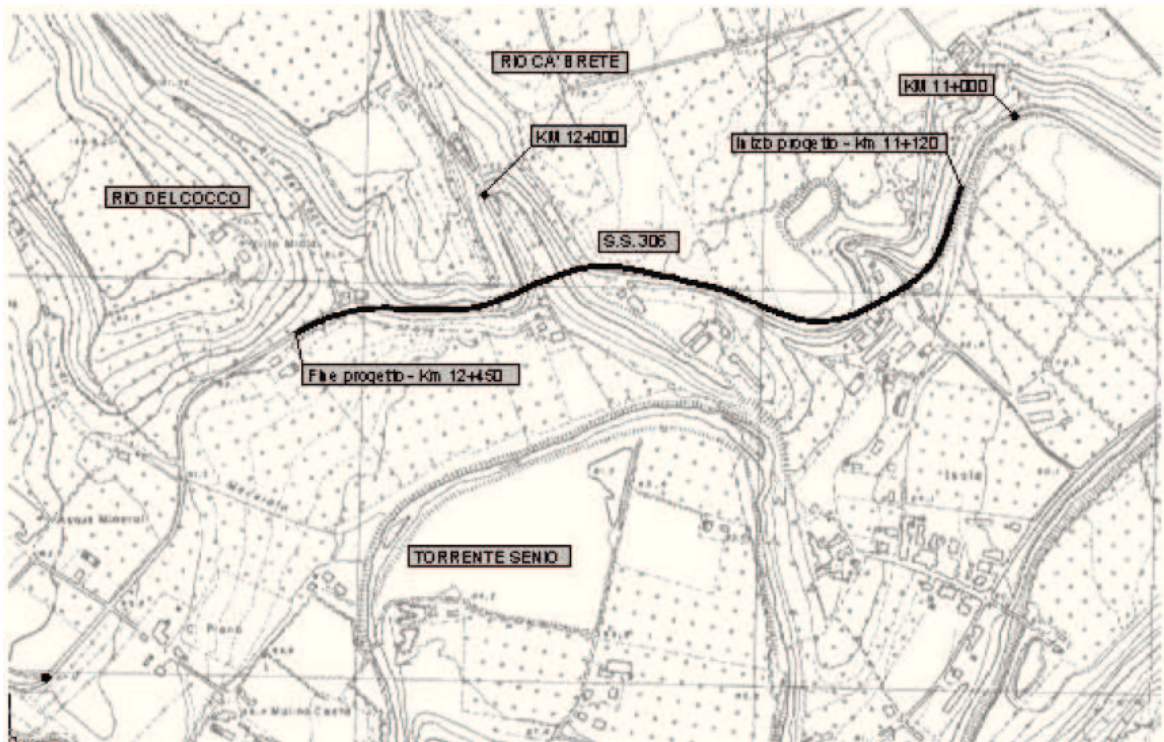


Figura 2: Planimetria asse in progetto

6.3 DESCRIZIONE DELLE OPERE IDRAULICHE

Nel progettare le opere per lo smaltimento delle acque di piattaforma e gli altri interventi volti a risolvere le interferenze idrauliche incontrate nella progettazione dell'adeguamento della viabilità, ci si è rifatto alle direttive emanate dall'Autorità di Bacino del Reno, in particolare alle "Norme di Piano" del Piano stralcio per il Bacino del Torrente Senio.

Tra gli obiettivi del Piano la riduzione del rischio idraulico e il risanamento delle acque superficiali. In quest'ottica il sistema di smaltimento delle acque prevede la separazione tra le acque di piattaforma e quelle bianche scolanti dai rilevati. Le prime verranno convogliate in vasche di prima pioggia con disoleatore e solo dopo confluiranno verso il recapito (art. 28 delle "Norme di Piano" del Piano Stralcio per il bacino del Torrente Senio). Il tracciato di sviluppo per ampi tratti a mezza costa o trincea, ed è caratterizzato da pendenze longitudinali comprese tra il 3% ed il 6%. Tali pendenze consentono un agevole deflusso delle acque di piattaforma che possono defluire direttamente nelle cunette poste a margine della banchina, per scaricarle mediante embrici, pozzetti e collettori, verso le vasche di prima pioggia con disoleatore previste.



Il tracciato intercetta inoltre le acque di scorrimento superficiali che discendono dai crinali sovrastanti. Al fine di regimentare tali portate e proteggere le opere di sostegno ed i rilevati dalla loro azione, si predisporranno in testa ai muri delle cunette in cls di dimensioni 25 x 40cm, mentre in testa ed al piede dei rilevati dei fossi di guardia a sezione trapezia in terra delle dimensioni 50 x 50 e scarpa 1/1 (come da art. 8 Norme di Piano del Piano Stralcio per il bacino del Torrente Senio).

Le acque meteoriche così convogliate saranno recapitate agli impluvi naturali presenti lungo il tracciato, ovvero sversate nel reticolo di scolo esistente nelle campagne limitrofe lato valle, verso l'alveo del Torrente Senio.

Come già accennato, gli impluvi naturali che si incontrano sono tre. I primi due, individuabili alle progressive di progetto 0+150 e 0+630 circa, sono scavalcati con ponti a singola campata di luce netta pari rispettivamente a 22.55m e 34.00m.

Per il terzo impluvio invece si prevede la realizzazione di un tombino circolare Ø1000 in sostituzione del manufatto esistente di analoga tipologia. I tre interventi saranno descritti nel dettaglio in sede di verifica idraulica così come le caratteristiche degli impluvi saranno descritte nell'individuazione dei bacini.



6.4 *NORMATIVA DI RIFERIMENTO*

La risoluzione delle interferenze idrauliche è stata condotta nel rispetto della seguente normativa:

- _ D.L. N. 152 del 11/05/1999: “Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento”
- _ Delib. G.R. 01/03/2000 N. 651 (Regione Emilia Romagna) “Primi indirizzi per l’applicazione del D.L. N.152 del 11/05/1999”
- _ Direttiva Autorità di Bacino del Reno N.2 del 06/12/2002 “Criteri di valutazione della contabilità idrobiologia delle infrastrutture di attraversamento dei corsi d’acqua del Bacino del Reno”
- _ Direttiva Autorità di Bacino del Reno N.6 del 06/12/2002 “Azioni per potenziare l’autodepurazione dei canali di sgrondo e de fossi stradali”
- _ Autorità di Bacino del Reno, 08/06/2001 “Piano Stralcio per il Bacino del Torrente Senio – Norme di Piano”



7 ANALISI IDROLOGICA

7.1 AMBIENTE IDRICO

La rete idrica superficiale nell'area in esame compete all'ambito della unità idrogeologica del Bacino del Torrente Senio che rientra nella provincia di Ravenna.

In particolare l'area di studio è quella compresa tra gli abitati di Borgo Rivola e Riolo Terme.

Il Torrente Senio, lungo il cui corso si sviluppa il tracciato di progetto, è l'ultimo degli affluenti in destra del Fiume Reno. Il corso d'acqua si forma nella parte toscana del bacino sul crinale appenninico nell'area del Monte Carzolano (1187 m s.l.m.) dalla confluenza di alcuni piccoli rii fra cui il Fosso di Campanara e quello dell'Aghezzola nei pressi del paese di Palazzuolo sul Senio (570m s.l.m.) sviluppandosi poi secondo la direttrice est-ovest sino alla confluenza nel fiume Reno, circa 5 km a valle del paese di Alfonsine, dopo un percorso complessivo di circa 92 km.

Ai sensi del T.U. 25 luglio 1904 n.523 il tratto vallivo arginato e' classificato opera idraulica di II categoria (R.D 11/2/1867 n.3598 e R.D. 12/1/1868 n.4184 ripresi nel D.M. 6/11/31) dalla località Ponte castello in Comune di Castel Bolognese alla immissione in Reno per una lunghezza complessiva di 41 km. Il tratto a monte dell'inizio delle opere idrauliche di II categoria non è classificato.

Come gli altri affluenti del Reno il torrente Senio si caratterizza per avere una parte montana e pedecollinare che costituisce il bacino imbrifero vero e proprio e da una parte valliva artificiale completamente arginata di trasferimento delle acque al ricettore principale costituito dal fiume Reno.

L'asta principale di Senio che nel tratto montano inizia sostanzialmente all'altezza dell'abitato di Palazzuolo sul Senio presenta il tipico andamento di corso di fondo valle con insediamenti abitativi che, posti su pendici di discreta pendenza, solo marginalmente sono lambiti dal corso d'acqua.

All'altezza dell'abitato di Riolo Terme, a circa 28 km da Palazzuolo, la vallata inizia ad aprirsi costituendo fino a Castel Bolognese il tratto di congiunzione tra la parte più precisamente montana e quella valliva.

Il primo centro abitato che partendo da monte si incontra è Palazzuolo sul Senio (abitanti nel bacino n.1268, distanza dalla chiusura bacino Km 50 circa) sviluppatosi nella piana formatasi alla confluenza dei rii Visano, Mantigno, Lozzole, Campanara ed Aghezzola.



I principali centri abitati successivi si sviluppano tutti in sinistra idraulica del Senio e sono posti in posizione “alta” rispetto alla quota dell’alveo.

Nel tratto tra Palazzuolo ed il successivo significativo centro abitato di Casola ValSenio (abitanti nel bacino n.2930, abitanti nel centro abitato 1750, distanza dalla chiusura bacino Km 34 circa) il corso del Senio si sviluppa naturalmente su un fondo valle di limitate dimensioni trasversali. Tale circostanza, insieme alla particolare pendenza delle pendici non ha consentito una occupazione significativa delle aree limitrofe al corso d’acqua.

Nel tratto tra Casola e Riolo terme (abitanti nel bacino n.5013, abitanti nel centro abitato 3473 altezza 90 m s.l.m, distanza dalla chiusura bacino Km 18 circa) la situazione è analoga con l’accentuazione della ridottissima antropizzazione tenuto conto che il versante sinistro del corso si presenta praticamente verticale con altezze superiori ai 20 metri.

A valle di Riolo Terme il Senio scorre ancora incassato sul piano campagna ma non è più costretto nel suo corso da pendici ad elevata pendenza; inizia a manifestarsi il fenomeno della meandrizzazione presente fino alla chiusura del bacino montano all’altezza del centro abitato di Castel Bolognese (abitanti nel bacino n.7891, abitanti nel centro abitato 5973, altezza 30 circa m s.l.m). In tale zona fino a Castel Bolognese sono presenti arginelli di contenimento, che peraltro in alcuni punti raggiungono i 4-5 metri sul piano campagna, realizzati nel periodo dagli anni ’50 alla fine degli anni ’60.

E’ da rilevare che il bacino montano si chiude nel territorio del comune di Castel Bolognese ma il centro abitato del paese non è da considerare all’interno del bacino montano.

7.2 INFRASTRUTTURE PRESENTI

Il territorio montano non è interessato da tratti di rete autostradale o ferroviaria. La rete viaria principale è data dalla S.S. n.306 Casolana che si dirama dalla S.S n.9, Via Emilia, all’altezza di Castel Bolognese e risale tutta la valle del Senio attraversando i paesi di Riolo Terme, Casola ValSenio e Palazzuolo sul Senio.

La statale attraversa il Senio otto volte con ponti notevolmente alti sull’alveo ed in assoluta sicurezza, sotto il profilo della officiosità idraulica, nei confronti di eventi di piena.

Nel primo tratto fino al confine del comune di Riolo Terme la strada corre in sinistra al Senio ed è nettamente scostata da questo; in tutto il tratto successivo la strada si sviluppa a



quote alte rispetto all'alveo del Senio attraversandolo 2 volte in comune di Riolo Terme, 6 volte in comune di Casola ValSenio e nessuna in comune di Palazzuolo sul Senio.

In particolare il tratto della S.S. 306 oggetto degli interventi di cui al presente progetto, data la sua quota altimetrica, sia del tracciato che delle opere civili previste, rispetto alla quota dell'alveo del Torrente Senio, si può ritenere escluso da eventuali interessamenti ad eventi di piena del Torrente stesso.

7.3 DEFINIZIONE DEI BACINI

Per il dimensionamento idraulico delle opere si è proceduto all'individuazione dei bacini scolanti nelle sezioni di chiusura e quindi di verifica. Per sezioni di chiusura si è inteso generalizzare comprendendo tanto gli attraversamenti degli impluvi quanto i punti di recapito dei fossi e delle cunette.

Per quanto sopra si individuano 4 bacini scolanti sottesi dalle opere idrauliche di progetto.

Il primo bacino definito come "Galieterna" è un'area scolante nel fosso di guardia di testa del muro di controripa in sinistra (tra le sezioni di progetto 1 e 6). Si tratta di un'area molto scoscesa ricoperta di vegetazione e pertanto con un basso coefficiente di deflusso. Tale area resta delimitata ad est dal tracciato della S.S. 306 e ad ovest dalla viabilità locale che porta verso C. da Casino. La superficie stimata per tale bacino è pari a 0,80 ha.

Il secondo bacino, definito "Villa Lombardo", è anch'esso un'area scolante nelle opere di presidio alla testa delle trincee (tra le sezioni di progetto 9 e 24).

Sebbene l'orografia della zona è caratterizzata da un impluvio, questo non individua alcun corso d'acqua di rilevante importanza a causa della limitata estensione del bacino scolante. I versanti che degradavano in tale conca venivano intercettati dal vecchio percorso della S.S. 306. L'area di tale bacino si stima in circa 32,40 ha.

L'intervento di progetto prevede lo scavalco dell'incisione con un ponte a singola campata della luce netta di 22,55m. e altezza netta al di sopra del piano di campagna di 5,10m.

Il terzo bacino è quello individuato dal Piano di Bacino come Rio Ca' Brete, di superficie pari a 32,00 ha, lunghezza dell'asta principale di 1,37km e pendenza media del 13%. I versanti del bacino sono scarsamente antropizzati e ricoperti da abbondante vegetazione spontanea. Si prevede l'attraversamento dell'incisione con un ponte a singola campata della luce netta di 34,00m e altezza netta al di sopra del piano di campagna di 4,60m.



Il quarto bacino è rappresentato, come il primo, da una piccola porzione di versante che scola nel fosso di guardia in testa al muro di controripa in sinistra, tra le sezioni 28 e 34 di progetto. L'area di tale versante si stima in circa 1,40 ha.

Il quinto ed ultimo bacino individuato è quello del Rio del Cocco, il più importante tra quelli interferiti dall'intervento di progetto. Il bacino del Rio del Cocco, individuato come tributario in sinistra del Torrente Senio dal Piano di Bacino, ha una superficie di 82,00ha, lunghezza dell'asta principale di 1,83km e pendenza media dell'11%. Anche per questo bacino non si riscontrano importanti interventi umani e si individua per i versanti del bacino un modesto coefficiente di deflusso.

In questo tratto il percorso di progetto si riporta su quello della vecchia sede della S.S. 306, pertanto non si prevedono rilevanti variazioni plano- altimetriche. Ciò ha portato alla progettazione dello scavalco con un tombino circolare Ø1000, in analogia all'opera attualmente presente.

Tanto per il secondo quanto per il terzo bacino, lo scavalco con ponti è legato ad esigenze plano-altimetriche del tracciato più che ad esigenze di verifica idraulica degli impluvi.

7.3.1 DETERMINAZIONE DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE

Sulla scorta delle informazioni sopra esposte si può procedere al calcolo dei tempi di corrivazione dei bacini imbriferi, necessari ad una corretta stima delle portate defluenti. A tal fine si è individuata per ciascuno di essi l'altezza media con la seguente formula:

$$hm = (\sum hi * Ai) / A$$

dove Ai rappresentano le porzioni di superficie del bacino ubicate alla quota hi. Tale valore sarà necessario alla determinazione del tempo di corrivazione del bacino.

La pendenza media del bacino si ottiene in relazione alla lunghezza media delle curve di livello del bacino ed alla loro equidistanza, secondo la seguente formula:

$$im = (e \sum li) / A$$



Dove li rappresenta la lunghezza delle curve di livello medie competenti a ciascuna quota, ed e rappresenta l'equidistanza altimetrica tra le curve.

Si procede pertanto al calcolo del tempo di corrivazione dei bacini del Rio del Cocco e del Rio Cà Brete, adottando la formula del Giandotti:

$$tc = (4\sqrt{S} + 1.5L)/(0.8\sqrt{D})$$

dove:

tc = tempo di corrivazione [ore];

L = lunghezza dell'asta principale del bacino [km]

S = area del bacino [kmq];

D = differenza tra quota media e quota minima [m].

Dalla suddetta formula si ottiene per i due bacini:

Valutazione del tempo di corrivazione con la Formula del Giandotti					
BACINO	S (kmq)	Hm (m)	Hmin (m)	L (km)	tc (h)
Rio Cà Brete	0.32	181	103	1.370	0.61
Rio del Cocco	0.82	171	87	1.830	0.87

Per quanto riguarda le aree drenate dai fossi di guardia della viabilità di progetto si individuano i tempi di corrivazione utilizzando la formula di Kirpich, più adatta per le aree

$$tc = 0.95 * (L^{1.155} / d^{0.385})$$

dove L è la lunghezza dell'asta principale del bacino espressa in km, Δh è il dislivello espresso in m. Il tempo di corrivazione tc sarà così espresso in ore:

Valutazione del tempo di corrivazione con la Formula di Kirpich				
BACINO	S (kmq)	Δh (m)	L (km)	tc (h)
Area drenata 1	0.008	20	0.12	0.065
Area drenata 2	0.324	30	0.35	0.150
Area drenata 3	0.014	8	0.10	0.062



7.4 DATI PLUVIOMETRICI

L'analisi idrologica deve tener presenti due diverse esigenze: le verifiche degli impluvi naturali che vengono sovrapassati dalla viabilità di progetto, e le verifiche delle opere di protezione idraulica e smaltimento acque della piattaforma stradale. Sarà pertanto necessario distinguere tra eventi di durata inferiore all'ora per le verifiche di fossi di guardia e cunette, e eventi di durata più lunga per la verifica idraulica degli attraversamenti.

I valori di massima piena necessari per le verifiche idrauliche di cui sopra sono stati determinati mediante dall'analisi statistica dei dati delle precipitazioni di massima intensità e breve durata registrata al pluviografo di Bologna U. I.

Nella tabella 3 sono riportati i valori delle precipitazioni per durate inferiori all'ora, nella tabella 4 sono riportati i valori delle precipitazioni per durate maggiori all'ora. Nel presente lavoro si è determinata una curva di probabilità pluviometrica elaborando i dati relativi alle precipitazioni inferiori alle 6 ore, ed un'altra curva di p.p. elaborando soltanto i dati relativi a durate superiori all'ora.

TABELLA 3

Precipitazioni di massima intensità e breve durata registrate al pluviografo di Bologna U.I.

Anno	0.25h	0.50h	Anno	0.25h	0.50h
1937	12.0		1982		32.0
1939	18.8		1984	19.0	24.2
1941	14.2		1986		17.4
1953	21.0		1987		12.6
1958	12.8		1988	13.8	20.6
1960		25.0	1989		19.8
1961	14.0	30.0	1990	16.6	19.0
1963	17.4	16.0	1991	11.4	17.4
1964		21.8	1992	14.4	19.6
1966	18.4	19.4	1993	8.8	16.4
1967	12.2		1994	9.4	17.0
1968	16.6		1995	14.4	19.6
1972	13.4		1996	9.8	16.2
1973	17.2	15.0	1997	11.0	12.2



1974		32.0	1998	11.4	13.4
1976	12.2	13.6	1999	12.8	17.6
1977		19.8	2000	13.4	17.2

TABELLA 4

Precipitazioni di massima intensità e breve durata registrate al pluviografo di Bologna U.I.

Anno	1h	3h	6h	12h	24h
1975	22.0	32.0	53.0	68.0	101.6
1976	15.6	23.4	26.8	40.8	54.0
1977	22.8	40.4	43.4	48.0	78.8
1978	18.6	19.0	23.4	33.2	48.8
1979	27.8	30.0	43.6	71.4	86.0
1980	10.4	27.0	29.4	38.8	58.6
1981	25.0	33.4	33.4	59.0	80.8
1982	44.0	64.8	64.8	65.6	71.0
1983	27.0	74.0	79.8	79.8	86.6
1984	40.0	58.8	58.8	60.2	62.2
1985	22.6	26.6	28.4	40.6	50.6
1986	24.0	48.0	62.0	92.4	102.6
1987	14.0	20.2	32.0	54.2	62.4
1988	23.2	27.8	28.2	29.8	31.8
1989	25.0	43.6	54.4	80.2	98.8
1990	34.0	73.2	99.0	119.0	134.6
1991	26.8	29.0	37.6	59.2	85.0
1992	27.2	38.8	39.6	49.0	68.4
1993	29.8	42.0	42.6	42.6	51.4
1994	23.4	33.6	47.6	54.8	88.8
1995	28.6	48.4	70.4	89.2	119.8
1996	26.0	43.6	49.4	58.8	91.6
1997	14.8	24.6	31.8	35.4	49.8
1998	17.8	25.4	35.2	39.4	39.4
1999	22.8	31.2	38.6	45.4	51.4
2000	26.4	37.4	37.4	37.4	37.4



7.5 ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI

Per determinare le portate di progetto si fa riferimento a metodi che si basano sul regime delle precipitazioni; tale regime è descritto dalla curva di probabilità pluviometrica che stabilisce una relazione tra la durata di un evento pluviometrico con un prefissato tempo di ritorno e la relativa altezza di pioggia mediante l'espressione:

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

dove a e n sono i parametri da determinare.

L'analisi dei dati di pioggia viene elaborata nell'ipotesi che la distribuzione di probabilità che ben si adatta alle serie sia quella di Gumbel, secondo l'espressione:

$$P(x) = e^{-e^{\alpha(x-u)}}$$

dove $P(x)$ è la probabilità di non superamento funzione della variabile x , che in questo caso è l'altezza di pioggia h ; la legge di Gumbel può essere posta anche nella forma:

$$x = u - \frac{1}{\alpha} \left(\ln \left(-\ln \left(\frac{Tr - 1}{Tr} \right) \right) \right)$$

dove Tr è il tempo di ritorno corrispondente alla probabilità P , mentre α ed u sono i parametri della distribuzione della probabilità, che si valutano mediante il metodo dei momenti con le seguenti espressioni, in cui xm e s rappresentano la media e lo scarto quadratico medio della serie di dati.

$$\alpha = \frac{1.283}{s} \qquad u = xm - 0.45 \cdot s$$

Nel caso specifico i parametri della distribuzione di probabilità a ed u sono stati determinati per un tempo di ritorno pari a 100 anni.

Stimati i parametri a e u con il metodo dei momenti, si sono calcolate le altezze di pioggia secondo la distribuzione di Gumbel per il tempo di ritorno di 100 anni per ogni intervallo temporale considerato.



Mediante questi valori di altezza di pioggia utilizzando il metodo dei minimi quadrati si sono calcolati i valori dei parametri a e n delle curve di probabilità pluviometrica $h = a \cdot t^n$. Le elaborazioni ed i relativi risultati sono sintetizzati nelle seguenti tabelle 5 e 6, distinguendo tra eventi di durata inferiore all'ora ed eventi di durata superiore, per diversi tempi di ritorno.

Tempo di ritorno	a (mm/h)	n
200	56.75	0.360
100	52.12	0.357
50	47.47	0.354
20	41.27	0.351

Tab. 5 – Parametri delle curve di probabilità pluviometrica per eventi di durata $t > 1h$.

Tempo di ritorno	a (mm/h)	n
100	48.01	0.453
50	43.94	0.357
20	38.50	0.439
10	34.29	0.425

Tab. 6 – Parametri delle curve di probabilità pluviometrica per eventi di durata $t < 1h$.

7.6 VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO

Per quanto esposto sopra sarà possibile determinare le portate di progetto con le quali condurre le verifiche idrauliche degli interventi.

Si utilizzerà il metodo razionale avvalendosi della formula del Giandotti indicata per i piccoli bacini.

$$Q_{\max} = C * \frac{277 \gamma \varphi S h c}{\lambda t c}$$

dove:

Q_{\max} = portata di massima piena in mc/sec;

C = coefficiente di deflusso;

S = area del bacino in km²;

hc = altezza critica di pioggia in metri;



t_c = tempo di corrivazione.

g, j e l = costanti funzione dell'area del bacino considerato.

Per le costanti g, j e l , si assumeranno rispettivamente i valori 10, 0.5 e 4.

Nella seguente tabella si riassumono i calcoli ed i valori ottenuti per le portate di verifica per i vari tempi di ritorno, 100, 50, 20 anni.

Valutazione delle portate di piena con il metodo del Giandotti														
BACINO	S	t_c	C	hc200	hc100	hc50	hc20	γ	ϕ	λ	Qmax200-100-50-20			
Rio Brete	0.32	0.61	0.2	0.04753	0.04372	0.03988	0.003472	8	0.5	4	1.379	1.268	1.157	1.007
Rio del Cocco	0.82	0.87	0.2	0.05394	0.04956	0.04516	0.003928	8	0.5	4	2.822	2.593	2.362	2.055

Tab. 7 – Portate di progetto per i bacini individuati ($t > 1h$).

Valutazione delle portate di piena con il metodo del Giandotti														
BACINO	S	t_c	C	hc100	hc50	hc20	hc10	γ	ϕ	λ	Qma100-50-20-10			
Area drenata 1	0.008	0.13	0.4	0.01860	0.01734	0.01564	0.01433	10	0.5	4	0.160	0.150	0.135	0.124
Area drenata 2	0.324	0.65	0.2	0.03936	0.03616	0.03187	0.02856	8	0.5	4	1.086	0.998	0.880	0.788
Area drenata 3	0.014	0.32	0.2	0.02828	0.02615	0.02328	0.02107	8	0.5	4	0.069	0.064	0.057	0.051

Tab. 8 – Portate di progetto per le aree drenate dai fossi ($t < 1h$).

Per la verifica della sezione idraulica del Rio Cà Brete e del Rio del Cocco in corrispondenza degli attraversamenti di progetto si utilizzerà il valore di portata per $Tr=200$ anni, mentre per le verifiche delle opere idrauliche a protezione della sede stradale di progetto si utilizzeranno i valori per $Tr=20$ anni.

La verifica delle cunette di piattaforma sarà condotta utilizzando la curva per tempo di ritorno $Tr=10$ anni.



8 VERIFICHE IDRAULICHE

8.1 VERIFICA DEL RIO CA' BRETE

Per la verifica della sezione idraulica del Rio Cà Brete in corrispondenza del ponte di progetto, si ipotizzerà il deflusso in condizioni di moto uniforme. Tale assunzione, seppure di larga approssimazione, si ritiene valida essendo le pendenze del tratto tali da poter assumere di avere una corrente veloce e quindi con altezza inferiore all'altezza critica.

L'opera di scavalco in progetto è composta da una ponte a singola campata di luce netta tra le spalle dello scatolare pari a 34.00 ed luce libera rispetto al piano di scorrimento delle acque pari a 4.80m. Le spalle saranno realizzate su pali.

Attualmente l'alveo si presenta non regimentato e ricoperto da una fitta vegetazione. Immediatamente a valle dell'opera di progetto si trovano alcuni fabbricati il cui ingombro ricade all'interno della luce del ponte e che pertanto riducono la sezione di deflusso dell'impluvio.

La geometria del fosso esistente viene assimilata ad una sezione trapezoidale con base pari a 2,00m e profondità pari a 1.50m, la pendenza delle sponde è pari a 0.62 [m/m]. Nel tratto in corrispondenza dell'attraversamento si può rilevare una pendenza media dell'alveo pari al 12.8%, mentre si assumerà un coefficiente di scabrezza K_s di Strickler pari a 20, valido per torrenti di montagna.

Nella seguente tabella si espongono i dati di calcolo con la scala di deflusso della sezione di progetto in funzione del grado di riempimento:

Geometria del Rio Cà Brete	
Base fosso (m)	2.00
Profondità fosso (m)	1.50
B scarpa (m)	0.90
Scabrezza (K_s)	20
Pendenza alveo	0.128
Incl. sponda (m/m)	0.60
A sez. Bagnata	0.004
Perimetro bagnato	2.004
Raggio idraulico	0.002

Scala delle portate defluenti attraverso la sezione di chiusura del Rio Cà Brete							
i (m/m)	k_s	Riemp. (%)	A (mq)	Perim. Bag. (m)	r (m)	Qdef (mc/s)	V(m/s)
0,128	20	50	1,838	3,749	0,490	8,17300	4,45
0,128	20	60	2,286	4,099	0,558	11,08239	4,85



0,128	20	70	2,762	4,449	0,621	14,37811	5,21
0,128	20	80	3,264	4,799	0,680	18,06314	5,53

Tab. 9 – Scala delle portate defluenti attraverso la sezione del Rio Cà Brete.

Come si evince dalla suddetta tabella le portate che effettivamente possono defluire dalla sezione dell'alveo in corrispondenza del ponte di progetto sono di molto superiori alla massima portata attesa per eventi critici con tempo di ritorno di 200 anni.

Per sopra esposto, l'opera di attraversamento in progetto non presenta alcuna criticità idraulica.

8.2 VERIFICA DEL RIO DEL COCCO

Anche per la verifica della sezione idraulica del Rio del Cocco in corrispondenza del ponte di progetto, si ipotizzerà il deflusso in condizioni di moto uniforme. Tale assunzione, seppure di larga approssimazione, si ritiene valida essendo le pendenze del tratto tali da poter assumere di avere una corrente veloce e quindi con altezza inferiore all'altezza critica.

Allo stato attuale l'opera di attraversamento della S.S. 306 è costituita da un tombino. Inoltre, come già precedentemente esposto, l'andamento plano-altimetrico del tracciato è tale da impedire eventuali opere di maggiori dimensioni.

Pertanto si prevede di garantire il deflusso delle acque mediante un tombino circolare Ø1000 in sostituzione di quello esistente. La realizzazione potrà essere eseguita per fasi essendo prevista, in corrispondenza dell'impluvio, la realizzazione di un allargamento della sede stradale. Ciò consentirà di evitare sia l'interruzione della viabilità che la continuità idraulica dell'alveo.

Al fine di reggimentare le portate defluenti, si prevede la sagomatura del greto del Rio sia a monte che a valle del manufatto. A monte si prevede la disposizione di materassi tipo RENO e gabbionature metalliche con l'obiettivo di stabilizzare la quota di imbocco e incanalare le portate nel tombino. A valle si prevede la sagomatura con rivestimento in cls per un tratto di circa 20m per garantire un più agevole deflusso delle portate nel manufatto prevenendo la formazione di rigurgiti al suo interno. Dalla verifica idraulica della sezione di progetto si evince che questa è compatibile con la portata di progetto con tempo di ritorno 200 anni.



Verifica sezione circolare	
Diametro (m)	1.00
Pendenza (m/m)	0.030
Scabrezza Ks (Strickler)	70
Riempimento (%)	80
Area sezione bagnata (m)	0.675
Perimetro bagnato (m)	2.217
Raggio idraulico (m)	0.304
Q di progetto (mc/s)	3.70

8.3 VERIFICA DELLE CUNETTE DI PIATTAFORMA

L'andamento altimetrico del tracciato presenta un dislivello tra le sezioni 19 e 20 progressiva 0+465 circa. Gli impluvi ai quali si recapiteranno le portate defluenti sulla piattaforma stradale si trovano alle progressive 0+150, incisione in corrispondenza del primo ponte, 0+625 (Rio Cà Brete), e 0+875 (Rio del Cocco). In corrispondenza di ciascun recapito individuato si prevede la realizzazione, a monte dello sbocco nel recettore, di una vasca di prima pioggia con disoleatore per il trattamento delle acque di piattaforma.

Per la verifica dello smaltimento delle acque di piattaforma si assumerà l'altezza di pioggia per un tempo di ritorno di 20 anni. Le cunette in progetto sono del tipo francese con profondità della gola pari a 8cm. Sarà condotta la verifica ipotizzando il deflusso in condizioni di moto uniforme valutando le portate utilizzando il metodo dell'invaso.

$$u = 2520 \frac{n(ka)^{1/n}}{w^{(1/n-1)}} \quad (\text{l/s/ha})$$

con:

K coefficiente di deflusso

a (m/h) parametro della curva p.p.

n parametro adimensionale della curva p.p.

w (mc/mq) volume d'invaso specifico.



In base al metodo dell'invaso si stima il valore del coefficiente udometrico u , che rappresenta il rapporto tra la portata defluente alla sezione di chiusura del tratto e la superficie del bacino sotteso dalla sezione stessa.

Il volume d'invaso specifico è dato dal rapporto tra il volume d'invaso V_{tot} e la superficie del bacino S , dove S è dato dal prodotto dell'ampiezza della piattaforma stradale afferente alla cunetta per la lunghezza del tratto analizzato, mentre il volume V_{tot} è dato dalla somma dei singoli volumi di invaso accumulati nei singoli tratti omogenei del bacino.

La verifica delle cunette tiene conto della loro capacità limite e quindi individua eventualmente il passo delle caditoie ed il diametro del collettore da prevedere sotto la cunetta stessa.

Nella seguente tabella sono riassunti i dati relativi alla verifica delle cunette per la strada in progetto.

Si precisa che l'ordine in cui vengono citate le sezioni nella seconda colonna indica in verso di scorrimento delle acque, e la dicitura in sx e in dx denota come per l'andamento altimetrico dei cigli, nei vari tratti le cunette interne alla curva si faranno carico dello smaltimento dell'acqua dell'intera piattaforma. La portata al recapito si riferisce inoltre all'intera piattaforma stradale e somma i tratti a monte.

Tratto	da sez. a sez.	Lungh. (m)	Pendenza (m/m)	Passo caditoie (m)	Diam. (mm)	Recapito	Portata al recapito (mc/s)
1	6-1 in sx	125	0.054	-	-	Strada esistente	0.028
2	19-9 in dx	250	0.054	-	-	Impluvio km 0+150	0.051
3	19-26 in dx	175	0.060	-	-	Rio Cà Brete	0.032
4	27-34 in dx	175	0.055	-	-	Tratto 5	0.031
5	34-37 in sx	75	0.055	-	-	Rio del Cocco	0.046



In corrispondenza della sezione 9, trasversalmente al ramo del vecchio tracciato della SS 306, si prevede la realizzazione di un collettore Ø400 che ha lo scopo di consentire il deflusso delle acque di piattaforma, defluenti dal tratto 2, verso una cunetta in cls 25x40cm che le convoglierà nella vasca di autodepurazione posta sotto l'impalcato in corrispondenza della sezione 5.

Nel medesimo tratto 2, la continuità idraulica della cunetta in sx, che raccoglie soprattutto portate provenienti dall'esterno della carreggiata, in corrispondenza delle intersezione con alcuni accessi privati, viene garantita dalla realizzazione di griglie carrabili poste longitudinalmente alla banchina.

Il tratto di cunetta denominato 3 sversa le acque di piattaforma in un fosso rivestito in corrispondenza della sezione 25. Tale fosso le convoglia quindi alla vasca di autodepurazione da realizzarsi in corrispondenza della sezione 26.

In corrispondenza della sezione 34, e più esattamente al km 0+836, si prevede la realizzazione di un collettore Ø400 sotto la sede stradale che consentirà alle acque di passare da dx in sx. Tale collettore confluirà, unitamente alle portate del tratto 5, nella vasca di prima pioggia con disoleatore da realizzarsi in freggio al alveo del Rio del Cocco, sezione 36, mediante un sistema di embrici e canalette in cls.

Le suddette vasche avranno dimensioni in pianta di 7.50 x 2.50 m e profondità di 2.50m. Sono state previste in corrispondenza dei punti di recapito sopra elencati e posizionate in modo da non interferire con gli impluvi esistenti ed è composta, essenzialmente, dai seguenti comparti:

- sistema di intercettazione delle acque di prima pioggia con valvola di non ritorno avente lo scopo di separare le prime acque molto inquinate dalle successive diluite che possono essere scaricate direttamente sul suolo;
- lo stoccaggio delle acque di prima pioggia avente lo scopo di trattare le acque il tempo sufficiente a favorire la separazione delle sostanze sedimentabili;
- il sollevamento a portata costante nell'arco di 24 ore comandato da programmatore;
- il separatore di oli e benzine particolarmente studiato ed equipaggiato per favorire la flottazione delle sostanze leggere e la loro raccolta.

L'evacuazione dei volumi di acqua di prima pioggia avviene, secondo la normativa, in un tempo minimo previsto tra un evento e l'altro di 48 ore. L'inizio della precipitazione e il conseguente riempimento del bacino di sedimentazione, viene rilevato da una apposita



apparecchiatura che, dopo un certo tempo programmabile, mette in funzione la pompa di sollevamento a portata controllata.

Quando nelle vasche di raccolta viene raggiunto il livello massimo, pari al volume scaricato di acque inquinate di "prima pioggia", un particolare dispositivo blocca l'immissione deviando così le successive acque diluite direttamente sul suolo tramite un sistema "tipo subirrigazione".

Il fluido stoccato fino ad un livello tale da non interessare lo strato di sedimentazione, viene evacuato tramite una pompa di sollevamento a portata costante controllata elettronicamente.

Prima dell'immissione nella rete di smaltimento il fluido stoccato viene pretrattato con trattamento di disoleazione con filtri a coalescenza.

I residui della sedimentazione devono essere collettati tramite autospurgo ed avviati a trattamento depurativo o a discariche di materiali tossico-nocivi.

I filtri a coalescenza dovranno essere mantenuti e sostituiti con operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria.

Sarà l'ente preposto per legge ad autorizzare le modalità di raccolta, trattamento ed avviamento a recapito delle acque raccolte dal sistema di drenaggio previsto.

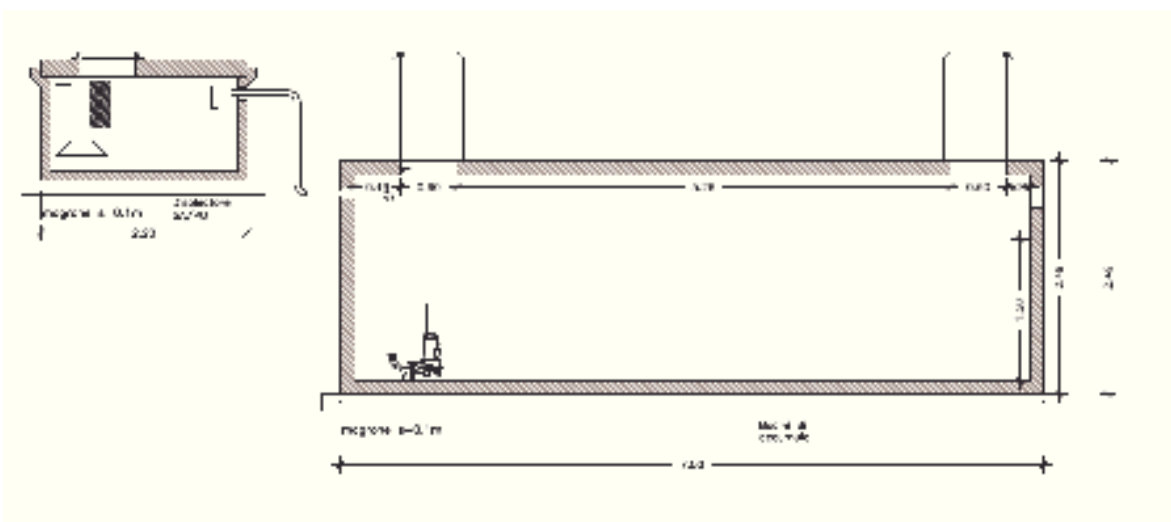


Figura 3: Sezione longitudinale Vasca di prima pioggia



8.4 VERIFICA DEI FOSSI DI GUARDIA

Lungo il tracciato, tra le sezioni, si avrà un tratto in trincea dove si prevede la realizzazione in sinistra di muri di contro-ripa. In testa a tali muri si prevede la predisposizione di fossi di guardia rettangolari in cls di dimensioni 0.27 x 0.40m.

Dove si prevede la realizzazione di scarpate, si predisporranno in testa alle stesse fossi di guardia in terra di base 0,50m e pendenza sponde 1/1.

Sugli elaborati grafici relativi alle sistemazioni idrauliche di piattaforma si riportano i dati relativi al tracciamento dei singoli tratti di fosso di guardia. Nella presente relazione si individuano tre aree scolanti verso il tracciato della SS306 in progetto, e per questi tratti si conducono le verifiche idrauliche dei fossi.

Partendo dai valori delle portate di progetto riassunti nella tabella 8, nella seguente tabella si espongono le verifiche idrauliche:

Area drenata	Tipo fosso	Area bagnata sez.fosso	Perim. bagnato	Scabrezza	Raggio idraulico	Pend.	Portata prog	Portata amm.	Riferimento
-	-	mq	m	-	m	m/m	mc/s	mc/s	-
1	Cunetta rettang.	0.100	1.060	80	0.095	0.054	0.135	0.39	Strada esistente
2	Fosso trapezoido	0.50	1.910	45	0.261	0.060	0.880	2.31	Rio Cà Brete
3	Fosso trapezoido	0.50	1.910	45	0.261	0.050	0.057	2.05	Rio del Cocco

Per chiarezza, l'area drenata 1 afferisce al fosso di testa muro tra e sezioni 5 e 3, l'area 2 al fosso tra le sezioni 24 e 9, l'area 3 al fosso tra le sezioni 28 e 36.

Le portate defluenti dai fossi di guardia potranno recapitarsi direttamente ai recapiti naturali già individuati per le acqua di piattaforma e specificati in tabella 11.



9 CONCLUSIONI

Per l'orografia dell'area e per le caratteristiche delle opere in progetto, non si sono riscontrate problematiche idrauliche di particolare rilievo.

Le principali interferenze idrauliche, costituite dallo scavalco del Rio Cà Brete e del Rio del Cocco, per le portate di progetto individuate, non presentano problemi di rilievo essendo le sezioni sufficienti a garantire il deflusso delle portate di piena con tempi di ritorno superiori ai 200 anni.

Lo smaltimento delle acque di piattaforma è facilmente risolto grazie alla presenza di recapiti naturali in corrispondenza degli impluvi del tracciato, nonché grazie alle importanti pendenze longitudinali che consentono il deflusso delle portate sia in superficie che nei collettori predisposti sotto le cunette.

In osservanza al D.L. 152 del 11/05/99 e alle Norme di Piano relative al bacino del Torrente Senio, sono state previste aree di autodepurazione per le acque di piattaforma che solo successivamente saranno convogliate ai recapiti naturali.

Le acque meteoriche che possono affluire dalle aree esterne verso la piattaforma sono, nei tratti in variante, captate dai fossi di guardia in testa ai muri e recapitate ai suddetti recapiti.