

ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA
E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA
MAXILOTTO 1

PROGETTO ESECUTIVO

CONTRAENTE GENERALE

Val di Chienti
S.C.p.A.

IL RESPONSABILE DEL CONTRAENTE GENERALE

IL PROGETTISTA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO

ATI: TECHNITAL s.p.a. (mandataria)
EGIS STRUCTURES & ENVIRONNEMENT S.A.
SICS s.r.l. Società Italiana Consulenza Strade
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.
SOIL Geologia Geotecnica Opere in sotterraneo Difesa del territorio

INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE *Dott. Ing. M. Raccosta*

IL GEOLOGO
Dott. Geol. F. Ferrari

IL GEOLOGO

IL RESPONSABILE DELLA CONGRUENZA FUNZIONALE
CON IL PROGETTO ESECUTIVO APPROVATO
(ATI: TECHNITAL-EGIS-SOIL-SIS-SICS)

VISTO:IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Vincenzo Lomma

VISTO:IL COORDINATORE DELLA
SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE

LA DIREZIONE LAVORI

SUBLOTTO 1.2: S.S. 77 "VAL DI CHIEN TI" TRONCO PONTELATRAVE – FOLIGNO
TRATTI FOLIGNO-VALMENOTRE E GALLERIA MUCCIA-PONTELATRAVE (inclusa galleria)

RIPRISTINO VIABILITA' SECONDARIA – STRADA 24

STATO DI PROGETTO
RELAZIONE IDROLOGICO IDRAULICA

Codice Unico di Progetto (CUP) **F12C03000050010** (Delibera CIPE 13/2004)

REVISIONE

FOGLIO

SCALA

CODICE ELAB. e FILE	Opera	Lotto	Stato	Settore	WBS	Disciplina	Tipo Doc.	N. Progress.
	L0703	A1	E	P	CA10200	IDR	REL	001

A

-- --

-

D								
C								
B								
A	EMISSIONE				30/04/15	ARCELLI	PELLEGRINI	RASIMELLI
REV.	DESCRIZIONE				DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
								APPROVATO RESP. TECNICO ANAS

INDICE

0	Premessa.....	2
1	Inquadramento.....	2
2	Analisi pluviometrica.....	4
3	Calcolo delle portate	6
4	Descrizione e dimensionamento degli interventi	7

0 Premessa

La presente Relazione Idrologica e Idraulica si pone l'obiettivo di descrivere e dimensionare le opere di sistemazione idraulica che rientrano nel piano di recupero della strada di cantiere n° 24, di accesso al viadotto di progetto Chienti II, situata nel Comune di Muccia (MC). Le prescrizioni tecniche impartite nel Progetto Esecutivo Approvato e le delibere CIPE prevedono che la pista di cantiere venga riportata allo stato "ante operam", a meno di un breve tratto che verrà utilizzato come sedime della strada comunale "Strada delle Ralle", ad uso pedonale.

La pista N° 24 si stacca dalla esistente SS77, in corrispondenza dell'abitato di Muccia, per poi raggiungere l'area nella quale è prevista la realizzazione dei pilastri e delle spalle del viadotto Chienti II. Essa inoltre garantisce l'accesso anche ad un'area di stoccaggio di materiale, denominata S7 (cantiere secondario), che verrà anch'essa rinaturalizzata (non oggetto della presente trattazione).

Lungo il tracciato della pista è presente un guado provvisorio, realizzato affiancando 5 condotte in cls (di cui 2 DN1200 e 3 DN800), che permetteva in fase di cantiere il sovrappasso del Fiume Chienti di Gelagna; questo verrà rimosso e si procederà alla sistemazione dell'alveo mediante riprofilatura e posa di pietrame di idonea pezzatura, al fine di proteggere il fondo alveo che è stato rimaneggiato.

1 Inquadramento

La pista n° 24 si stacca dalla SS77 in corrispondenza della chilometrica 40+150 km, all'ingresso dell'abitato di Muccia, per poi raggiungere l'area di realizzazione dei pilastri del viadotto di progetto "Chienti II"; al termine dell'area di stoccaggio S7, la pista n° 24 attraversa il Fiume Chienti di Gelagna (in corrispondenza della sua progressiva 400 m circa), per poi proseguire mantenendosi sempre in sinistra idraulica del fiume stesso (figura 1). A circa un centinaio di metri a monte del guado (progr. pista 280 - 300 m circa) il percorso campestre pedonale, denominato "Strada delle Ralle", si interseca con la pista oggetto di ripristino, per poi proseguire mantenendosi sempre tra il fiume e la pista stessa. La rinaturalizzazione della strada di cantiere n° 24 è funzione della riqualificazione di tale percorso pedonale.

Il guado realizzato per l'attraversamento del Fiume Chienti di Gelagna è realizzato con 5 condotti in cls affiancati, due DN1200 e tre DN800, per una lunghezza di circa 9 m (figura 2).

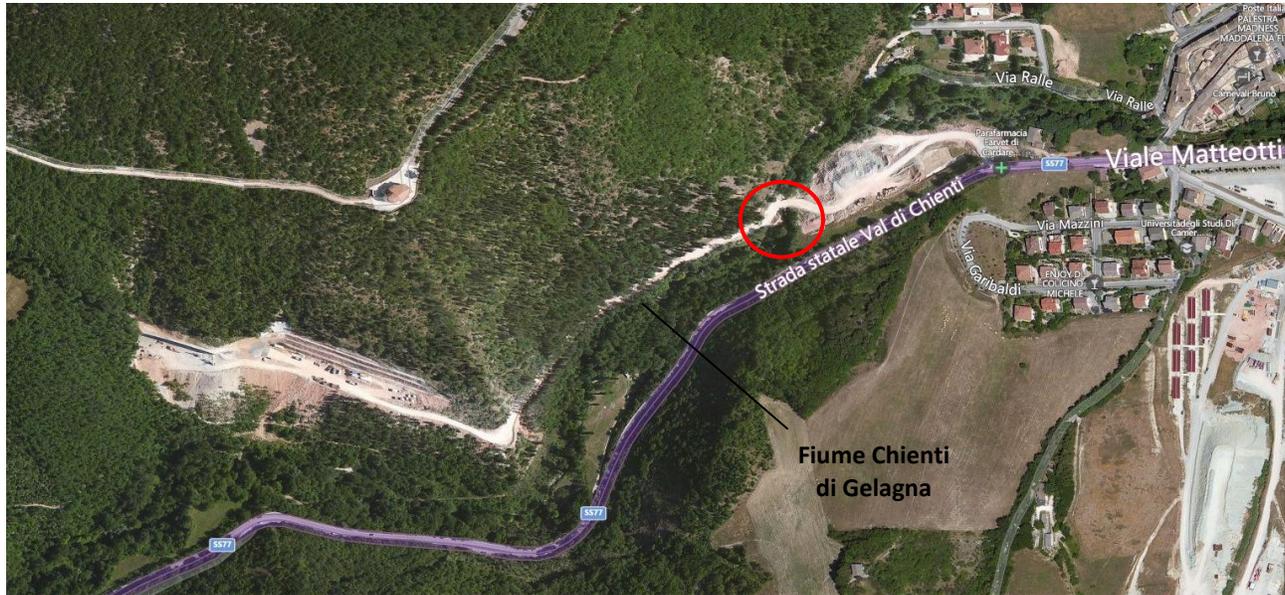


Figura 1: Localizzazione della pista n° 24 su ortofoto, con indicazione del guado oggetto di rimozione (indicato con un cerchio di colore rosso)

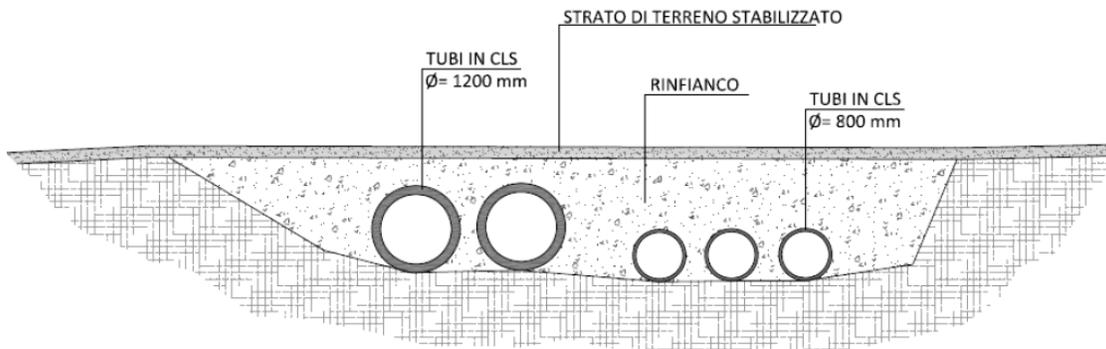


Figura 2: Sezione trasversale del guado esistente

In fase di progettazione esecutiva il Fiume Chienti di Gelagna è stato simulato a monte e a valle del tratto qui oggetto di analisi, mediante l'applicazione di un modello idraulico implementato in HEC-RAS, al fine di verificare gli effetti della presenza delle pile dei viadotti "Chienti I" (circa 2.3 km a monte, all'altezza dell'abitato di Gelagna Bassa) e "Muccia" (circa 3.74 km a valle, all'altezza dell'abitato di Varano). Non risulta invece simulato il tratto di fiume in corrispondenza del viadotto "Chienti II", a ridosso della pista di cantiere oggetto di rinaturalizzazione. In ogni caso le risultanze numeriche delle simulazioni nei tratti a monte e a valle del guado provvisorio verranno di seguito utilizzate per ricavare alcuni dati di input per il dimensionamento delle opere di protezione e difesa idraulica per il tratto di fiume interessato dalla rimozione delle condotte.

2 Analisi pluviometrica

Di seguito si riportano le risultanze dell'analisi pluviometrica volta a determinare la portata di riferimento per il dimensionamento dei dispositivi di difesa idraulica da predisporre in seguito all'eliminazione del guado provvisorio sul Fiume Chienti di Gelagna, in corrispondenza dell'attraversamento della pista n° 24.

Un'accurata conoscenza del regime delle piogge intense costituisce un elemento di fondamentale importanza per un'esauriente definizione delle caratteristiche climatiche del territorio ed è un requisito essenziale per la valutazione del rischio idraulico e idrogeologico dal punto di vista della determinazione della portata al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno. Elemento essenziale dell'analisi del regime delle piogge intense è il riconoscimento, a varie scale territoriali, delle caratteristiche delle precipitazioni intense che costituiscono la causa primaria del formarsi delle piene. Dal momento che, nella maggior parte dei casi, l'interesse verte sui rovesci di pioggia più intensi, è necessario investigare le proprietà dei valori estremi del processo di pioggia. Tale indagine viene normalmente condotta riferendosi ad altezze di pioggia cadute durante prefissati intervalli di tempo (1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive, nonché i massimi da 1 a 5 giorni consecutivi).

L'analisi statistica delle piogge intense stabilisce una relazione, del tutto generale, fra l'altezza di pioggia h , la durata D , e la probabilità di non superamento. Le moderne tecniche di analisi statistica delle grandezze idrologiche consentono di elaborare e di correlare tra loro diversi campioni di dati, provenienti da strumenti di monitoraggio ubicati in zone diverse del territorio, al fine di ottenere una rappresentazione continua ed omogenea del fenomeno indagato all'interno di una regione di territorio.

Una serie di studi orientati a questo obiettivo sono stati realizzati con riferimento al territorio delle regioni Marche ed Umbria, nell'intento di fornire una misura dell'intensità con cui si manifestano i fenomeni idrologici, sia in termini di portate di massima piena che di precipitazioni intense. Gli studi sono stati impostati nel rispetto delle procedure di regionalizzazione raccomandate nel Progetto VAPI, facendo quindi uso del metodo del valore indice. Le elaborazioni sono state condotte a partire dai dati relativi ai fenomeni idrologici osservati nel tempo riportati principalmente negli annali idrologici redatti dal SIMN. In particolare, sul territorio della Regione Marche, ha avuto competenza il

Compartimento di Bologna (SIMN Bologna), mentre sul territorio regionale umbro la competenza è demandata al Compartimento di Roma (SIMN Roma).

Secondo quanto emerso dall'analisi svolta da Franchini e Galeati (1994) in riferimento al compartimento SIMN di Bologna, il territorio della Regione Marche può essere suddiviso in 2 sotto zone omogenee (SZO), una zona costiera (SZO D) ed una zona appenninica (SZO C). Per ciascuna sottozona omogenea, la curva di crescita che determina in maniera univoca la relazione fra periodo di ritorno Tr e valore del coefficiente probabilistico di crescita K_T , può essere espressa in funzione di un set di parametri, determinati in modo tale da approssimare correttamente le serie storiche disponibili all'interno di una stessa sottozona; nel caso dei fenomeni di durata 1÷24 ore si sono osservate notevoli variazioni del fattore probabilistico di crescita K_T al variare della durata di pioggia. L'applicazione del metodo VAPI per la determinazione delle precipitazioni intense costringe quindi alla valutazione di una curva di crescita specifica per ogni durata del fenomeno, a partire dai parametri della distribuzione TCEV.

Gli apporti meteorici che innescano i fenomeni di piena di maggiore entità sono stati valutati partendo dai valori di pioggia cumulata; per diverse durate dei fenomeni e per diverse frequenze di accadimento probabili (Tr), sono stati ricostruiti gli ietogrammi che forniscono l'input del modello matematico, ipotizzando un andamento costante nel tempo dell'intensità di pioggia.

Per quanto riguarda il territorio della Regione Marche, ovvero per il bacino del fiume Chienti, i valori delle altezze cumulate di pioggia sono riportati nella tabella seguente (sottozona SZO C):

Tr		5	10	20	25	50	100	200	500
Kt (SZO C) 1 h		1.351	1.603	1.856	1.937	2.189	2.441	2.694	3.027
D	m(h _d)	<i>Altezza (mm) di pioggia cumulata in funzione di D e di Tr</i>							
0.8	25.4	30.2	36.6	43.7	46.2	54.1	62.2	70.8	82.0
1	27.0	32.1	38.9	46.4	49.1	57.5	66.2	75.3	87.2
1.2	28.4	33.8	40.9	48.8	51.7	60.5	69.6	79.2	91.7
1.5	30.2	35.9	43.5	51.9	55.0	64.3	74.0	84.3	97.6

Tr		5	10	20	25	50	100	200	500
Kt (SZO C) 3 h		1.345	1.593	1.841	1.921	2.169	2.417	2.665	2.993
D	m(h _d)	<i>Altezza (mm) di pioggia cumulata in funzione di D e di Tr</i>							
2	32.7	38.9	47.1	56.2	59.5	69.7	80.1	91.2	105.6
3	36.6	43.5	52.7	62.9	66.6	77.9	89.6	102.1	118.2
4	39.6	47.1	57.0	68.1	72.1	84.4	97.0	110.5	127.9

Tr		5	10	20	25	50	100	200	500
Kt (SZO C) 6 h		1.321	1.552	1.783	1.858	2.089	2.320	2.551	2.856
D	m(h _d)	<i>Altezza (mm) di pioggia cumulata in funzione di D e di Tr</i>							
6	44.3	52.7	63.8	76.2	80.6	94.4	108.6	123.6	143.1
9	49.6	59.0	71.4	85.2	90.2	105.6	121.4	138.3	160.1

Tr		5	10	20	25	50	100	200	500
Kt (SZO C) > 12 h		1.306	1.525	1.745	1.816	2.036	2.256	2.475	2.766
D	m(h _d)	<i>Altezza (mm) di pioggia cumulata in funzione di D e di Tr</i>							
12	53.7	63.9	77.3	92.3	97.7	114.3	131.5	149.7	173.3
24	65.0	77.4	93.6	111.8	118.3	138.5	159.3	181.4	210.0

Tabella 1 – Altezze cumulate di precipitazione per la SZO C

3 Calcolo delle portate

Nell'ambito dello studio idraulico del PEA, il Fiume Chienti di Gelagna è stato studiato approfonditamente, in ragione delle interferenze con i viadotti "Chienti I" (localizzato circa 2.3 km a monte del tratto di fiume qui oggetto di studio, all'altezza dell'abitato di Gelagna Bassa) e "Muccia" (circa 3.7 km a valle del tratto di fiume qui oggetto di studio, all'altezza dell'abitato di Varano), entrambi in progetto.

Partendo dall'analisi delle precipitazioni, secondo le modalità riportate al paragrafo precedente, il Progetto Esecutivo ha proceduto alla determinazione delle portate di riferimento, per tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni; le portate di piena sono state determinate adottando il metodo del Curve Number, riportato nella Relazione Idrologica e Idraulica relativa al subplotto 1.2. Come per altri corsi d'acqua più significativi, per il Fiume Chienti di Gelagna, una volta quantificate le portate massime a partire dall'analisi idrologica, sono state condotte delle simulazioni con modello idraulico, al fine di avere conoscenza del comportamento della corrente in corrispondenza delle interferenze più importanti (tirante, velocità della corrente, ecc.). Tali risultanze, pur riferendosi a tratti localizzati a monte e a valle di quello ove si trova il guado provvisorio, sono comunque utili nella verifica delle opere di sistemazione idraulica da realizzare nel tratto interessato dalla demolizione del guado (risagomatura del fondo alveo e delle sponde e loro rivestimento con pietrame). Per brevità di esposizione si riportano qui i principali risultati delle elaborazioni idrologiche e le risultanze numeriche ottenute dall'applicazione del modello idraulico più significative per la trattazione in oggetto.

Corso d'acqua	Area (km ²)	Regione	Zmax (m s.m.m.)	Zmin (m s.m.m.)	Zmedia (m s.m.m.)	L (km)
Fiume Chienti di Gelagna (Viadotto Chienti I)	88.21	M	1404	540	920	18.40
Fiume Chienti di Gelagna (Viadotto Chienti II)	95.73	M	1404	463	875	20.71
Fiume Chienti di Gelagna (Viadotto Muccia)	104.97	M	1404	422	850	24.41

Tabella 2 - Caratteristiche morfometriche del bacino del Fiume Chienti di Gelagna alla sezione di chiusura dei viadotti "Chienti I" e "Muccia" (PEA)

Per il bacino del fiume Chienti di Gelagna, chiuso in prossimità del viadotto "Chienti II" non sono state condotte simulazioni per mezzo di modello matematico; sono state considerate valide le portate stimate nella sezione di chiusura del viadotto "Muccia", ottenute per un bacino di estensione leggermente superiore, accettando quindi una approssimazione conservativa.

Denominazione	Tc (ore)	CN (-)	IA (mm)	Q50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Fiume Chienti di Gelagna (Viadotto Chienti I)	4.18	40	20	78.7	102.1	129.3	167.8
Fiume Chienti di Gelagna (Viadotto Muccia)	4.69	40	20	78.7	102.1	129.3	167.7

Tabella 3 - Risultati delle elaborazioni idrologiche (PEA)

Osservando i risultati delle simulazioni numeriche condotte per i tratti a monte e a valle di quello di interesse si osserva come per la portata centenaria i tiranti sono variabili tra i 2.5 e i 3.5 m e il regime delle velocità è variabile tra i 2.0 e i 5.5 m/s.

4 Descrizione e dimensionamento degli interventi

L'intervento idraulico in progetto previsto consiste nella demolizione del guado provvisorio sul Fiume Chienti di Gelagna in corrispondenza dell'attraversamento della pista n° 24 e nella sistemazione dell'alveo nel tratto interessato dalla rimozione dei tubi. Allo stato attuale il guado ha una larghezza di circa 9 m, di conseguenza, al fine di garantire la stabilità al fondo e alle sponde del fiume anche a seguito della demolizione di tale opera, la risagomatura e la protezione con pietrame di fondo alveo e sponde verranno realizzate per una lunghezza totale di 15 m.

Il guado da demolire è stato realizzato, come già anticipato, da 5 tubi in cls, affiancati, due del diametro di 1200 mm e tre del diametro di 800 mm. Lungo tutto il tratto compromesso dalle operazioni di rimozione dei tubi, l'alveo del fosso andrà completamente ricostruito e per tale ragione,

in questa sede si prevede una protezione con scogliera in massi calcarei (vedasi elaborato relativo alla sistemazione idraulica di progetto), per una lunghezza totale di 15 m. Dalle verifiche riportate nel seguito è risultato più che sufficiente un diametro medio dei massi pari a 100 cm. Gli spazi interstiziali verranno riempiti con pietrame di più piccola e variegata pezzatura, tale da garantire la stabilità del fondo ed evitare scalzamenti e aggiramenti. L'alveo naturale del Fiume Chienti di Gelagna presenta piane golenali, che non sono state interessate dalla realizzazione del guado; di conseguenza, considerati anche i massimi tiranti prevedibili in caso di piena centenaria si è optato per rivestire l'alveo centrale e le sponde inclinate, sino ad un'altezza dal fondo pari a 3 m; il rivestimento non interesserà invece le piane golenali (vedasi elaborato grafico riportante la sistemazione prevista per la zona interessata dalla demolizione del guado e le sezioni trasversali previste nel caso di presenza o meno di piana golenale). La sezione trasversale di progetto avrà pendenza delle sponde pari a 2/3 (figura 3), al fine di garantire la massima stabilità, e verrà raccordata all'alveo naturale a monte e a valle del tratto rivestito. La pendenza media del fondo alveo, assunta per le verifiche, è pari al 2.2%.

Di seguito si riportano i calcoli eseguiti per il dimensionamento dei massi impiegati nella scogliera di protezione dell'alveo per il tratto interessato dalla rimozione del guado.

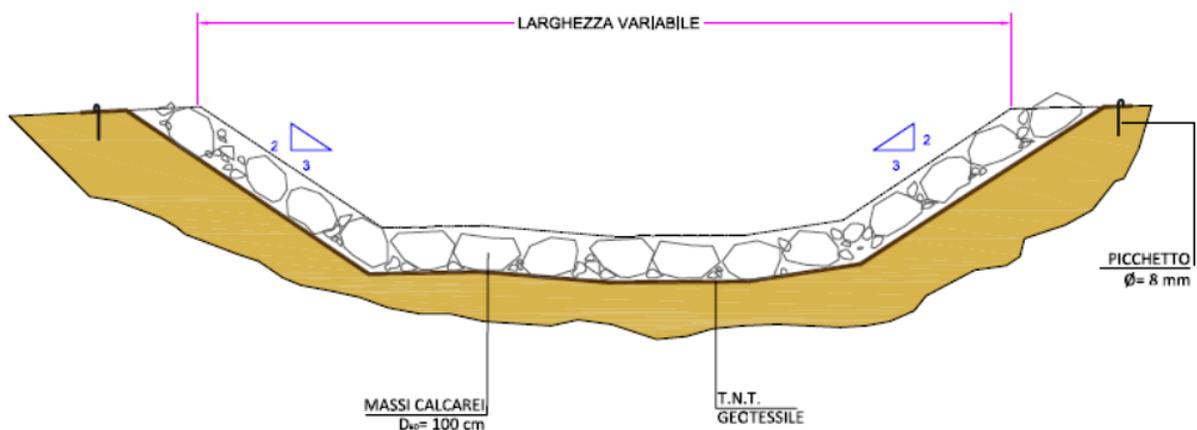


Figura 3: Sistemazione a scogliera nei tratti di fiume interessati dalla rimozione del guado

Per la verifica della scogliera è stata utilizzata la teoria di Shields, che si basa sulla teoria delle condizioni di moto incipiente del materiale investito dalla corrente sul fondo e sulle sponde; il moto del materiale di diametro minore o uguale a d ha origine quando la tensione tangenziale τ 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:

$$\tau_0 = \xi \cdot \gamma_w \cdot y_0 \cdot i \quad (1)$$

dove γ_w è il peso specifico del fluido (pari ad 1 t/m³), i la pendenza di fondo, y_0 l'altezza idrica nella sezione e ξ è un coefficiente che tiene conto della distribuzione delle τ sul fondo e sulle sponde; esso viene assunto cautelativamente pari ad 1 in corrispondenza del fondo e 0.75 in corrispondenza delle sponde, secondo le indicazioni usualmente riportate in letteratura tecnica.

A favore di sicurezza, il calcolo delle tensioni tangenziali dovute alla corrente è stato svolto considerando come tirante massimo in alveo un valore intermedio tra quelli osservati dai risultati delle simulazioni condotte con HEC-RAS per i due tratti a monte e a valle di quello oggetto di studio per un evento di piena con tempo di ritorno $T_r = 100$ anni; tale tirante massimo è stato assunto pari a 3.0 m.

Nella tabella seguente si riportano i risultati delle tensioni tangenziali massime ricavate mediante l'applicazione della (1), al fondo e lungo la sponda, per il guado oggetto di demolizione:

	Pendenza (i)	Battente idrico y_0 (m)	τ_0 (N/mq)
Fiume Chienti di Gelagna (fondo)	0.022	3.00	660
Fiume Chienti di Gelagna (sponda)	0.022	3.00	495

Tabella 4 - Calcolo delle tensioni tangenziali massime esercitate dalla corrente

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 granulo di diametro medio d_m con peso specifico γ_s (2.67 t/mc) in assenza di coesione ed in regime turbolento, ha la seguente espressione:

$$\tau_{cr}(\alpha) = \left(\cos(\alpha) \cdot \sqrt{1 - \frac{tg^2(\alpha)}{tg^2(\varphi)}} \right) \cdot (0,06 \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m) \quad (2)$$

dove α è l'inclinazione della sponda (pari a 2/3 come imposta da risagomatura), mentre per il fondo si assume α pari a zero e ϕ l'angolo di attrito del materiale (da letteratura si assume un angolo di 50° per il calcare sano privo di giunti e fessurazioni); dm (diametro medio dei massi da scogliera) è pari a 100cm.

Se α è pari a zero (fondo alveo) la precedente si riduce a:

$$\tau_{cr}(\alpha) = (0,06 \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m) \quad (3)$$

Di seguito si riporta il confronto tra le tensioni esercitate dalla corrente e quelle critiche, sia per il fondo alveo che per le sponde.

	τ_0 (N/mq)	τ_{cr} (N/mq)	Fs
Fiume Chienti di Gelagna (fondo)	660	1002	1.52
Fiume Chienti di Gelagna (sponda)	495	610	1.23

Tabella 5 - Fattori di sicurezza per diametro medio scogliere $dm = 1.00$ m

Dal confronto di τ_0 con τ_{cr} risulta che il moto incipiente di una scogliera di massi di diametro medio $dm = 1.00$ m caratterizzato dal valore τ_{cr} delle tensioni tangenziali è superiore al valore massimo τ_0 di tensione tangenziale che si può instaurare per $Tr=100$ anni.

Il loro rapporto consente di ottenere un valore del fattore di sicurezza Fs pari a:

$$Fs = 1002/660 = 1.52 > 1.2$$

$$Fs = 610/495 = 1.23 > 1.2$$

Come da nota "Sistemazione finale aree e piste di cantiere. Interventi di ripristino attraversamenti idraulici (guadi)" della Provincia di Macerata, Settore 8 Genio Civile, del 27/03/2015 dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- Il materiale derivante dalla demolizione dei guadi dovrà essere allontanato dall'alveo fluviale;
- L'alveo dovrà essere ripristinato garantendo il mantenimento delle sezioni di corso d'acqua presenti a monte ed a valle riprofilando le scarpate fluviali secondo le

pendenze che garantiscano stabilità in ragione delle caratteristiche meccaniche dei terreni presenti;

- Il materiale collocato sulle sponde per i ripristini e le sponde nella configurazione finale assegnata dovranno essere idoneamente compattate al fine di migliorare le prestazioni in termini di resistenza dell'azione della corrente;
- Nei tratti interessati direttamente dagli attraversamenti ed in quelli a monte ed a valle in cui siano evidenti erosioni spondali dovranno essere realizzate difese spondali a rivestimento delle scarpate mediante la posa in opera di massi calcarei di idonea pezzatura e comunque di diametro non inferiore a D_{70} e peso non inferiore a 10 q.li anche reperiti in alveo;
- Dovranno essere rimossi dall'alveo tutti quegli elementi inerti, legnosi o di altra natura, compresi quelli catalogabili come rifiuti, che ostacolano il regolare deflusso delle acque;
- Le sponde e le ripe dovranno essere rinaturate mediante la messa a dimora di piante autoctone secondo il transetto rinvenibile sul posto per i tratti non alterati e nel rispetto delle attitudini specifiche delle singole specie con riferimento all'ambiente in modo da favorirne l'attecchimento. Preferibilmente dovranno essere utilizzate talee ed astoni rinvenuti nelle vicinanze;
- In prossimità dei guadi, dovranno essere tagliate le alberature presenti in alveo che ostacolano il regolare deflusso delle acque;
- Dovranno essere comunicate con congruo anticipo le date di inizio e fine lavori al fine di poter effettuare sopralluoghi ed impartire eventualmente nuove prescrizioni o indicazioni.