

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

 <p>IL PROGETTISTA Dott. Ing. F. Colla Ordine Ingegneri Milano n° 20355 Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
--	--	---	--

		CB0002_F0
<i>Unità Funzionale</i>	COLLEGAMENTI CALABRIA	
<i>Tipo di sistema</i>	STUDI DI BASE	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA E SCHEMA DELLA RETE IDRICA	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	GENERALE	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE IDRAULICA	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	I	D	C	S	B	C	7	G	0	0	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	B. LO GIUDICE	F. BERTONI	E. PAGANI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

INDICE	1
Premessa	7
1 Metodologie di analisi di calcolo adottate	9
1.1 Analisi idraulica per i corsi d'acqua principali	10
1.1.1 Esecuzione delle indagini topografiche di rilievo	10
1.1.2 Costruzione del modello idrodinamico di simulazione	11
1.1.2.1 Schematizzazione modellistica delle strutture di attraversamento e delle opere idrauliche di controllo del fondo alveo	12
1.1.3 Portate di riferimento e valutazione dei fenomeni di trasporto solido	13
1.1.4 Condizioni al contorno introdotte nel modello	14
1.1.5 Resistenze distribuite (scabrezza)	14
1.1.6 Rappresentazione dei risultati	15
1.2 Analisi idraulica per i corsi d'acqua minori (secondari)	16
1.3 Analisi di compatibilità idraulica	18
1.3.1 Moto uniforme	20
1.3.2 Metodo sperimentale messo a punto dall' "U.S. Geological Survey"	21
1.3.3 Resistenze distribuite	23
2 Calcolo del trasporto solido nel caso di sviluppo di colate detritiche	24
2.1 Caratteristiche delle colate detritiche	24
2.2 Approccio al problema del trasporto solido nel contesto specifico	25
2.3 Calcolo della capacità di trasporto solido in caso di sviluppo delle colate detritiche	28
2.4 Valutazione della magnitudo della colata detritica	30
2.4.1 Kronfellner-Kraus	30
2.4.2 Van Dine (1985)	30
2.4.3 Hampel (1977)	31
2.4.4 Takey (1984)	31
3 Analisi idraulica corsi d'acqua principali	31
3.1 Torrente Laticogna	31
3.1.1 Schematizzazione del modello numerico	31
3.1.2 Condizioni al contorno	33
3.1.3 Coefficienti di scabrezza	34

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.1.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	34
3.2	Torrente Prestianni.....	37
3.2.1	Schematizzazione del modello numerico	37
3.2.2	Condizioni al contorno.....	39
3.2.3	Coefficienti di scabrezza	40
3.2.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	40
3.3	Torrente Piria.....	44
3.3.1	Schematizzazione del modello numerico	44
3.3.2	Condizioni al contorno.....	45
3.3.3	Coefficienti di scabrezza	47
3.3.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	47
3.4	Torrente Zagarella 1.....	53
3.4.1	Schematizzazione del modello numerico	53
3.4.2	Condizioni al contorno.....	55
3.4.3	Coefficienti di scabrezza	57
3.4.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	57
3.5	Torrente Zagarella 2.....	63
3.5.1	Schematizzazione del modello numerico	63
3.5.2	Condizioni al contorno.....	65
3.5.3	Coefficienti di scabrezza	66
3.5.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	66
3.6	Torrente Campanella.....	70
3.6.1	Schematizzazione del modello numerico	70
3.6.2	Condizioni al contorno.....	72
3.6.3	Coefficienti di scabrezza	74
3.6.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	74
3.7	Torrente Immacolata	78
3.7.1	Schematizzazione del modello numerico	78
3.7.2	Condizioni al contorno.....	79
3.7.3	Coefficienti di scabrezza	80
3.7.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	81
3.8	Torrente Solaro	83
3.8.1	Schematizzazione del modello numerico	83

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.8.2	Condizioni al contorno.....	85
3.8.3	Coefficienti di scabrezza	85
3.8.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	85
3.9	Torrente Acciarello	89
3.9.1	Schematizzazione del modello numerico	89
3.9.2	Condizioni al contorno.....	90
3.9.3	Coefficienti di scabrezza	91
3.9.4	Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale).....	91
4	Analisi di compatibilità idraulica sui corsi d'acqua principali	95
4.1	Torrente Laticogna	95
4.2	Torrente Prestianni.....	97
4.3	Torrente Piria.....	98
4.4	Torrente Zagarella.....	100
4.5	Torrente Acciarello	101
4.6	Torrente Solaro	103
4.7	Torrente Immacolata	104
4.8	Torrente Campanella.....	105
5	Analisi idraulica sui corsi d'acqua minori (secondari)	107
5.1	Torrente Serro della Torre.....	107
5.2	Fosso Contrada di Pirgo (cfr. bacino 07M.1).....	108
5.3	Fosso Contrada di Pirgo 1 (cfr. bacino 07M.2).....	108
5.4	Torrente Polistena (cfr. bacino 08M.1).....	109
5.5	Affluente del torrente Polistena (cfr. bacino 08M.2)	110
5.6	Torrente Lupo.....	111
5.7	Fosso via Galliano e torrente Femia	111
6	Analisi di compatibilità idraulica sui corsi d'acqua secondari.....	111
6.1	Fosso Contrada Pirgo	111
6.2	Torrente Polistena	114
6.3	Torrente Lupo.....	115
6.4	Fosso Via Galliano	117
6.5	Torrente Femia.....	118
7	Calcolo del trasporto solido nel caso di sviluppo di colate detritiche	119
7.1.1	Laticogna.....	122

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> <i>cb0002_f0</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

7.1.2	Prestianni	122
7.1.3	Piria	123
7.1.4	Zagarella	123
7.1.5	Campanella	124
7.1.6	Immacolata	124
7.1.7	Solaro	125
7.1.8	Acciarello	125

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Premessa

La presente relazione illustra le metodologie di calcolo utilizzate ed i risultati dello studio idraulico eseguito nell'ambito del progetto delle infrastrutture viarie di collegamento con il Ponte sullo Stretto di Messina nel versante calabrese.

Le attività svolte hanno riguardato le verifiche idrauliche dei tratti di corsi d'acqua interferenti con:

- l'autostrada A3 "Salerno – Reggio Calabria" attualmente in ampliamento (progetto DG 87),
- le future rampe autostradali di raccordo al Ponte sullo Stretto nel versante Calabria; in particolare le verifiche idrauliche hanno riguardato i corsi d'acqua nella configurazione morfologica di stato attuale.

Le specifiche tecniche generali di progettazione relative agli Studi idrologici ed idraulici distinguono i corsi d'acqua in principali, quando la superficie del bacino sotteso è superiore a 10 km², e secondari quando è inferiore.

Nel caso in esame, sul versante Calabria, tutti i corsi d'acqua interferiti hanno superficie di bacino inferiore a 10 km².

Tuttavia in considerazione delle caratteristiche e dell'importanza del corso d'acqua, della tipologia delle opere presenti e dell'importanza dell'opera in progetto, alcuni corsi d'acqua sono stati trattati analogamente ai corsi d'acqua "principali", in termini sia di metodologia di calcolo adottata nello Studio idraulico (simulazioni in moto stazionario), sia di elaborazione dei risultati.

I corsi d'acqua trattati come "principali" e di seguito chiamati corsi d'acqua principali sono:

- torrente Laticogna;
- torrente Prestianni;
- torrente Piria;
- torrente Zagarella 1;
- torrente Zagarella 2;
- torrente Campanella;
- torrente Immacolata;
- torrente Solaro;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- torrente Acciarello.

Per questi corsi d'acqua (ad esclusione del torrente Acciarello) anche il Progetto DG 87 aveva adottato una metodologia di calcolo e analisi simile a quella proposta nel presente studio.

L'analisi con approccio modellistico descritta ai punti seguenti riguarda, per ciascuno dei corsi d'acqua citato, un tratto d'alveo sufficientemente esteso, a monte ed a valle delle opere di attraversamento esistenti e in progetto, per rappresentare correttamente la funzionalità idraulica e le criticità di cui tener conto nella successiva fase di progettazione; un'ulteriore analisi è stata svolta su manufatti e/o sezioni presenti a valle dei corsi d'acqua sopracitati, per valutarne la compatibilità idraulica con le portate di piena di riferimento: in questo caso si è ritenuto sufficiente e cautelativo eseguire l'analisi ricorrendo alle classiche formule dell'idraulica in quanto scopo della verifica è stato anche quello di valutare un'eventuale portata limite "di riferimento" per lo scarico delle acque di piattaforma delle opere in progetto.

Sui corsi d'acqua minori, che attualmente vengono attraversati dall'autostrada per mezzo di manufatti scatolari o tombini, si è proceduto, in accordo con quanto stabilito dalle Specifiche Tecniche sopra richiamate, con l'applicazione di metodologie adeguate alla rappresentazione del funzionamento idraulico dei vari manufatti.

Anche in questo caso sui tratti di valle si sono considerati manufatti o sezioni significative per valutarne la compatibilità idraulica con le portate di riferimento.

Per una dettagliata illustrazione delle metodologie adottate nei due casi, si rimanda ai paragrafi successivi. Nel seguito si ritiene utile specificare il tipo di analisi svolta sulla componente solida di trasporto e come quest'ultima sia stata considerata nelle valutazioni idrauliche eseguite.

Il reticolo idrografico che drena i versanti che si affacciano sullo Stretto di Messina sono interessati dallo sviluppo di eventi alluvionali caratterizzati da un trasporto solido molto elevato, che talora si evolvono in vere e proprie colate detritiche. In relazione a tali aspetti lo studio è stato finalizzato alle seguenti esigenze: incrementare le portate liquide in misura tale da tenere conto dell'incremento dei deflussi, e quindi dei livelli di massima piena, derivanti dalla presenza di una rilevante frazione solida; individuare eventuali situazioni favorevoli all'insorgere di colate detritiche

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

torrentizie.

Queste ultime, meglio note con il termine “debris flow”, sono caratterizzate dalla presenza di frazioni solide molto rilevanti, tanto da poter essere considerate come dissesti aventi caratteristiche intermedie tra le alluvioni propriamente dette e le frane per colata. Per tener conto di quanto detto sopra, lo studio del trasporto solido è stato condotto secondo le seguenti modalità.

Facendo riferimento alle portate idrologiche più gravose (TR 200 anni) è stata calcolata la portata complessiva, liquida più solida, per via modellistica, applicando la formulazione di Smart-Jaeggi (modulo NST del MIKE 11). Il modello è stato poi applicato utilizzando dette portate, solide più liquide, e ricavando conseguentemente i livelli di massima piena da utilizzarsi come riferimento per la progettazione idraulica, indipendentemente dalla possibilità che si sviluppino o meno processi tipo colate detritiche.

Parallelamente, sugli stessi corsi d’acqua, è stata calcolata la capacità di trasporto solido in caso di debris flow (metodo di Gregoretti). Nei tratti di corso d’acqua in cui possono svilupparsi colate detritiche, le portate calcolate con quest’ultimo metodo sono sensibilmente superiori a quelle definite per via modellistica; solo in questi casi, si è proceduto al calcolo della massima magnitudo dell’evento ovvero il volume massimo mobilizzabile in caso di debris flow. Quest’ultima informazione risulta di significativa importanza per una prima valutazione sull’entità del fenomeno potenziale e costituisce un utile elemento per valutare l’opportunità in fase progettuale di prevedere e dimensionare eventuali vasche di accumulo o interventi finalizzati a favorire l’intercettazione di colate detritiche.

1 Metodologie di analisi di calcolo adottate

Per i corsi d’acqua principali, caratterizzati da bacini di dimensioni maggiori e regimati da opere idrauliche di sistemazione, le analisi idrauliche sono state eseguite tramite l’ausilio di modellistica numerica, utilizzando il codice di calcolo MIKE 11 secondo schematizzazione idrodinamica monodimensionale in moto stazionario. Il moto stazionario è quello che meglio rappresenta il deflusso sulle aste principali in studio, in quanto su di esse il deflusso di piena avviene in regime torrentizio (generalmente caratterizzato da un moto in corrente veloce) per effetto di pendenze di fondo alveo elevate e ambiti di esondazione di estensione contenuta, in quanto il fondovalle è generalmente stretto, limitato da versanti adiacenti alle sponde dei corsi d’acqua. L’analisi

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> <i>cb0002_f0</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

modellistica ha consentito di rappresentare la propagazione della piena in termini di parametri idrodinamici e di aree di allagamento per tempo di ritorno assegnato.

Per i corsi d'acqua minori, caratterizzati da bacini idrografici di piccola dimensione e da un alveo spesso non definito (incisioni), si è adottata una schematizzazione di verifica idrodinamica in moto uniforme, utilizzando le formule classiche dell'idraulica, applicandole a livello puntuale (in corrispondenza dei manufatti di attraversamento autostradale esistenti).

1.1 Analisi idraulica per i corsi d'acqua principali

1.1.1 Esecuzione delle indagini topografiche di rilievo

Le indagini topografiche hanno riguardato un tratto di corso d'acqua significativo ai fini del calcolo idraulico, di estensione e dettaglio sufficiente a rappresentare il deflusso di piena nell'intorno degli attraversamenti della A3 in ampliamento e dei futuri collegamenti autostradali con il ponte sullo Stretto di Messina.

In particolare l'estensione del rilievo topografico eseguito per ciascuna asta fluviale è stata determinata in funzione:

- del grado di artificializzazione dell'asta, rappresentando geometricamente tutte le principali opere idrauliche di sistemazione esistenti ed i manufatti di attraversamento delle opere viarie interferenti; queste ultime se inadeguate idraulicamente possono condizionare in modo rilevante il deflusso di piena generando importanti innalzamenti dei livelli idrici a monte dell'attraversamento con conseguenti ampie aree di allagamento e conferendo carattere impulsivo alla corrente;
- del grado di antropizzazione delle aree di territorio limitrofe alle future opere autostradali in progetto al fine di una caratterizzazione del rischio idraulico in termini di aree esondabili.

Per ciascun corso d'acqua di interesse si è proceduto con la seguente metodologia:

- sopralluogo di dettaglio finalizzato a definire le caratteristiche idrauliche e funzionali dell'alveo e la presenza di opere di regimazione o di difesa;
- definizione del tratto di interesse per lo studio idraulico e individuazione del numero e posizione delle sezioni trasversali da rilevare;
- verifica e controllo di congruità delle sezioni di rilievo fornite dal progetto DG87;
- rilievo e costruzione della geometria di sezione con l'utilizzo del rilievo aerofotogrammetrico

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

di dettaglio, appositamente predisposto per la progettazione dell'opera, integrato, tutto dove ritenuto necessario, con misure e rilevamenti in campo;

- analoga procedura è stata applicata per la costruzione del profilo longitudinale del fondo alveo e delle sponde; in tal modo è stato possibile riprodurre adeguatamente la presenza di salti di fondo e, in genere, delle opere di controllo della stabilità dell'alveo;
- rilievo in campo delle opere di attraversamento presenti (sia in termini di quote di fondo, di intradosso e di piano viabile).

1.1.2 Costruzione del modello idrodinamico di simulazione

Il calcolo dei profili idraulici di piena è stato eseguito mediante l'applicazione del codice di calcolo MIKE 11 del DHI Water & Environment di cui si riporta una descrizione di dettaglio nell'allegato 1 al presente documento.

Il modello idrodinamico simula il deflusso in moto stazionario e non, secondo schematizzazione monodimensionale o quasi 2D, di fluidi verticalmente omogenei in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali, descrivibile attraverso i diversi approcci dell'"onda cinematica", dell'"onda diffusiva" e dell'"onda dinamica" e con la messa in conto principalmente delle seguenti condizioni:

- portate laterali,
- flusso libero o rigurgitato,
- differenti regole operative di funzionamento di serbatoi o invasi,
- resistenze localizzate e perdite di carico concentrate,
- aree d'espansione,
- nodi idraulici (biforcazioni e convergenti).

La soluzione del sistema di equazioni è indipendente dall'approccio modellistico seguito (cinematico, diffusivo, dinamico).

Le equazioni generali di De Saint Venant sono trasformate in un sistema di equazioni implicite alle differenze finite secondo una griglia di calcolo con punti Q e H alternati tra loro, nei quali la portata Q e il livello idrico H, rispettivamente, sono determinati ad ogni passo temporale (schema di Abbott a 6 punti).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La soluzione del sistema di equazioni di De Saint Venant permette di rappresentare, in dettaglio, tutte le trasformazioni che l'onda di piena subisce nella traslazione da monte verso valle per effetto della laminazione naturale, dell'interferenza con le opere idrauliche, delle esondazioni al di fuori dell'alveo attivo, della confluenza di tributari laterali e del contributo distribuito dei bacini di versante.

Come già detto in precedenza per i corsi d'acqua principali in studio si è scelta la rappresentazione idrodinamica in moto stazionario con condizioni al contorno invariante nel tempo, in ragione delle loro caratteristiche torrentizie che escludono la possibilità del verificarsi di fenomeni di laminazione dell'onda di piena.

Le sezioni trasversali di rilievo ed i relativi manufatti di attraversamento presenti sul corso d'acqua sono stati introdotti all'interno del modello di simulazione in modo da poter rappresentare in modo esaustivo il deflusso lungo l'alveo di piena.

1.1.2.1 Schematizzazione modellistica delle strutture di attraversamento e delle opere idrauliche di controllo del fondo alveo

Tutti gli attraversamenti interferenti con le aste fluviali sono stati schematizzati nell'ambito del modello con una struttura tipo "culvert", di forma geometrica variabile secondo una relazione quota-larghezza che tiene conto della luce di deflusso netta compresa tra le spalle dell'attraversamento (escludendo quindi l'area trasversale occupata dall'eventuale presenza di pile).

Tale assunzione risulta valida, in quanto il comportamento della corrente è regolato principalmente dal restringimento della sezione in presenza del ponte o del tombino scatolare e dalle perdite di carico concentrate dovute allo stesso, più che da quelle distribuite lungo la struttura. Il piano viabile è stato rappresentato come una potenziale linea di sfioro inserita come struttura aggiuntiva (di tipo "weir") capace di rappresentare eventuali fenomeni di sormonto del ponte o del tombino stesso.

Per quanto attiene alle opere di controllo del trasporto solido (soglie, briglie), queste sono schematizzate da strutture di tipo "weir" capaci di simulare idrodinamicamente il deflusso attraverso una qualsivoglia tipologia di stramazzo se a soglia fissa, oppure come luce sottobattente nell'ipotesi di operazioni di regolazione tramite paratoie.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In corrispondenza delle strutture la sezione di rilievo che le rappresenta è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

1.1.3 Portate di riferimento e valutazione dei fenomeni di trasporto solido

Le simulazioni eseguite per lo stato attuale (ante operam) sono state finalizzate alla:

- determinazione dei profili idraulici e dei parametri idrodinamici per le piene a tempo di ritorno 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni;
- analisi dei fenomeni di trasporto solido associati al solo evento a tempo di ritorno 200 anni.

Per tenere conto dell'incremento dei livelli causato dal trasporto solido di fondo messo in movimento dal transito di una piena defluente lungo un'asta fluviale, si è incrementata la portata idrologica più gravosa (Tr200) assunta come riferimento, della quota parte di portata solida di fondo movimentabile, determinata tramite l'applicazione del modello di simulazione.

Per quanto attiene alle piene comprese tra tempi di ritorno da 2 a 100 anni, le simulazioni sono state eseguite invece con riferimento al valore al colmo del solo idrogramma idrologico.

Di seguito si descrive l'approccio modellistico utilizzato per la valutazione della portata solida.

Il calcolo del trasporto solido non coesivo, è stato eseguito con il modulo NST (Non-cohesive Sediment Transport) di MIKE 11, utilizzando un modello di calcolo di tipo esplicito (la descrizione di dettaglio del modulo NST è riportata in allegato 2).

Nel metodo di calcolo esplicito vengono utilizzati i risultati del modulo idrodinamico (Tr200 anni) in termini di portata, livelli idrici, area bagnata della sezione e raggio idraulico variabili nel tempo e nello spazio. In questo caso la connessione tra modulo HD e modulo NST è univoca; infatti i risultati del calcolo del trasporto solido non vengono utilizzati dal modello idrodinamico ma rappresentano la quantità di volume trasportato (portata solida senza vuoti), definita per ogni tratto iesimo del modello (compreso tra due sezioni trasversali). Tale valore di portata solida è stato ottenuto applicando la formulazione di Smart-Jaeggi particolarmente indicata per la stima del trasporto solido di fondo movimentato su corsi d'acqua caratterizzati da forte pendenza.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Per ogni tratto iesimo del modello, è stato possibile definire quindi il rapporto percentuale tra la portata solida e quella idrologica a tempo di ritorno 200 anni; si è successivamente determinato il valor medio di tali rapporti per l'intero tratto d'asta simulato (ad esclusione dei 2 tratti estremi di monte e di valle del modello, poiché influenzati dall'assunzione delle condizioni al contorno). Infine si è incrementata la portata idrologica del valor medio sopra definito.

I valori di portata assunti nelle diverse simulazioni sono indicati, corso d'acqua per corso d'acqua, al successivo capitolo 3.

1.1.4 Condizioni al contorno introdotte nel modello

Le condizioni al contorno assunte per l'esecuzione delle simulazioni idrodinamiche e di valutazione del trasporto solido sono le seguenti:

- condizione di monte: portata costante (in quanto la schematizzazione scelta è quella di moto permanente);
- condizione di valle: scala di deflusso in moto uniforme;
- condizione morfologica: diametro caratteristico d_{501} nel tratto simulato.

Va specificato che, date le caratteristiche torrentizie dei corsi d'acqua simulati, il moto avviene sempre in corrente veloce (influenzata da azioni idrodinamiche di monte) e quindi la validità della condizione al contorno assunta a valle è garantita. Nella sezione di valle, tuttavia, si è sempre eseguita un'analisi di sensitività rispetto al livello idrico, imponendo l'altezza critica di moto uniforme; tale imposizione, per tutti i casi considerati, non influenza il profilo idraulico di monte.

1.1.5 Resistenze distribuite (scabrezza)

I valori di scabrezza assunti nella simulazione idraulica tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite a cui è soggetta la corrente durante un evento di piena. I principali fattori che influenzano la stima della scabrezza possono ricondursi a:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo;

¹ d_{50} è il diametro caratteristico corrispondente al passante al 50% in peso del sedimento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- caratteristiche morfologiche e geometriche quali il grado di sinuosità del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- uso del suolo e vegetazione presenti nelle zone spondali e nelle aree di fondovalle.

Per la valutazione del coefficiente di scabrezza da assumere si è fatto riferimento alla formula messa a punto da Cowen:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

dove:

- n_0 tiene conto del materiale costituente l'alveo attivo,
- n_1 tiene conto del grado di irregolarità della superficie della sezione d'alveo,
- n_2 tiene conto della forma e della dimensione della sezione d'alveo,
- n_3 tiene conto di eventuali bruschi restringimenti della sezione d'alveo,
- n_4 tiene conto del tipo di copertura vegetale della sezione d'alveo,
- m_5 tiene conto del grado di sinuosità del corso d'acqua.

I sopralluoghi eseguiti in situ hanno permesso di caratterizzare i corsi d'acqua principali in termini morfologici e di copertura vegetale presente, successivamente si sono determinati i valori di scabrezza che li caratterizzano facendo riferimento alle tabelle denominate 5-5 e 5-6 riportate in "Open-Channel Hydraulics" - V.T. Chow, 1959. Queste tabelle fissano i valori di scabrezza da assumere per corsi d'acqua naturali ed artificiali derivanti dall'applicazione dell'equazione di Cowen, distinguendoli anche per le caratteristiche manutentive a cui sono sottoposti e la loro stabilità morfologica.

1.1.6 Rappresentazione dei risultati

I risultati delle simulazioni eseguite sono rappresentati sui seguenti elaborati:

1. nella presente Relazione idraulica per quanto riguarda tutti i dati tabellari relativi ai diversi tempi di ritorno considerati;
2. sui profili di rigurgito in scala 1:1000/1:200;
3. sulle sezioni trasversali ante operam in scala 1:200;
4. sulla planimetria aree di esondazione ante operam in scala 1:2000.

In Relazione si forniscono, per ciascun corso d'acqua, tutti i dati di carattere idraulico per le diverse condizioni di piena considerate ($Tr=2, 5, 10, 30, 100, 200$ anni), oltre alla tabella di calcolo della

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

capacità di trasporto solido per la determinazione dell'incremento della portata liquida da considerare per la piena duecentennale di riferimento.

Sui profili di rigurgito si sono riportati, oltre alle informazioni di base che caratterizzano il corso d'acqua (profilo di fondo e delle sponde, presenza di manufatti di attraversamento e/o di stabilizzazione, confluenze e immissioni), i profili di piena Tr 200 anni, la linea dei carichi totali per Tr 200 anni ed i relativi valori di portata.

Si è ritenuto di limitare la rappresentazione grafica ai casi sopracitati per esigenze di leggibilità delle informazioni dovute alla scala di restituzione.

Sulla tavola di sezioni trasversali si sono riportate le indicazioni numeriche e grafiche, dei livelli di piena per Tr 2, 30 e 200 anni e la linea dei carichi totali per Tr 200 anni. L'informazione relativa ai dati idraulici riguardanti tutti i tempi di ritorno delle piene di riferimento considerate è stata riportata in forma tabellare ai margini della tavola e non sulle singole sezioni per esigenze di leggibilità della carta.

Infine sulla planimetria delle aree esondabili si sono riportati, oltre all'ubicazione dell'asse del profilo e della traccia delle sezioni, le seguenti informazioni:

- limiti di esondazione per le piene Tr 2, 30, 200 anni;
- linea involuppo delle proiezioni dei carichi totali per Tr 200 anni;
- l'asse dell'alveo inciso;
- l'indicazione sulle sezioni della progressiva di origine.

1.2 Analisi idraulica per i corsi d'acqua minori (secondari)

La verifica idraulica eseguita sui corsi d'acqua minori, definiti secondari, è avvenuta tramite un calcolo idrodinamico locale per effetto della piccola dimensione dei loro bacini di alimentazione e delle caratteristiche morfologiche delle strutture di alveo, poco definite in termini geometrici e spesso riconducibili a semplici incisioni.

Il calcolo è avvenuto utilizzando come schematizzazione di base quella di moto uniforme, applicando la formulazione proposta da Chezy nel seguito riportata:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$Q = \chi * \Omega * (R * i_f)^{0.5} \quad \text{con } \chi = C * R^{(1/6)}$$

dove

- C coefficiente di resistenza distribuita secondo Gauckler – Strickler [$m^{1/3}s^{-1}$],
- Ω area bagnata della sezione idraulica [m^2],
- R raggio idraulico [m],
- i_f pendenza del fondo [m/m].

Sulla base dei dati geometrici dell'attraversamento (sezione trasversale e pendenza di fondo) e delle caratteristiche geometriche dell'alveo a monte e a valle di esso, sono state eseguite le verifiche idrauliche relative allo stato attuale, in riferimento alla massima portata idrologica per tempo di ritorno assegnato (Tr 200 anni).

Il metodo di verifica adottato è il seguente:

- si è innanzitutto determinato il tipo di moto a cui è soggetta la corrente di piena a Tr 200 anni nel tratto a cavallo dell'opera di attraversamento; le caratteristiche altimetriche dei corsi d'acqua in oggetto caratterizzano il deflusso secondo un moto in corrente veloce;
- si sono quindi determinati, tramite l'applicazione dell'equazione di Chezy, le grandezze idrodinamiche relative allo stato di moto critico per la portata a tempo di ritorno 200 anni; in particolare si è determinato indirettamente il valore del carico totale imponendo che la portata Tr 200 anni transiti nella sezione di imbocco dell'opera generando l'altezza critica che corrisponde all'espressione di seguito esposta.

$$H - \Delta h = h_c + \frac{A_c}{2 \cdot b_c}$$

in cui:

- H è il carico totale a monte dell'imbocco dell'opera,
- Δh rappresenta la perdita di carico in corrispondenza dell'imbocco, assunta pari a 0.3 volte il carico cinetico critico,
- h_c è l'altezza critica,
- A_c l'area di deflusso corrispondente allo stato critico,
- b_c la larghezza del pelo libero corrispondente allo stato critico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sulla base di questa metodologia l'opera è stata considerata adeguata quando la portata Tr 200 anni transitante al suo interno determina:

- un livello idrico (corrispondente al valore dell'altezza critica) tale da conferire un riempimento non superiore al 70 % dell'altezza dell'opera,
- che il rapporto tra il carico totale al lordo delle perdite concentrate e la dimensione verticale dell'opera non superi il valore 1.5 ($H/D \leq 1.5$).

Data l'estensione delle opere oggetto di verifica la scabrezza assunta è risultata pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

I corsi d'acqua minori oggetto delle verifiche idrauliche sopracitate sono i seguenti:

- torrente Serro della Torre;
- fosso Contrada di Pirgo e relativo affluente;
- torrente Polistena e relativo affluente;
- torrente Lupo.

Il fosso via Galliano ed il torrente Femia non attraversano l'autostrada con un manufatto idraulico per cui non sono stati oggetto di verifica.

1.3 Analisi di compatibilità idraulica

La vulnerabilità ed il rischio idraulico di esondazione nei tratti terminali dei corsi d'acqua analizzati, sono stati valutati stimando le portate limite in grado di defluire attraverso i manufatti di attraversamento delle infrastrutture presenti a valle dei tratti di alveo oggetto degli studi idraulici precedentemente descritti.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si sono individuati una serie di nodi idraulici significativi, rappresentativi di quella che potrebbe essere definita la portata compatibile con le attuali caratteristiche del corso d'acqua.

Per ciascuno in prima analisi è stata valutata la capacità di smaltimento dell'opera nell'assetto idraulico-morfologico attuale dell'alveo, senza mettere in conto ulteriori fattori limitanti del deflusso.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Date le caratteristiche geometriche, di scabrezza e pendenza di fondo degli alvei in esame, che inducono nella maggior parte dei casi correnti veloci con elevati termini cinetici in corrispondenza delle opere di attraversamento, è stata svolta una ulteriore analisi nell'ipotesi, estremamente cautelativa, di svincolare la verifica idraulica dei manufatti di attraversamento dalle condizioni di corrente veloce a monte. E' stata pertanto rappresentata una situazione limite in cui, per l'intervento di fattori accidentali fortemente dissipativi a monte delle opere (quali occlusioni, parziali d'alveo, elevato trasporto solido, esondazioni ecc.) tali da ridurre fortemente l'energia cinetica della corrente, il deflusso attraverso il manufatto sia regolato dal solo livello di monte, imposto alla quota di estradosso dell'opera.

La portata smaltibile in questa condizione (assunta come dato di riferimento) è stata confrontata con quella, nettamente superiore, ottenuta dalla prima condizione di verifica (moto uniforme), determinando il "fattore di sicurezza" attribuibile a questa valutazione di compatibilità idraulica.

Per motivi cautelativi non è stata assunta come dato di riferimento la portata smaltibile attraverso il manufatto in condizioni critiche (ipotesi spesso adottata nella verifica di manufatti interessati in condizioni ordinarie da correnti veloci), in quanto ritenuta poco significativa in relazione all'elevata instabilità che questa condizione di deflusso avrebbe in termini reali, dato il forte carico cinetico che caratterizza in partenza le correnti in esame.

In applicazione dei criteri sopra illustrati sono state adottate le seguenti modalità di verifica:

1. per la prima condizione di deflusso la formulazione che schematizza il moto uniforme, secondo l'equazione proposta da Chezy;
2. per il calcolo della portata di riferimento (svincolo idraulico dal carico cinetico di monte), il metodo proposto dall'U.S. Geological Survey.

La formulazione citata al punto 1 è finalizzata a verificare che l'opera di attraversamento presente abbia pendenza e scabrezza tali da consentire lo smaltimento, a pelo libero, della portata che teoricamente può defluire attraverso un tombino non ostruito; tale metodo di calcolo presume un deflusso di tipo ordinario senza tenere conto cioè di possibili anomalie della sezione dell'opera e dell'alveo nel tratto interagente con la stessa.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La formulazione citata al punto 2, molto più cautelativa di quella di moto uniforme, analizza il deflusso attraverso un'opera nell'ipotesi che a monte di essa venga imposto un livello assegnato superiore alla quota di intradosso.

Il giudizio di adeguatezza dell'opera di attraversamento e di rischio idraulico ad essa associato è stato espresso tenendo conto comunque di entrambe le formulazioni citate; in particolare:

- per i manufatti di estensione longitudinale limitata (ponticelli, tombini), l'opera è stata considerata adeguata quando la massima portata per tempo di ritorno assegnato (contenente l'aliquota di trasporto solido associato) si mantiene inferiore a quella determinata con la metodologia dell'U.S.G.S. (che analizza una situazione limite di deflusso caratterizzata da un carico a monte avente quota pari al piano viabile della struttura di attraversamento). Essendo il criterio di verifica sopra descritto molto cautelativo (ma comunque fisicamente possibile relativamente a questa tipologia di attraversamenti) si è inoltre stimato, come sopra indicato, il coefficiente di sicurezza in occasione di eventi di piena associato ad un'opera di attraversamento, eseguendo il rapporto tra la massima portata di moto uniforme e quella determinata con l'U.S.G.S;
- per i manufatti costituiti da tombini di notevole estensione (alcune centinaia di metri) si è applicata la sola formula di moto uniforme fino al limite del funzionamento a pelo libero (cioè con livello pari alla quota di intradosso dell'opera), in quanto le condizioni dell'alveo a monte ed a valle di essi sembrano garantire una capacità di deflusso tale da non prevedere parzializzazione della sezione dell'opera. In ogni caso la verifica di adeguatezza dell'opera è stata fatta imponendo un grado di riempimento pari al 70% della sezione corrente.

1.3.1 Moto uniforme

La schematizzazione di calcolo adottata è quella proposta da Chezy nel seguito riportata:

$$Q = \chi^* \Omega^* (R^* i_f)^{0.5} \quad \text{con } \chi = C^* R^{(1/6)}$$

dove

- C coefficiente di resistenza distribuita secondo Gauckler – Strickler [$m^{1/3}s^{-1}$],
- Ω area bagnata della sezione idraulica [m^2],
- R raggio idraulico [m],
- i_f pendenza del fondo [m/m].

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La massima portata transitabile a pelo libero attraverso l'opera è stata valutata rispetto ad un livello idrico di quota pari a quella dell'intradosso del tombino scatolare o ponticello a soletta piana esistente. Nel caso di ponticelli ad arco la sezione di deflusso è stata ricondotta ad una sezione rettangolare equivalente, avente un'altezza di intradosso pari a 0.9 del valore di quella della chiave dell'arco.

I valori di verifica sono:

- livello idrico coincidente con l'intradosso dell'opera (m),
- massima portata defluente (m³/s),
- carico totale (m),
- portata corrispondente all'altezza critica (m³/s).

1.3.2 Metodo sperimentale messo a punto dall' "U.S. Geological Survey"

Il metodo sperimentale messo a punto dall' "U.S. Geological Survey" utilizza dei cartogrammi ottenuti da misure sperimentali che consentono di stimare le portate defluibili a pelo libero attraverso un tombino; essi sono riportati nella Figura 1.

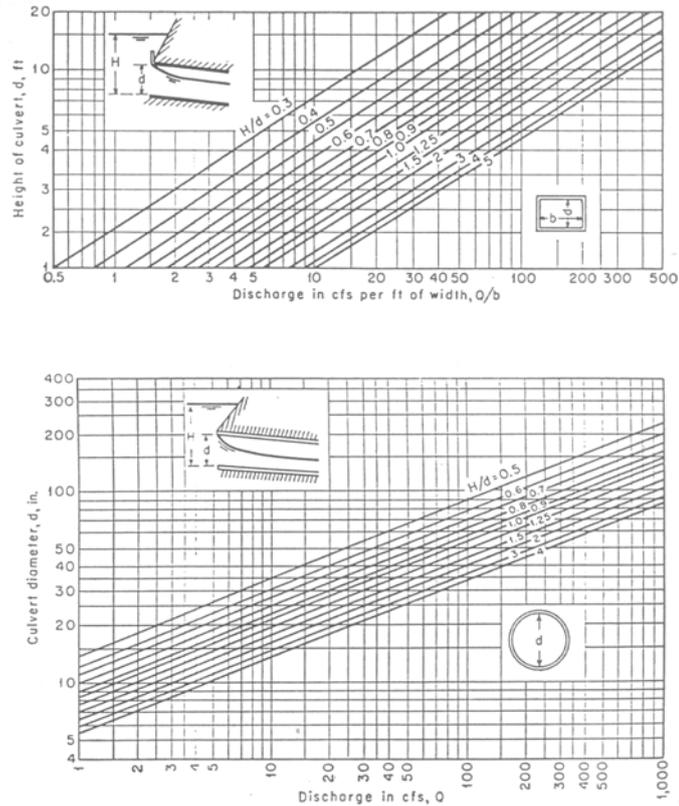


Figura 1 - Cartogrammi per la stima delle portate defluibili a pelo libero attraverso tombini scatoari o circolari con imbocco non raccordato.

Tali grafici, aventi gli assi a scala logaritmica, esprimono il legame tra la portata espressa in *cfs* (piedi cubi al secondo) ed il carico idraulico a monte espresso in *ft* (piedi) in funzione delle dimensioni geometriche di tombini a sezione rettangolare o circolare con imbocco non raccordato, configurazione questa che risulta maggiormente rappresentativa delle situazioni riscontrate nel versante Calabria.

In particolare esplicitando le espressioni che legano la portata massima al carico totale critico in funzione del rapporto H/d si ottiene che :

- per tombini a sezione rettangolare di larghezza alla base b [m] e altezza h_1 [m];

$$H/d = 1 \quad Q = 10^{[(1/0.58 \cdot \log h_1) + (0.08/0.58)]} \cdot b$$

$$H/d = 1.25 \quad Q = 10^{[(1/0.58 \cdot \log h_1) + (0.15/0.58)]} \cdot b$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$H/d = 1.5 \quad Q = 10^{[(1/0.58 \cdot \log h_1) + (0.20/0.58)]} \cdot b$$

- *per tombini a sezione circolare: \varnothing [m];*

se $H/d = 1$ $Q = 10^{[(1/0.41 \cdot \log \varnothing) + (0.05/0.41)]}$

se $H/d = 1.25$ $Q = 10^{(2.5 \cdot \log \varnothing + 0.216)}$

se $H/d = 1.5$ $Q = 10^{(2.5 \cdot \log \varnothing + 0.34)}$

Quindi note le dimensioni del manufatto e valutato il carico idraulico a monte, attraverso l'utilizzo delle espressioni matematiche esplicitate graficamente nei diagrammi e analiticamente nelle formule sopra riportate, è stato possibile determinare la portata massima che può defluire attraverso un tombino a sezione scatolare o circolare.

La suddetta portata è stata determinata utilizzando i dati di geometria riportati nel documento "raccolta schede monografiche", a corredo del presente progetto ed assumendo le seguenti ipotesi di calcolo:

- imbocco non raccordato (a favore di sicurezza);
- condizioni di manutenzione riscontrate al momento del sopralluogo;
- (H_{monte}) massimo pari alla quota di piano viabile dell'opera di attraversamento.

1.3.3 Resistenze distribuite

La valutazione delle perdite distribuite utilizzate nel calcolo idraulico è stata eseguita sulla base dei seguenti criteri:

- per i manufatti di estensione longitudinale limitata (ponticelli, tombini), si è assunta la scabrezza del tratto di corso d'acqua a cavallo dell'opera in quanto la corrente non risente in modo significativo della variazione di resistenza al moto del materiale (calcestruzzo, muratura ...) che costituisce l'opera stessa;
- per i manufatti costituiti da tombini di notevole estensione (alcune centinaia di metri) si è assunto come coefficiente di perdita distribuita quello che rispecchia l'effettivo stato di manutenzione e conservazione dell'opera.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2 Calcolo del trasporto solido nel caso di sviluppo di colate detritiche

2.1 Caratteristiche delle colate detritiche

Le specifiche caratteristiche del territorio attraversato dalle opere in progetto, nonché i periodici eventi alluvionali, tra cui quelli recentemente verificatisi nel territorio del comune di Messina, portano a concludere che, nell'area in esame, oltre alle "normali" esondazioni in cui il fluido è costituito quasi esclusivamente da acqua con una frazione contenuta di solido, possano verificarsi vere e proprie colate detritiche torrentizie². I sopralluoghi in sito hanno permesso di trovare, su alcuni dei corsi d'acqua esaminati, evidenze dello sviluppo di fenomeni di tale natura.

Se le esondazioni seguono leggi e comportamenti simili a quelle delle alluvioni che si verificano nei corsi d'acqua principali, ben diversa è la situazione delle colate detritiche. Queste ultime, infatti, sono fenomeni che presentano tratti intermedi tra frane e alluvioni. Più precisamente "si intende per colata detritica in un alveo torrentizio una corrente dal forte contenuto energetico caratterizzata da una rilevante quantità di materiale solido, distribuito su tutta la profondità della corrente, in un fluido composto da acqua e piccole particelle solide. Esse, quindi, si distinguono dalle correnti con trasporto solido al fondo e dalle correnti iperconcentrate sia per la maggiore quantità di materiale coinvolta nel deflusso sia per le differenti caratteristiche dinamiche"³.

Si tratta quindi di processi in cui l'acqua è mescolata ad una forte percentuale di materiale solido a costituire un fluido con caratteristiche sensibilmente diverse dall'acqua, in termini di viscosità e peso specifico (e quindi anche di capacità di trasporto).

Pertanto il quantitativo di materiale trasportato in proporzione alla portata liquida è nettamente superiore rispetto a quanto avviene negli ordinari eventi alluvionali e l'energia applicata è anch'essa, in proporzione, nettamente superiore.

² "Debris flow" in inglese e "laves torrentielles" in francese.

³ BIANCO G., RUBERTO G., BROCHOT S., LAIGLE D. "Condivisione di metodi e conoscenze sui processi di lave torrentizie per la difesa dei centri abitati". In "Progetto Interreg II – Italia Francia 1994-1999", Regione Piemonte – Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione & Republique Français – Préfecture de Région Rhône-Alpes.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Gli eventi si sviluppano generalmente in due fasi⁴. La prima è caratterizzata dall'innescio improvviso della colata con rapido smaltimento dei detriti lungo il corso d'acqua o il canale di neoformazione, la seconda si esaurisce in alveo con processi di erosione selettiva sul fondo associata a locale deposizione laterale di materiali ghiaioso-sabbiosi anche stratificati.

Le colate detritiche hanno quindi uno sviluppo rapido e improvviso, sono causate da un insieme di fattori anche molto differenti, possono essere studiate solo sulla base delle tracce lasciate e, almeno finora, non nel corso della loro evoluzione. Lo stesso materiale che le compone ha caratteristiche fisiche non facilmente descrivibili e nel complesso l'intero fenomeno ha un elevato grado di caoticità.

Tutte queste caratteristiche rendono quindi, per ora, molto difficile definire un modello matematico in grado di descrivere con precisione questo genere di fenomeni, come invece è stato fatto per gli eventi alluvionali ordinari o per il calcolo di stabilità dei pendii.

La ricerca scientifica è tuttavia riuscita a definire una serie di formule empiriche in grado di prevedere con approssimazione il volume di materiale mobilizzato nel corso degli eventi (magnitudo) e la probabilità che gli stessi si verifichino (pericolosità).

2.2 Approccio al problema del trasporto solido nel contesto specifico

Per affrontare il problema legato al trasporto solido su alvei torrentizi di elevata pendenza occorre innanzitutto considerare che, nelle colate detritiche, il progressivo incremento della percentuale di solido altera gradualmente le caratteristiche del fluido stesso in termini di viscosità e densità. Le colate detritiche possono avere una percentuale di solido pari al 70-90% del volume complessivo del fluido e quindi la portata finale, in casi estremi, può teoricamente essere 8-10 volte quella liquida.

Fino ad una certa frazione di solido l'effetto sulle caratteristiche del liquido è limitato, e l'analisi delle piene può essere sviluppata con modelli idraulici che postulano la presenza di fluidi newtoniani, fatta salva l'accortezza di considerare il limitato incremento delle portate che deriva

⁴ BLAIR T.C. & MCPHERSON J.G. (1994) – "Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages". J. Sedimen Research A64 (3), 450-489 in MARAGA F. et alii (1998).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

dalla presenza di una non trascurabile frazione solida. Il codice di calcolo Mike 11, utilizzato nell'ambito del presente lavoro, è uno strumento idoneo ad affrontare questo tipo di problematiche.

Per contro esistono delle metodologie che permettono di calcolare la portata potenziale, solida più liquida, in caso di colate detritiche. Tali sistemi di calcolo presentano, evidentemente, un elevato grado di incertezza, ma per contro consentono, se ben applicati, di definire l'entità del fenomeno.

Il confronto tra i due differenti metodi permette di distinguere le situazioni in cui è sufficiente un approccio "tradizionale", legato sostanzialmente alla verifica dell'officiosità idraulica della sezione di deflusso, da quelle in cui occorre considerare la possibilità di innesco di una colata detritica.

In quest'ultimo caso occorre tenere presente che, dove si ha un significativo cambio di pendenza, si ha un'immediata tendenza alla deposizione di buona parte del materiale mobilizzato nel tratto sovrastante. Questo spiega, da un lato il tipo di evoluzione morfologica delle conoidi, che tendono ad accrescersi regolarmente su tutta la superficie, dall'altro la forte tendenza delle colate ad ostruire l'alveo e quindi a divagare sul corpo della conoide stessa o nel fondovalle alluvionale.

Poiché, tuttavia, in ultima analisi la capacità di trasporto è legata al livello energetico della colata, i sedimenti "precipitano" non istantaneamente, ma progressivamente via via che l'energia stessa viene dissipata. In questo contesto l'accumulo può avvenire in un punto qualsiasi dell'asta ma, preferibilmente, dove sono presenti restringimenti ed ostacoli. Essi possono essere rappresentati da attraversamenti, da curve, da restringimenti della sezione o, anche, da opere di dissipazione (quali briglie o simili) a protezione delle opere di canalizzazione.

Altra importante conseguenza è che non necessariamente un'asta in grado di smaltire l'intera portata liquida e solida è sufficiente a garantire il contenimento dell'onda di piena al suo interno. Per poterlo fare infatti dovrebbe essere anche in grado di accogliere tutto il sedimento che può depositarsi nel corso dell'evento.

Pertanto in tali casi la migliore difesa consiste, ove le condizioni morfologiche lo consentono, nel costituire delle zone di accumulo subito a monte del tratto da difendere, in cui catturare l'eccesso di trasporto solido, adeguando le opere poste più a valle al transito delle sole onde di piena di tipo tradizionale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

In conclusione l'approccio adottato nel presente studio è il seguente.

L'identificazione dei tratti a rischio di colata deriva dal confronto tra capacità di trasporto solido calcolata con metodi tradizionali (in particolare, nel caso specifico, con la formulazione di Smart-Jaeggi - cfr. capitoli precedenti) e capacità di trasporto solido calcolata in caso di colata detritica (cfr. paragrafo seguente). Sono stati considerati tratti a rischio di colata i settori di alveo dove la portata complessiva, solido più liquido, calcolata in caso di colata detritica è risultata essere maggiore almeno del 10% rispetto a quella calcolata in caso di eventi alluvionali "tradizionali". Ovviamente le valutazioni del caso sono state effettuate anche alla luce dei risultati dei sopralluoghi, segnalando comunque i tratti in cui eventualmente, al di là dei calcoli, sono state osservate tracce di eventi alluvionali caratterizzati da carichi solidi particolarmente gravosi.

Da ultimo, è stato calcolato il quantitativo di materiale mobilizzato o magnitudo della colata detritica.

Anche sulla base di precedenti esperienze, si è deciso di utilizzare i seguenti metodi, descritti più diffusamente nei paragrafi seguenti:

- Kronfellner-Kraus (1984)⁵;
- Van Dine (1985)⁶ e Marchi modificati;
- Hampel (1977)⁷;
- Takey (1984)⁸.

⁵ KRONFELLNER-KRAUS G. (1984). "Extreme Feststofffrachten und Grabenbildungen von Wildböchen". International Symposium Interpraevent 1984, Villach, Austria, Vol2, 109-118.

⁶ VAN DINE D.F. (1985). "Debris flow and debris torrents in the Southern Canadian Cordillera". Canadian Geotechnical Journal, vol 22, 44-68 in Regione Piemonte, - Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico (1997). "Progetto finalizzato conoidi 1997".

⁷ HAMPEL M.A. (1977). « Geschiebewirtschaft in wilbachen ». Wildbach und Lawinenverbau in Regione Piemonte, - Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico (1997). "Progetto finalizzato conoidi 1997".

⁸ In MARCO F. "Metodologia di valutazione della pericolosità geologica in conoide sulla base di analisi di materiale cartografico, studi di fotointerpretazione e rilievo di terreno". Direzione Servizi Tecnici della Regione Piemonte- Settore Studi e Ricerche Geologiche.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.3 Calcolo della capacità di trasporto solido in caso di sviluppo delle colate detritiche

Per il calcolo della capacità di trasporto nel caso dello sviluppo di colate detritiche è stata utilizzata la metodologia proposta da Gregoretti C.⁹ che a sua volta riprende il metodo indicato nel rapporto n° 2492 del PWRI (Ministero dei Lavori Pubblici Giapponese) nel quale si propongono le seguenti formule di calcolo per descrivere i debris flow.

Indicato con Q_p ¹⁰ la portata liquida di picco durante il fenomeno e Q_{sp} la corrispondente portata totale (solida e liquida), questa vale:

$$Q_{sp} = \frac{v^*}{v^* - v_T} \cdot Q_p$$

dove:

- v^* = concentrazione volumetrica della fase solida ($v_{solida}/v_{liquida}$ – di norma è posto pari a 0.65);
- v_T corrisponde alla concentrazione volumetrica media della fase solida ed è definita dalla seguente relazione (equazione di Takahashi, 1978):

$$v_T = \frac{\rho \tan \vartheta}{(\rho_s - \rho) \cdot (\tan \Phi - \tan \vartheta)}$$

dove:

- ρ = densità della fase liquida;
- ρ_s = densità della fase solida (che nel nostro caso può essere stimata intorno a 2700 Kg/m³);
- ϑ = pendenza del terreno nel tratto considerato;
- Φ = angolo di attrito statico (di norma pari a 35°-40°).

Quale Q_p di riferimento è stata scelta la portata corrispondente ad un tempo di ritorno 200 anni, valore che nell'ambito del presente studio corrisponde all'evento più gravoso fra quelli simulati. Il calcolo per tempi di ritorno differenti, date le notevoli incertezze del metodo, avrebbe avuto scarso significato. Inoltre le magnitudo, alle quali è stato indispensabile fare riferimento per definire i volumi mobilizzabili, vengono determinate dalle varie formule proposte in letteratura per un evento genericamente catastrofico.

⁹ GREGORETTI C. (1998). "Fronte di debris flow. Composizione e celerità". *L'acqua* 1998/6, pp 29-37.

¹⁰ Per la sua determinazione si veda il paragrafo 4.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La formula per il calcolo di “vt” presenta due precisi limiti di applicazione.

Per limiti di carattere fisico¹¹ la frazione solida non può comunque essere superiore al 90% del volume totale e quindi vale la condizione $Q_{sp} < 10Q_p$.

La formula descritta sopra, inoltre, è valida solo per correnti detritiche mature (o pietrose – “stony debris flow”). Tali correnti sono caratterizzate dal fatto di avere il sedimento distribuito sull’intera profondità della corrente; in altre parole a causa della grande concentrazione di sedimenti ($V_T > 0.20$), che consente frequenti contatti fra particelle solide, gli sforzi interni alla corrente stessa originati dagli urti sono in grado di mantenere sospesi fino alla superficie libera anche i clasti di dimensioni maggiori. Takahashi ha individuato delle relazioni in grado di definire il campo di pendenze entro il quale si può verificare una corrente detritica matura. Da un punto di vista pratico si può assumere che tale campo sia compreso tra 12° e 20° ¹².

Al di sopra di 20° di pendenza si ha il collasso del versante non appena i pori sono completamente saturati. Al di sotto la colata assume la forma denominata “corrente detritica immatura” (immature debris flow) in cui il sedimento è concentrato prevalentemente nello strato inferiore della corrente ed è sovrastato da acqua che può contenere qualche clasto in sospensione.

In queste condizioni la concentrazione volumetrica decresce più rapidamente di quanto previsto dalla equazione di Takahashi. Tale concentrazione volumetrica (V_T') può allora essere stimata in base ad una formula empirica proposta dallo stesso Takahashi per cui:

$$V_T' = 6.7 \cdot V_T^2$$

valida purché $V_T' < V_T$. In questi casi ovviamente nel calcolo della portata totale V_T' sostituisce V_T .

Con concentrazioni volumetriche inferiori al 2%, infine, si esce dal campo delle colate.

¹¹ GHILARDI P., NATALE L. & SAVI F. (1999). “Il rischio idraulico nelle aree di conoidi”. *Quaderni Regionali di Ricerca N. 34*, Regione Lombardia.

¹² GHILARDI P., NATALE L. & SAVI F. (1999). “Il rischio idraulico nelle aree di conoidi”. *Quaderni Regionali di Ricerca N. 34*, Regione Lombardia.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.4 Valutazione della magnitudo della colata detritica

Per magnitudo si intende il volume di materiale che si deposita su una conoide nel corso di un evento catastrofico (unità di misura m³).

In passato sono state individuate varie relazioni empiriche destinate a definire tale parametro. Di seguito vengono descritte quelle utilizzate nel presente lavoro, frutto di una selezione effettuata su precedenti studi condotti da Hydrodata S.p.A.

2.4.1 Kronfellner-Kraus

Si tratta di una relazione che esprime la magnitudo in funzione della pendenza media dell'asta torrentizia e della superficie del bacino:

$$M = (K_1 \cdot e^{-K_2 \cdot A}) \cdot A \cdot i$$

dove:

A è la superficie in Km² ;

i è la pendenza media dell'asta torrentizia in %;

$(K_1 \cdot e^{-K_2 \cdot A})$ è indicato come fattore di torrenzialità ed è determinato dalle due costanti K1 e K2 dipendenti dall'area morfologica climatica di appartenenza. Gli autori dividono il territorio austriaco, sul quale è incentrato lo studio, in quattro zone omogenee e per ognuna di esse forniscono i valori dei due parametri. Allo scopo di un'applicazione nell'area di studio va precisato che gli stessi autori hanno verificato che i 2/3 degli eventi di piena osservati (333 in tutto) ricadono in un campo intermedio di torrenzialità con 1150 < K1 < 540 e 0.014 < K2 < 0.008.

Nel caso specifico il calcolo è stato effettuato attribuendo ai parametri K1 e K2 valori tali da ottenere la magnitudo media.

2.4.2 Van Dine (1985)

La formula di Van Dine propone una relazione diretta tra magnitudo e superficie del bacino:

$$M = 10000A$$

dove A è la superficie del bacino in Km². Una formula simile è stata ripresa da Marchi et alii i quali

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tuttavia indicano un coefficiente moltiplicativo nettamente superiore, pari a 70000, limitando però il campo di applicabilità a bacini di superficie inferiore a 10 Km². Verifiche effettuate in passato portano a considerare come maggiormente rappresentativo un coefficiente A intermedio tra quelli utilizzati dai due autori sopra citati e pari, quindi, a 35000, da applicarsi sui bacini con superficie inferiore a 30 Km². La relazione così individuata è stata denominata “Van Dine modificata”

2.4.3 Hampel (1977)

La magnitudo è definita in funzione della superficie del bacino (A in Km²) e della pendenza in percentuale (Jc) della conoide ovvero:

$$M = 150 \cdot A \cdot (Jc - 3)^{2,3}$$

Laddove non è presente una vera e propria conoide è stata considerata la pendenza del tratto di fondovalle posto subito a valle dell'attraversamento autostradale.

2.4.4 Takey (1984)

Anche in questo caso la magnitudo è espressa in funzione della superficie del bacino (A in Km²):

$$M = 13600 A^{0,61}$$

3 Analisi idraulica corsi d'acqua principali

Nel presente capitolo si illustrano le caratteristiche geometriche, morfologiche ed idrauliche di ciascun corso d'acqua (utili alla caratterizzazione del loro assetto idraulico) ed i risultati idrodinamici ottenuti in ciascuna simulazione per tempo di ritorno assegnato.

3.1 Torrente Laticogna

3.1.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria del torrente Laticogna è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 8 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua.

Nel modello sono state introdotte tutte le opere di sistemazione idraulica e di attraversamento presenti (viadotti autostrada A3). Non è stata inserita l'opera di trasversale localizzata circa 28.0 m a valle degli attraversamenti della A3 in quanto si presenta totalmente interrita e non condiziona il

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

deflusso di piena (in campo sono visibili soltanto le ali dell'opera).

Il rilievo introdotto nel modello di simulazione copre un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 315 m, caratterizzato da una pendenza di fondo alveo media pari al 30%. Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è rilevato che il tratto di monte, in corrispondenza dell'attraversamento autostradale, risulta molto vegetato e la sezione d'alveo appare sovralluvionata. Si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo, caratterizzata da un d_{50} pari a 50 mm.

Di seguito (Tabella 1) si riporta il profilo longitudinale del modello Laticogna in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti...) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
	Lat1	0.00	144.33	
	Lat2	61.94	119.00	0.41
		69.08	115.00	0.56
	Lat3	106.75	108.00	0.19
		144.97	101.60	0.17
inizio impalcato A3	Lat4	151.29	99.10	0.40
fine impalcato A3		177.40	89.26	0.38
	Lat5	183.41	87.00	0.38
briglia esistente	Lat6	205.46	83.00	0.18
		233.73	70.00	0.46
	Lat7	248.12	64.00	0.42
		264.41	59.03	0.31
	Lat8	314.78	51.32	0.15

Tabella 1 - Profilo longitudinale del torrente Laticogna.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		Codice documento CB0002_F0	Rev F0	Data 20/06/2011

3.1.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (Tabella 2) in entrata nel modello (LAT1);
- scala di moto uniforme imposta nella sezione terminale di valle del modello (LAT8),
- granulometria caratteristica (D_{50}) nel tratto simulato pari a 50 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s					
T. LATICOGNA (MONTE A3)	1.5	2.2	2.7	3.4	4.2	4.6

Tabella 2 - Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

La portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata non è quella utilizzata nella simulazione di verifica. Infatti come già detto nei paragrafi precedenti relativamente all'approccio metodologico utilizzato, la portata a T_r 200 anni è stata maggiorata della portata solida movimentabile da un evento di pari tempo di ritorno.

Si è eseguita pertanto una prima simulazione idraulica con il valore della portata idrologica, calcolando la massima capacità di trasporto solido movimentabile lungo il corso d'acqua; escludendo i valori ottenuti in corrispondenza delle sezioni estreme (evidenziati in grigio in Tabella 3), si è quindi calcolato il rapporto percentuale, per ogni singolo tratto di modello, tra la portata solida determinata e quella idrologica propagata lungo l'asta. Si è poi mediato rispetto all'intero tratto simulato il rapporto percentuale (pari al 41.4%) aggiungendolo alla portata idrologica a tempo di ritorno 200 anni.

Nella tabella di seguito esposta si riportano i valori di portata idrologica propagata lungo l'asta del Laticogna, la sua capacità massima di trasporto solido movimentabile, il rapporto percentuale tra le due precedenti grandezze e la portata T_r200 utilizzata nelle verifiche idrauliche.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica T_r200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata T_r200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
	Lat1	0.00	144.33	4.60	2.84	61.74%	41.4%	6.50
	Lat2	61.94	119.00	4.60	3.75	81.52%		6.50
		69.08	115.00	4.60	0.90	19.57%		6.50
	Lat3	106.75	108.00	4.60	0.63	13.70%		6.50

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m3/s	m3/s	%	%	m3/s
		144.97	101.60	4.60	1.70	36.96%		6.50
inizio impalcato A3	Lat4	151.29	99.10	4.60	2.56	55.65%		6.50
fine impalcato A3		177.40	89.26	4.60	2.39	51.96%		6.50
	Lat5	183.41	87.00	4.60	0.84	18.26%		6.50
briglia esistente	Lat6	205.46	83.00	4.60	2.72	59.13%		6.50
		233.73	70.00	4.60	2.91	63.26%		6.50
	Lat7	248.12	64.00	4.60	1.90	41.30%		6.50
		264.41	59.03	4.60	0.65	14.13%		6.50
	Lat8	314.78	51.32	4.60	0.02	0.43%		6.50

Tabella 3 - Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta del Laticogna.

3.1.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è assunta una scabrezza di:

- $25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l'alveo inciso,
- da 15 a $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo o arboreo.

3.1.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sul torrente Laticogna mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce, data l'elevata pendenza media di fondo alveo (circa 30%).

Il corso d'acqua, nel tratto simulato, si presenta molto inciso con la quasi assenza di aree golenali di potenziale allagamento, per effetto dei ripidi versanti che terminano in prossimità delle sponde.

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
CB0002_F0

Rev
F0

Data
20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	Lat1	0.00	144.33	0.55	144.88	146.24	1.50	5.17	0.29	0.99	2.23
	Lat2	61.94	119.00	0.22	119.22	120.34	1.50	4.69	0.32	0.67	3.19
		69.08	115.00	0.31	115.31	115.90	1.50	3.41	0.44	0.99	1.95
	Lat3	106.75	108.00	0.37	108.37	108.94	1.50	3.33	0.45	1.61	1.75
		144.97	101.60	0.53	102.13	103.49	1.50	5.17	0.29	0.87	2.27
inizio impalcato A3	Lat4	151.29	99.10	0.56	99.66	101.02	1.50	5.17	0.29	0.85	2.21
fine impalcato A3		177.40	89.26	0.23	89.49	90.37	1.50	4.17	0.36	0.75	2.77
	Lat5	183.41	87.00	0.26	87.26	87.72	1.50	3.00	0.50	0.89	1.88
briglia esistente	Lat6	205.46	83.00	0.21	83.21	84.20	1.50	4.41	0.34	1.08	3.07
		233.73	70.00	0.40	70.40	71.52	1.50	4.69	0.32	0.98	2.37
	Lat7	248.12	64.00	0.56	64.56	65.55	1.50	4.41	0.34	1.00	1.88
		264.41	59.03	0.56	59.59	60.18	1.50	3.41	0.44	1.28	1.45
	Lat8	314.78	51.32	0.34	51.66	52.71	1.50	4.55	0.33	5.58	2.49

Tabella 4 - Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	Lat1	0.00	144.33	0.64	144.97	146.68	2.20	5.79	0.38	1.16	2.31
	Lat2	61.94	119.00	0.28	119.28	120.75	2.20	5.37	0.41	0.84	3.24
		69.08	115.00	0.39	115.39	116.18	2.20	3.93	0.56	1.24	2.01
	Lat3	106.75	108.00	0.46	108.46	109.25	2.20	3.93	0.56	2.03	1.85
		144.97	101.60	0.61	102.21	103.83	2.20	5.64	0.39	1.05	2.31
inizio impalcato A3	Lat4	151.29	99.10	0.64	99.74	101.36	2.20	5.64	0.39	1.01	2.25
fine impalcato A3		177.40	89.26	0.30	89.56	90.78	2.20	4.89	0.45	0.94	2.85
	Lat5	183.41	87.00	0.32	87.32	87.94	2.20	3.49	0.63	1.12	1.97
briglia esistente	Lat6	205.46	83.00	0.26	83.26	84.59	2.20	5.12	0.43	1.36	3.20
		233.73	70.00	0.51	70.51	72.05	2.20	5.50	0.40	1.23	2.46
	Lat7	248.12	64.00	0.69	64.69	66.02	2.20	5.12	0.43	1.24	1.97
		264.41	59.03	0.69	59.72	60.54	2.20	4.00	0.55	1.57	1.54
	Lat8	314.78	51.32	0.40	51.72	53.19	2.20	5.37	0.41	5.72	2.71

Tabella 5 - Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	Lat1	0.00	144.33	0.69	145.02	146.94	2.70	6.14	0.44	1.25	2.36
	Lat2	61.94	119.00	0.31	119.31	121.07	2.70	5.87	0.46	0.96	3.37
		69.08	115.00	0.44	115.44	116.38	2.70	4.29	0.63	1.40	2.06
	Lat3	106.75	108.00	0.50	108.50	109.35	2.70	4.09	0.66	2.18	1.85
		144.97	101.60	0.66	102.26	104.02	2.70	5.87	0.46	1.16	2.31
inizio impalcato A3	Lat4	151.29	99.10	0.69	99.79	101.55	2.70	5.87	0.46	1.11	2.26
fine impalcato A3		177.40	89.26	0.33	89.59	91.02	2.70	5.29	0.51	1.07	2.94
	Lat5	183.41	87.00	0.36	87.36	88.08	2.70	3.75	0.72	1.26	2.00
briglia esistente	Lat6	205.46	83.00	0.30	83.30	84.91	2.70	5.63	0.48	1.54	3.28
		233.73	70.00	0.57	70.57	72.40	2.70	6.00	0.45	1.39	2.54
	Lat7	248.12	64.00	0.74	64.74	66.17	2.70	5.29	0.51	1.30	1.96
		264.41	59.03	0.74	59.77	60.65	2.70	4.15	0.65	1.65	1.54
	Lat8	314.78	51.32	0.44	51.76	53.44	2.70	5.74	0.47	5.80	2.77

Tabella 6 - Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	Lat1	0.00	144.33	0.75	145.08	147.18	3.40	6.42	0.53	1.35	2.37
	Lat2	61.94	119.00	0.36	119.36	121.46	3.40	6.42	0.53	1.10	3.41
		69.08	115.00	0.50	115.50	116.64	3.40	4.72	0.72	1.61	2.13
	Lat3	106.75	108.00	0.54	108.54	109.48	3.40	4.30	0.79	2.35	1.87
		144.97	101.60	0.72	102.32	104.27	3.40	6.18	0.55	1.30	2.33
inizio impalcato A3	Lat4	151.29	99.10	0.76	99.86	101.81	3.40	6.18	0.55	1.24	2.26
fine impalcato A3		177.40	89.26	0.38	89.64	91.33	3.40	5.76	0.59	1.23	2.98
	Lat5	183.41	87.00	0.42	87.42	88.30	3.40	4.15	0.82	1.45	2.04
briglia esistente	Lat6	205.46	83.00	0.34	83.34	85.22	3.40	6.07	0.56	1.77	3.32
		233.73	70.00	0.63	70.63	72.73	3.40	6.42	0.53	1.51	2.58
	Lat7	248.12	64.00	0.79	64.79	66.37	3.40	5.57	0.61	1.39	2.00
		264.41	59.03	0.79	59.82	60.79	3.40	4.36	0.78	1.75	1.57
	Lat8	314.78	51.32	0.49	51.81	53.83	3.40	6.30	0.54	5.92	2.87

Tabella 7 - Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	Lat1	0.00	144.33	0.81	145.14	147.48	4.20	6.77	0.62	1.47	2.40
	Lat2	61.94	119.00	0.41	119.41	121.91	4.20	7.00	0.60	1.25	3.49
		69.08	115.00	0.57	115.57	116.91	4.20	5.12	0.82	1.83	2.17
	Lat3	106.75	108.00	0.59	108.59	109.63	4.20	4.52	0.93	2.52	1.88
		144.97	101.60	0.79	102.39	104.56	4.20	6.52	0.64	1.45	2.34
inizio impalcato A3	Lat4	151.29	99.10	0.83	99.93	102.13	4.20	6.56	0.64	1.37	2.30
fine impalcato A3		177.40	89.26	0.44	89.70	91.70	4.20	6.27	0.67	1.39	3.02
	Lat5	183.41	87.00	0.47	87.47	88.51	4.20	4.52	0.93	1.65	2.10
briglia esistente	Lat6	205.46	83.00	0.39	83.39	85.66	4.20	6.67	0.63	2.01	3.41
		233.73	70.00	0.68	70.68	72.95	4.20	6.67	0.63	1.58	2.58
	Lat7	248.12	64.00	0.85	64.85	66.58	4.20	5.83	0.72	1.48	2.02
		264.41	59.03	0.86	59.89	60.98	4.20	4.62	0.91	1.86	1.59
	Lat8	314.78	51.32	0.55	51.87	54.14	4.20	6.67	0.63	6.06	2.87

Tabella 8 - Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	Lat1	0.00	144.33	0.97	145.30	148.28	6.50	7.65	0.85	1.75	2.48
	Lat2	61.94	119.00	0.53	119.53	123.07	6.50	8.33	0.78	1.62	3.65
		69.08	115.00	0.71	115.71	117.40	6.50	5.75	1.13	2.14	2.18
	Lat3	106.75	108.00	0.72	108.72	110.01	6.50	5.04	1.29	2.97	1.90
		144.97	101.60	0.96	102.56	105.34	6.50	7.39	0.88	1.83	2.41
inizio impalcato A3	Lat4	151.29	99.10	1.01	100.11	102.96	6.50	7.47	0.87	1.72	2.37
fine impalcato A3		177.40	89.26	0.57	89.83	92.68	6.50	7.47	0.87	1.81	3.16
	Lat5	183.41	87.00	0.61	87.61	89.08	6.50	5.37	1.21	2.13	2.20
briglia esistente	Lat6	205.46	83.00	0.49	83.49	86.34	6.50	7.47	0.87	2.35	3.41
		233.73	70.00	0.81	70.81	73.59	6.50	7.39	0.88	1.78	2.62
	Lat7	248.12	64.00	1.01	65.01	67.21	6.50	6.57	0.99	1.71	2.09
		264.41	59.03	1.01	60.04	61.42	6.50	5.20	1.25	2.13	1.65
	Lat8	314.78	51.32	0.68	52.00	55.13	6.50	7.83	0.83	6.36	3.03

Tabella 9 - Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

3.2 Torrente Prestianni

3.2.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria del torrente Prestianni è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua; nel modello sono state introdotte tutte le opere di sistemazione idraulica e di attraversamento presenti; in particolare:

- il salto di fondo localizzato 112.0 m a monte degli attraversamenti A3 (altezza pari a 0.52 m);
- i viadotti dell'autostrada A3;
- la briglia localizzata a circa 20.0 m a valle dell'autostrada (altezza pari a 0.56 m).

Il rilievo introdotto nel modello di simulazione copre una un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 239 m, caratterizzato da una pendenza di fondo alveo media pari al 22%. Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è rilevato che il tratto di monte, in corrispondenza dell'attraversamento autostradale, risulta molto vegetato e la sezione d'alveo appare sistemata secondo forma trapezia. Nel tratto oggetto di indagine non sono presenti opere di contenimento dei livelli ma soltanto quelle di difesa in alveo. Si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo, caratterizzata da un d_{50} pari a 50 mm.

Di seguito (Tabella 10) si riporta il profilo longitudinale del modello Prestianni in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti...) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
	PRES-01	0.00	131.66	
Salto di fondo	monte salto	14.93	130.53	0.08
	valle salto	15.93	130.01	
	PRES-02	37.29	121.62	0.39
	PRES-03	72.67	112.98	0.24
		93.82	110.34	0.12
	PRES-04	106.98	107.93	0.18
		116.58	106.00	0.20
Inizio impalcato A3		126.82	104.79	0.12
	PRES-05	131.82	104.00	0.16
Fine impalcato A3		148.82	102.00	0.12
	PRES-06	155.52	101.21	0.12
Briglia	Monte briglia	168.62	99.75	0.11

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
	Valle briglia	169.62	99.19	
	PRES-07	192.13	87.00	0.54
	PRES-08	238.92	78.00	0.19

Tabella 10 - Profilo longitudinale del torrente Prestianni.

3.2.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 11) in entrata nel modello (PRES-01);
- scala di moto uniforme imposta nella sezione terminale di valle del modello (PRES-08),
- granulometria caratteristica (D_{50}) nel tratto simulato pari a 50 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s					
T. PRESTIANNI	1.4	2.1	2.6	3.3	4.0	4.5

Tabella 11 - Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnate inserite nel modello.

Per la portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata si è adottata la stessa metodologia prima descritta per il calcolo dell'incremento medio necessario per tener conto dell'apporto solido; tale valore è risultato pari a 18.4%, come riportato nella seguente tabella.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
	PRES-01	0.00	131.66	4.50	0.15	3.3%	18.4%	5.33
	monte salto	14.93	130.53	4.50	0.21	4.7%		5.33
	valle salto	15.93	130.01	4.50	2.55	56.7%		5.33
	PRES-02	37.29	121.62	4.50	1.31	29.1%		5.33
	PRES-03	72.67	112.98	4.50	0.53	11.8%		5.33
		93.82	110.34	4.50	0.64	14.2%		5.33
	PRES-04	106.98	107.93	4.50	0.77	17.1%		5.33
		116.58	106.00	4.50	0.45	10.0%		5.33
Inizio impalcato A3		126.82	104.79	4.50	0.47	10.4%		5.33
	PRES-05	131.82	104.00	4.50	0.05	1.1%		5.33
Fine impalcato A3		148.82	102.00	4.50	0.33	7.3%		5.33
	PRES-06	155.52	101.21	4.50	0.30	6.7%		5.33

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
Briglia	Monte briglia	168.62	99.75	4.50	0.39	8.7%		5.33
	Valle briglia	169.62	99.19	4.50	2.56	56.9%		5.33
	PRES-07	192.13	87.00	4.50	1.02	22.7%		5.33
	PRES-08	238.92	78.00	4.50	1.05	23.3%		5.33

Tabella 12 - Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta del Prestianni.

3.2.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è assunta una scabrezza di:

- $25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l'alveo inciso,
- da 15 a $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo o arboreo.

3.2.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sul torrente Prestianni mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce, data l'elevata pendenza media di fondo alveo (circa 22%).

Il corso d'acqua, nel tratto simulato, si presenta molto inciso con la quasi assenza di aree golenali di potenziale allagamento, per effetto dei ripidi versanti che terminano in prossimità delle sponde. La sezione d'alveo è sistemata secondo una geometria di forma trapezia, in cui vengono contenute tutte le piene simulate.

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	PRES-01	0.00	131.66	0.45	132.11	132.36	1.40	2.22	0.63	2.23	1.06
Salto di fondo	monte salto	14.93	130.53	0.45	130.98	131.29	1.40	2.45	0.57	2.22	1.16
	valle salto	15.93	130.01	0.28	130.29	130.93	1.40	3.55	0.39	1.37	2.14

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
CB0002_F0

Rev *Data*
F0 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	PRES-02	37.29	121.62	0.30	121.92	122.54	1.40	3.50	0.40	1.30	2.04
	PRES-03	72.67	112.98	0.41	113.39	113.84	1.40	2.98	0.47	1.80	1.49
		93.82	110.34	0.37	110.71	111.13	1.40	2.86	0.49	3.19	1.50
	PRES-04	106.98	107.93	0.28	108.21	108.64	1.40	2.92	0.48	3.11	1.76
		116.58	106.00	0.32	106.32	106.73	1.40	2.85	0.49	2.19	1.61
Inizio impalcato A3		126.82	104.79	0.21	105.00	105.27	1.40	2.30	0.61	3.40	1.60
	PRES-05	131.82	104.00	0.19	104.19	104.28	1.40	1.30	1.08	3.50	0.95
Fine impalcato A3		148.82	102.00	0.25	102.25	102.52	1.40	2.30	0.61	2.57	1.47
	PRES-06	155.52	101.21	0.24	101.45	101.69	1.40	2.15	0.65	2.63	1.40
Briglia	Monte briglia	168.62	99.75	0.16	99.91	100.10	1.40	1.92	0.73	1.73	1.53
	Valle briglia	169.62	99.19	0.15	99.34	99.90	1.40	3.31	0.42	1.67	2.73
	PRES-07	192.13	87.00	0.20	87.20	87.62	1.40	2.86	0.49	1.06	2.04
	PRES-08	238.92	78.00	0.35	78.35	78.80	1.40	2.98	0.47	0.98	1.61

Tabella 13 - Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	PRES-01	0.00	131.66	0.51	132.17	132.47	2.10	2.42	0.87	2.82	1.08
Salto di fondo	monte salto	14.93	130.53	0.50	131.03	131.37	2.10	2.59	0.81	2.72	1.17
	valle salto	15.93	130.01	0.36	130.37	131.21	2.10	4.06	0.52	1.75	2.16
	PRES-02	37.29	121.62	0.38	122.00	122.90	2.10	4.20	0.50	1.65	2.18
	PRES-03	72.67	112.98	0.50	113.48	114.08	2.10	3.44	0.61	2.18	1.55
		93.82	110.34	0.41	110.75	111.27	2.10	3.18	0.66	3.41	1.59
	PRES-04	106.98	107.93	0.32	108.25	108.77	2.10	3.18	0.66	3.51	1.80
		116.58	106.00	0.36	106.36	106.83	2.10	3.03	0.69	2.70	1.61
Inizio impalcato A3		126.82	104.79	0.26	105.05	105.42	2.10	2.69	0.78	4.34	1.69
	PRES-05	131.82	104.00	0.25	104.25	104.37	2.10	1.51	1.39	4.48	0.96
Fine impalcato A3		148.82	102.00	0.31	102.31	102.68	2.10	2.69	0.78	3.28	1.54
	PRES-06	155.52	101.21	0.30	101.51	101.84	2.10	2.53	0.83	3.36	1.47
Briglia	Monte briglia	168.62	99.75	0.23	99.98	100.25	2.10	2.31	0.91	2.59	1.54
	Valle briglia	169.62	99.19	0.19	99.38	100.10	2.10	3.75	0.56	2.13	2.75
	PRES-07	192.13	87.00	0.25	87.25	87.83	2.10	3.39	0.62	1.36	2.16
	PRES-08	238.92	78.00	0.42	78.42	79.14	2.10	3.75	0.56	1.17	1.85

Tabella 14 - Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
cb0002_f0

Rev *Data*
F0 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	PRES-01	0.00	131.66	0.55	132.21	132.54	2.60	2.55	1.02	3.22	1.10
Salto di fondo	monte salto	14.93	130.53	0.54	131.07	131.44	2.60	2.71	0.96	3.07	1.18
	valle salto	15.93	130.01	0.41	130.42	131.39	2.60	4.37	0.60	1.99	2.18
	PRES-02	37.29	121.62	0.44	122.06	123.12	2.60	4.56	0.57	1.88	2.20
	PRES-03	72.67	112.98	0.53	113.51	114.17	2.60	3.61	0.72	2.33	1.58
		93.82	110.34	0.44	110.78	111.38	2.60	3.42	0.76	3.56	1.65
	PRES-04	106.98	107.93	0.35	108.28	108.86	2.60	3.38	0.77	3.77	1.82
		116.58	106.00	0.39	106.39	106.90	2.60	3.17	0.82	3.04	1.62
Inizio impalcato A3		126.82	104.79	0.30	105.09	105.53	2.60	2.95	0.88	4.93	1.72
	PRES-05	131.82	104.00	0.28	104.28	104.42	2.60	1.65	1.58	5.10	0.99
Fine impalcato A3		148.82	102.00	0.36	102.36	102.79	2.60	2.92	0.89	3.73	1.55
	PRES-06	155.52	101.21	0.35	101.56	101.94	2.60	2.74	0.95	3.83	1.48
Briglia	Monte briglia	168.62	99.75	0.29	100.04	100.39	2.60	2.63	0.99	3.20	1.56
	Valle briglia	169.62	99.19	0.22	99.41	100.25	2.60	4.06	0.64	2.42	2.77
	PRES-07	192.13	87.00	0.28	87.28	87.96	2.60	3.66	0.71	1.54	2.21
	PRES-08	238.92	78.00	0.46	78.46	79.36	2.60	4.19	0.62	1.30	1.97

Tabella 15 - Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	PRES-01	0.00	131.66	0.61	132.27	132.65	3.30	2.74	1.20	3.75	1.12
Salto di fondo	monte salto	14.93	130.53	0.59	131.12	131.53	3.30	2.84	1.16	3.57	1.18
	valle salto	15.93	130.01	0.46	130.47	131.48	3.30	4.46	0.74	2.28	2.10
	PRES-02	37.29	121.62	0.50	122.12	123.39	3.30	5.00	0.66	2.17	2.26
	PRES-03	72.67	112.98	0.58	113.56	114.31	3.30	3.84	0.86	2.52	1.61
		93.82	110.34	0.47	110.81	111.50	3.30	3.67	0.90	3.74	1.71
	PRES-04	106.98	107.93	0.38	108.31	108.97	3.30	3.59	0.92	4.10	1.86
		116.58	106.00	0.44	106.44	107.03	3.30	3.40	0.97	3.48	1.64
Inizio impalcato A3		126.82	104.79	0.34	105.13	105.65	3.30	3.20	1.03	5.51	1.75
	PRES-05	131.82	104.00	0.33	104.33	104.50	3.30	1.81	1.82	5.89	1.01
Fine impalcato A3		148.82	102.00	0.41	102.41	102.93	3.30	3.19	1.03	4.30	1.59
	PRES-06	155.52	101.21	0.40	101.61	102.07	3.30	3.00	1.10	4.44	1.51
Briglia	Monte briglia	168.62	99.75	0.37	100.12	100.57	3.30	2.96	1.11	4.07	1.55
	Valle briglia	169.62	99.19	0.25	99.44	100.41	3.30	4.35	0.76	2.79	2.78
	PRES-07	192.13	87.00	0.33	87.33	88.16	3.30	4.02	0.82	1.78	2.24
	PRES-08	238.92	78.00	0.52	78.52	79.69	3.30	4.78	0.69	1.46	2.12

Tabella 16 - Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
CB0002_F0

Rev *Data*
F0 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	PRES-01	0.00	131.66	0.66	132.32	132.74	4.00	2.88	1.39	4.25	1.13
Salto di fondo	monte salto	14.93	130.53	0.64	131.17	131.62	4.00	2.99	1.34	4.06	1.19
	valle salto	15.93	130.01	0.48	130.49	131.58	4.00	4.63	0.86	2.55	2.13
	PRES-02	37.29	121.62	0.55	122.17	123.58	4.00	5.26	0.76	2.35	2.27
	PRES-03	72.67	112.98	0.62	113.60	114.42	4.00	4.00	1.00	2.70	1.62
		93.82	110.34	0.51	110.85	111.63	4.00	3.92	1.02	3.91	1.75
	PRES-04	106.98	107.93	0.41	108.34	109.07	4.00	3.77	1.06	4.42	1.88
		116.58	106.00	0.47	106.47	107.11	4.00	3.54	1.13	3.88	1.65
Inizio impalcato A3		126.82	104.79	0.36	105.15	105.74	4.00	3.39	1.18	5.62	1.80
	PRES-05	131.82	104.00	0.36	104.36	104.55	4.00	1.93	2.07	6.34	1.03
Fine impalcato A3		148.82	102.00	0.45	102.45	103.03	4.00	3.36	1.19	4.60	1.60
	PRES-06	155.52	101.21	0.45	101.66	102.19	4.00	3.23	1.24	5.01	1.54
Briglia	Monte briglia	168.62	99.75	0.45	100.20	100.75	4.00	3.28	1.22	4.93	1.56
	Valle briglia	169.62	99.19	0.28	99.47	100.56	4.00	4.62	0.87	3.13	2.79
	PRES-07	192.13	87.00	0.37	87.37	88.33	4.00	4.35	0.92	2.00	2.28
	PRES-08	238.92	78.00	0.57	78.57	79.98	4.00	5.26	0.76	1.60	2.23

Tabella 17 - Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	PRES-01	0.00	131.66	0.75	132.41	132.91	5.33	3.14	1.70	5.15	1.16
	monte salto	14.93	130.53	0.74	131.27	131.81	5.33	3.25	1.64	5.01	1.21
		valle salto	15.93	130.01	0.53	130.54	131.76	5.33	4.89	1.09	3.04
	PRES-02	37.29	121.62	0.61	122.23	123.83	5.33	5.61	0.95	2.57	2.30
	PRES-03	72.67	112.98	0.70	113.68	114.64	5.33	4.33	1.23	3.01	1.65
		93.82	110.34	0.56	110.90	111.84	5.33	4.30	1.24	4.20	1.83
	PRES-04	106.98	107.93	0.47	108.40	109.26	5.33	4.10	1.30	4.96	1.91
		116.58	106.00	0.54	106.54	107.28	5.33	3.81	1.40	4.58	1.65
Inizio impalcato A3		126.82	104.79	0.41	105.20	105.89	5.33	3.68	1.45	5.83	1.83
	PRES-05	131.82	104.00	0.43	104.43	104.66	5.33	2.12	2.51	6.61	1.03
Fine impalcato A3		148.82	102.00	0.49	102.49	103.15	5.33	3.60	1.48	4.99	1.64
	PRES-06	155.52	101.21	0.50	101.71	102.32	5.33	3.46	1.54	5.45	1.56
Briglia	Monte briglia	168.62	99.75	0.49	100.24	100.94	5.33	3.70	1.44	5.33	1.69
	Valle briglia	169.62	99.19	0.34	99.53	100.87	5.33	5.13	1.04	3.72	2.81
	PRES-07	192.13	87.00	0.44	87.44	88.66	5.33	4.89	1.09	2.37	2.35
	PRES-08	238.92	78.00	0.66	78.66	80.53	5.33	6.06	0.88	1.85	2.38

Tabella 18 - Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3.3 Torrente Piria

3.3.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria del torrente Piria è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 14 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua; nel modello sono state introdotte tutte le opere di sistemazione idraulica e di attraversamento presenti.

In particolare nel tratto più a monte rispetto al viadotto autostradale, sono presenti due briglie in c.a. di altezza 3 m e larghezza 8-9 m, poste ad una distanza di 10 m circa; la briglia più a monte non influisce sulla condizione al contorno imposta. Immediatamente a monte del viadotto autostradale è presente una briglia completamente interrta (si intravede solo la gaveta) che non è rappresentata nel modello come struttura influente.

Nel tratto a valle dell'attraversamento autostradale si sono introdotte tutte le opere trasversali esistenti costituite da:

- 2 briglie in c.a. di circa 1-1.5 m di altezza e 4 m di larghezza (in gran parte invase dalla vegetazione);
- salti di fondo in gabbioni, presenti nel tratto terminale, di altezza pari a 0.5 m.

Il rilievo introdotto nel modello di simulazione copre una un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 610 m, caratterizzato da una pendenza di fondo alveo media pari al 12%.

Di seguito (Tabella 19) si riporta il profilo longitudinale del modello Piria in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti....) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
M3 Briglia	briglia base salto	0.00	125.59	
M3 Controbriglia	PIR-01 monte	12.30	124.32	0.10
	PIR-01 valle	13.70	121.44	
	PIR-02	78.01	114.00	0.12
	PIR-03	144.51	106.25	0.12
	PIR-04	214.94	97.20	0.13
M4 Briglia (interrita)	briglia ciglio sfiorante	235.05	95.25	0.10
	PIR -05	239.47	95.15	0.02
inizio impalcato A3		248.65	94.00	0.13
	PIR -06	261.66	92.58	0.11
fine impalcato A3		270.20	91.26	0.15
	PIR-07	280.98	89.40	0.17
M5 Briglia	monte briglia	282.24	89.29	0.09
	valle briglia	283.24	87.60	
	PIR-08	304.14	85.86	0.08
	PIR-09	328.97	83.00	0.12
M6 Briglia	monte briglia	358.44	81.14	0.06
	valle briglia	359.44	79.04	
	PIR-10	373.07	76.65	0.18
	PIR-11	429.94	70.38	0.11
	PIR-12	485.58	64.95	0.10
Salto di fondo	monte salto	526.50	61.28	0.09
	valle salto	527.50	60.71	
Salto di fondo	monte salto	546.08	59.24	0.08
	valle salto	547.08	58.72	
	PIR-13	556.80	57.90	0.08
Salto di fondo	monte salto	559.71	57.59	0.11
	valle salto	560.71	57.22	
Salto di fondo	monte salto	573.82	56.11	0.08
	valle salto	574.82	55.50	
	PIR-14	611.12	51.47	0.11

Tabella 19 - Profilo longitudinale del torrente Piria.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo, caratterizzata da un d_{50} pari a 25 mm.

3.3.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 20) in entrata nel modello (M3

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

briglia);

- portata distribuita nel tratto a valle della A3 (sezioni PIR08-PIR14), che rappresenta il contributo del bacino residuo (cfr. Tabella 20);
- scala di moto uniforme imposta nella sezione terminale di valle del modello (PIR14),
- granulometria caratteristica (d_{50}) pari a 25 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s					
T. PIRIA MONTE A3	4.5	6.7	8.2	10.4	12.8	14.1
T. PIRIA VALLE A3	4.7	6.9	8.4	10.7	13.1	14.5

Tabella 20 - Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

Per la portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata si è adottata la stessa metodologia prima descritta per il calcolo dell'incremento medio necessario per tener conto dell'apporto solido; tale valore è risultato pari a 9.0% come riportato nella seguente tabella.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m3/s	m3/s	%	%	m3/s
M3 Briglia	briglia base salto	0.00	125.59	14.10	0.92	6.5%	9.0%	15.37
M3 Controbriglia	PIR-01 monte	12.30	124.32	14.10	1.84	13.0%		15.37
	PIR-01 valle	13.70	121.44	14.10	1.27	9.0%		15.37
	PIR-02	78.01	114.00	14.10	1.14	8.1%		15.37
	PIR-03	144.51	106.25	14.10	1.19	8.4%		15.37
	PIR-04	214.94	97.20	14.10	0.91	6.5%		15.37
M4 Briglia (interrita)	briglia ciglio sfiorante	235.05	95.25	14.10	0.50	3.5%		15.37
	PIR -05	239.47	95.15	14.10	0.27	1.9%		15.37
inizio impalcato A3		248.65	94.00	14.10	1.76	12.5%		15.37
	PIR -06	261.66	92.58	14.10	1.78	12.6%		15.37
fine impalcato A3		270.20	91.26	14.10	1.93	13.7%		15.37
	PIR-07	280.98	89.40	14.10	1.44	10.2%		15.37
M5 Briglia	monte briglia	282.24	89.29	14.10	5.46	38.7%	15.37	
	valle briglia	283.24	87.60	14.10	0.84	6.0%	15.37	
	PIR-08	304.14	85.86	14.12	0.84	5.9%	15.39	
	PIR-09	328.97	83.00	14.15	0.50	3.5%	15.43	
M6 Briglia	monte briglia	358.44	81.14	14.19	0.68	4.8%	15.47	
	valle briglia	359.44	79.04	14.21	3.95	27.8%	15.49	
	PIR-10	373.07	76.65	14.22	1.09	7.7%	15.51	
	PIR-11	429.94	70.38	14.27	0.90	6.3%	15.56	
	PIR-12	485.58	64.95	14.36	0.77	5.4%	15.65	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m3/s	m3/s	%	%	m3/s
Salto di fondo	monte salto	526.50	61.28	14.43	0.83	5.8%		15.73
	valle salto	527.50	60.71	14.46	0.73	5.0%		15.76
Salto di fondo	monte salto	546.08	59.24	14.47	0.73	5.0%		15.78
	valle salto	547.08	58.72	14.49	0.93	6.4%		15.79
	PIR-13	556.80	57.90	14.49	0.88	6.1%		15.80
Salto di fondo	monte salto	559.71	57.59	14.50	1.31	9.0%		15.81
	valle salto	560.71	57.22	14.50	0.77	5.3%		15.81
Salto di fondo	monte salto	573.82	56.11	14.50	0.84	5.8%		15.81
	valle salto	574.82	55.50	14.50	1.11	7.7%		15.81
	PIR-14	611.12	51.47	14.50	1.04	7.2%		15.81

Tabella 21 - Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta del Piria.

3.3.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è assunta una scabrezza di:

- $22 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l'alveo inciso,
- da 15 a $20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo o arboreo.

3.3.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sul torrente Piria mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce, data l'elevata pendenza media di fondo alveo (circa 12%).

Tutte le piene nei tratti ad assetto naturale defluiscono all'interno dell'alveo inciso, nei tratti artificializzati rimangono contenute all'interno delle opere di contenimento dei livelli o di difesa in alveo presenti; pertanto le esondazioni hanno una ampiezza limitata.

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
M3 Briglia	briglia base salto	0.00	125.59	0.25	125.84	126.21	4.50	2.68	1.68	7.00	1.74
M3 Controbriglia	PIR-01 monte	12.30	124.32	0.24	124.56	124.94	4.50	2.74	1.64	6.98	1.81
	PIR-01 valle	13.70	121.44	0.32	121.76	122.15	4.50	2.78	1.62	6.07	1.73
	PIR-02	78.01	114.00	0.56	114.56	115.18	4.50	3.49	1.29	3.61	1.87
	PIR-03	144.51	106.25	0.56	106.81	107.37	4.50	3.31	1.36	4.37	1.89
	PIR-04	214.94	97.20	0.94	98.14	98.63	4.50	3.10	1.45	3.68	1.58
M4 Briglia (interrita)	briglia ciglio sfiorante	235.05	95.25	1.01	96.26	96.63	4.50	2.69	1.67	4.10	1.35
	PIR -05	239.47	95.15	0.84	95.99	96.32	4.50	2.53	1.78	3.57	2.07
inizio impalcato A3		248.65	94.00	0.79	94.79	95.32	4.50	3.24	1.39	4.99	1.96
	PIR -06	261.66	92.58	0.56	93.14	93.75	4.50	3.46	1.30	4.80	2.12
fine impalcato A3		270.20	91.26	0.57	91.83	92.70	4.50	4.13	1.09	3.32	2.30
	PIR-07	280.98	89.40	0.66	90.06	90.72	4.50	3.60	1.25	3.97	2.16
M5 Briglia	monte briglia	282.24	89.29	0.62	89.91	90.70	4.50	3.95	1.14	3.86	2.49
	valle briglia	283.24	87.60	0.72	88.32	88.78	4.50	3.00	1.50	4.12	1.72
	PIR-08	304.14	85.86	0.81	86.67	87.37	4.51	3.70	1.22	2.24	1.64
	PIR-09	328.97	83.00	1.24	84.24	84.70	4.53	3.00	1.51	2.22	1.26
M6 Briglia	monte briglia	358.44	81.14	1.23	82.37	82.85	4.55	3.05	1.49	2.20	1.29
	valle briglia	359.44	79.04	0.98	80.02	81.27	4.56	4.96	0.92	1.71	2.17
	PIR-10	373.07	76.65	0.51	77.16	77.72	4.56	3.30	1.38	3.95	1.79
	PIR-11	429.94	70.38	0.66	71.04	71.69	4.59	3.56	1.29	2.60	1.79
	PIR-12	485.58	64.95	0.55	65.50	66.03	4.63	3.24	1.43	3.93	1.73
Salto di fondo	monte salto	526.50	61.28	0.54	61.82	62.38	4.66	3.30	1.41	3.92	1.77
	valle salto	527.50	60.71	0.57	61.28	61.78	4.68	3.12	1.50	3.98	1.63
Salto di fondo	monte salto	546.08	59.24	0.56	59.80	60.32	4.69	3.19	1.47	3.96	1.67
	valle salto	547.08	58.72	0.54	59.26	59.82	4.69	3.33	1.41	3.92	1.78
	PIR-13	556.80	57.90	0.44	58.34	58.97	4.70	3.51	1.34	3.29	1.76
Salto di fondo	monte salto	559.71	57.59	0.44	58.03	58.67	4.70	3.53	1.33	3.28	1.77
	valle salto	560.71	57.22	0.48	57.70	58.24	4.70	3.24	1.45	3.40	1.59
Salto di fondo	monte salto	573.82	56.11	0.48	56.59	57.13	4.70	3.26	1.44	3.40	1.60
	valle salto	574.82	55.50	0.44	55.94	56.59	4.70	3.56	1.32	3.27	1.78
	PIR-14	611.12	51.47	0.44	51.91	52.57	4.70	3.59	1.31	3.00	1.72

Tabella 22 - Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
M3 Briglia	briglia base salto	0.00	125.59	0.32	125.91	126.40	6.70	3.10	2.16	7.13	1.80
M3 Controbriglia	PIR-01 monte	12.30	124.32	0.31	124.63	125.15	6.70	3.21	2.09	7.11	1.89
	PIR-01 valle	13.70	121.44	0.40	121.84	122.37	6.70	3.22	2.08	6.87	1.87
	PIR-02	78.01	114.00	0.68	114.68	115.45	6.70	3.90	1.72	4.18	1.94
	PIR-03	144.51	106.25	0.66	106.91	107.62	6.70	3.72	1.80	5.08	2.01
	PIR-04	214.94	97.20	1.06	98.26	98.86	6.70	3.44	1.95	4.39	1.65
M4 Briglia (interrita)	briglia ciglio sfiorante	235.05	95.25	1.13	96.38	96.84	6.70	3.00	2.23	5.09	1.45
	PIR -05	239.47	95.15	0.95	96.10	96.52	6.70	2.88	2.33	8.27	2.13
inizio impalcato A3		248.65	94.00	0.87	94.87	95.51	6.70	3.54	1.89	6.23	2.06
	PIR -06	261.66	92.58	0.65	93.23	93.98	6.70	3.83	1.75	5.46	2.16
fine impalcato A3		270.20	91.26	0.67	91.93	93.00	6.70	4.59	1.46	3.98	2.41
	PIR-07	280.98	89.40	0.76	90.16	90.95	6.70	3.94	1.70	4.24	2.16
M5 Briglia	monte briglia	282.24	89.29	0.72	90.01	90.94	6.70	4.27	1.57	4.12	2.49
	valle briglia	283.24	87.60	0.85	88.45	88.97	6.70	3.19	2.10	4.49	1.73
	PIR-08	304.14	85.86	0.98	86.84	87.68	6.71	4.07	1.65	2.59	1.64
	PIR-09	328.97	83.00	1.45	84.45	84.94	6.73	3.12	2.16	2.69	1.32
M6 Briglia	monte briglia	358.44	81.14	1.44	82.58	83.08	6.75	3.13	2.16	2.68	1.33
	valle briglia	359.44	79.04	1.14	80.18	81.77	6.76	5.59	1.21	2.01	2.29
	PIR-10	373.07	76.65	0.61	77.26	78.00	6.76	3.80	1.78	4.15	1.87
	PIR-11	429.94	70.38	0.77	71.15	71.84	6.79	3.69	1.84	4.45	2.03
	PIR-12	485.58	64.95	0.65	65.60	66.28	6.83	3.65	1.87	4.22	1.76
Salto di fondo	monte salto	526.50	61.28	0.64	61.92	62.64	6.86	3.77	1.82	4.19	1.83
	valle salto	527.50	60.71	0.67	61.38	62.01	6.88	3.53	1.95	4.28	1.67
Salto di fondo	monte salto	546.08	59.24	0.66	59.90	60.56	6.89	3.61	1.91	4.25	1.72
	valle salto	547.08	58.72	0.65	59.37	60.08	6.89	3.72	1.85	4.21	1.79
	PIR-13	556.80	57.90	0.57	58.47	59.24	6.90	3.88	1.78	4.08	1.88
Salto di fondo	monte salto	559.71	57.59	0.57	58.16	58.93	6.90	3.88	1.78	4.11	1.87
	valle salto	560.71	57.22	0.61	57.83	58.46	6.90	3.50	1.97	4.71	1.73
Salto di fondo	monte salto	573.82	56.11	0.61	56.72	57.34	6.90	3.48	1.98	4.73	1.72
	valle salto	574.82	55.50	0.56	56.06	56.86	6.90	3.97	1.74	3.97	1.91
	PIR-14	611.12	51.47	0.57	52.04	52.70	6.90	3.59	1.92	3.14	1.76

Tabella 23 - Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
M3 Briglia	briglia base salto	0.00	125.59	0.36	125.95	126.52	8.20	3.35	2.45	7.21	1.83
M3 Controbriglia	PIR-01 monte	12.30	124.32	0.35	124.67	125.27	8.20	3.43	2.39	7.20	1.90
	PIR-01 valle	13.70	121.44	0.44	121.88	122.49	8.20	3.45	2.38	6.98	1.88
	PIR-02	78.01	114.00	0.74	114.74	115.59	8.20	4.08	2.01	4.48	1.95
	PIR-03	144.51	106.25	0.69	106.94	107.65	8.20	3.73	2.20	6.18	2.01
	PIR-04	214.94	97.20	1.14	98.34	99.02	8.20	3.64	2.25	4.81	1.70
M4 Briglia (interrita)	briglia ciglio sfiorante	235.05	95.25	1.20	96.45	96.98	8.20	3.23	2.54	5.81	1.47
	PIR -05	239.47	95.15	1.02	96.17	96.66	8.20	3.11	2.64	11.22	2.14
inizio impalcato A3		248.65	94.00	0.92	94.92	95.63	8.20	3.74	2.19	7.00	2.13
	PIR -06	261.66	92.58	0.70	93.28	94.12	8.20	4.06	2.02	5.85	2.21
fine impalcato A3		270.20	91.26	0.73	91.99	93.16	8.20	4.80	1.71	4.40	2.47
	PIR-07	280.98	89.40	0.83	90.23	91.10	8.20	4.14	1.98	4.42	2.16
M5 Briglia	monte briglia	282.24	89.29	0.78	90.07	91.09	8.20	4.48	1.83	4.29	2.49
	valle briglia	283.24	87.60	0.93	88.53	89.10	8.20	3.33	2.46	4.62	1.73
	PIR-08	304.14	85.86	1.08	86.94	87.88	8.21	4.30	1.91	2.80	1.66
	PIR-09	328.97	83.00	1.56	84.56	85.07	8.23	3.17	2.60	3.69	1.37
M6 Briglia	monte briglia	358.44	81.14	1.56	82.70	83.22	8.25	3.20	2.58	3.75	1.36
	valle briglia	359.44	79.04	1.23	80.27	82.02	8.26	5.86	1.41	2.20	2.33
	PIR-10	373.07	76.65	0.67	77.32	78.16	8.26	4.05	2.04	4.27	1.88
	PIR-11	429.94	70.38	0.84	71.22	71.97	8.29	3.84	2.16	6.08	2.14
	PIR-12	485.58	64.95	0.72	65.67	66.44	8.33	3.89	2.14	4.41	1.79
Salto di fondo	monte salto	526.50	61.28	0.71	61.99	62.79	8.36	3.96	2.11	4.38	1.83
	valle salto	527.50	60.71	0.74	61.45	62.16	8.38	3.74	2.24	4.47	1.69
Salto di fondo	monte salto	546.08	59.24	0.74	59.98	60.71	8.39	3.80	2.21	4.45	1.72
	valle salto	547.08	58.72	0.72	59.44	60.23	8.39	3.94	2.13	4.40	1.81
	PIR-13	556.80	57.90	0.64	58.54	59.33	8.40	3.94	2.13	5.20	1.97
Salto di fondo	monte salto	559.71	57.59	0.64	58.23	59.02	8.40	3.94	2.13	5.23	1.97
	valle salto	560.71	57.22	0.68	57.90	58.55	8.40	3.56	2.36	5.95	1.80
Salto di fondo	monte salto	573.82	56.11	0.69	56.80	57.44	8.40	3.54	2.37	5.99	1.79
	valle salto	574.82	55.50	0.63	56.13	56.95	8.40	4.02	2.09	5.09	2.00
	PIR-14	611.12	51.47	0.66	52.13	52.82	8.40	3.68	2.28	3.24	1.76

Tabella 24 - Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
M3 Briglia	briglia base salto	0.00	125.59	0.41	126.00	126.68	10.40	3.65	2.85	7.32	1.87
M3 Controbriglia	PIR-01 monte	12.30	124.32	0.41	124.73	125.41	10.40	3.66	2.84	7.32	1.89
	PIR-01 valle	13.70	121.44	0.50	121.94	122.65	10.40	3.74	2.78	7.13	1.91
	PIR-02	78.01	114.00	0.82	114.82	115.79	10.40	4.35	2.39	4.89	1.99
	PIR-03	144.51	106.25	0.73	106.98	107.69	10.40	3.73	2.79	7.79	2.01
	PIR-04	214.94	97.20	1.23	98.43	99.20	10.40	3.88	2.68	5.46	1.77
M4 Briglia (interrita)	briglia ciglio sfiorante	235.05	95.25	1.27	96.52	97.11	10.40	3.41	3.05	6.54	1.59
	PIR -05	239.47	95.15	1.07	96.22	96.77	10.40	3.29	3.16	11.85	2.14
inizio impalcato A3		248.65	94.00	0.98	94.98	95.78	10.40	3.97	2.62	7.90	2.20
	PIR -06	261.66	92.58	0.76	93.34	94.28	10.40	4.30	2.42	6.33	2.23
fine impalcato A3		270.20	91.26	0.80	92.06	93.38	10.40	5.10	2.04	4.96	2.55
	PIR-07	280.98	89.40	0.92	90.32	91.29	10.40	4.37	2.38	4.61	2.16
M5 Briglia	monte briglia	282.24	89.29	0.87	90.16	91.27	10.40	4.66	2.23	4.54	2.49
	valle briglia	283.24	87.60	1.04	88.64	89.27	10.40	3.51	2.96	4.72	1.74
	PIR-08	304.14	85.86	1.22	87.08	88.15	10.41	4.59	2.27	3.09	1.71
	PIR-09	328.97	83.00	1.72	84.72	85.24	10.44	3.18	3.28	5.55	1.38
M6 Briglia	monte briglia	358.44	81.14	1.73	82.87	83.40	10.47	3.23	3.24	5.63	1.37
	valle briglia	359.44	79.04	1.35	80.39	82.35	10.48	6.20	1.69	2.46	2.40
	PIR-10	373.07	76.65	0.75	77.40	78.37	10.49	4.35	2.41	4.44	1.90
	PIR-11	429.94	70.38	0.93	71.31	72.09	10.53	3.91	2.69	8.56	2.18
	PIR-12	485.58	64.95	0.81	65.76	66.64	10.59	4.15	2.55	4.98	1.86
Salto di fondo	monte salto	526.50	61.28	0.80	62.08	62.97	10.64	4.19	2.54	4.94	1.87
	valle salto	527.50	60.71	0.83	61.54	62.34	10.67	3.95	2.70	5.37	1.78
Salto di fondo	monte salto	546.08	59.24	0.83	60.07	60.88	10.68	3.99	2.68	5.31	1.79
	valle salto	547.08	58.72	0.80	59.52	60.42	10.69	4.19	2.55	4.95	1.87
	PIR-13	556.80	57.90	0.74	58.64	59.46	10.69	4.02	2.66	6.52	1.99
Salto di fondo	monte salto	559.71	57.59	0.74	58.33	59.14	10.70	3.99	2.68	6.52	1.98
	valle salto	560.71	57.22	0.78	58.00	58.66	10.70	3.60	2.97	6.65	1.83
Salto di fondo	monte salto	573.82	56.11	0.78	56.89	57.54	10.70	3.58	2.99	6.66	1.81
	valle salto	574.82	55.50	0.73	56.23	57.08	10.70	4.08	2.62	6.50	2.01
	PIR-14	611.12	51.47	0.78	52.25	52.97	10.70	3.75	2.85	5.88	1.90

Tabella 25 - Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
M3 Briglia	briglia base salto	0.00	125.59	0.47	126.06	126.85	12.80	3.94	3.25	7.43	1.9
M3 Controbriglia	PIR-01 monte	12.30	124.32	0.46	124.78	125.58	12.80	3.96	3.23	7.42	1.92
	PIR-01 valle	13.70	121.44	0.55	121.99	122.81	12.80	4.01	3.19	7.28	1.94
	PIR-02	78.01	114.00	0.90	114.90	115.98	12.80	4.60	2.78	5.29	2.03
	PIR-03	144.51	106.25	0.78	107.03	107.74	12.80	3.74	3.42	9.53	2.01
	PIR-04	214.94	97.20	1.29	98.49	99.31	12.80	4.00	3.20	6.36	1.80
M4 Briglia (interrita)	briglia ciglio sfiorante	235.05	95.25	1.33	96.58	97.28	12.80	3.71	3.45	7.25	1.71
	PIR -05	239.47	95.15	1.11	96.26	96.88	12.80	3.48	3.68	12.48	2.14
inizio impalcato A3		248.65	94.00	1.03	95.03	95.90	12.80	4.13	3.10	8.59	2.20
	PIR -06	261.66	92.58	0.82	93.40	94.45	12.80	4.54	2.82	6.81	2.25
fine impalcato A3		270.20	91.26	0.87	92.13	93.62	12.80	5.40	2.37	5.52	2.61
	PIR-07	280.98	89.40	0.99	90.39	91.50	12.80	4.67	2.74	4.67	2.16
M5 Briglia	monte briglia	282.24	89.29	0.95	90.24	91.48	12.80	4.94	2.59	4.63	2.49
	valle briglia	283.24	87.60	1.14	88.74	89.44	12.80	3.71	3.45	4.81	1.75
	PIR-08	304.14	85.86	1.34	87.20	88.38	12.81	4.82	2.66	3.36	1.74
	PIR-09	328.97	83.00	1.87	84.87	85.40	12.84	3.23	3.98	6.99	1.38
M6 Briglia	monte briglia	358.44	81.14	1.86	83.00	83.54	12.87	3.27	3.94	6.99	1.39
	valle briglia	359.44	79.04	1.46	80.50	82.64	12.88	6.47	1.99	2.72	2.48
	PIR-10	373.07	76.65	0.83	77.48	78.58	12.89	4.65	2.77	4.60	1.92
	PIR-11	429.94	70.38	0.99	71.37	72.20	12.93	4.04	3.20	8.80	2.19
	PIR-12	485.58	64.95	0.88	65.83	66.76	12.99	4.27	3.04	6.28	1.97
Salto di fondo	monte salto	526.50	61.28	0.88	62.16	63.12	13.04	4.33	3.01	6.19	1.99
	valle salto	527.50	60.71	0.91	61.62	62.46	13.07	4.07	3.21	6.73	1.88
Salto di fondo	monte salto	546.08	59.24	0.91	60.15	61.02	13.08	4.13	3.17	6.64	1.90
	valle salto	547.08	58.72	0.88	59.60	60.55	13.09	4.32	3.03	6.26	1.98
	PIR-13	556.80	57.90	0.82	58.72	59.56	13.09	4.05	3.23	6.77	2.00
Salto di fondo	monte salto	559.71	57.59	0.82	58.41	59.24	13.10	4.03	3.25	6.77	1.99
	valle salto	560.71	57.22	0.87	58.09	58.77	13.10	3.65	3.59	6.93	1.83
Salto di fondo	monte salto	573.82	56.11	0.87	56.98	57.65	13.10	3.62	3.62	6.94	1.81
	valle salto	574.82	55.50	0.81	56.31	57.17	13.10	4.11	3.19	6.75	2.03
	PIR-14	611.12	51.47	0.90	52.37	53.12	13.10	3.83	3.42	9.12	1.97

Tabella 26 - Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
M3 Briglia	briglia base salto	0.00	125.59	0.52	126.11	127.01	15.37	4.20	3.66	7.54	1.92
M3 Controbriglia	PIR-01 monte	12.30	124.32	0.51	124.83	125.75	15.37	4.25	3.62	7.53	1.95
	PIR-01 valle	13.70	121.44	0.61	122.05	122.99	15.37	4.29	3.58	7.43	1.97
	PIR-02	78.01	114.00	0.97	114.97	116.18	15.37	4.88	3.15	5.63	2.08
	PIR-03	144.51	106.25	0.83	107.08	107.80	15.37	3.76	4.09	11.37	2.01
	PIR-04	214.94	97.20	1.35	98.55	99.43	15.37	4.15	3.70	7.22	1.85
M4 Briglia (interrita)	briglia ciglio sfiorante	235.05	95.25	1.40	96.65	97.46	15.37	3.99	3.85	7.95	1.83
	PIR -05	239.47	95.15	1.15	96.30	96.98	15.37	3.66	4.20	13.11	2.14
inizio impalcato A3		248.65	94.00	1.09	95.09	96.03	15.37	4.31	3.57	9.28	2.21
	PIR -06	261.66	92.58	0.88	93.46	94.62	15.37	4.77	3.22	7.27	2.29
fine impalcato A3		270.20	91.26	0.93	92.19	93.76	15.37	5.55	2.77	6.04	2.62
	PIR-07	280.98	89.40	1.07	90.47	91.71	15.37	4.94	3.11	4.74	2.16
M5 Briglia	monte briglia	282.24	89.29	1.03	90.32	91.69	15.37	5.19	2.96	4.71	2.49
	valle briglia	283.24	87.60	1.24	88.84	89.61	15.37	3.88	3.96	5.00	1.77
	PIR-08	304.14	85.86	1.43	87.29	88.60	15.39	5.08	3.03	3.60	1.77
	PIR-09	328.97	83.00	1.93	84.93	85.54	15.43	3.45	4.47	7.06	1.39
M6 Briglia	monte briglia	358.44	81.14	1.92	83.06	83.70	15.47	3.53	4.38	7.05	1.43
	valle briglia	359.44	79.04	1.56	80.60	82.76	15.49	6.51	2.38	3.70	2.57
	PIR-10	373.07	76.65	0.91	77.56	78.81	15.51	4.96	3.13	4.76	1.95
	PIR-11	429.94	70.38	1.05	71.43	72.32	15.56	4.17	3.73	8.84	2.20
	PIR-12	485.58	64.95	0.97	65.92	66.90	15.65	4.40	3.56	7.67	2.07
Salto di fondo	monte salto	526.50	61.28	0.96	62.24	63.25	15.73	4.46	3.53	7.59	2.09
	valle salto	527.50	60.71	1.00	61.71	62.61	15.76	4.19	3.76	8.20	1.98
Salto di fondo	monte salto	546.08	59.24	1.00	60.24	61.15	15.78	4.23	3.73	8.14	1.99
	valle salto	547.08	58.72	0.97	59.69	60.69	15.79	4.44	3.56	7.67	2.08
	PIR-13	556.80	57.90	0.91	58.81	59.67	15.80	4.10	3.85	7.00	2.00
Salto di fondo	monte salto	559.71	57.59	0.91	58.50	59.35	15.81	4.09	3.87	7.00	2.00
	valle salto	560.71	57.22	0.96	58.18	58.90	15.81	3.75	4.22	7.00	1.83
Salto di fondo	monte salto	573.82	56.11	0.96	57.07	57.79	15.81	3.75	4.22	7.00	1.82
	valle salto	574.82	55.50	0.90	56.40	57.28	15.81	4.16	3.80	7.00	2.03
	PIR-14	611.12	51.47	0.97	52.44	53.22	15.81	3.90	4.05	9.85	1.97

Tabella 27 - Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

3.4 Torrente Zagarella 1

3.4.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria del torrente Zagarella è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 14 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua; nel modello sono state introdotte le opere di attraversamento e di controllo del trasporto solido

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

esistenti (briglie, soglie); in particolare:

- briglia di altezza pari a 4.70 m localizzata circa 23 m a monte del viadotto carreggiata Nord dell'autostrada A3;
- controbriglia di altezza pari a 0.20 m localizzata circa 8.0 m a valle della precedente, l'opera è quasi totalmente interrita e non risulta funzionale idraulicamente; non è stata pertanto inserita nel modello di simulazione;
- viadotti delle carreggiate Nord e Sud dell'autostrada A3.

Le opere di contenimento dei livelli presenti a monte dell'autostrada A3 (muri in c.a.) e a valle di essa (muri in pietrame) sono stati schematizzati nel modello numerico come "limiti di non esondazione".

Il torrente Zagarella 1 riceve in sinistra idraulica gli apporti del suo affluente Zagarella 2, tra le sezioni denominate ZAG-12 e ZAG-13.

Il termine del modello rappresenta l'attraversamento della via Nazionale (ubicato a valle della confluenza dei due rami Zagarella), costituito da un ponte ad arco ribassato su piedritti, di altezza all'intradosso di 1,8 m e larghezza 7.0 m. Tale manufatto di attraversamento è stato considerato per completezza di simulazione.

Il rilievo eseguito copre un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 650 m, il profilo di fondo alveo è caratterizzato da una pendenza media pari al 12%. Di seguito (Tabella 28) si riporta il profilo longitudinale del modello in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti....) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
	ZAG-01	0.00	114.16	
	ZAG-02	46.36	107.50	0.14
		64.34	106.00	0.08
	ZAG-03	86.69	103.21	0.12

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
Briglia	Briglia monte	93.36	102.40	0.12
	Briglia valle	94.36	97.70	
Controbriglia		101.55	97.22	0.07
Inizio impalcato	A3	116.46	96.37	0.06
Fine impalcato	A3	144.86	95.06	0.05
	ZAG-04	146.10	95.00	0.05
		179.53	92.01	0.09
	ZAG-05	196.09	90.00	0.12
		219.37	87.00	0.13
	ZAG-06	240.35	83.89	0.15
		261.09	80.92	0.14
	ZAG-07	275.68	78.92	0.14
	ZAG-08	316.90	74.50	0.11
	ZAG-09	356.64	69.00	0.14
		378.93	67.00	0.09
	ZAG-10	394.34	64.86	0.14
		417.22	63.01	0.08
	ZAG-11	462.85	57.80	0.11
		507.70	53.01	0.11
	ZAG-12	514.58	52.01	0.15
Immissione Zagarella 2		580.05	45.95	0.09
	ZAG-13	602.83	43.38	0.11
		613.64	41.76	0.15
	salto monte	644.15	38.56	0.10
	salto valle	645.15	37.50	
	ZAG-14	649.43	36.54	0.22

Tabella 28 - Profilo longitudinale del torrente Zagarella 1.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo caratterizzata da un d_{50} pari a 10 mm.

3.4.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 29) in entrata nel modello (ZAG-01);
- portata distribuita nel tratto a valle della A3 fino a monte della confluenza dello Zagarella 2 (sezioni ZAG-07- ZAG-12), che rappresenta il contributo del bacino residuo (cfr. Tabella 29);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

- portata concentrata in corrispondenza della confluenza dello Zagarella 2 (cfr. Tabella 29);
- scala di moto uniforme imposta nella sezione terminale di valle del modello (ZAG-14),
- granulometria caratteristica (d_{50}) pari a 10 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s					
T. ZAGARELLA 1 MONTE A3	3.7	5.6	6.8	8.6	10.6	11.7
T. ZAGARELLA 1 VALLE A3	4.5	6.8	8.3	10.5	12.9	14.3
CONFLUENZA T. ZAGARELLA 2 INTERO BACINO	4.2	6.3	7.7	9.8	12.1	13.4
T. ZAGARELLA 1 INTERO BACINO	7.9	11.9	14.5	18.5	22.7	25.2

Tabella 29 - Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

Per la portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata si è adottata la stessa metodologia prima descritta per il calcolo dell'incremento medio necessario per tener conto dell'apporto solido; tale valore è risultato pari a 8.9%, come riportato nella seguente tabella.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
	ZAG-01	0.00	114.16	11.70	1.32	11.3%	8.9%	12.74
	ZAG-02	46.36	107.50	11.70	0.70	6.0%		12.74
		64.34	106.00	11.70	1.03	8.8%		12.74
	ZAG-03	86.69	103.21	11.70	1.03	8.8%		12.74
Briglia	Briglia monte	93.36	102.40	11.70	3.06	26.2%		12.74
	Briglia valle	94.36	97.70	11.70	1.31	11.2%		12.74
Controbriglia		101.55	97.22	11.70	0.29	2.5%		12.74
Inizio impalcato	A3	116.46	96.37	11.70	0.24	2.1%		12.74
Fine impalcato	A3	144.86	95.06	11.70	0.33	2.8%		12.74
	ZAG-04	146.10	95.00	11.70	0.62	5.3%		12.74
		179.53	92.01	11.70	0.89	7.6%	12.74	
	ZAG-05	196.09	90.00	11.70	1.09	9.3%	12.74	
		219.37	87.00	11.70	1.35	11.5%	12.74	
	ZAG-06	240.35	83.89	11.70	1.25	10.7%	12.74	
		261.09	80.92	11.70	1.31	11.2%	12.74	
	ZAG-07	275.68	78.92	11.70	1.11	9.5%	12.74	
	ZAG-08	316.90	74.50	14.30	1.42	9.9%	15.58	
	ZAG-09	356.64	69.00	14.30	0.87	6.1%	15.58	
		378.93	67.00	14.30	1.38	9.7%	15.58	
	ZAG-10	394.34	64.86	14.30	0.73	5.1%	15.58	
		417.22	63.01	14.30	1.07	7.5%	15.58	
	ZAG-11	462.85	57.80	14.30	1.03	7.2%	15.58	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m3/s	m3/s	%	%	m3/s
		507.70	53.01	14.30	1.40	9.8%		15.58
	ZAG-12	514.58	52.01	14.30	0.77	5.4%		15.58
Immissione Zagarella 2		580.05	45.95	14.30	1.84	12.9%		15.58
	ZAG-13	602.83	43.38	25.20	2.71	10.8%		27.39
		613.64	41.76	25.20	1.87	7.4%		27.39
	salto monte	644.15	38.56	25.20	2.01	8.0%		27.39
	salto valle	645.15	37.50	25.20	3.92	15.6%		27.39
	ZAG-14	649.43	36.54	25.20	1.55	6.2%		27.39

Tabella 30 - Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta dello Zagarella 1.

3.4.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è assunta una scabrezza di:

- 23 m¹/3s-1 per l'alveo inciso,
- da 15 a 20 m¹/3s-1 per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo o arboreo.

3.4.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sul torrente Zagarella 1 mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce data l'elevata pendenza media di fondo alveo (circa pari al 12%).

Le piene sono contenute all'interno dell'alveo inciso e dalle opere di contenimento dei livelli esistenti (muri arginali).

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZAG-01	0.00	114.16	0.39	114.55	114.98	3.70	2.89	1.28	5.94	2.81
	ZAG-02	46.36	107.50	0.43	107.93	108.22	3.70	2.37	1.56	6.81	1.58
		64.34	106.00	0.44	106.44	106.92	3.70	3.06	1.21	5.23	2.50
	ZAG-03	86.69	103.21	0.27	103.48	103.86	3.70	2.74	1.35	6.48	1.91
Briglia	Briglia monte	93.36	102.40	0.26	102.66	103.07	3.70	2.85	1.30	6.38	2.01
	Briglia valle	94.36	97.70	0.33	98.03	98.26	3.70	2.14	1.73	7.19	1.39
Controbriglia		101.55	97.22	0.38	97.60	97.84	3.70	2.18	1.70	6.47	1.42
Inizio impalcato	A3	116.46	96.37	0.40	96.77	97.00	3.70	2.14	1.73	5.78	1.28
Fine impalcato	A3	144.86	95.06	0.34	95.40	95.66	3.70	2.26	1.64	4.88	1.25
	ZAG-04	146.10	95.00	0.32	95.32	95.62	3.70	2.42	1.53	4.48	1.33
		179.53	92.01	0.34	92.35	92.75	3.70	2.80	1.32	5.09	1.94
	ZAG-05	196.09	90.00	0.36	90.36	90.83	3.70	3.03	1.22	5.27	2.03
		219.37	87.00	0.34	87.34	87.95	3.70	3.46	1.07	4.19	2.18
	ZAG-06	240.35	83.89	0.32	84.21	84.78	3.70	3.33	1.11	4.20	2.07
		261.09	80.92	0.47	81.39	82.05	3.70	3.59	1.03	3.40	2.98
	ZAG-07	275.68	78.92	0.44	79.36	79.65	3.70	2.39	1.55	5.96	1.81
	ZAG-08	316.90	74.50	0.34	74.84	75.20	4.50	2.66	1.69	9.93	4.98
	ZAG-09	356.64	69.00	0.29	69.29	69.56	4.50	2.31	1.95	10.79	2.00
		378.93	67.00	0.33	67.33	67.80	4.50	3.04	1.48	6.69	2.75
	ZAG-10	394.34	64.86	0.30	65.16	65.37	4.50	2.05	2.20	12.06	1.67
		417.22	63.01	0.30	63.31	63.66	4.50	2.63	1.71	8.27	2.65
	ZAG-11	462.85	57.80	0.27	58.07	58.32	4.50	2.21	2.04	12.48	1.83
		507.70	53.01	0.22	53.23	53.61	4.50	2.74	1.64	9.19	2.85
	ZAG-12	514.58	52.01	0.21	52.22	52.45	4.50	2.14	2.10	11.81	3.67
Immissione Zagarella 2		580.05	45.95	0.46	46.41	46.58	4.50	1.82	2.47	9.07	1.96
	ZAG-13	602.83	43.38	0.46	43.84	44.31	7.90	3.03	2.61	13.35	3.01
		613.64	41.76	0.48	42.24	42.57	7.90	2.55	3.10	16.38	3.23
	salto monte	644.15	38.56	0.40	38.96	39.32	7.90	2.66	2.97	15.13	1.92
	salto valle	645.15	37.50	0.37	37.87	38.37	7.90	3.13	2.52	14.14	2.03
	ZAG-14	649.43	36.54	0.51	37.05	37.93	7.90	4.16	1.90	5.62	1.51

Tabella 31 - Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZAG-01	0.00	114.16	0.45	114.61	115.13	5.60	3.20	1.75	6.96	2.81
	ZAG-02	46.36	107.50	0.51	108.01	108.38	5.60	2.69	2.08	7.85	1.67
		64.34	106.00	0.52	106.52	107.10	5.60	3.37	1.66	6.16	2.50
	ZAG-03	86.69	103.21	0.34	103.55	104.04	5.60	3.09	1.81	7.33	1.99
Briglia	Briglia monte	93.36	102.40	0.34	102.74	103.24	5.60	3.13	1.79	7.29	2.02
	Briglia valle	94.36	97.70	0.41	98.11	98.40	5.60	2.39	2.34	8.19	1.43
Controbriglia		101.55	97.22	0.46	97.68	97.98	5.60	2.41	2.32	7.42	1.42
Inizio impalcato	A3	116.46	96.37	0.50	96.87	97.17	5.60	2.41	2.32	6.73	1.31
Fine impalcato	A3	144.86	95.06	0.44	95.50	95.87	5.60	2.69	2.08	6.20	1.49
	ZAG-04	146.10	95.00	0.41	95.41	95.83	5.60	2.86	1.96	5.75	1.57
		179.53	92.01	0.42	92.43	92.98	5.60	3.29	1.70	6.33	2.02
	ZAG-05	196.09	90.00	0.42	90.42	90.99	5.60	3.35	1.67	5.99	2.04
		219.37	87.00	0.42	87.42	88.20	5.60	3.92	1.43	4.46	2.22
	ZAG-06	240.35	83.89	0.40	84.29	85.04	5.60	3.84	1.46	4.36	2.12
		261.09	80.92	0.57	81.49	82.37	5.60	4.15	1.35	3.85	2.98
	ZAG-07	275.68	78.92	0.51	79.43	79.82	5.60	2.77	2.02	6.04	1.86
	ZAG-08	316.90	74.50	0.40	74.90	75.32	6.80	2.88	2.36	12.23	4.98
	ZAG-09	356.64	69.00	0.35	69.35	69.70	6.80	2.61	2.61	11.75	2.00
		378.93	67.00	0.40	67.40	68.02	6.80	3.49	1.95	7.38	2.75
	ZAG-10	394.34	64.86	0.36	65.22	65.51	6.80	2.37	2.87	12.66	1.67
		417.22	63.01	0.36	63.37	63.86	6.80	3.09	2.20	8.28	2.65
	ZAG-11	462.85	57.80	0.32	58.12	58.46	6.80	2.58	2.64	12.94	1.83
		507.70	53.01	0.27	53.28	53.80	6.80	3.19	2.13	10.18	2.85
	ZAG-12	514.58	52.01	0.26	52.27	52.59	6.80	2.51	2.71	11.82	3.67
Immissione Zagarella 2		580.05	45.95	0.54	46.49	46.72	6.80	2.13	3.20	9.81	2.08
	ZAG-13	602.83	43.38	0.53	43.91	44.46	11.90	3.29	3.62	16.65	3.01
		613.64	41.76	0.54	42.30	42.73	11.90	2.91	4.09	17.79	3.23
	salto monte	644.15	38.56	0.47	39.03	39.46	11.90	2.89	4.12	17.66	1.92
	salto valle	645.15	37.50	0.43	37.93	38.52	11.90	3.40	3.50	16.29	2.04
	ZAG-14	649.43	36.54	0.67	37.21	38.12	11.90	4.22	2.82	6.20	1.52

Tabella 32 - Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZAG-01	0.00	114.16	0.49	114.65	115.23	6.80	3.37	2.02	7.53	2.81
	ZAG-02	46.36	107.50	0.55	108.05	108.47	6.80	2.87	2.37	7.99	1.69
		64.34	106.00	0.56	106.56	107.21	6.80	3.56	1.91	6.69	2.50
	ZAG-03	86.69	103.21	0.38	103.59	104.14	6.80	3.29	2.07	7.82	2.04
Briglia	Briglia monte	93.36	102.40	0.38	102.78	103.31	6.80	3.24	2.10	7.85	2.02
	Briglia valle	94.36	97.70	0.45	98.15	98.47	6.80	2.51	2.71	8.71	1.43
Controbriglia		101.55	97.22	0.51	97.73	98.06	6.80	2.53	2.69	7.94	1.42
Inizio impalcato	A3	116.46	96.37	0.56	96.93	97.26	6.80	2.56	2.66	7.26	1.35
Fine impalcato	A3	144.86	95.06	0.49	95.55	95.99	6.80	2.93	2.32	6.92	1.62
	ZAG-04	146.10	95.00	0.46	95.46	95.95	6.80	3.09	2.20	6.45	1.69
		179.53	92.01	0.45	92.46	93.07	6.80	3.45	1.97	6.60	2.02
	ZAG-05	196.09	90.00	0.46	90.46	91.09	6.80	3.52	1.93	6.37	2.04
		219.37	87.00	0.46	87.46	88.35	6.80	4.17	1.63	4.61	2.25
	ZAG-06	240.35	83.89	0.45	84.34	85.21	6.80	4.12	1.65	4.45	2.16
		261.09	80.92	0.62	81.54	82.48	6.80	4.30	1.58	4.16	2.98
	ZAG-07	275.68	78.92	0.55	79.47	79.92	6.80	2.98	2.28	6.09	1.90
	ZAG-08	316.90	74.50	0.42	74.92	75.38	8.30	3.00	2.77	13.61	4.98
	ZAG-09	356.64	69.00	0.38	69.38	69.77	8.30	2.77	3.00	11.85	2.00
		378.93	67.00	0.44	67.44	68.10	8.30	3.59	2.31	8.25	2.75
	ZAG-10	394.34	64.86	0.39	65.25	65.58	8.30	2.55	3.25	12.87	1.67
		417.22	63.01	0.40	63.41	63.98	8.30	3.35	2.48	8.28	2.65
	ZAG-11	462.85	57.80	0.35	58.15	58.55	8.30	2.79	2.98	12.95	1.85
		507.70	53.01	0.30	53.31	53.91	8.30	3.43	2.42	10.80	2.85
	ZAG-12	514.58	52.01	0.29	52.30	52.67	8.30	2.71	3.06	11.82	3.67
Immissione Zagarella 2		580.05	45.95	0.59	46.54	46.81	8.30	2.29	3.62	10.24	2.15
	ZAG-13	602.83	43.38	0.56	43.94	44.56	14.50	3.49	4.15	17.29	3.01
		613.64	41.76	0.57	42.33	42.82	14.50	3.11	4.66	18.39	3.23
	salto monte	644.15	38.56	0.50	39.06	39.53	14.50	3.05	4.75	18.56	1.93
	salto valle	645.15	37.50	0.47	37.97	38.61	14.50	3.54	4.10	17.62	2.06
	ZAG-14	649.43	36.54	0.76	37.30	38.22	14.50	4.25	3.41	6.34	1.53

Tabella 33 - Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZAG-01	0.00	114.16	0.54	114.70	115.37	8.60	3.61	2.38	8.33	2.81
	ZAG-02	46.36	107.50	0.60	108.10	108.59	8.60	3.12	2.76	8.17	1.71
		64.34	106.00	0.61	106.61	107.34	8.60	3.77	2.28	7.32	2.5
	ZAG-03	86.69	103.21	0.42	103.63	104.25	8.60	3.50	2.46	8.36	2.05
Briglia	Briglia monte	93.36	102.40	0.42	102.82	103.45	8.60	3.51	2.45	8.35	2.07
	Briglia valle	94.36	97.70	0.51	98.21	98.57	8.60	2.66	3.23	9.42	1.45
Controbriglia		101.55	97.22	0.57	97.79	98.16	8.60	2.70	3.19	8.63	1.42
Inizio impalcato	A3	116.46	96.37	0.62	96.99	97.36	8.60	2.70	3.18	7.84	1.36
Fine impalcato	A3	144.86	95.06	0.55	95.61	96.08	8.60	3.05	2.82	7.51	1.62
	ZAG-04	146.10	95.00	0.52	95.52	96.06	8.60	3.26	2.64	7.26	1.8
		179.53	92.01	0.50	92.51	93.20	8.60	3.68	2.34	6.98	2.03
	ZAG-05	196.09	90.00	0.51	90.51	91.22	8.60	3.74	2.30	6.89	2.06
		219.37	87.00	0.52	87.52	88.56	8.60	4.53	1.90	4.83	2.3
	ZAG-06	240.35	83.89	0.51	84.40	85.42	8.60	4.48	1.92	4.57	2.21
		261.09	80.92	0.69	81.61	82.65	8.60	4.53	1.90	4.62	2.98
	ZAG-07	275.68	78.92	0.61	79.53	80.07	8.60	3.26	2.64	6.15	1.94
	ZAG-08	316.90	74.50	0.46	74.96	75.47	10.50	3.16	3.32	15.50	4.98
	ZAG-09	356.64	69.00	0.43	69.43	69.88	10.50	2.97	3.53	11.99	2
		378.93	67.00	0.49	67.49	68.20	10.50	3.74	2.81	9.50	2.75
	ZAG-10	394.34	64.86	0.43	65.29	65.69	10.50	2.79	3.76	12.87	1.67
		417.22	63.01	0.44	63.45	64.13	10.50	3.66	2.87	8.29	2.65
	ZAG-11	462.85	57.80	0.38	58.18	58.66	10.50	3.06	3.43	12.95	1.89
		507.70	53.01	0.33	53.34	54.05	10.50	3.74	2.81	11.56	2.85
	ZAG-12	514.58	52.01	0.33	52.34	52.79	10.50	2.97	3.54	11.82	3.67
Immissione Zagarella 2		580.05	45.95	0.65	46.60	46.90	10.50	2.42	4.33	11.65	2.24
	ZAG-13	602.83	43.38	0.60	43.98	44.71	18.50	3.78	4.89	18.18	3.01
		613.64	41.76	0.61	42.37	42.96	18.50	3.39	5.46	19.22	3.23
	salto monte	644.15	38.56	0.54	39.10	39.67	18.50	3.35	5.52	19.30	2
	salto valle	645.15	37.50	0.52	38.02	38.70	18.50	3.66	5.05	18.85	2.07
	ZAG-14	649.43	36.54	0.89	37.43	38.39	18.50	4.34	4.26	6.56	1.54

Tabella 34 - Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	M	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZAG-01	0.00	114.16	0.59	114.75	115.50	10.60	3.84	2.76	9.14	2.81
	ZAG-02	46.36	107.50	0.64	108.14	108.71	10.60	3.35	3.16	8.36	1.75
		64.34	106.00	0.66	106.66	107.46	10.60	3.97	2.67	7.87	2.5
	ZAG-03	86.69	103.21	0.47	103.68	104.38	10.60	3.69	2.87	8.93	2.08
Briglia	Briglia monte	93.36	102.40	0.47	102.87	103.58	10.60	3.72	2.85	8.90	2.1
	Briglia valle	94.36	97.70	0.57	98.27	98.68	10.60	2.83	3.75	10.15	1.48
Controbriglia		101.55	97.22	0.63	97.85	98.26	10.60	2.85	3.72	9.28	1.44
Inizio impalcato	A3	116.46	96.37	0.68	97.05	97.47	10.60	2.86	3.71	8.42	1.38
Fine impalcato	A3	144.86	95.06	0.59	95.65	96.18	10.60	3.23	3.28	7.96	1.62
	ZAG-04	146.10	95.00	0.57	95.57	96.17	10.60	3.42	3.10	7.69	1.81
		179.53	92.01	0.55	92.56	93.33	10.60	3.90	2.72	7.37	2.05
	ZAG-05	196.09	90.00	0.56	90.56	91.36	10.60	3.96	2.68	7.43	2.1
		219.37	87.00	0.58	87.58	88.79	10.60	4.86	2.18	5.04	2.36
	ZAG-06	240.35	83.89	0.57	84.46	85.63	10.60	4.80	2.21	4.69	2.23
		261.09	80.92	0.76	81.68	82.83	10.60	4.75	2.23	5.09	2.98
	ZAG-07	275.68	78.92	0.67	79.59	80.23	10.60	3.53	3.00	6.21	1.98
	ZAG-08	316.90	74.50	0.50	75.00	75.58	12.90	3.38	3.82	15.88	4.98
	ZAG-09	356.64	69.00	0.47	69.47	69.98	12.90	3.18	4.06	12.13	2
		378.93	67.00	0.54	67.54	68.32	12.90	3.92	3.29	10.41	2.75
	ZAG-10	394.34	64.86	0.47	65.33	65.80	12.90	3.02	4.27	12.88	1.68
		417.22	63.01	0.49	63.50	64.30	12.90	3.96	3.26	8.30	2.65
	ZAG-11	462.85	57.80	0.42	58.22	58.78	12.90	3.32	3.89	12.95	1.93
		507.70	53.01	0.37	53.38	54.18	12.90	3.96	3.26	11.87	2.85
	ZAG-12	514.58	52.01	0.37	52.38	52.90	12.90	3.21	4.02	11.82	3.67
Immissione Zagarella 2		580.05	45.95	0.70	46.65	46.98	12.90	2.55	5.06	13.35	2.33
	ZAG-13	602.83	43.38	0.64	44.02	44.86	22.70	4.05	5.60	19.04	3.01
		613.64	41.76	0.65	42.41	43.09	22.70	3.64	6.23	20.03	3.23
	salto monte	644.15	38.56	0.58	39.14	39.80	22.70	3.59	6.33	20.07	2.04
	salto valle	645.15	37.50	0.57	38.07	38.78	22.70	3.73	6.09	19.84	2.08
	ZAG-14	649.43	36.54	1.02	37.56	38.56	22.70	4.43	5.12	6.66	1.55

Tabella 35 - Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZAG-01	0.00	114.16	0.64	114.80	115.63	12.74	4.03	3.16	9.73	2.81
	ZAG-02	46.36	107.50	0.69	108.19	108.85	12.74	3.59	3.55	8.54	1.78
		64.34	106.00	0.71	106.71	107.59	12.74	4.16	3.06	8.43	2.50
	ZAG-03	86.69	103.21	0.51	103.72	104.49	12.74	3.88	3.28	9.49	2.11
Briglia	Briglia monte	93.36	102.40	0.51	102.91	103.68	12.74	3.90	3.27	9.48	2.12
	Briglia valle	94.36	97.70	0.62	98.32	98.76	12.74	2.95	4.32	10.78	1.49
Controbriglia		101.55	97.22	0.69	97.91	98.36	12.74	2.98	4.28	9.88	1.45
Inizio impalcato	A3	116.46	96.37	0.74	97.11	97.57	12.74	3.01	4.23	9.00	1.40
Fine impalcato	A3	144.86	95.06	0.64	95.70	96.29	12.74	3.42	3.73	8.41	1.64
	ZAG-04	146.10	95.00	0.61	95.61	96.27	12.74	3.59	3.55	8.12	1.81
		179.53	92.01	0.59	92.60	93.47	12.74	4.12	3.09	7.76	2.08
	ZAG-05	196.09	90.00	0.61	90.61	91.49	12.74	4.16	3.06	7.97	2.14
		219.37	87.00	0.64	87.64	89.00	12.74	5.16	2.47	5.28	2.41
	ZAG-06	240.35	83.89	0.63	84.52	85.83	12.74	5.08	2.51	4.82	2.25
		261.09	80.92	0.83	81.75	83.00	12.74	4.96	2.57	5.56	2.98
	ZAG-07	275.68	78.92	0.73	79.65	80.38	12.74	3.79	3.36	6.27	2.02
	ZAG-08	316.90	74.50	0.53	75.03	75.69	15.58	3.60	4.33	16.15	4.98
	ZAG-09	356.64	69.00	0.51	69.51	70.09	15.58	3.39	4.60	12.20	2.00
		378.93	67.00	0.58	67.58	68.48	15.58	4.21	3.70	10.42	2.75
	ZAG-10	394.34	64.86	0.51	65.37	65.91	15.58	3.25	4.80	12.88	1.70
		417.22	63.01	0.54	63.55	64.47	15.58	4.25	3.67	8.35	2.65
	ZAG-11	462.85	57.80	0.45	58.25	58.90	15.58	3.57	4.36	12.95	1.97
		507.70	53.01	0.41	53.42	54.31	15.58	4.19	3.72	12.20	2.85
	ZAG-12	514.58	52.01	0.42	52.43	53.04	15.58	3.45	4.52	11.82	3.67
Immissione Zagarella 2		580.05	45.95	0.76	46.71	47.07	15.58	2.65	5.88	15.43	2.41
	ZAG-13	602.83	43.38	0.68	44.06	45.01	27.39	4.31	6.35	19.90	3.01
		613.64	41.76	0.69	42.45	43.21	27.39	3.86	7.10	20.82	3.23
	salto monte	644.15	38.56	0.63	39.19	39.92	27.39	3.79	7.23	20.94	2.06
	salto valle	645.15	37.50	0.63	38.13	38.85	27.39	3.76	7.29	20.99	2.09
	ZAG-14	649.43	36.54	1.16	37.70	38.74	27.39	4.53	6.05	6.66	1.56

Tabella 36 - Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

3.5 Torrente Zagarella 2

3.5.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria del torrente Zagarella 2 è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 12 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua. Nel modello sono state introdotte le opere di attraversamento e di controllo del trasporto solido

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

esistenti (briglie, soglie); in particolare:

- briglia di altezza pari a 2.37 m localizzata a circa 65 m a monte del viadotto carreggiata Nord dell'autostrada A3;
- viadotti delle carreggiate Nord e Sud dell'autostrada A3.

Le opere di contenimento dei livelli presenti in corrispondenza della confluenza nello Zagarella 1 sono state schematizzate nel modello numerico come limiti di non esondazione.

Il rilievo eseguito copre una un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 445 m, il profilo di fondo alveo è caratterizzato da una pendenza media pari al 13%.

Di seguito (Tabella 37) si riporta il profilo longitudinale del modello in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti....) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
	ZA2-01	0.00	105.00	
		19.19	102.00	0.16
ZA2-02	Monte briglia	34.45	100.67	0.09
B	Valle briglia	35.50	98.30	
		54.60	95.01	0.17
	ZA2-03	67.94	92.01	0.23
		81.90	90.02	0.14
Inizio impalcato A3	ZA2-04	99.00	88.00	0.12
Fine impalcato A3	ZA2-05	123.70	86.00	0.08
	ZA2-06	154.34	81.21	0.16
	ZA2-07	204.46	74.00	0.14
	ZA2-08	253.59	66.00	0.16
		276.07	64.00	0.09
	ZA2-09	296.36	62.00	0.10
		323.61	59.00	0.11
	ZA2-10	350.17	55.48	0.13
		374.76	53.00	0.10
	ZA2-11	397.98	50.00	0.13
	ZA2-12	429.40	46.89	0.10

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
Confluenza in Zagarella 1		445.12	45.95	0.06

Tabella 37 - Profilo longitudinale del torrente Zagarella 2.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo caratterizzato da un d_{50} pari a 10 mm.

3.5.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 38) in entrata nel modello (ZA2-01);
- portata concentrata dell'affluente di sinistra idraulica a valle della A3 (cfr. Tabella 38);
- livello di piena prodotto dallo Zagarella 1 nella sezione di confluenza a progressiva 445.12 m,
- granulometria caratteristica (d_{50}) pari a 10 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s					
T. ZAGARELLA 2 MONTE A3	3.2	4.8	5.8	7.5	9.2	10.2
AFFLUENTE. ZAGARELLA 2_1	1.0	1.5	1.8	2.3	2.9	3.2
T. ZAGARELLA 2 VALLE A3	4.2	6.3	7.7	9.8	12.1	13.4

Tabella 38 - Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

Per la portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata si è adottata la stessa metodologia prima descritta per il calcolo dell'incremento medio necessario per tener conto dell'apporto solido; tale valore è risultato pari a 9.7%.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
	ZA2-01	0.00	105.00	10.20	0.95	9.3%	9.7%	11.19
		19.19	102.00	10.20	0.63	6.2%		11.19
ZA2-02	Monte briglia	34.45	100.67	10.20	1.11	10.9%		11.19
B	Valle briglia	35.50	98.30	10.20	1.50	14.7%		11.19

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
		54.60	95.01	10.20	2.10	20.6%		11.19
	ZA2-03	67.94	92.01	10.20	1.30	12.7%		11.19
		81.90	90.02	10.20	1.01	9.9%		11.19
Inizio impalcato A3	ZA2-04	99.00	88.00	10.20	0.57	5.6%		11.19
Fine impalcato A3	ZA2-05	123.70	86.00	10.20	1.35	13.2%		11.19
	ZA2-06	154.34	81.21	13.40	1.65	12.3%		14.70
	ZA2-07	204.46	74.00	13.40	1.70	12.7%		14.70
	ZA2-08	253.59	66.00	13.40	0.95	7.1%		14.70
		276.07	64.00	13.40	0.90	6.7%		14.70
	ZA2-09	296.36	62.00	13.40	0.93	6.9%		14.70
		323.61	59.00	13.40	1.24	9.3%		14.70
	ZA2-10	350.17	55.48	13.40	0.97	7.2%		14.70
		374.76	53.00	13.40	1.24	9.3%		14.70
	ZA2-11	397.98	50.00	13.40	0.88	6.6%		14.70
	ZA2-12	429.40	46.89	13.40	0.36	2.7%		14.70
Confluenza in Zagarella 1		445.12	45.95	13.40	0.07	0.5%		14.70

Tabella 39 - Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta dello Zagarella 2.

3.5.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è assunta una scabrezza di:

- 23 m¹/3s-1 per l'alveo inciso,
- da 15 a 20 m¹/3s-1 per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo o arboreo.

3.5.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sul torrente Zagarella 2 mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce, data la elevata pendenza media di fondo alveo del tratto simulato è circa pari al 13%.

Le piene sono contenute all'interno dell'alveo inciso e dalle opere esistenti (muri arginali), localizzate in corrispondenza della confluenza in Zagarella 1.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZA2-01	0.00	105.00	0.09	105.09	105.22	3.20	1.62	1.97	7.79	1.03
		19.19	102.00	0.19	102.19	102.34	3.20	1.69	1.89	11.68	1.34
ZA2-02	Monte briglia	34.45	100.67	0.24	100.91	101.06	3.20	1.71	1.87	14.93	1.54
B	Valle briglia	35.50	98.30	0.21	98.51	98.73	3.20	2.06	1.55	13.61	1.95
		54.60	95.01	0.43	95.44	96.20	3.20	3.86	0.83	3.41	2.48
	ZA2-03	67.94	92.01	0.50	92.51	93.09	3.20	3.37	0.95	3.26	2.01
		81.90	90.02	0.55	90.57	91.12	3.20	3.30	0.97	3.23	1.92
Inizio impalcato A3	ZA2-04	99.00	88.00	0.32	88.32	88.64	3.20	2.52	1.27	4.40	1.50
Fine impalcato A3	ZA2-05	123.70	86.00	0.17	86.17	86.35	3.20	1.89	1.69	4.37	1.28
	ZA2-06	154.34	81.21	0.51	81.72	82.29	4.20	3.33	1.26	4.39	1.99
	ZA2-07	204.46	74.00	0.18	74.18	74.59	4.20	2.84	1.48	8.28	2.14
	ZA2-08	253.59	66.00	0.42	66.42	66.89	4.20	3.04	1.38	4.31	1.71
		276.07	64.00	0.39	64.39	64.91	4.20	3.21	1.31	4.22	1.84
	ZA2-09	296.36	62.00	0.25	62.25	62.63	4.20	2.73	1.54	6.65	1.81
		323.61	59.00	0.34	59.34	59.81	4.20	3.04	1.38	5.65	1.97
	ZA2-10	350.17	55.48	0.46	55.94	56.27	4.20	2.55	1.65	7.37	1.72
		374.76	53.00	0.37	53.37	53.79	4.20	2.86	1.47	6.70	1.95
	ZA2-11	397.98	50.00	0.27	50.27	50.58	4.20	2.47	1.70	7.98	1.71
	ZA2-12	429.40	46.89	0.34	47.23	47.38	4.20	1.72	2.44	12.22	1.23
Confluenza in Zagarella 1		445.12	45.95	0.46	46.41	46.47	4.20	1.05	4.00	14.03	0.63

Tabella 40 - Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZA2-01	0.00	105.00	0.12	105.12	105.34	4.80	2.07	2.32	9.21	1.32
		19.19	102.00	0.24	102.24	102.44	4.80	2.00	2.40	14.77	1.59
ZA2-02	Monte briglia	34.45	100.67	0.26	100.93	101.14	4.80	2.04	2.35	15.73	1.69
B	Valle briglia	35.50	98.30	0.25	98.55	98.83	4.80	2.33	2.06	15.26	2.02
		54.60	95.01	0.51	95.52	96.46	4.80	4.29	1.12	4.04	2.58
	ZA2-03	67.94	92.01	0.59	92.60	93.32	4.80	3.75	1.28	3.83	2.08
		81.90	90.02	0.65	90.67	91.34	4.80	3.64	1.32	4.11	2.04
Inizio impalcato A3	ZA2-04	99.00	88.00	0.41	88.41	88.86	4.80	2.96	1.62	5.43	1.73
Fine impalcato A3	ZA2-05	123.70	86.00	0.21	86.21	86.46	4.80	2.22	2.16	5.59	1.50
	ZA2-06	154.34	81.21	0.61	81.82	82.53	6.30	3.73	1.69	5.18	2.09
	ZA2-07	204.46	74.00	0.23	74.23	74.79	6.30	3.32	1.90	8.29	2.21

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZA2-08	253.59	66.00	0.52	66.52	67.10	6.30	3.37	1.87	4.87	1.74
		276.07	64.00	0.49	64.49	65.17	6.30	3.66	1.72	4.61	1.91
	ZA2-09	296.36	62.00	0.32	62.32	62.84	6.30	3.18	1.98	6.89	1.89
		323.61	59.00	0.41	59.41	60.06	6.30	3.56	1.77	5.66	2.02
	ZA2-10	350.17	55.48	0.53	56.01	56.42	6.30	2.85	2.21	8.33	1.76
		374.76	53.00	0.43	53.43	54.00	6.30	3.35	1.88	6.70	2.01
	ZA2-11	397.98	50.00	0.33	50.33	50.76	6.30	2.89	2.18	7.98	1.77
	ZA2-12	429.40	46.89	0.40	47.29	47.48	6.30	1.93	3.26	13.35	1.25
Confluenza in Zagarella 1		445.12	45.95	0.54	46.49	46.57	6.30	1.23	5.13	14.03	0.65

Tabella 41 - Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZA2-01	0.00	105.00	0.13	105.13	105.38	5.80	2.23	2.60	10.33	1.42
		19.19	102.00	0.26	102.26	102.49	5.80	2.12	2.73	15.10	1.60
ZA2-02	Monte briglia	34.45	100.67	0.28	100.95	101.19	5.80	2.19	2.65	16.22	1.73
B	Valle briglia	35.50	98.30	0.26	98.56	98.87	5.80	2.45	2.37	15.76	2.02
		54.60	95.01	0.56	95.57	96.60	5.80	4.50	1.29	4.40	2.65
	ZA2-03	67.94	92.01	0.64	92.65	93.45	5.80	3.97	1.46	4.16	2.13
		81.90	90.02	0.71	90.73	91.47	5.80	3.82	1.52	4.61	2.12
Inizio impalcato A3	ZA2-04	99.00	88.00	0.44	88.44	88.94	5.80	3.14	1.85	5.59	1.74
Fine impalcato A3	ZA2-05	123.70	86.00	0.24	86.24	86.53	5.80	2.38	2.44	6.31	1.62
	ZA2-06	154.34	81.21	0.66	81.87	82.67	7.70	3.97	1.94	5.66	2.16
	ZA2-07	204.46	74.00	0.26	74.26	74.91	7.70	3.58	2.15	8.29	2.24
	ZA2-08	253.59	66.00	0.58	66.58	67.23	7.70	3.56	2.16	5.20	1.77
		276.07	64.00	0.54	64.54	65.31	7.70	3.89	1.98	4.83	1.93
	ZA2-09	296.36	62.00	0.36	62.36	62.95	7.70	3.39	2.27	7.02	1.91
		323.61	59.00	0.45	59.45	60.20	7.70	3.83	2.01	5.67	2.05
	ZA2-10	350.17	55.48	0.56	56.04	56.51	7.70	3.04	2.53	8.62	1.79
		374.76	53.00	0.47	53.47	54.14	7.70	3.62	2.13	6.70	2.05
	ZA2-11	397.98	50.00	0.36	50.36	50.86	7.70	3.12	2.47	7.99	1.79
	ZA2-12	429.40	46.89	0.44	47.33	47.54	7.70	2.05	3.75	14.03	1.27
Confluenza in Zagarella 1		445.12	45.95	0.59	46.54	46.63	7.70	1.32	5.83	14.03	0.65

Tabella 42 - Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZA2-01	0.00	105.00	0.15	105.15	105.46	7.50	2.47	3.04	12.06	1.57
		19.19	102.00	0.29	102.29	102.56	7.50	2.31	3.25	15.61	1.62
ZA2-02	Monte briglia	34.45	100.67	0.30	100.97	101.26	7.50	2.38	3.15	17.06	1.77
B	Valle briglia	35.50	98.30	0.29	98.59	98.94	7.50	2.63	2.85	16.56	2.02
		54.60	95.01	0.63	95.64	96.83	7.50	4.84	1.55	4.96	2.72
	ZA2-03	67.94	92.01	0.72	92.73	93.67	7.50	4.29	1.75	4.65	2.23
		81.90	90.02	0.77	90.79	91.64	7.50	4.08	1.84	4.98	2.14
Inizio impalcato A3	ZA2-04	99.00	88.00	0.50	88.50	89.09	7.50	3.39	2.21	5.85	1.76
Fine impalcato A3	ZA2-05	123.70	86.00	0.28	86.28	86.64	7.50	2.66	2.82	7.31	1.78
	ZA2-06	154.34	81.21	0.73	81.94	82.86	9.80	4.24	2.31	6.27	2.23
	ZA2-07	204.46	74.00	0.30	74.30	75.08	9.80	3.92	2.50	8.30	2.28
	ZA2-08	253.59	66.00	0.66	66.66	67.40	9.80	3.80	2.58	5.67	1.80
		276.07	64.00	0.62	64.62	65.51	9.80	4.19	2.34	5.12	1.97
	ZA2-09	296.36	62.00	0.41	62.41	63.10	9.80	3.68	2.66	7.22	1.94
		323.61	59.00	0.51	59.51	60.40	9.80	4.17	2.35	5.79	2.08
	ZA2-10	350.17	55.48	0.61	56.09	56.66	9.80	3.33	2.94	8.62	1.82
		374.76	53.00	0.53	53.53	54.27	9.80	3.80	2.58	7.54	2.08
	ZA2-11	397.98	50.00	0.41	50.41	51.01	9.80	3.43	2.86	7.99	1.83
	ZA2-12	429.40	46.89	0.49	47.38	47.64	9.80	2.24	4.38	14.03	1.28
Confluenza in Zagarella 1		445.12	45.95	0.65	46.60	46.71	9.80	1.47	6.67	14.03	0.68

Tabella 43 - Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZA2-01	0.00	105.00	0.17	105.17	105.53	9.20	2.67	3.44	13.64	1.70
		19.19	102.00	0.32	102.32	102.63	9.20	2.47	3.72	16.09	1.64
ZA2-02	Monte briglia	34.45	100.67	0.33	101.00	101.32	9.20	2.51	3.66	17.90	1.77
B	Valle briglia	35.50	98.30	0.31	98.61	99.01	9.20	2.80	3.29	17.29	2.04
		54.60	95.01	0.67	95.68	96.94	9.20	4.97	1.85	5.50	2.74
	ZA2-03	67.94	92.01	0.77	92.78	93.82	9.20	4.51	2.04	5.03	2.25
		81.90	90.02	0.82	90.84	91.78	9.20	4.30	2.14	5.24	2.15
Inizio impalcato A3	ZA2-04	99.00	88.00	0.55	88.55	89.22	9.20	3.62	2.54	6.08	1.79
Fine impalcato A3	ZA2-05	123.70	86.00	0.32	86.32	86.74	9.20	2.87	3.21	8.31	1.94
	ZA2-06	154.34	81.21	0.78	81.99	82.99	12.10	4.43	2.73	6.80	2.23
	ZA2-07	204.46	74.00	0.35	74.35	75.27	12.10	4.25	2.85	8.30	2.31
	ZA2-08	253.59	66.00	0.73	66.73	67.54	12.10	3.98	3.04	6.16	1.81
		276.07	64.00	0.69	64.69	65.69	12.10	4.43	2.73	5.42	2.00
	ZA2-09	296.36	62.00	0.47	62.47	63.27	12.10	3.97	3.05	7.41	1.98
		323.61	59.00	0.57	59.57	60.59	12.10	4.48	2.70	5.93	2.12
	ZA2-10	350.17	55.48	0.66	56.14	56.80	12.10	3.60	3.36	8.62	1.84

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
		374.76	53.00	0.59	53.59	54.39	12.10	3.97	3.05	8.47	2.11
	ZA2-11	397.98	50.00	0.46	50.46	51.16	12.10	3.71	3.26	7.99	1.86
	ZA2-12	429.40	46.89	0.53	47.42	47.72	12.10	2.42	4.99	14.03	1.30
Confluenza in Zagarella 1		445.12	45.95	0.70	46.65	46.79	12.10	1.64	7.37	14.03	0.72

Tabella 44 - Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ZA2-01	0.00	105.00	0.20	105.20	105.63	11.19	2.89	3.87	15.36	1.84
		19.19	102.00	0.35	102.35	102.71	11.19	2.64	4.24	16.60	1.67
ZA2-02	Monte briglia	34.45	100.67	0.36	101.03	101.38	11.19	2.63	4.26	18.89	1.77
B	Valle briglia	35.50	98.30	0.33	98.63	99.08	11.19	2.97	3.77	18.09	2.07
		54.60	95.01	0.72	95.73	97.07	11.19	5.13	2.18	6.10	2.74
	ZA2-03	67.94	92.01	0.83	92.84	93.97	11.19	4.70	2.38	5.41	2.26
		81.90	90.02	0.88	90.90	91.95	11.19	4.55	2.46	5.54	2.18
Inizio impalcato A3	ZA2-04	99.00	88.00	0.61	88.61	89.37	11.19	3.87	2.89	6.33	1.83
Fine impalcato A3	ZA2-05	123.70	86.00	0.36	86.36	86.85	11.19	3.10	3.61	9.35	2.09
	ZA2-06	154.34	81.21	0.84	82.05	83.15	14.70	4.64	3.17	7.36	2.25
	ZA2-07	204.46	74.00	0.39	74.39	75.45	14.70	4.57	3.22	8.31	2.34
	ZA2-08	253.59	66.00	0.81	66.81	67.70	14.70	4.19	3.51	6.68	1.84
		276.07	64.00	0.76	64.76	65.88	14.70	4.70	3.13	5.73	2.03
	ZA2-09	296.36	62.00	0.52	62.52	63.43	14.70	4.22	3.48	7.61	1.99
		323.61	59.00	0.65	59.65	60.73	14.70	4.61	3.19	6.69	2.13
	ZA2-10	350.17	55.48	0.71	56.19	56.96	14.70	3.88	3.79	8.63	1.87
		374.76	53.00	0.65	53.65	54.51	14.70	4.12	3.57	9.52	2.14
	ZA2-11	397.98	50.00	0.52	50.52	51.33	14.70	3.99	3.68	7.99	1.88
	ZA2-12	429.40	46.89	0.58	47.47	47.82	14.70	2.60	5.65	14.03	1.31
Confluenza in Zagarella 1		445.12	45.95	0.76	46.71	46.87	14.70	1.79	8.21	14.04	0.75

Tabella 45 - Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

3.6 Torrente Campanella

3.6.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria del torrente Campanella è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 11 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua. Il torrente Campanella nel tratto in corrispondenza degli attraversamenti dell'autostrada A3 è

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

attualmente interrotto dalla presenza di un cantiere, destinato alla realizzazione delle gallerie legate all'ampliamento della stessa autostrada. Il corso d'acqua in questo tratto, di estensione pari a circa 161 m, è indefinito cioè privo di una sezione d'alveo incisa; data questa discontinuità morfologica i calcoli idraulici sono stati eseguiti a monte e a valle del cantiere esistente, spezzando il modello numerico in due tronchi:

- dalla sezione CAM-01 alla CAM-03, identificando il corso d'acqua a monte del cantiere;
- dalla base della seconda briglia esistente localizzata a valle del viadotto carreggiata Sud fino al termine del rilievo (sezione CAM-11), identificando il tratto a valle del cantiere.

Il rilievo eseguito copre una un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 606 m, il profilo di fondo alveo è caratterizzato da una pendenza media pari al 7%.

Di seguito (Tabella 46) si riporta il profilo longitudinale del modello in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti....) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
	CAM-01	0.00	92.84	
	CAM-02	34.58	89.38	0.10
		51.24	87.00	0.14
	CAM-03	78.73	84.81	0.08
inizio cantiere	inizio impalcato A3	193.17	79.25	
	fine impalcato A3	213.67	78.25	
	briglia esistente	229.10	77.50	
	briglia esistente	229.20	75.00	
	CAM-04	232.82	74.04	
fine cantiere	briglia esistente	239.51	72.98	
	base briglia	239.55	72.00	
	CAM-05	278.73	70.00	0.05
	CAM-06	327.28	67.40	0.05
		349.65	65.66	0.08
	CAM-07	369.21	63.63	0.10
	CAM-08	413.00	61.41	0.05
	CAM-09	459.30	58.90	0.05
		506.48	55.48	0.07
	CAM-10	522.56	54.04	0.09

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
		566.36	52.00	0.05
	CAM-11	605.78	48.43	0.09

Tabella 46 - Profilo longitudinale del torrente Campanella.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo, caratterizzata da un d_{50} pari a 50 mm.

3.6.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nei due tratti di modello di simulazione sono le seguenti:

dalla sezione CAM-01 alla CAM-03 (tratto a monte del cantiere)

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 47) in entrata nel modello (CAM-01);
- scala di deflusso in moto uniforme imposta nella sezione di valle CAM-03, in ragione della disconnessione idraulica effettuata dalle opere di cantierizzazione;
- granulometria caratteristica (d_{50}) nel tratto simulato pari a 50 mm.

dalla base della seconda briglia esistente localizzata a valle del viadotto carreggiata Sud fino al temine del rilievo (sezione CAM-11)

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 47) in entrata nel modello alla progressiva 239.55 m (base briglia);
- portata concentrata dell'affluente di destra idraulica (Campanella_1) che si immette alla progressiva 349.65 m (cfr. Tabella 47);
- portata concentrata dell'affluente di destra idraulica (Campanella _2) che si immette alla progressiva 566.36 m (cfr. Tabella 47);
- scala di deflusso in moto uniforme imposta nella sezione di valle CAM-11,
- granulometria caratteristica (d_{50}) nel tratto simulato pari a 50 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s					
T. CAMPANELLA MONTE A3	6.7	10.3	12.6	16.2	20.0	22.2
AFFLUENTE CAMPANELLA_1 (VALLE A3)	0.5	0.8	1.0	1.3	1.6	1.8

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s					
AFFLUENTE CAMPANELLA_2 (VALLE A3)	0.7	1.1	1.4	1.8	2.3	2.5
T. CAMPANELLA VALLE A3	7.3	11.3	13.9	17.8	22.1	24.5

Tabella 47 - Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

Per la portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata si è adottata la stessa metodologia prima descritta per il calcolo dell'incremento medio necessario per tener conto dell'apporto solido; tale valore è risultato pari a 3.8 % come riportato nella seguente tabella.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
	CAM-01	0.00	92.84	22.20	1.17	5.3%	3.8%	23.04
	CAM-02	34.58	89.38	22.20	1.89	8.5%		23.04
		51.24	87.00	22.20	1.17	5.3%		23.04
	CAM-03	78.73	84.81	22.20	0.96	4.3%		23.04
inizio cantiere	inizio impalcato A3	193.17	79.25					
	fine impalcato A3	213.67	78.25					
	briglia esistente	229.10	77.50					
	briglia esistente	229.20	75.00					
	CAM-04	232.82	74.04					
fine cantiere	briglia esistente	239.51	72.98					
	base briglia	239.55	72.00	22.20	0.43	1.9%		23.04
	CAM-05	278.73	70.00	22.20	0.49	2.2%	23.04	
	CAM-06	327.28	67.40	22.20	0.68	3.1%	23.04	
		349.65	65.66	23.10	1.19	5.2%	23.98	
	CAM-07	369.21	63.63	23.10	0.54	2.3%	23.98	
	CAM-08	413.00	61.41	23.10	0.46	2.0%	23.98	
	CAM-09	459.30	58.90	23.10	0.80	3.5%	23.98	
		506.48	55.48	23.10	1.00	4.3%	23.98	
	CAM-10	522.56	54.04	23.10	0.42	1.8%	23.98	
		566.36	52.00	24.50	0.98	4.0%	25.43	
	CAM-11	605.78	48.43	24.50	1.28	5.2%	25.43	

Tabella 48 - Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta del Campanella.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

3.6.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è assunta una scabrezza di:

- 25 m^{1/3}s⁻¹ per l'alveo inciso,
- da 18 a 20 m^{1/3}s⁻¹ per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo.

3.6.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sul torrente Campanella mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce, data l'elevata pendenza media di fondo alveo (circa 7%).

Le piene sono contenute all'interno dell'alveo attivo delimitato dai limiti morfologici naturali presenti (orli di terrazzo).

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CAM-01	0.00	92.84	0.44	93.28	93.59	6.70	2.47	2.71	13.20	1.74
	CAM-02	34.58	89.38	0.61	89.99	90.64	6.70	3.56	1.88	6.75	2.16
		51.24	87.00	0.77	87.77	88.34	6.70	3.33	2.01	6.38	1.90
	CAM-03	78.73	84.81	0.48	85.29	85.99	6.70	3.70	1.81	4.96	1.95
inizio cantiere	inizio impalcato A3	193.17	79.25								
	fine impalcato A3	213.67	78.25								
	briglia esistente	229.10	77.50								
	briglia esistente	229.20	75.00								
	CAM-04	232.82	74.04								
fine cantiere	briglia esistente	239.51	72.98								
	base briglia	239.55	72.00	0.62	72.62	73.05	6.70	2.91	2.30	5.89	1.49
	CAM-05	278.73	70.00	0.61	70.61	71.07	6.70	3.00	2.23	5.82	1.56
	CAM-06	327.28	67.40	0.49	67.89	68.36	6.70	3.03	2.21	6.31	1.68
		349.65	65.66	0.72	66.38	66.97	6.90	3.42	2.02	6.20	1.91
	CAM-07	369.21	63.63	0.86	64.49	64.84	6.90	2.62	2.63	7.26	1.40
	CAM-08	413.00	61.41	0.82	62.23	62.54	6.90	2.48	2.78	9.75	1.49

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CAM-09	459.30	58.90	0.62	59.52	60.26	6.90	3.81	1.81	3.57	1.70
		506.48	55.48	0.66	56.14	56.64	6.90	3.14	2.20	7.42	1.83
	CAM-10	522.56	54.04	0.63	54.67	54.95	6.90	2.32	2.97	8.80	1.35
		566.36	52.00	0.74	52.74	53.41	7.30	3.61	2.02	5.55	1.92
	CAM-11	605.78	48.43	0.83	49.26	50.14	7.30	4.15	1.76	3.95	1.99

Tabella 49 - Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CAM-01	0.00	92.84	0.50	93.34	93.75	10.30	2.84	3.63	14.11	1.79
	CAM-02	34.58	89.38	0.70	90.08	90.95	10.30	4.12	2.50	7.49	2.28
		51.24	87.00	0.87	87.87	88.61	10.30	3.81	2.70	7.03	1.96
	CAM-03	78.73	84.81	0.60	85.41	86.32	10.30	4.22	2.44	5.25	1.98
inizio cantiere	inizio impalcato A3	193.17	79.25								
	fine impalcato A3	213.67	78.25								
	briglia esistente	229.10	77.50								
	briglia esistente	229.20	75.00								
	CAM-04	232.82	74.04								
fine cantiere	briglia esistente	239.51	72.98								
	base briglia	239.55	72.00	0.75	72.75	73.31	10.30	3.31	3.11	6.65	1.55
	CAM-05	278.73	70.00	0.74	70.74	71.34	10.30	3.42	3.01	6.56	1.61
	CAM-06	327.28	67.40	0.59	67.99	68.57	10.30	3.38	3.05	7.13	1.72
		349.65	65.66	0.86	66.52	67.20	10.70	3.66	2.92	8.40	1.98
	CAM-07	369.21	63.63	0.99	64.62	65.08	10.70	3.01	3.56	7.68	1.41
	CAM-08	413.00	61.41	0.91	62.32	62.76	10.70	2.93	3.65	9.78	1.53
	CAM-09	459.30	58.90	0.79	59.69	60.67	10.70	4.39	2.44	3.79	1.74
		506.48	55.48	0.76	56.24	56.86	10.70	3.49	3.07	9.36	1.94
	CAM-10	522.56	54.04	0.73	54.77	55.15	10.70	2.72	3.94	8.99	1.38
		566.36	52.00	0.87	52.87	53.71	11.30	4.06	2.78	6.44	1.97
	CAM-11	605.78	48.43	0.98	49.41	50.52	11.30	4.67	2.42	4.53	2.04

Tabella 50 - Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

RELAZIONE IDRAULICA

Codice documento
cb0002_f0

Rev *Data*
F0 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CAM-01	0.00	92.84	0.53	93.37	93.84	12.60	3.04	4.14	14.63	1.83
	CAM-02	34.58	89.38	0.75	90.13	91.13	12.60	4.42	2.85	7.70	2.32
		51.24	87.00	0.92	87.92	88.76	12.60	4.06	3.10	7.37	2.00
	CAM-03	78.73	84.81	0.68	85.49	86.49	12.60	4.44	2.84	5.43	1.98
inizio cantiere	inizio impalcato A3	193.17	79.25								
	fine impalcato A3	213.67	78.25								
	briglia esistente	229.10	77.50								
	briglia esistente	229.20	75.00								
	CAM-04	232.82	74.04								
fine cantiere	briglia esistente	239.51	72.98								
	base briglia	239.55	72.00	0.82	72.82	73.45	12.60	3.52	3.58	7.02	1.57
	CAM-05	278.73	70.00	0.81	70.81	71.49	12.60	3.64	3.46	6.94	1.65
	CAM-06	327.28	67.40	0.66	68.06	68.72	12.60	3.59	3.51	7.58	1.75
		349.65	65.66	0.92	66.58	67.33	13.10	3.84	3.41	9.23	2.02
	CAM-07	369.21	63.63	1.05	64.68	65.21	13.10	3.21	4.08	7.87	1.43
	CAM-08	413.00	61.41	0.96	62.37	62.88	13.10	3.16	4.15	9.80	1.55
	CAM-09	459.30	58.90	0.89	59.79	60.91	13.10	4.68	2.80	3.91	1.76
		506.48	55.48	0.80	56.28	56.99	13.10	3.72	3.52	9.62	1.97
	CAM-10	522.56	54.04	0.79	54.83	55.26	13.10	2.92	4.49	9.10	1.41
		566.36	52.00	0.93	52.93	53.87	13.90	4.30	3.23	6.92	2.01
	CAM-11	605.78	48.43	1.07	49.50	50.74	13.90	4.93	2.82	4.86	2.06

Tabella 51 - Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CAM-01	0.00	92.84	0.58	93.42	93.99	16.20	3.33	4.86	15.07	1.87
	CAM-02	34.58	89.38	0.81	90.19	91.38	16.20	4.84	3.35	8.00	2.39
		51.24	87.00	1.00	88.00	88.98	16.20	4.38	3.70	7.67	2.01
	CAM-03	78.73	84.81	0.78	85.59	86.73	16.20	4.74	3.42	5.73	1.98
inizio cantiere	inizio impalcato A3	193.17	79.25								
	fine impalcato A3	213.67	78.25								
	briglia esistente	229.10	77.50								
	briglia esistente	229.20	75.00								
	CAM-04	232.82	74.04								
fine cantiere	briglia esistente	239.51	72.98								
	base briglia	239.55	72.00	0.91	72.91	73.64	16.20	3.79	4.28	7.43	1.59
	CAM-05	278.73	70.00	0.89	70.89	71.67	16.20	3.92	4.13	7.34	1.67
	CAM-06	327.28	67.40	0.74	68.14	68.91	16.20	3.89	4.16	8.22	1.83
		349.65	65.66	0.99	66.65	67.53	16.90	4.16	4.06	9.56	2.04

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CAM-07	369.21	63.63	1.15	64.78	65.41	16.90	3.51	4.82	8.15	1.46
	CAM-08	413.00	61.41	1.03	62.44	63.05	16.90	3.47	4.87	9.82	1.57
	CAM-09	459.30	58.90	1.02	59.92	61.22	16.90	5.06	3.34	4.09	1.79
		506.48	55.48	0.87	56.35	57.20	16.90	4.08	4.14	9.64	1.99
	CAM-10	522.56	54.04	0.88	54.92	55.45	16.90	3.23	5.24	9.25	1.44
		566.36	52.00	1.01	53.01	54.11	17.80	4.64	3.84	7.49	2.07
	CAM-11	605.78	48.43	1.19	49.62	51.01	17.80	5.22	3.41	5.31	2.08

Tabella 52 - Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CAM-01	0.00	92.84	0.63	93.47	94.13	20.00	3.61	5.54	15.19	1.91
	CAM-02	34.58	89.38	0.87	90.25	91.63	20.00	5.19	3.85	8.29	2.43
		51.24	87.00	1.08	88.08	89.20	20.00	4.68	4.27	7.95	2.04
	CAM-03	78.73	84.81	0.86	85.67	87.00	20.00	5.12	3.91	6.05	2.04
inizio cantiere	inizio impalcato A3	193.17	79.25								
	fine impalcato A3	213.67	78.25								
	briglia esistente	229.10	77.50								
	briglia esistente	229.20	75.00								
	CAM-04	232.82	74.04								
fine cantiere	briglia esistente	239.51	72.98								
	base briglia	239.55	72.00	1.00	73.00	73.83	20.00	4.04	4.95	7.83	1.62
	CAM-05	278.73	70.00	0.98	70.98	71.87	20.00	4.18	4.79	7.73	1.70
	CAM-06	327.28	67.40	0.82	68.22	69.11	20.00	4.18	4.78	8.83	1.90
		349.65	65.66	1.05	66.71	67.72	20.90	4.46	4.69	9.87	2.06
	CAM-07	369.21	63.63	1.23	64.86	65.58	20.90	3.76	5.56	8.53	1.49
	CAM-08	413.00	61.41	1.10	62.51	63.23	20.90	3.76	5.56	9.85	1.60
	CAM-09	459.30	58.90	1.13	60.03	61.35	20.90	5.10	4.10	7.61	2.24
		506.48	55.48	0.93	56.41	57.40	20.90	4.40	4.75	9.66	2.01
	CAM-10	522.56	54.04	0.96	55.00	55.61	20.90	3.47	6.03	9.40	1.46
		566.36	52.00	1.10	53.10	54.35	22.10	4.96	4.46	8.07	2.13
	CAM-11	605.78	48.43	1.29	49.72	51.31	22.10	5.58	3.96	5.64	2.12

Tabella 53 - Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	CAM-01	0.00	92.84	0.66	93.50	94.24	23.04	3.81	6.05	15.29	1.93
	CAM-02	34.58	89.38	0.92	90.30	91.80	23.04	5.43	4.24	8.50	2.46
		51.24	87.00	1.13	88.13	89.35	23.04	4.90	4.70	8.16	2.06
	CAM-03	78.73	84.81	0.92	85.73	87.19	23.04	5.36	4.30	6.30	2.08
inizio cantiere	inizio impalcato A3	193.17	79.25								
	fine impalcato A3	213.67	78.25								
	briglia esistente	229.10	77.50								
	briglia esistente	229.20	75.00								
	CAM-04	232.82	74.04								
fine cantiere	briglia esistente	239.51	72.98								
	base briglia	239.55	72.00	1.07	73.07	73.98	23.04	4.23	5.45	8.08	1.64
	CAM-05	278.73	70.00	1.05	71.05	72.02	23.04	4.37	5.27	8.02	1.72
	CAM-06	327.28	67.40	0.88	68.28	69.27	23.04	4.41	5.22	9.27	1.95
		349.65	65.66	1.09	66.75	67.86	23.98	4.66	5.15	10.10	2.08
	CAM-07	369.21	63.63	1.29	64.92	65.71	23.98	3.92	6.11	8.89	1.51
	CAM-08	413.00	61.41	1.15	62.56	63.36	23.98	3.96	6.06	9.87	1.61
	CAM-09	459.30	58.90	1.20	60.10	61.44	23.98	5.12	4.68	10.19	2.43
		506.48	55.48	0.98	56.46	57.55	23.98	4.62	5.19	9.67	2.02
	CAM-10	522.56	54.04	1.02	55.06	55.73	23.98	3.63	6.61	9.50	1.47
		566.36	52.00	1.15	53.15	54.51	25.43	5.17	4.92	8.46	2.16
	CAM-11	605.78	48.43	1.36	49.79	51.50	25.43	5.79	4.39	5.90	2.14

Tabella 54 - Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

3.7 Torrente Immacolata

3.7.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria del torrente Immacolata è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 9 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua.

Nel modello non sono state introdotte le opere di controllo del trasporto solido esistenti (briglie, soglie) in quanto totalmente interrite e non in grado di condizionare il profilo idraulico di piena; in particolare nel tratto oggetto di analisi si sono rilevate le seguenti opere:

- briglia localizzata a circa 70 m a monte del viadotto carreggiata Nord dell'autostrada A3;
- 2 briglie in successione localizzate a valle del viadotto carreggiata Sud dell'A3, rispettivamente ad una distanza di circa 10.0 e 30.0 m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si sono introdotti i 2 impalcati di attraversamento dell'autostrada A3 (carreggiate Nord e Sud).

Il rilievo introdotto nel modello di simulazione copre un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 325 m, caratterizzato da una pendenza di fondo alveo media pari al 6%.

Di seguito (Tabella 55) si riporta il profilo longitudinale del modello Immacolata in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti...) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
	IMM-01	0.00	74.81	
	IMM-02	22.19	73.66	0.05
	IMM-03	59.51	72.57	0.03
	IMM-04	97.67	71.43	0.03
Inizio impalcato A3		101.49	71.36	0.02
Fine impalcato A3		121.01	70.07	0.07
	IMM-05	128.29	69.60	0.06
Briglia interrita	IMM-06	149.88	66.56	0.14
		170.34	64.00	0.13
	IMM-07	207.29	62.83	0.03
	IMM-08	265.13	58.24	0.08
	IMM-09	324.86	56.13	0.04

Tabella 55 - Profilo longitudinale del torrente Immacolata.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo, caratterizzata da un d_{50} pari a 10 mm.

3.7.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 56) in entrata nel modello (IMM-01);
- portata distribuita da valle della A3 fino al termine del modello (sezioni IMM-06-IMM-09), che

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

rappresenta il contributo del bacino residuo (cfr. Tabella 56);

- scala di moto uniforme imposta nella sezione terminale di valle del modello (IMM-09),
- granulometria caratteristica (d50) nel tratto simulato pari a 10 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s					
T. IMMACOLATA MONTE A3	5.3	8.2	10.1	13.0	16.1	17.8
T. IMMACOLATA VALLE A3	5.7	8.8	10.8	13.9	17.2	19.1

Tabella 56 - Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

Per la portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata si è adottata la stessa metodologia prima descritta per il calcolo dell'incremento medio necessario per tener conto dell'apporto solido; tale valore è risultato pari a 3.6% come riportato nella seguente tabella.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
-	-	m	m s.m.	m ³ /s	m ³ /s	%	%	m ³ /s
	IMM-01	0.00	74.81	17.80	0.27	1.5%	3.6%	18.44
	IMM-02	22.19	73.66	17.80	0.22	1.2%		18.44
	IMM-03	59.51	72.57	17.80	0.15	0.8%		18.44
	IMM-04	97.67	71.43	17.80	0.17	1.0%		18.44
Inizio impalcato		101.49	71.36	17.80	0.49	2.8%		18.44
Fine impalcato		121.01	70.07	17.80	0.73	4.1%		18.44
	IMM-05	128.29	69.60	17.80	1.90	10.7%		18.44
Briglia interrita	IMM-06	149.88	66.56	17.90	1.60	8.9%		18.55
		170.34	64.00	18.10	0.31	1.7%		18.75
	IMM-07	207.29	62.83	18.37	0.62	3.4%		19.04
	IMM-08	265.13	58.24	18.83	0.30	1.6%	19.50	
	IMM-09	324.86	56.13	19.10	0.33	1.7%	19.79	

Tabella 57 - Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta dell'Immacolata.

3.7.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è assunta una scabrezza di:

- 30 m¹/3s-1 per l'alveo inciso,
- da 18 a 22 m¹/3s-1 per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

3.7.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sul torrente Immacolata mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce, data l'elevata pendenza media di fondo alveo (circa 6%).

Le piene non sono contenute all'interno dell'alveo attivo, tuttavia data la configurazione morfologica del corso d'acqua, costituita da orli di terrazzo esistenti a qualche decina di metri dalle sponde del corso d'acqua, gli allagamenti hanno una ampiezza limitata.

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	IMM-01	0.00	74.81	0.41	75.22	75.60	5.30	2.75	1.93	6.48	1.6
	IMM-02	22.19	73.66	0.59	74.25	74.70	5.30	2.98	1.78	3.64	1.36
	IMM-03	59.51	72.57	0.53	73.10	73.32	5.30	2.06	2.57	7.90	1.16
	IMM-04	97.67	71.43	0.65	72.08	72.31	5.30	2.14	2.48	8.21	1.24
Inizio impalcato		101.49	71.36	0.61	71.97	72.28	5.30	2.47	2.15	7.48	1.95
Fine impalcato		121.01	70.07	0.66	70.73	71.50	5.30	3.90	1.36	3.84	2.09
	IMM-05	128.29	69.60	0.53	70.13	71.16	5.30	4.49	1.18	4.10	2.68
Briglia interrita	IMM-06	149.88	66.56	0.48	67.04	67.67	5.33	3.51	1.52	7.42	2.5
		170.34	64.00	0.60	64.60	64.85	5.39	2.22	2.43	9.60	1.43
	IMM-07	207.29	62.83	0.42	63.25	63.74	5.48	3.10	1.77	6.38	1.93
	IMM-08	265.13	58.24	0.81	59.05	59.42	5.62	2.68	2.10	4.72	1.33
	IMM-09	324.86	56.13	0.92	57.05	57.36	5.70	2.48	2.30	7.89	1.49

Tabella 58 - Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	IMM-01	0.00	74.81	0.52	75.33	75.83	8.20	3.13	2.62	6.98	1.63
	IMM-02	22.19	73.66	0.74	74.40	75.02	8.20	3.47	2.36	3.79	1.41
	IMM-03	59.51	72.57	0.65	73.22	73.51	8.20	2.38	3.45	8.98	1.22
	IMM-04	97.67	71.43	0.75	72.18	72.49	8.20	2.46	3.33	9.32	1.31
Inizio impalcato		101.49	71.36	0.70	72.06	72.48	8.20	2.88	2.85	8.75	2.00
Fine impalcato		121.01	70.07	0.77	70.84	71.76	8.20	4.25	1.93	6.65	2.52
	IMM-05	128.29	69.60	0.62	70.22	71.34	8.20	4.69	1.75	4.21	2.78
Briglia interrita	IMM-06	149.88	66.56	0.55	67.11	67.98	8.25	4.13	2.00	7.58	2.60

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
		170.34	64.00	0.68	64.68	65.03	8.34	2.61	3.19	9.74	1.48
	IMM-07	207.29	62.83	0.51	63.34	63.99	8.47	3.57	2.37	6.97	2.01
	IMM-08	265.13	58.24	0.96	59.20	59.63	8.67	2.89	3.00	6.54	1.38
	IMM-09	324.86	56.13	0.99	57.12	57.61	8.80	3.09	2.85	7.89	1.66

Tabella 59 - Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	IMM-01	0.00	74.81	0.58	75.39	75.95	10.10	3.30	3.06	7.27	1.63
	IMM-02	22.19	73.66	0.83	74.49	75.20	10.10	3.74	2.70	3.88	1.43
	IMM-03	59.51	72.57	0.71	73.28	73.61	10.10	2.56	3.95	9.30	1.25
	IMM-04	97.67	71.43	0.80	72.23	72.59	10.10	2.64	3.82	9.63	1.34
Inizio impalcato		101.49	71.36	0.75	72.11	72.58	10.10	3.03	3.33	9.24	2.00
Fine impalcato		121.01	70.07	0.83	70.90	71.91	10.10	4.45	2.27	8.37	2.74
	IMM-05	128.29	69.60	0.67	70.27	71.46	10.10	4.83	2.09	4.26	2.83
Briglia interrita	IMM-06	149.88	66.56	0.58	67.14	68.16	10.16	4.48	2.27	7.67	2.65
		170.34	64.00	0.72	64.72	65.13	10.26	2.83	3.63	9.83	1.51
	IMM-07	207.29	62.83	0.56	63.39	64.14	10.41	3.84	2.71	7.30	2.06
	IMM-08	265.13	58.24	1.03	59.27	59.75	10.65	3.08	3.46	6.87	1.41
	IMM-09	324.86	56.13	1.04	57.17	57.75	10.80	3.36	3.21	7.89	1.70

Tabella 60 - Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	IMM-01	0.00	74.81	0.66	75.47	76.11	13.00	3.53	3.68	7.67	1.63
	IMM-02	22.19	73.66	0.95	74.61	75.47	13.00	4.10	3.17	3.99	1.47
	IMM-03	59.51	72.57	0.78	73.35	73.75	13.00	2.79	4.66	9.41	1.26
	IMM-04	97.67	71.43	0.86	72.29	72.72	13.00	2.89	4.50	10.07	1.38
Inizio impalcato		101.49	71.36	0.81	72.17	72.71	13.00	3.24	4.01	9.93	2.00
Fine impalcato		121.01	70.07	0.90	70.97	72.07	13.00	4.64	2.80	10.17	2.90
	IMM-05	128.29	69.60	0.74	70.34	71.59	13.00	4.96	2.62	4.34	2.89
Briglia interrita	IMM-06	149.88	66.56	0.63	67.19	68.41	13.07	4.90	2.67	7.82	2.70
		170.34	64.00	0.79	64.79	65.28	13.21	3.12	4.24	9.94	1.55
	IMM-07	207.29	62.83	0.63	63.46	64.26	13.40	3.95	3.39	8.67	2.06
	IMM-08	265.13	58.24	1.11	59.35	59.93	13.71	3.39	4.05	6.88	1.43
	IMM-09	324.86	56.13	1.11	57.24	57.93	13.90	3.69	3.77	7.89	1.73

Tabella 61 - Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	IMM-01	0.00	74.81	0.74	75.55	76.25	16.10	3.72	4.33	8.06	1.63
	IMM-02	22.19	73.66	1.07	74.73	75.73	16.10	4.44	3.63	4.08	1.50
	IMM-03	59.51	72.57	0.85	73.42	73.88	16.10	3.01	5.35	9.52	1.28
	IMM-04	97.67	71.43	0.93	72.36	72.86	16.10	3.13	5.15	10.50	1.43
Inizio impalcato		101.49	71.36	0.87	72.23	72.84	16.10	3.45	4.66	10.59	2.00
Fine impalcato		121.01	70.07	0.96	71.03	72.13	16.10	4.65	3.46	11.02	2.90
	IMM-05	128.29	69.60	0.81	70.41	71.67	16.10	4.97	3.24	4.40	2.94
Briglia interrita	IMM-06	149.88	66.56	0.68	67.24	68.67	16.19	5.29	3.06	7.97	2.75
		170.34	64.00	0.85	64.85	65.43	16.36	3.37	4.85	10.04	1.57
	IMM-07	207.29	62.83	0.70	63.53	64.36	16.59	4.04	4.11	10.15	2.07
	IMM-08	265.13	58.24	1.20	59.44	60.12	16.97	3.67	4.63	6.88	1.44
	IMM-09	324.86	56.13	1.18	57.31	58.10	17.20	3.94	4.36	7.90	1.73

Tabella 62 - Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	IMM-01	0.00	74.81	0.80	75.61	76.36	18.44	3.84	4.80	8.34	1.63
	IMM-02	22.19	73.66	1.15	74.81	75.92	18.44	4.66	3.96	4.15	1.52
	IMM-03	59.51	72.57	0.90	73.47	73.98	18.44	3.16	5.84	9.60	1.29
	IMM-04	97.67	71.43	0.97	72.40	72.95	18.44	3.29	5.60	10.79	1.46
Inizio impalcato		101.49	71.36	0.91	72.27	72.93	18.44	3.61	5.11	11.06	2.00
Fine impalcato		121.01	70.07	1.00	71.07	72.19	18.44	4.68	3.94	11.65	2.90
	IMM-05	128.29	69.60	0.86	70.46	71.73	18.44	4.98	3.70	4.45	2.97
Briglia interrita	IMM-06	149.88	66.56	0.72	67.28	68.84	18.55	5.54	3.35	8.08	2.78
		170.34	64.00	0.89	64.89	65.53	18.75	3.54	5.30	10.12	1.59
	IMM-07	207.29	62.83	0.75	63.58	64.43	19.04	4.09	4.65	11.26	2.09
	IMM-08	265.13	58.24	1.26	59.50	60.26	19.50	3.85	5.06	6.88	1.46
	IMM-09	324.86	56.13	1.24	57.37	58.23	19.79	4.10	4.83	7.90	1.74

Tabella 63 - Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

3.8 Torrente Solaro

3.8.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria del torrente Solaro è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 7 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nel modello sono state inoltre introdotte tutte le opere presenti, costituite da:

- opere di attraversamento autostradali (viadotti carreggiate Nord e Sud);
- salto di fondo localizzato immediatamente a valle del viadotto carreggiata Sud dell'autostrada A3;
- tombino scatolare di dimensioni BxH=2.40x1.10 m localizzato circa 2.0 m a valle del salto di fondo sopra descritto;
- tombino scatolare di dimensioni BxH=2.80x1.50 m localizzato al termine del tratto di corso d'acqua simulato. Quest'ultima opera è stata introdotta per completezza di simulazione in quanto essa non condiziona il profilo idraulico di monte.

Il rilievo introdotto nel modello di simulazione copre una un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 722 m, caratterizzato da una pendenza di fondo alveo media pari al 5%; il tratto di corso d'acqua oggetto di verifica idraulica si presenta completamente rivestito in cls con sezione di geometria rettangolare. Date le dimensioni e le caratteristiche della sezione d'alveo non si sono presi in considerazione nelle simulazioni gli apporti dovuti al trasporto solido.

Di seguito (Tabella 64) si riporta il profilo longitudinale del modello in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti....) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
	SOL-01	0.00	73.44	
		30.31	71.74	0.06
	SOL-02	41.68	71.10	0.06
	SOL-03	92.66	68.75	0.05
Inizio impalcato A3	SOL-04	143.24	66.30	0.05
Fine impalcato A3		163.98	65.26	0.05
	monte salto	168.49	64.99	0.06
	valle salto	170.49	63.99	
	monte tombino	172.49	63.84	0.07
	valle tombino	187.19	63.11	0.05
	SOL-05	202.14	63.00	0.01
	SOL-06	263.01	60.05	0.05
	SOL-07	389.83	53.73	0.05

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza fondo alveo
-	-	m	m s.m.	m/m
		685.46	38.96	0.05
	scatolare 2.8x1.50	721.51	36.49	0.07

Tabella 64 - Profilo longitudinale del torrente Solaro.

3.8.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 65) in entrata nel modello (SOL-01);
- scala di moto uniforme imposta nella sezione terminale di valle del modello (progressiva 721.51 m).

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m ³ /s					
T. SOLARO MONTE A3	10.8	16.5	20.3	26.1	32.2	35.8

Tabella 65 - Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

3.8.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche dell'asta si è assunta una scabrezza di $35 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ sia per l'alveo inciso (valore cautelativo visto il rivestimento della sezione d'alveo) che per le superfici pavimentate presenti in sinistra idraulica (infrastruttura stradale denominata via Messina).

3.8.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce, data l'elevata pendenza media di fondo alveo (circa 5%).

Nel tratto più a monte (compreso tra le sezioni SOL-01 e SOL-04) tutte le piene non sono contenute nella sezione canalizzata del corso d'acqua; il tombino di dimensioni BxH=2.40x1.10 m a valle della sezione SOL-04 viene sormontato dalle piene con tempo di ritorno 10 anni, mostrando un funzionamento in pressione per quelle a tempo di ritorno 5 e 2 anni.

Da monte della sezione SOL-05 (dove il corso d'acqua non è ancora limitato in sinistra dal cordolo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

in cls) la sola piena a tempo di ritorno 2 anni è in grado di rientrare in alveo; gli altri deflussi si propagano verso valle sulla via Messina. Per tenere conto di questo comportamento, si è adottata una schematizzazione idrodinamica tale da annettere all'alveo di piena del Solaro la strada (via Messina).

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	SOL-01	0.00	73.44	1.11	74.55	75.16	10.8	3.47	3.11	11.35	1.88
		30.31	71.74	1.15	72.89	74.05	10.8	4.78	2.26	7.06	2.39
	SOL-02	41.68	71.10	1.16	72.26	73.32	10.8	4.56	2.37	6.34	2.12
	SOL-03	92.66	68.75	1.09	69.84	70.48	10.8	3.55	3.04	18.44	2.82
Inizio impalcato A3	SOL-04	143.24	66.30	1.15	67.45	68.42	10.8	4.37	2.47	11.09	2.65
Fine impalcato A3		163.98	65.26	1.14	66.40	67.48	10.8	4.60	2.35	10.26	2.76
	monte salto	168.49	64.99	1.17	66.16	67.22	10.8	4.56	2.37	5.01	2.38
	valle salto	170.49	63.99	1.25	65.24	67.00	10.8	5.87	1.84	1.48	1.67
	monte tombino	172.49	63.84	1.27	65.11	66.79	10.8	5.74	1.88	1.48	1.49
	valle tombino	187.19	63.11	1.36	64.47	65.94	10.8	5.37	2.01	1.48	1.31
	SOL-05	202.14	63.00	0.73	63.73	65.13	10.8	5.24	2.06	2.84	1.78
	SOL-06	263.01	60.05	0.81	60.86	62.38	10.8	5.45	1.98	2.45	1.78
	SOL-07	389.83	53.73	0.82	54.55	56.02	10.8	5.37	2.01	2.71	1.83
		685.46	38.96	0.69	39.65	41.28	10.8	5.65	1.91	2.79	1.93
	scatolare 2.8x1.50	721.51	36.49	1.06	37.55	38.23	10.8	3.66	2.95	2.79	1.01

Tabella 66 - Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	SOL-01	0.00	73.44	1.22	74.66	75.27	16.5	3.47	4.76	17.65	1.90
		30.31	71.74	1.29	73.03	74.06	16.5	4.50	3.67	12.04	2.42
	SOL-02	41.68	71.10	1.30	72.40	73.53	16.5	4.70	3.51	9.34	2.18
	SOL-03	92.66	68.75	1.18	69.93	70.53	16.5	3.42	4.82	24.36	2.82
Inizio impalcato A3	SOL-04	143.24	66.30	1.27	67.57	68.42	16.5	4.09	4.03	15.37	2.65
Fine impalcato A3		163.98	65.26	1.28	66.54	67.33	16.5	3.94	4.19	15.57	2.76
	monte salto	168.49	64.99	1.34	66.33	67.31	16.5	4.39	3.76	16.89	2.96
	valle salto	170.49	63.99	1.60	65.59	66.69	16.5	4.65	3.55	1.49	1.67
	monte tombino	172.49	63.84	1.59	65.43	66.02	16.5	3.39	4.87	7.03	2.89
	valle tombino	187.19	63.11	1.69	64.80	65.83	16.5	4.50	3.67	10.77	2.61

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	SOL-05	202.14	63.00	1.00	64.00	65.10	16.5	4.65	3.55	3.73	1.79
	SOL-06	263.01	60.05	1.11	61.16	62.10	16.5	4.29	3.85	2.46	1.78
	SOL-07	389.83	53.73	1.11	54.84	55.45	16.5	3.45	4.78	3.08	1.83
		685.46	38.96	0.94	39.90	40.48	16.5	3.37	4.89	2.79	1.65
	scatolare 2.8x1.50	721.51	36.49	1.41	37.90	38.01	16.5	1.44	11.42	7.26	0.39

Tabella 67 - Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	SOL-01	0.00	73.44	1.28	74.72	75.36	20.3	3.54	5.73	21.08	1.93
		30.31	71.74	1.35	73.09	74.15	20.3	4.55	4.46	15.24	2.42
	SOL-02	41.68	71.10	1.38	72.48	73.63	20.3	4.74	4.28	12.03	2.27
	SOL-03	92.66	68.75	1.21	69.96	70.58	20.3	3.48	5.84	27.10	2.82
Inizio impalcato A3	SOL-04	143.24	66.30	1.32	67.62	68.52	20.3	4.19	4.84	16.43	2.65
Fine impalcato A3		163.98	65.26	1.33	66.59	67.42	20.3	4.04	5.02	16.66	2.76
	monte salto	168.49	64.99	1.39	66.38	67.41	20.3	4.49	4.52	18.00	2.96
	valle salto	170.49	63.99	1.75	65.74	66.89	20.3	4.74	4.28	1.49	1.70
	monte tombino	172.49	63.84	1.71	65.55	66.22	20.3	3.63	5.60	11.99	2.90
	valle tombino	187.19	63.11	1.79	64.90	65.96	20.3	4.56	4.45	11.97	2.63
	SOL-05	202.14	63.00	1.22	64.22	65.38	20.3	4.77	4.26	7.65	1.82
	SOL-06	263.01	60.05	1.28	61.33	62.31	20.3	4.39	4.62	3.83	1.87
	SOL-07	389.83	53.73	1.29	55.02	55.65	20.3	3.51	5.79	4.30	1.87
		685.46	38.96	1.17	40.13	40.72	20.3	3.41	5.95	3.31	1.77
	scatolare 2.8x1.50	721.51	36.49	1.78	38.27	38.38	20.3	1.47	13.77	14.11	0.45

Tabella 68 - Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	SOL-01	0.00	73.44	1.33	74.77	75.50	26.1	3.78	6.90	22.64	1.95
		30.31	71.74	1.43	73.17	74.25	26.1	4.61	5.66	18.12	2.42
	SOL-02	41.68	71.10	1.46	72.56	73.76	26.1	4.85	5.38	15.15	2.32
	SOL-03	92.66	68.75	1.26	70.01	70.69	26.1	3.65	7.16	29.61	2.82
Inizio impalcato A3	SOL-04	143.24	66.30	1.38	67.68	68.66	26.1	4.39	5.94	17.77	2.65
Fine impalcato A3		163.98	65.26	1.39	66.65	67.57	26.1	4.25	6.14	18.01	2.76
	monte salto	168.49	64.99	1.46	66.45	67.55	26.1	4.65	5.61	19.37	2.96
	valle salto	170.49	63.99	1.94	65.93	67.11	26.1	4.82	5.42	1.50	1.86
	monte tombino	172.49	63.84	1.85	65.69	66.45	26.1	3.87	6.74	14.73	2.90
	valle tombino	187.19	63.11	1.89	65.00	66.08	26.1	4.60	5.68	13.12	2.63

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	SOL-05	202.14	63.00	1.35	64.35	65.55	26.1	4.86	5.37	9.29	1.82
	SOL-06	263.01	60.05	1.54	61.59	62.63	26.1	4.51	5.79	13.68	2.12
	SOL-07	389.83	53.73	1.39	55.12	55.84	26.1	3.75	6.96	10.99	2.24
		685.46	38.96	1.35	40.31	40.99	26.1	3.67	7.12	8.29	2.01
	scatolare 2.8x1.50	721.51	36.49	2.06	38.55	38.71	26.1	1.75	14.94	15.37	0.46

Tabella 69 - Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	SOL-01	0.00	73.44	1.37	74.81	75.63	32.2	4.00	8.04	24.17	1.98
		30.31	71.74	1.48	73.22	74.38	32.2	4.76	6.76	18.91	2.42
	SOL-02	41.68	71.10	1.53	72.63	73.91	32.2	5.02	6.42	16.11	2.32
	SOL-03	92.66	68.75	1.30	70.05	70.83	32.2	3.92	8.22	29.61	2.82
Inizio impalcato A3	SOL-04	143.24	66.30	1.44	67.74	68.82	32.2	4.59	7.01	19.01	2.65
Fine impalcato A3		163.98	65.26	1.45	66.71	67.72	32.2	4.45	7.24	19.25	2.76
	monte salto	168.49	64.99	1.52	66.51	67.66	32.2	4.76	6.77	20.60	2.96
	valle salto	170.49	63.99	2.12	66.11	67.33	32.2	4.89	6.58	3.94	3.05
	monte tombino	172.49	63.84	1.98	65.82	66.67	32.2	4.08	7.90	17.31	2.90
	valle tombino	187.19	63.11	1.97	65.08	66.22	32.2	4.73	6.81	14.12	2.63
	SOL-05	202.14	63.00	1.45	64.45	65.74	32.2	5.04	6.39	10.80	1.87
	SOL-06	263.01	60.05	1.61	61.66	62.82	32.2	4.78	6.74	13.92	2.12
	SOL-07	389.83	53.73	1.60	55.33	56.08	32.2	3.82	8.42	26.15	2.28
		685.46	38.96	1.60	40.56	41.27	32.2	3.74	8.62	26.19	2.04
	scatolare 2.8x1.50	721.51	36.49	2.39	38.88	39.04	32.2	1.76	18.26	16.85	0.48

Tabella 70 - Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	SOL-01	0.00	73.44	1.40	74.84	75.71	35.80	4.13	8.67	25.01	2.00
		30.31	71.74	1.52	73.26	74.47	35.80	4.88	7.34	19.16	2.42
	SOL-02	41.68	71.10	1.56	72.66	74.00	35.80	5.14	6.97	16.58	2.32
	SOL-03	92.66	68.75	1.32	70.07	70.91	35.80	4.07	8.80	29.61	2.82
Inizio impalcato A3	SOL-04	143.24	66.30	1.47	67.77	68.90	35.80	4.71	7.60	19.63	2.65
Fine impalcato A3		163.98	65.26	1.48	66.74	67.81	35.80	4.58	7.82	19.86	2.76
	monte salto	168.49	64.99	1.54	66.53	67.74	35.80	4.87	7.35	21.16	2.96
	valle salto	170.49	63.99	2.19	66.18	67.45	35.80	5.00	7.16	5.56	3.38
	monte tombino	172.49	63.84	2.05	65.89	66.74	35.80	4.09	8.76	18.70	2.90
	valle tombino	187.19	63.11	2.01	65.12	66.31	35.80	4.83	7.41	14.59	2.63

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	SOL-05	202.14	63.00	1.50	64.50	65.84	35.80	5.14	6.97	11.70	1.89
	SOL-06	263.01	60.05	1.64	61.69	62.94	35.80	4.95	7.23	14.04	2.12
	SOL-07	389.83	53.73	1.63	55.36	56.17	35.80	3.98	8.99	26.24	2.28
		685.46	38.96	1.62	40.58	41.35	35.80	3.89	9.20	26.28	2.04
	scatolare 2.8x1.50	721.51	36.49	2.41	38.90	39.09	35.80	1.92	18.60	16.94	0.52

Tabella 71 - Simulazione a tempo di ritorno 200 anni.

3.9 Torrente Acciarello

3.9.1 Schematizzazione del modello numerico

La geometria del torrente Acciarello è stata descritta sulla base del rilievo topografico costituito da 7 sezioni trasversali che rappresentano in modo esaustivo l'alveo di piena del corso d'acqua. Nel modello è stata inserita l'unica opera di attraversamento presente, costituita dal tombino scatolare dell'autostrada A3, di dimensioni BxH = 6.0x4.0 m.

Il rilievo introdotto nel modello di simulazione copre una un'estensione complessiva di corso d'acqua pari a circa 316 m, caratterizzato da una pendenza di fondo alveo media pari all' 8%.

Di seguito (cfr. Tabella 72) si riporta il profilo longitudinale del modello Acciarello in cui sono rappresentate le sezioni trasversali utilizzate caratterizzandole in termini di progressiva metrica, quota e pendenza di fondo (thalweg) e posizione dei manufatti presenti in alveo. In corrispondenza dei manufatti (briglie, attraversamenti....) la sezione è stata duplicata per esigenze di modellizzazione.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza
	-	m	m s.m.	m/m
	ACC-01	0.00	77.86	
		11.08	77.00	0.08
		36.76	76.37	0.02
	ACC-02	47.43	75.73	0.06
		66.58	73.93	0.09
	ACC-03	96.12	72.52	0.05
Inizio tombino BxH= 6.00x4.00	monte scatolare A3	112.60	72.00	0.03
Fine tombino BxH=6.00x4.00	valle scatolare A3	131.10	71.10	0.05

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Pendenza
	-	m	m s.m.	m/m
	ACC-04	146.05	70.10	0.07
		179.11	65.00	0.15
	ACC-05	189.32	63.43	0.15
		213.09	61.70	0.07
	ACC-06	258.50	57.79	0.09
		277.30	56.00	0.10
	ACC-07	315.76	51.75	0.11

Tabella 72 - Profilo longitudinale del torrente Acciarello.

Nel corso dei sopralluoghi eseguiti si è inoltre valutata la dimensione del materiale di fondo costituente l'alveo, caratterizzata da un d_{50} pari a 50 mm.

3.9.2 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno inserite nel modello di simulazione sono le seguenti:

- portata costante per tempo di ritorno assegnato (cfr. Tabella 73) in entrata nel modello (ACC-01);
- portata distribuita da valle attraversamento A3 fino al termine del modello (dalla sezione localizzata a valle di ACC-04 fino ad ACC-07), che rappresenta il contributo del bacino residuo (cfr. Tabella 73);
- scala di moto uniforme imposta nella sezione terminale di valle del modello (ACC-07),
- granulometria caratteristica (d_{50}) nel tratto simulato pari a 50 mm.

	Q2	Q5	Q10	Q30	Q100	Q200
	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
T. ACCIARELLO MONTE A3	1.7	2.6	3.2	4.1	5.1	5.7
T. ACCIARELLO VALLE A3	2.1	3.3	4.1	5.3	6.5	7.3

Tabella 73 - Portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato inserite nel modello.

Per la portata a tempo di ritorno 200 anni sopra rappresentata si è adottata la stessa metodologia prima descritta per il calcolo dell'incremento medio necessario per tener conto dell'apporto solido; tale valore è risultato pari a 4.2% come riportato nella seguente tabella.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> FO	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Portata idrologica Tr200	Capacità trasporto solido	Rapporto portate	Valor medio	Portata Tr200 di verifica
	-	m	m s.m.	m3/s	m3/s	%	%	m3/s
	ACC-01	0.00	77.86	5.70	0.17	3.0%	4.2%	5.94
		11.08	77.00	5.70	0.04	0.7%		5.94
		36.76	76.37	5.70	0.11	1.9%		5.94
	ACC-02	47.43	75.73	5.70	0.27	4.7%		5.94
		66.58	73.93	5.70	0.12	2.1%		5.94
	ACC-03	96.12	72.52	5.70	0.03	0.5%		5.94
Inizio tombino BxH= 6.00x4.00	monte scatolare A3	112.60	72.00	5.70	0.08	1.4%		5.94
Fine tombino BxH=6.00x4.00	valle scatolare A3	131.10	71.10	5.70	0.14	2.5%		5.94
	ACC-04	146.05	70.10	5.70	0.54	9.5%		5.94
		179.11	65.00	5.90	0.66	11.2%		6.15
	ACC-05	189.32	63.43	6.17	0.24	3.9%		6.43
		213.09	61.70	6.37	0.27	4.2%		6.64
	ACC-06	258.50	57.79	6.79	0.37	5.4%		7.08
		277.30	56.00	7.19	0.51	7.1%		7.49
	ACC-07	315.76	51.75	7.30	0.61	8.4%	7.61	

Tabella 74 - Definizione degli apporti solidi per l'evento a tempo Tr 200 anni lungo l'asta dell'Acciarelo.

3.9.3 Coefficienti di scabrezza

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, di copertura vegetale e morfologiche dell'asta si è assunta una scabrezza di:

- $26 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per l'alveo inciso,
- da 18 a $22 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per le aree di piano campagna esterne all'alveo caratterizzate da copertura vegetale di tipo arbustivo.

3.9.4 Simulazioni eseguite nello stato ante operam (stato attuale)

Le simulazioni eseguite sul torrente Acciarelo mostrano che il deflusso delle piene avviene in corrente veloce, data la elevata pendenza media di fondo alveo (circa 8%).

Tutte le piene simulate sono contenute all'interno dell'alveo inciso.

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle simulazioni eseguite per la configurazione geometrica ante operam (stato attuale) riferite ai tempi di ritorno di 2, 5, 10, 30, 100 e 200 anni.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ACC-01	0.00	77.86	0.33	78.19	78.47	1.70	2.33	0.73	1.79	1.17
		11.08	77.00	0.47	77.47	77.65	1.70	1.89	0.90	2.55	1.02
		36.76	76.37	0.42	76.79	77.13	1.70	2.58	0.66	2.46	1.55
	ACC-02	47.43	75.73	0.39	76.12	76.53	1.70	2.83	0.60	2.41	1.81
		66.58	73.93	0.36	74.29	74.50	1.70	2.02	0.84	3.23	1.27
	ACC-03	96.12	72.52	0.20	72.72	72.77	1.70	1.01	1.69	6.78	0.64
Inizio tombino BxH=6.00x4.00	monte scatolare A3	112.60	72.00	0.17	72.17	72.31	1.70	1.67	1.02	6.00	1.29
Fine tombino BxH=6.00x4.00	valle scatolare A3	131.10	71.10	0.16	71.26	71.42	1.70	1.77	0.96	6.00	1.41
	ACC-04	146.05	70.10	0.23	70.33	70.55	1.70	2.10	0.81	7.68	2.13
		179.11	65.00	0.35	65.35	65.60	1.75	2.22	0.79	5.34	1.90
	ACC-05	189.32	63.43	0.41	63.84	64.01	1.82	1.82	1.00	5.67	1.43
		213.09	61.70	0.29	61.99	62.28	1.87	2.37	0.79	2.00	1.27
	ACC-06	258.50	57.79	0.54	58.33	58.70	1.97	2.70	0.73	2.40	1.64
		277.30	56.00	0.49	56.49	56.94	2.07	2.96	0.70	2.68	1.86
	ACC-07	315.76	51.75	0.34	52.09	52.69	2.10	3.44	0.61	2.27	2.14

Tabella 75 - Simulazione a tempo di ritorno 2 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ACC-01	0.00	77.86	0.43	78.29	78.68	2.60	2.77	0.94	2.32	1.38
		11.08	77.00	0.57	77.57	77.81	2.60	2.15	1.21	2.93	1.07
		36.76	76.37	0.50	76.87	77.29	2.60	2.86	0.91	2.71	1.57
	ACC-02	47.43	75.73	0.47	76.20	76.73	2.60	3.21	0.81	2.85	1.92
		66.58	73.93	0.46	74.39	74.69	2.60	2.43	1.07	4.13	1.50
	ACC-03	96.12	72.52	0.25	72.77	72.84	2.60	1.20	2.17	8.72	0.77
Inizio tombino BxH=6.00x4.00	monte scatolare A3	112.60	72.00	0.22	72.22	72.42	2.60	1.97	1.32	6.00	1.34
Fine tombino BxH=6.00x4.00	valle scatolare A3	131.10	71.10	0.21	71.31	71.53	2.60	2.06	1.26	6.00	1.44
	ACC-04	146.05	70.10	0.26	70.36	70.66	2.60	2.43	1.07	7.86	2.18
		179.11	65.00	0.44	65.44	65.79	2.69	2.61	1.03	6.69	2.21
	ACC-05	189.32	63.43	0.51	63.94	64.18	2.80	2.15	1.30	6.99	1.66
		213.09	61.70	0.38	62.08	62.48	2.89	2.81	1.03	2.61	1.52
	ACC-06	258.50	57.79	0.63	58.42	58.89	3.08	3.05	1.01	2.94	1.75
		277.30	56.00	0.58	56.58	57.16	3.25	3.39	0.96	2.92	1.92
	ACC-07	315.76	51.75	0.44	52.19	52.96	3.30	3.88	0.85	2.76	2.25

Tabella 76 - Simulazione a tempo di ritorno 5 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ACC-01	0.00	77.86	0.49	78.35	78.81	3.20	2.99	1.07	2.62	1.50
		11.08	77.00	0.63	77.63	77.90	3.20	2.29	1.40	3.10	1.08
		36.76	76.37	0.55	76.92	77.38	3.20	3.02	1.06	2.85	1.59
	ACC-02	47.43	75.73	0.51	76.24	76.82	3.20	3.37	0.95	3.01	1.92
		66.58	73.93	0.49	74.42	74.74	3.20	2.52	1.27	4.37	1.50
	ACC-03	96.12	72.52	0.29	72.81	72.90	3.20	1.30	2.46	9.86	0.83
Inizio tombino BxH=6.00x4.00	monte scatolare A3	112.60	72.00	0.25	72.25	72.48	3.20	2.13	1.50	6.00	1.36
Fine tombino BxH=6.00x4.00	valle scatolare A3	131.10	71.10	0.23	71.33	71.60	3.20	2.32	1.38	6.00	1.54
	ACC-04	146.05	70.10	0.27	70.37	70.72	3.20	2.62	1.22	7.96	2.21
		179.11	65.00	0.46	65.46	65.86	3.31	2.81	1.18	6.69	2.23
	ACC-05	189.32	63.43	0.54	63.97	64.24	3.46	2.32	1.49	6.99	1.66
		213.09	61.70	0.43	62.13	62.61	3.58	3.06	1.17	2.97	1.65
	ACC-06	258.50	57.79	0.69	58.48	59.01	3.82	3.24	1.18	3.26	1.82
		277.30	56.00	0.63	56.63	57.32	4.04	3.67	1.10	3.06	1.97
	ACC-07	315.76	51.75	0.48	52.23	53.10	4.10	4.14	0.99	2.92	2.31

Tabella 77 - Simulazione a tempo di ritorno 10 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ACC-01	0.00	77.86	0.56	78.42	78.98	4.10	3.31	1.24	3.05	1.66
		11.08	77.00	0.71	77.71	78.02	4.10	2.46	1.67	3.33	1.10
		36.76	76.37	0.61	76.98	77.52	4.10	3.25	1.26	3.05	1.62
	ACC-02	47.43	75.73	0.57	76.30	76.96	4.10	3.60	1.14	3.22	1.93
		66.58	73.93	0.54	74.47	74.84	4.10	2.68	1.53	4.70	1.51
	ACC-03	96.12	72.52	0.33	72.85	72.96	4.10	1.44	2.84	11.41	0.92
Inizio tombino BxH=6.00x4.00	monte scatolare A3	112.60	72.00	0.29	72.29	72.57	4.10	2.36	1.74	6.00	1.40
Fine tombino BxH=6.00x4.00	valle scatolare A3	131.10	71.10	0.27	71.37	71.70	4.10	2.53	1.62	6.00	1.56
	ACC-04	146.05	70.10	0.30	70.40	70.82	4.10	2.87	1.43	8.10	2.27
		179.11	65.00	0.49	65.49	65.97	4.25	3.08	1.38	6.69	2.26
	ACC-05	189.32	63.43	0.58	64.01	64.34	4.45	2.53	1.76	6.99	1.67
		213.09	61.70	0.50	62.20	62.76	4.60	3.31	1.39	3.20	1.72
	ACC-06	258.50	57.79	0.76	58.55	59.18	4.92	3.51	1.40	3.69	1.92
		277.30	56.00	0.70	56.70	57.51	5.21	3.98	1.31	3.25	2.04
	ACC-07	315.76	51.75	0.54	52.29	53.30	5.30	4.45	1.19	3.17	2.36

Tabella 78 - Simulazione a tempo di ritorno 30 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ACC-01	0.00	77.86	0.63	78.49	79.11	5.10	3.49	1.46	3.28	1.67
		11.08	77.00	0.79	77.79	78.14	5.10	2.62	1.95	3.56	1.13
		36.76	76.37	0.68	77.05	77.67	5.10	3.49	1.46	3.25	1.67
	ACC-02	47.43	75.73	0.62	76.35	77.10	5.10	3.83	1.33	3.43	1.96
		66.58	73.93	0.59	74.52	74.92	5.10	2.82	1.81	5.04	1.51
	ACC-03	96.12	72.52	0.38	72.90	73.03	5.10	1.58	3.23	12.97	1.01
Inizio tombino BxH=6.00x4.00	monte scatolare A3	112.60	72.00	0.33	72.33	72.67	5.10	2.58	1.98	6.00	1.43
Fine tombino BxH=6.00x4.00	valle scatolare A3	131.10	71.10	0.30	71.40	71.81	5.10	2.83	1.80	6.00	1.65
	ACC-04	146.05	70.10	0.32	70.42	70.92	5.10	3.13	1.63	8.24	2.31
		179.11	65.00	0.52	65.52	66.09	5.28	3.34	1.58	6.69	2.28
	ACC-05	189.32	63.43	0.62	64.05	64.43	5.51	2.74	2.01	6.99	1.68
		213.09	61.70	0.56	62.26	62.90	5.69	3.56	1.60	3.22	1.72
	ACC-06	258.50	57.79	0.82	58.61	59.32	6.06	3.74	1.62	3.73	1.92
		277.30	56.00	0.76	56.76	57.70	6.40	4.30	1.49	3.42	2.10
	ACC-07	315.76	51.75	0.60	52.35	53.46	6.50	4.68	1.39	3.41	2.37

Tabella 79 - Simulazione a tempo di ritorno 100 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

Note	Sezione	Progressiva	Quota fondo alveo	Tirante	Livello idrico	Carico totale	Portata	Velocità	Area deflusso	Larghezza livello idrico	Froude
-	-	m	m s.m.	m	m s.m.	m s.m.	m ³ /s	m/s	m ²	m	-
	ACC-01	0.00	77.86	0.68	78.54	79.20	5.94	3.60	1.65	3.40	1.67
		11.08	77.00	0.85	77.85	78.24	5.94	2.75	2.16	3.74	1.16
		36.76	76.37	0.73	77.10	77.79	5.94	3.69	1.61	3.40	1.70
	ACC-02	47.43	75.73	0.66	76.39	77.21	5.94	4.01	1.48	3.60	1.99
		66.58	73.93	0.63	74.56	75.00	5.94	2.94	2.02	5.30	1.52
	ACC-03	96.12	72.52	0.41	72.93	73.07	5.94	1.68	3.54	14.19	1.07
Inizio tombino BxH=6.00x4.00	monte scatolare A3	112.60	72.00	0.36	72.36	72.75	5.94	2.75	2.16	6.00	1.46
Fine tombino BxH=6.00x4.00	valle scatolare A3	131.10	71.10	0.33	71.43	71.89	5.94	3.00	1.98	6.00	1.67
	ACC-04	146.05	70.10	0.34	70.44	71.00	5.94	3.30	1.80	8.36	2.35
		179.11	65.00	0.55	65.55	66.18	6.15	3.51	1.75	6.69	2.30
	ACC-05	189.32	63.43	0.65	64.08	64.50	6.43	2.88	2.23	6.99	1.69
		213.09	61.70	0.62	62.32	63.04	6.64	3.75	1.77	3.23	1.72
	ACC-06	258.50	57.79	0.86	58.65	59.44	7.08	3.93	1.80	3.76	1.92
		277.30	56.00	0.81	56.81	57.85	7.49	4.51	1.66	3.42	2.10
	ACC-07	315.76	51.75	0.65	52.40	53.58	7.61	4.82	1.58	3.63	2.37

Tabella 80 - Simulazione a tempo di ritorno 200 anni nella configurazione geometrica di stato attuale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4 Analisi di compatibilità idraulica sui corsi d'acqua principali

Le sezioni di verifica della compatibilità idraulica sono state definite, per ciascun corso d'acqua considerato, in modo da essere rappresentative ai fini di determinare una portata che la sezione d'alveo è in grado di smaltire.

Non si sono considerate nelle presenti valutazioni situazioni di valle specifiche, quali:

- l'assenza di alveo inciso e la trasformazione del corso d'acqua in viabilità urbana;
- l'assenza di regimazione idraulica nel tratto terminale del corso d'acqua e la relativa mancanza o inefficienza di opere di attraversamento della strada costiera;

in quanto per tali situazioni non sarebbe possibile definire valori di portata compatibile.

4.1 Torrente Laticogna

Il manufatto M1 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è ubicato in corrispondenza dell'antica strada nazionale, circa 220 m prima dello sbocco in mare; l'alveo a valle dell'opera si trova in condizioni di precaria manutenzione e presenta depositi tali da parzializzare la sezione di deflusso.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato e quella bicentenaria comprensiva dell'aliquota di trasporto solido generate dal bacino chiuso sul manufatto M1 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m3/s]							Portata idrologica con trasporto solido [m3/s]
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q200 VERIFICA
3.0	4.4	5.4	6.8	7.4	8.3	9.2	13.0

Tabella 81 - Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M1.

Il manufatto M1 oggetto di verifica è costituito da un ponticello ad arco di altezza pari a 2.1 m e luce netta tra le spalle pari a 3.6 m; l'altezza delle spalle misurata alle reni dell'arco è di 1.3 m. Nel calcolo è stato schematizzato come un ponticello a soletta piana di altezza equivalente pari a 1.9 m.

La pendenza del fondo alveo del Laticogna è pari al 7.3 %, per l'alveo di piena si è assunta una

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		Codice documento cb0002_f0	Rev F0	Data 20/06/2011

scabrezza pari a $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.3) sono state eseguite le verifiche sia in moto uniforme che applicando l'espressione proposta dall'U.S.G.S.; i risultati ottenuti (Tabella 82) mostrano che l'opera è adeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria comprensiva di trasporto solido si mantiene inferiore a quella ottenuta con il metodo U.S.G.S. La portata che il manufatto è in grado di smaltire in questa condizione è stata confrontata con quella, nettamente superiore, ottenuta dalla verifica in moto uniforme: si ottiene un "fattore di sicurezza" pari a 2.24.

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m3/s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m3/s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m3/s)	-
43.86	1.90	4.00	29.53	2.70	19.57	2.24

Tabella 82 - Verifiche idrauliche manufatto M1.

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude	Carico totale (m)
0.04	3.60	0.14	0.78	0.11	0.09	1.24	0.07
0.35	3.60	1.26	2.98	3.76	2.33	1.61	0.80
0.66	3.60	2.38	4.16	9.88	6.05	1.63	1.54
0.97	3.60	3.49	4.97	17.35	10.77	1.61	2.23
1.28	3.60	4.61	5.57	25.66	16.33	1.57	2.86
1.59	3.60	5.72	6.04	34.55	22.61	1.53	3.45
1.90	3.60	6.84	6.41	43.86	29.53	1.49	4.00

Tabella 83 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M1.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M1 è di 19.57 m³/s;
- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 13.0 m³/s che risulta pari al 66% circa della portata smaltibile dal manufatto;
- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con una altezza d'acqua di circa 1.35 m rispetto ai 2.10 m totali del manufatto.

Tutti i manufatti presenti a valle di quello in oggetto presentano dimensioni maggiori o confrontabili

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

con quello considerato; solo in corrispondenza della strada provinciale costiera manca un manufatto idraulico efficiente.

4.2 Torrente Prestianni

Il manufatto M20 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è ubicato in corrispondenza della SS. 18, circa 170 m prima dello sbocco in mare; l'alveo a valle dell'opera è canalizzato, si trova in condizioni di precaria manutenzione e presenta depositi tali da parzializzare la sezione di deflusso.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato e quella bicentenaria comprensiva dell'aliquota di trasporto solido generate dal bacino chiuso sul manufatto M20 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]							Portata idrologica con trasporto solido [m ³ /s]
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q200 VERIFICA
2.6	3.9	4.7	6.0	6.6	7.4	8.2	9.7

Tabella 84 - Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M20.

Il manufatto M20 oggetto di verifica è costituito da un ponticello ad arco di altezza pari a 3.0 m e luce netta tra le spalle pari a 2.5 m; l'altezza delle spalle misurata alle reni dell'arco è di 1.5 m. Nel calcolo è stato schematizzato come un ponticello a soletta piana di altezza equivalente pari a 2.7 m.

La pendenza del fondo alveo del Prestianni è pari al 9.5 %, per l'alveo si è assunta una scabrezza pari a 25 m^{1/3}/s.

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.3) sono state eseguite le verifiche sia in moto uniforme che applicando l'espressione proposta dall'U.S.G.S.; i risultati ottenuti (Tabella 85) mostrano che l'opera è adeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria comprensiva di trasporto solido si mantiene inferiore a quella ottenuta con il metodo U.S.G.S. La portata che il manufatto è in grado di smaltire in questa condizione è stata confrontata con quella, nettamente superiore, ottenuta dalla verifica in moto uniforme: si ottiene un "fattore di sicurezza" pari a 1.82.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		Codice documento cb0002_f0	Rev F0	Data 20/06/2011

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m ³ /s)	-
45.70	2.70	5.04	34.74	3.70	25.14	1.82

Tabella 85 - Verifiche idrauliche manufatto M20.

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude	Carico totale (m)
0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.45	2.50	1.13	3.60	4.05	2.36	1.71	1.11
0.90	2.50	2.25	4.88	10.99	6.69	1.64	2.12
1.35	2.50	3.38	5.64	19.03	12.28	1.55	2.97
1.80	2.50	4.50	6.14	27.63	18.91	1.46	3.72
2.25	2.50	5.63	6.50	36.56	26.43	1.38	4.40
2.70	2.50	6.75	6.77	45.70	34.74	1.32	5.04

Tabella 86 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M20.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M20 è di 25.14 m³/s;
- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 9.7 m³/s che risulta pari al 39% circa della portata smaltibile dal manufatto;
- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con un'altezza d'acqua di circa 1.15 m rispetto ai 3.00 m totali del manufatto.

Tutti i manufatti presenti a valle di quello in oggetto presentano dimensioni maggiori o confrontabili con quello considerato, solo in corrispondenza della strada provinciale costiera manca un manufatto idraulico efficiente.

4.3 Torrente Piria

Il manufatto M7 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è il primo di una serie di ponticelli di analoghe dimensioni, di attraversamento dell'alveo canalizzato; la sezione nel tratto terminale del corso d'acqua si presenta canalizzata per il contenimento delle portate ordinarie ed è affiancata in entrambi i lati da strade comunali che si sviluppano all'interno della sezione di piena.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato e quella bicentenaria comprensiva dell'aliquota di trasporto solido generate dal bacino chiuso sul manufatto M7 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m3/s]							Portata idrologica con trasporto solido [m3/s]
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q200 VERIFICA
4.7	6.9	8.4	10.7	11.7	13.1	14.5	15.8

Tabella 87 - Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M7.

Il manufatto M7 oggetto di verifica è costituito da un ponticello a soletta piana di altezza pari a 0.8 m e luce netta pari a 2.5 m. La pendenza del fondo alveo del Piria è pari all' 11 %, per l'alveo di piena si è assunta una scabrezza pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.3) sono state eseguite le verifiche sia in moto uniforme che applicando l'espressione proposta dall'U.S.G.S.; i risultati ottenuti (Tabella 88) mostrano che la portata assunta come riferimento, confrontata con quella di moto uniforme, presenta un "fattore di sicurezza" pari a 4.37 in considerazione della elevata velocità di deflusso.

E' possibile, inoltre, trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M7 è di $3.76 \text{ m}^3/\text{s}$;
- tale valore di portata è inferiore rispetto alla portata calcolata per tempo di ritorno 2 anni ($4.7 \text{ m}^3/\text{s}$);
- in condizioni critiche la massima portata defluente al di sotto del manufatto sarebbe pari a $5.60 \text{ m}^3/\text{s}$.

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m3/s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m3/s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m3/s)	
16.44	0.80	4.24	5.60	1.40	3.76	4.37

Tabella 88 - Verifiche idrauliche manufatto M7.

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
0.02	2.50	0.05	0.97	0.05	0.02	2.184	0.07
0.15	2.50	0.38	3.47	1.30	0.45	2.863	0.76
0.28	2.50	0.70	4.96	3.47	1.16	2.994	1.54
0.41	2.50	1.03	6.06	6.21	2.06	3.022	2.28
0.54	2.50	1.35	6.92	9.35	3.11	3.009	2.98
0.67	2.50	1.68	7.63	12.78	4.29	2.976	3.64
0.80	2.50	2.00	8.22	16.44	5.60	2.935	4.24

Tabella 89 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M7.

4.4 Torrente Zagarella

Il manufatto M9 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è ubicato circa 340 m prima dello sbocco in mare, in corrispondenza della via nazionale, ed è l'unico manufatto presente lungo il corso d'acqua.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato e quella bicentenaria comprensiva dell'aliquota di trasporto solido generate dal bacino chiuso sul manufatto M9 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]							Portata idrologica con trasporto solido [m ³ /s]
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q200 VERIFICA
7.9	11.9	14.5	18.5	20.3	22.7	25.2	27.4

Tabella 90 - Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M9.

Il manufatto M9 oggetto di verifica è costituito da un ponticello ad arco di altezza pari a 1.8 m e luce netta tra le spalle pari a 7.0 m; l'altezza delle spalle misurata alle reni dell'arco è di 1.0 m. Nel calcolo è stato schematizzato come un ponticello a soletta piana di altezza equivalente pari a 1.62 m.

La pendenza del fondo alveo dello Zagarella è pari all' 8.4 %, per l'alveo di piena si è assunta una scabrezza pari a 23 m^{1/3}/s.

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.3) sono state eseguite le verifiche sia in moto uniforme che applicando l'espressione proposta dall'U.S.G.S.; i risultati ottenuti (Tabella 91) mostrano che l'opera è adeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria comprensiva di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0

trasporto solido si mantiene inferiore a quella ottenuta con il metodo U.S.G.S. La portata che il manufatto è in grado di smaltire in questa condizione è stata confrontata con quella, nettamente superiore, ottenuta dalla verifica in moto uniforme: si ottiene un “fattore di sicurezza” pari a 2.27.

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m ³ /s)	-
80.89	1.62	4.21	45.21	3.30	35.58	2.27

Tabella 91 - Verifiche idrauliche manufatto M9.

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude	Carico totale (m)
0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.27	7.00	1.89	2.65	5.01	3.08	1.638	0.63
0.54	7.00	3.78	4.02	15.18	8.70	1.74	1.36
0.81	7.00	5.67	5.04	28.58	15.98	1.79	2.10
1.08	7.00	7.56	5.86	44.33	24.61	1.80	2.83
1.35	7.00	9.45	6.55	61.89	34.39	1.80	3.54
1.62	7.00	11.34	7.13	80.89	45.21	1.79	4.21

Tabella 92 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M9.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M9 è di 35.58 m³/s;
- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 27.4 m³/s che risulta pari al 77% circa della portata smaltibile del manufatto;
- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con un'altezza d'acqua di circa 1.16 m rispetto ai 1.80 m totali del manufatto.

A valle l'alveo diventa viabilità comunale per cui non è possibile determinare valori di portata compatibile.

4.5 Torrente Acciareello

Il manufatto M24 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è l'imbocco di una canalizzazione

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

tombata che si estende per 506 m.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato e quella bicentenaria comprensiva dell'aliquota di trasporto solido generate dal bacino chiuso sul manufatto M24 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m3/s]							Portata idrologica con trasporto solido [m3/s]
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q200 VERIFICA
2.1	3.3	4.1	5.3	5.8	6.5	7.3	7.6

Tabella 93 - Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M24.

Il manufatto M24 oggetto di verifica è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=1.5x2.0 m e lunghezza 506.0 m.

La pendenza del fondo alveo è pari al 6.6 %; la scabrezza è stata assunta cautelativamente pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ in ragione del suo stato di conservazione.

Come descritto in precedenza (cfr. paragrafo 1.3) per le lunghe tombinature si è eseguita la sola verifica in moto uniforme schematizzando la condizione limite di funzionamento a pelo libero (cioè con livello pari alla quota di intradosso dell'opera); i risultati ottenuti (Tabella 94) mostrano che l'opera è adeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria è inferiore a quella massima smaltibile dal manufatto.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m2)	Velocità (m/s)	Portata (m3/s)	Portata critica (m3/s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
0.20	1.50	0.30	3.00	0.90	0.42	2.14	0.66
0.50	1.50	0.75	4.61	3.45	1.66	2.08	1.58
0.80	1.50	1.20	5.46	6.55	3.36	1.95	2.32
1.10	1.50	1.65	6.00	9.90	5.42	1.83	2.93
1.40	1.50	2.10	6.37	13.38	7.78	1.72	3.47
1.70	1.50	2.55	6.65	16.95	10.41	1.63	3.95
2.00	1.50	3.00	6.86	20.58	13.29	1.55	4.40

Tabella 94 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M24.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata massima smaltibile in condizioni di moto uniforme dal manufatto M24 è di circa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13.4 m³/s (valore pari al 70 % di riempimento della sezione);

- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 7.6 m³/s che risulta pari al 57% circa della portata smaltibile del manufatto;
- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con un'altezza d'acqua di circa 1.40 m rispetto ai 2.00 m totali del manufatto.

A valle del tratto tombato il corso d'acqua, dopo un breve tratto canalizzato, attraversa con un altro manufatto scatolare il corridoio ferroviario e quindi sbocca in mare.

4.6 Torrente Solaro

Il manufatto M22 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è l'imbocco di una canalizzazione tombata che si estende per 410 m circa. Le verifiche modellistiche del corso d'acqua nel tratto di monte hanno messo in evidenza che la sezione d'alveo è insufficiente a contenere le portate a tempo di ritorno elevato; le portate di esondazione del tratto di monte (a partire da monte dell'autostrada A3) defluiscono lungo via Messina; solo in parte possono rientrare in alveo.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato (Tabella 95) generate dal bacino chiuso sul manufatto M22 considerano che l'intera portata generata dal bacino idrografico arrivi alla sezione considerata.

Portate idrologiche [m ³ /s]						
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200
11.6	17.7	21.8	28.1	30.9	34.7	38.5

Tabella 95 - Portate idrologiche in corrispondenza del manufatto M22.

Il manufatto M22 oggetto di verifica è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=2.8x1.5 m e lunghezza 410.0 m.

La pendenza del fondo alveo è pari al 5.7%; la scabrezza è stata assunta cautelativamente pari a 40 m^{1/3}/s.

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.3) per le lunghe tombature si è eseguita la sola verifica in moto uniforme schematizzando la condizione limite di funzionamento a pelo libero (cioè

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0

con livello pari alla quota di intradosso dell'opera).

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
0.00	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	2.80	0.70	3.40	2.38	1.10	2.17	0.84
0.50	2.80	1.40	4.91	6.87	3.10	2.22	1.73
0.75	2.80	2.10	5.92	12.44	5.70	2.18	2.54
1.00	2.80	2.80	6.67	18.67	8.77	2.13	3.27
1.25	2.80	3.50	7.24	25.35	12.26	2.07	3.92
1.50	2.80	4.20	7.70	32.34	16.11	2.01	4.52

Tabella 96 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M22.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata massima smaltibile in condizioni di moto uniforme dal manufatto M22 è di circa 20.00 m³/s (valore pari al 70 % di riempimento della sezione);
- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 38.5 m³/s che risulta superiore alla portata smaltibile dal manufatto;
- la portata di riferimento che defluirebbe in condizioni critiche con un'altezza d'acqua di circa 1.05 m (pari al 70 % di riempimento) è quella corrispondente al tempo di ritorno di 2 anni.

4.7 Torrente Immacolata

Il manufatto M27 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è l'imbocco di una canalizzazione tombata che si estende per 750 m e termina circa 120 m prima dello sbocco in mare.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato e quella bicentenaria comprensiva dell'aliquota di trasporto solido generate dal bacino chiuso sul manufatto M27 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]							Portata idrologica con trasporto solido [m ³ /s]
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q200 VERIFICA
5.7	8.8	10.8	13.9	15.3	17.2	19.1	19.8

Tabella 97 - Portate idrologiche di riferimento in corrispondenza del manufatto M27.

Il manufatto M27 oggetto di verifica è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=4.0x1.8 m e lunghezza di 750.0 m. La pendenza del fondo alveo è pari al 4.8 %; la scabrezza è stata

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

assunta cautelativamente pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ in ragione del suo stato di conservazione.

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.3) per le lunghe tombature si è eseguita la sola verifica in moto uniforme schematizzando la condizione limite di funzionamento a pelo libero (cioè con livello pari alla quota di intradosso dell'opera); i risultati ottenuti (Tabella 98) mostrano che l'opera è adeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria è inferiore a quella massima smaltibile dal manufatto.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
0.30	4.00	1.20	3.58	4.29	2.06	2.086	0.95
0.60	4.00	2.40	5.23	12.56	5.82	2.157	2.00
0.90	4.00	3.60	6.38	22.96	10.70	2.146	2.97
1.20	4.00	4.80	7.23	34.72	16.47	2.108	3.87
1.50	4.00	6.00	7.91	47.45	23.02	2.061	4.69
1.80	4.00	7.20	8.45	60.86	30.26	2.012	5.44

Tabella 98 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M27.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata massima smaltibile in condizioni di moto uniforme dal manufatto M27 è di circa $37.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (valore pari al 70 % di riempimento della sezione);
- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di $19.8 \text{ m}^3/\text{s}$ che risulta pari al 53% circa della portata smaltibile del manufatto;
- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con un'altezza d'acqua di circa 1.35 m rispetto ai 1.80 m totali del manufatto.

A valle del tratto tombato, il corso d'acqua, dopo un breve tratto canalizzato al di sotto dell'attraversamento ferroviario, sbocca sulla strada costiera di accesso all'imbarcadere; l'unica opera che l'attraversa è una piccola condotta (diametro 1.0 m) alimentata da una griglia. Per tale opera non è possibile definire una portata compatibile.

4.8 Torrente Campanella

Il manufatto M30 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è l'imbocco di una canalizzazione tombata che si estende per 814 m e termina in corrispondenza del ponte ferroviario a 50 m dallo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

scarico in mare.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato e quella bicentenaria comprensiva dell'aliquota di trasporto solido generate dal bacino chiuso sul manufatto M30 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m3/s]							Portata idrologica con trasporto solido [m3/s]
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200	Q200 VERIFICA
7.3	11.3	13.9	17.8	19.6	22.1	24.5	25.4

Tabella 99 - Portate di riferimento in corrispondenza del manufatto M30.

Il manufatto M30 oggetto di verifica è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=3.8x2.0 m e lunghezza 814.0 m. La pendenza del fondo alveo è pari al 5.3 %; la scabrezza è stata assunta cautelativamente pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Come descritto in precedenza (cfr paragrafo 1.3) per le lunghe tombinature si è eseguita la sola verifica in moto uniforme schematizzando la condizione limite di funzionamento a pelo libero (cioè con livello pari alla quota di intradosso dell'opera); i risultati ottenuti (Tabella 100) mostrano che l'opera è adeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria è inferiore a quella massima smaltibile dal manufatto.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude	Carico totale (m)
0.20	3.80	0.76	2.95	2.24	1.06	2.10	0.64
0.50	3.80	1.90	4.96	9.43	4.21	2.24	1.76
0.80	3.80	3.04	6.28	19.09	8.52	2.24	2.81
1.10	3.80	4.18	7.24	30.25	13.73	2.20	3.77
1.40	3.80	5.32	7.98	42.43	19.72	2.15	4.64
1.70	3.80	6.46	8.57	55.34	26.38	2.09	5.44
2.00	3.80	7.60	9.05	68.78	33.66	2.04	6.17

Tabella 100 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M30.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata massima smaltibile in condizioni di moto uniforme dal manufatto M30 è di circa 42.0 m³/s (valore pari al 70 % di riempimento della sezione);
- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 25.4

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

m³/s che risulta pari al 60% circa della portata smaltibile del manufatto;

- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con un'altezza d'acqua di circa 1.70 m rispetto ai 2.00 m totali del manufatto.

A valle del tratto tombato il corso d'acqua sbocca sulla strada costiera di accesso all'imbarcadere; l'unica opera che l'attraversa è un piccolo tombino (1.0x1.0 m) alimentato da una griglia. Per tale opera non è possibile definire una portata compatibile.

5 Analisi idraulica sui corsi d'acqua minori (secondari)

Sono stati oggetto di verifica il torrente Serro della Torre, il fosso Contrada di Pirgo e relativo affluente, il torrente Polistena e relativo affluente, il torrente Lupo.

Questi corsi d'acqua attraversano l'attuale autostrada A3 nel tratto compreso tra il torrente Zagarella e la galleria Piale.

5.1 Torrente Serro della Torre

Il manufatto di attraversamento dell'autostrada A3 che interferisce con l'asta del Serro della Torre è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=2.0x2.0 m. L'opera ha una pendenza di fondo pari al 2.5%.

La portata Tr 200 anni generata dal bacino idrografico chiuso a monte dell'A3 è pari a 2.4 m³/s.

Come descritto nella parte metodologica (cfr. paragrafo 1.2), il calcolo idraulico è stato eseguito in moto uniforme in riferimento allo stato critico della portata bicentenaria.

Il manufatto di attraversamento è risultato adeguato in quanto:

- il suo riempimento, in corrispondenza della Q_{critica} è pari al 26% (inferiore al 70% imposto come condizione di verifica);
- il rapporto H/D è pari a 0.82 e si mantiene inferiore a 1.5 (valore imposto come condizione di verifica).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

Di seguito si allegano i calcoli di moto uniforme eseguiti.

Riempimento	Livello idrico	Larghezza superficie libera	Area deflusso	Velocità	Portata	Portata critica	Numero Froude	Carico totale	Perdita concentrata (dh)	Rapporto di verifica H/D
%	(m)	(m)	(m ²)	(m/s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	-	(m)	(m)	-
26	0.53	2.00	1.06	4.68	4.96	2.42	2.05	1.65	0.33	0.82

5.2 Fosso Contrada di Pirgo (cfr. bacino 07M.1)

Il manufatto di attraversamento dell'autostrada A3 che interferisce con l'asta del Contrada di Pirgo (ramo di destra) è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=2.0x2.0 m. L'opera ha una pendenza di fondo pari al 2.5%.

La portata Tr 200 anni generata dal bacino idrografico chiuso a monte dell'A3 è pari a 3.7 m³/s.

Come descritto nella parte metodologica, il calcolo idraulico è stato eseguito in moto uniforme in riferimento allo stato critico della portata bicentenaria.

Il manufatto di attraversamento è risultato adeguato in quanto:

- il suo riempimento, in corrispondenza della Qcritica è pari al 35% (inferiore al 70% imposto come condizione di verifica);
- il rapporto H/D è pari a 1.07 e si mantiene inferiore a 1.5 (valore imposto come condizione di verifica).

Di seguito si allegano i calcoli di moto uniforme eseguiti.

Riempimento	Livello idrico	Larghezza superficie libera	Area deflusso	Velocità	Portata	Portata critica	Numero Froude	Carico totale	Perdita concentrata (dh)	Rapporto di verifica H/D
%	(m)	(m)	(m ²)	(m/s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	-	(m)	(m)	-
35	0.71	2.00	1.42	5.28	7.50	3.75	2.00	2.13	0.43	1.07

5.3 Fosso Contrada di Pirgo 1 (cfr. bacino 07M.2)

Il manufatto di attraversamento dell'autostrada A3 che interferisce con l'asta del Contrada di Pirgo (ramo intermedio) è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=2.0x2.0 m. L'opera ha

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

una pendenza di fondo pari al 2.5%.

La portata Tr 200 anni generata dal bacino idrografico chiuso a monte dell'A3 è pari a 3.8 m³/s.

Come descritto nella parte metodologica, il calcolo idraulico è stato eseguito in moto uniforme in riferimento allo stato critico della portata bicentenaria.

Il manufatto di attraversamento è risultato adeguato in quanto:

- il suo riempimento, in corrispondenza della Qcritica è pari al 36% (inferiore al 70% imposto come condizione di verifica);
- il rapporto H/D è pari a 1.08 e si mantiene inferiore a 1.5 (valore imposto come condizione di verifica).

Di seguito si allegano i calcoli di moto uniforme eseguiti.

Riempimento	Livello idrico	Larghezza superficie libera	Area deflusso	Velocità	Portata	Portata critica	Numero Froude	Carico totale	Perdita concentrata (dh)	Rapporto di verifica H/D
%	(m)	(m)	(m2)	(m/s)	(m3/s)	(m3/s)	-	(m)	(m)	-
36	0.72	2.00	1.44	5.31	7.64	3.83	2.00	2.16	0.43	1.08

5.4 Torrente Polistena (cfr. bacino 08M.1)

Il manufatto di attraversamento dell'autostrada A3 che interferisce con l'asta del Polistena (ramo principale) è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=4.0x4.0 m. L'opera ha una pendenza di fondo pari al 3.0%.

La portata Tr 200 anni generata dal bacino idrografico chiuso a monte dell'A3 è pari a 3.5 m³/s.

Come descritto nella parte metodologica, il calcolo idraulico è stato eseguito in moto uniforme in riferimento allo stato critico della portata bicentenaria.

Il manufatto di attraversamento è risultato adeguato in quanto:

- il suo riempimento, in corrispondenza della Qcritica è pari all' 11% (inferiore al 70% imposto come condizione di verifica);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO			
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- il rapporto H/D è pari a 0.45 e si mantiene inferiore a 1.5 (valore imposto come condizione di verifica).

Di seguito si allegano i calcoli di moto uniforme eseguiti.

Riempimento	Livello idrico	Larghezza superficie libera	Area deflusso	Velocità	Portata	Portata critica	Numero Froude	Carico totale	Perdita concentrata (dh)	Rapporto di verifica H/D
%	(m)	(m)	(m2)	(m/s)	(m3/s)	(m3/s)	-	(m)	(m)	-
11	0.43	4.00	1.72	5.20	8.94	3.53	2.53	1.81	0.41	0.45

5.5 Affluente del torrente Polistena (cfr. bacino 08M.2)

Il manufatto di attraversamento dell'autostrada A3 che interferisce con l'asta dell'affluente di sinistra del torrente Polistena è costituito da un tombino circolare di diametro $\Phi=1.5$ m. L'opera ha una pendenza di fondo pari al 2.0%.

La portata Tr 200 anni generata dal bacino idrografico chiuso a monte dell'A3 è pari a 2.3 m³/s.

Come descritto nella parte metodologica, il calcolo idraulico è stato eseguito in moto uniforme in riferimento allo stato critico della portata bicentenaria.

Il manufatto di attraversamento è risultato adeguato in quanto:

- il suo riempimento, in corrispondenza della Qcritica è pari al 52% (inferiore al 70% imposto come condizione di verifica);
- il rapporto H/D è pari a 1.2 e si mantiene inferiore a 1.5 (valore imposto come condizione di verifica).

Di seguito si allegano i calcoli di moto uniforme eseguiti.

Riempimento	Livello idrico	Larghezza superficie libera	Area deflusso	Velocità	Portata	Portata critica	Numero Froude	Carico totale	Perdita concentrata (dh)	Rapporto di verifica H/D
%	(m)	(m)	(m2)	(m/s)	(m3/s)	(m3/s)	-	(m)	(m)	-
52	0.78	1.50	0.93	4.49	4.16	2.29	1.82	1.81	0.31	1.20

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5.6 Torrente Lupo

Il manufatto di attraversamento dell'autostrada A3 che interferisce con l'asta del torrente Lupo è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=4.0x3.0 m. L'opera ha una pendenza di fondo pari al 4.4%.

La portata Tr 200 anni generata dal bacino idrografico chiuso a monte dell'A3 è pari a 3.9 m³/s.

Come descritto nella parte metodologica, il calcolo idraulico è stato eseguito in moto uniforme in riferimento allo stato critico della portata bicentenaria.

Il manufatto di attraversamento è risultato adeguato in quanto:

- il suo riempimento, in corrispondenza della Qcritica è pari al 15% (inferiore al 70% imposto come condizione di verifica);
- il rapporto H/D è pari a 0.88 e si mantiene inferiore a 1.5 (valore imposto come condizione di verifica).

Di seguito si allegano i calcoli di moto uniforme eseguiti.

Riempimento	Livello idrico	Larghezza superficie libera	Area deflusso	Velocità	Portata	Portata critica	Numero Froude	Carico totale	Perdita concentrata (dh)	Rapporto di verifica H/D
%	(m)	(m)	(m ²)	(m/s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	-	(m)	(m)	-
15	0.46	4.00	1.84	6.53	12.02	3.91	3.08	2.64	0.65	0.88

5.7 Fosso via Galliano e torrente Femia

Non si sono eseguite verifiche idrauliche in quanto i corsi d'acqua in oggetto non interferiscono con l'autostrada A3.

6 Analisi di compatibilità idraulica sui corsi d'acqua secondari

6.1 Fosso Contrada Pirgo

I manufatti M21 ed M17 oggetto di verifica di compatibilità idraulica attraversano rispettivamente la

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

SS. e via Professore Giovanni Trecroci. L'assenza di un alveo ben definito e continuo soprattutto nel tratto terminale crea problemi di allagamento su aree urbanizzate.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato generate dal bacino chiuso in corrispondenza della strada statale sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]						
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200
3.4	5.1	6.3	8.0	8.9	9.9	11.0

Tabella 101 - Portate idrologiche di riferimento in corrispondenza dei manufatti M21 ed M17.

Il manufatto M21 oggetto di verifica è costituito da un ponticello a soletta piana di dimensioni BxH=2.0x1.0 m. La pendenza del fondo alveo è pari al 12 %, per l'alveo si è assunta una scabrezza pari a 25 m^{1/3}/s.

Come descritto in precedenza (cfr. paragrafo 1.3) sono state eseguite le verifiche sia in moto uniforme che applicando l'espressione proposta dall'U.S.G.S.; i risultati ottenuti (Tabella 102) mostrano che la portata assunta come riferimento, confrontata con quella di moto uniforme, presenta un "fattore di sicurezza" pari a 2.47 in considerazione dell'elevata velocità di deflusso.

E' possibile, inoltre, trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M21 è di 4.42 m³/s;
- tale valore di portata è inferiore rispetto alla portata calcolata per tempo di ritorno 5 anni (5.1 m³/s);
- in condizioni critiche la massima portata defluente al di sotto del manufatto sarebbe pari a circa 6.2 m³/s.

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m ³ /s)	
10.91	1.00	2.52	6.26	2.50	4.42	2.47

Tabella 102 - Verifiche idrauliche manufatto M21.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	2.00	0.40	2.62	1.05	0.56	1.87	0.55
0.40	2.00	0.80	3.76	3.01	1.58	1.90	1.12
0.60	2.00	1.20	4.50	5.40	2.91	1.87	1.63
0.80	2.00	1.60	5.04	8.07	4.48	1.80	2.10
1.00	2.00	2.00	5.46	10.91	6.26	1.74	2.52

Tabella 103 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M21.

Il manufatto M17 è costituito invece da un tombino semicircolare di altezza pari a 1.5 m. La pendenza del fondo alveo è pari al 7%; nel calcolo è stato schematizzato come un ponticello a soletta piana di altezza equivalente pari a 1.35 m. Per l'alveo si è assunta una scabrezza pari a 25 m^{1/3}/s.

I risultati ottenuti (Tabella 104) mostrano che la portata assunta come riferimento, confrontata con quella di moto uniforme, presenta un "fattore di sicurezza" pari a 1.79.

E' possibile, inoltre, trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M17 è di 6.03 m³/s;
- tale valore di portata è inferiore rispetto alla portata calcolata per tempo di ritorno 10 anni (6.3 m³/s);
- in condizioni critiche la massima portata defluente al di sotto del manufatto sarebbe pari a circa 7.37 m³/s.

In sintesi risulta che la portata limite compatibile con i manufatti di attraversamento esistenti è di 4.4 m³/s; tale condizione richiede un adeguato intervento manutentivo sul reticolo al fine di renderlo funzionale e ben definito.

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m ³ /s)	
10.78	1.35	2.80	7.37	3.00	6.03	1.79

Tabella 104 - Verifiche idrauliche manufatto M17.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
0.03	1.50	0.05	0.81	0.04	0.02	1.502	0.06
0.25	1.50	0.38	2.84	1.06	0.59	1.812	0.66
0.47	1.50	0.71	3.78	2.67	1.51	1.763	1.20
0.69	1.50	1.04	4.38	4.53	2.69	1.683	1.67
0.91	1.50	1.37	4.79	6.54	4.08	1.603	2.08
1.13	1.50	1.70	5.09	8.63	5.64	1.529	2.45
1.35	1.50	2.03	5.32	10.78	7.37	1.463	2.80

Tabella 105 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M17.

6.2 Torrente Polistena

Il manufatto M16 oggetto di verifica di compatibilità idraulica attraversa via Professore Giovanni Trecroci e presenta una sezione analoga al tratto canalizzato a valle ed all'attraversamento ferroviario.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato generate dal bacino chiuso in corrispondenza della sezione di interesse sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]						
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200
3.1	4.7	5.8	7.4	8.2	9.2	10.2

Tabella 106 - Portate idrologiche di riferimento in corrispondenza del manufatto M16.

Il manufatto è costituito da un ponticello ad arco ribassato di altezza pari a 2.75 m e luce netta tra le spalle pari a 4.3 m. Nel calcolo è stato schematizzato come un ponticello a soletta piana di altezza equivalente pari a 2.47 m. La pendenza del fondo alveo è pari al 4 %, per l'alveo si è assunta una scabrezza pari a 50 m^{1/3}/s, essendo tutto il tratto rivestito in calcestruzzo..

I risultati ottenuti (Tabella 107) mostrano che l'opera è adeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria è inferiore a quella ottenuta con il metodo U.S.G.S. La portata smaltibile in questa condizione è stata confrontata con quella, nettamente superiore, ottenuta dalla verifica in moto uniforme: si ottiene un "fattore di sicurezza" pari a 3.13.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m ³ /s)	-
116.55	2.47	8.61	52.28	3.60	37.21	3.13

Tabella 107 - Verifiche idrauliche manufatto M16.

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude	Carico totale (m)
0.01	4.30	0.04	0.46	0.02	0.01	1.48	0.02
0.42	4.30	1.81	4.98	8.99	3.67	2.45	1.68
0.83	4.30	3.57	7.10	25.36	10.18	2.49	3.40
1.24	4.30	5.33	8.52	45.43	18.60	2.44	4.94
1.65	4.30	7.10	9.55	67.77	28.54	2.37	6.30
2.06	4.30	8.86	10.34	91.63	39.82	2.30	7.51
2.47	4.30	10.62	10.97	116.55	52.28	2.23	8.61

Tabella 108 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M16.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M16 è di 37.21 m³/s;
- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 10.2 m³/s che risulta pari al 27% circa della portata massima smaltibile dal manufatto;
- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con un'altezza d'acqua di circa 0.83 m rispetto ai 2.75 m totali del manufatto.

In corrispondenza della strada provinciale costiera manca un manufatto idraulico efficiente; anche a monte buona parte del corso d'acqua si sviluppa in corrispondenza della viabilità di accesso alle proprietà adiacenti..

6.3 Torrente Lupo

Il manufatto M13 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è l'imbocco del tratto tombato terminale in corrispondenza dell'abitato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato generate dal bacino chiuso sul manufatto M13 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]						
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200
2.5	3.8	4.7	6.1	6.7	7.5	8.3

Tabella 109 - Portate idrologiche in corrispondenza del manufatto M13.

Il manufatto M13 è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=1.0x1.0 m avente pendenza di fondo alveo pari a 10.0 %; la scabrezza è stata assunta pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

I risultati ottenuti (Tabella 110) mostrano che:

- la portata massima smaltibile in condizioni di moto uniforme dal manufatto M13 è di 6.08 m³/s;
- tale valore di portata corrisponde alla portata calcolata per tempo di ritorno 30 anni (6.1 m³/s);
- in condizioni critiche la massima portata defluente al di sotto del manufatto sarebbe pari a circa 3.13 m³/s.

Si ritiene pertanto che la portata limite compatibile con il reticolo di valle sia pari a $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)
6.08	1.00	2.88	3.13

Tabella 110 - Verifica idraulica in moto uniforme per il manufatto M13.

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	1.00	0.20	3.46	0.69	0.28	2.47	0.81
0.40	1.00	0.40	4.64	1.86	0.79	2.34	1.50
0.60	1.00	0.60	5.32	3.19	1.46	2.19	2.04

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

0.80	1.00	0.80	5.77	4.61	2.24	2.06	2.49
1.00	1.00	1.00	6.08	6.08	3.13	1.94	2.88

Tabella 111 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M13.

6.4 Fosso Via Galliano

Il manufatto M11 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è ubicato poco a valle dell'autostrada A3 ed è rappresentativo della situazione di valle.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato generate dal bacino chiuso sul manufatto M11 sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]						
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200
3.0	4.6	5.7	7.3	8.1	9.1	10.1

Tabella 112 - Portate idrologiche di riferimento in corrispondenza del manufatto M11.

Il manufatto M11 è costituito da un tombino scatolare di dimensioni BxH=1.0x1.0 m, avente pendenza di fondo alveo pari a 12.0 %; si è assunta una scabrezza pari a 40 m^{1/3}/s.

Come descritto in precedenza (cfr. paragrafo 1.3) per le lunghe tombinature si è eseguita la sola verifica in moto uniforme schematizzando la condizione limite di funzionamento a pelo libero (cioè con livello pari alla quota di intradosso dell'opera); i risultati ottenuti (Tabella 113) mostrano che l'opera è inadeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria è superiore a quella massima smaltibile dal manufatto, che in condizioni di moto uniforme risulta inferiore alla portata per tempo di ritorno 30 anni (7.3 m³/s).

Q max smaltibile (m ³ /s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m ³ /s)
6.66	1.00	3.26	3.13

Tabella 113 - Verifica idraulica in moto uniforme per il manufatto M11.

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude	Carico totale (m)
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude -	Carico totale (m)
0.20	1.00	0.20	3.79	0.76	0.28	2.70	0.93
0.40	1.00	0.40	5.08	2.03	0.79	2.57	1.72
0.60	1.00	0.60	5.83	3.50	1.46	2.40	2.33
0.80	1.00	0.80	6.32	5.05	2.24	2.25	2.83
1.00	1.00	1.00	6.66	6.66	3.13	2.13	3.26

Tabella 114 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M11.

Si ritiene di poter assumere come portata limite compatibile la portata di 3.0 m³/s (corrispondente alla portata critica).

6.5 Torrente Femia

Il manufatto M33 oggetto di verifica di compatibilità idraulica è ubicato poco a monte della SS.; il tratto di corso d'acqua monte/valle dell'attraversamento ha una sezione canalizzata che risulta spesso parzializzata da strutture presenti in alveo.

Le portate idrologiche per tempo di ritorno assegnato generate dal bacino chiuso in corrispondenza delle aree urbanizzate sono le seguenti:

Portate idrologiche [m ³ /s]						
Q2	Q5	Q10	Q30	Q50	Q100	Q200
2.8	4.3	5.3	6.8	7.5	8.4	9.4

Tabella 115 - Portate idrologiche di riferimento in corrispondenza del manufatto M33.

Il manufatto M33 è costituito da un ponticello ad arco di altezza pari a 1.80 m e avente luce netta tra le spalle pari a 3.0 m. Nel calcolo è stato schematizzato come un ponticello a soletta piana di altezza equivalente pari a 1.62 m. La pendenza del fondo alveo è pari all' 8 %; la scabrezza è stata assunta pari a 40 m^{1/3}/s.

Come descritto in precedenza (cfr. paragrafo 1.3) sono state eseguite le verifiche sia in moto uniforme che applicando l'espressione proposta dall'U.S.G.S.; i risultati ottenuti (Tabella 116) mostrano che l'opera è adeguata idraulicamente in quanto la portata bicentenaria è inferiore di quella ottenuta con il metodo U.S.G.S. La portata smaltibile in questa condizione è stata confrontata con quella, nettamente superiore, ottenuta dalla verifica in moto uniforme: si ottiene un

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0

“fattore di sicurezza” pari a 3.05.

Moto uniforme				Metodo USGS		Coefficiente di sicurezza di verifica
Q max smaltibile (m3/s)	Livello idrico (m)	Carico totale (m)	Portata critica (m3/s)	Carico totale (m)	Q max smaltibile (m3/s)	-
46.55	1.62	6.29	19.37	2.60	15.25	3.05

Tabella 116 - Verifiche idrauliche manufatto M33.

Di seguito si allega la scala di deflusso in moto uniforme.

Livello idrico (m)	Larghezza superficie libera (m)	Area deflusso (m ²)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Portata critica (m ³ /s)	Numero Froude	Carico totale (m)
0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.27	3.00	0.81	4.23	3.43	1.32	2.60	1.18
0.54	3.00	1.62	6.11	9.90	3.73	2.66	2.44
0.81	3.00	2.43	7.37	17.91	6.85	2.62	3.58
1.08	3.00	3.24	8.30	26.88	10.55	2.55	4.59
1.35	3.00	4.05	9.01	36.48	14.74	2.48	5.49
1.62	3.00	4.86	9.58	46.55	19.37	2.40	6.29

Tabella 117 - Scala di deflusso in moto uniforme per il manufatto M33.

Dai risultati ottenuti è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- la portata smaltibile in sicurezza dal manufatto M33 è di 15.25 m3/s;
- la portata massima defluente con tempo di ritorno 200 anni (portata di riferimento) è di 9.4 m3/s che risulta pari al 62% circa della portata smaltibile dal manufatto;
- la portata di riferimento in condizioni critiche defluirebbe con un'altezza d'acqua di circa 1.05 m rispetto a 1.80 m totali del manufatto.

Tutti i manufatti o le canalizzazioni presenti a valle di quello in oggetto presentano dimensioni maggiori o confrontabili con quello considerato.

7 Calcolo del trasporto solido nel caso di sviluppo di colate detritiche

Seguendo la metodologia descritta al precedente paragrafo 2.3 è stata calcolata la capacità di trasporto solido con il metodo di Gregoretti sui corsi d'acqua oggetto di applicazione modellistica,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		RELAZIONE IDRAULICA	<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0

al fine di individuare le aste eventualmente soggette al rischio di sviluppo di colate detritiche (cfr. tabella seguente).

Corso d'acqua	Tratto	Pendenza tratto (Gradi)	Q liquida (Qp)	Ang. attrito (Gradi)	vt	vt'	vt(f)	Q totale (Gregoretti)	Q totale (M11)	Rapporto Q totale
Laticogna	Monte autostrada	16.6	4.6	38	0.36	0.89	0.36	10.48	6.66	1.57
Laticogna	Valle autostrada	15.4	4.6	38	0.32	0.69	0.32	9.10	6.23	1.46
Prestiani	Monte autostrada	13.0	4.5	38	0.25	0.40	0.25	7.23	5.29	1.37
Prestiani	Valle autostrada	14.9	4.5	38	0.30	0.62	0.30	8.46	5.44	1.55
Piria	Monte autostrada	7.3	14.1	38	0.12	0.09	0.09	16.35	15.19	1.08
Piria	Valle autostrada	6.5	14.5	38	0.10	0.07	0.07	16.18	15.78	1.02
Zagarella 1	Monte autostrada	7.2	11.7	38	0.11	0.09	0.09	13.49	12.72	1.06
Zagarella 1	Valle autostrada	6.4	14.3	38	0.10	0.07	0.07	15.92	15.47	1.03
Zagarella 2	Monte autostrada	9.7	10.2	38	0.17	0.18	0.17	13.69	11.35	1.21
Zagarella 2	Valle autostrada	7.1	13.4	38	0.11	0.08	0.08	15.37	14.42	1.07
Zagarella	Valle autostrada	7.7	25.2	38	0.12	0.10	0.10	29.91	27.52	1.09
Campanella	Monte autostrada	5.8	22.2	35	0.10	0.07	0.07	24.77	23.50	1.05
Campanella	Valle autostrada	3.7	24.5	35	0.06	0.02	0.02	25.43	25.25	1.01
Immacolata	Monte autostrada	1.9	17.8	35	0.03	0.01	0.01	17.97	18.06	0.99
Immacolata	Valle autostrada	3.9	19.1	35	0.06	0.03	0.03	19.93	19.93	1.00
Solaro	Monte autostrada	2.9	31.9	35	0.05	0.01	0.01	32.58	-	-
Acciarello	Monte autostrada	3.0	5.7	35	0.05	0.01	0.01	5.83	5.82	1.00
Acciarello	Valle autostrada	6.0	7.3	35	0.10	0.07	0.07	8.21	7.72	1.06

Tabella 118 - Calcolo della capacità di trasporto in caso di colate detritiche.

I calcoli sono stati effettuati ipotizzando una densità dei clasti pari a 2700 Kg/m³ e una concentrazione volumetrica della fase solida pari a 0.65. Per quanto riguarda l'angolo di attrito interno è stato assunto un valore pari a 38° sui corsi d'acqua che drenano il versante tirrenico, caratterizzati dalla presenza di depositi grossolani spesso costituiti da clasti a spigoli vivi. Sui torrenti che sfociano nello Stretto è stato viceversa assunto un angolo di attrito pari a 35°, vista la presenza di depositi alluvionali relativamente più fini.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Nella terz'ultima colonna sono riportati i risultati del calcolo della portata totale, riferita a 200 anni di tempo di ritorno, solida più liquida, con il metodo Gregoretti; nella penultima colonna lo stesso valore, medio, è stato calcolato con il modulo NST (solid trasport) del codice di calcolo M11 (formulazione di Smart-Jaeggi), mentre nell'ultima colonna è stato riportato il rapporto tra le portate totali calcolate con i due differenti metodi.

Il calcolo è stato effettuato, per i tratti a monte e a valle degli attraversamenti autostradali, su tutti i corsi d'acqua oggetto di modellazione numerica.

Dall'esame della tabella si evince che solo su 3 corsi d'acqua, il Laticogna, il Prestianni e lo Zagarella 2, la capacità di trasporto calcolata con il metodo di Gregoretti è nettamente superiore a quella calcolata con metodi tradizionali; questo permette di dedurre che proprio su tali corsi d'acqua esiste il concreto rischio dello sviluppo di colate detritiche.

Per tali ragioni su di essi si è proceduto al calcolo della magnitudo dell'evento atteso ovvero del volume solido massimo mobilizzabile in caso di evento catastrofico. Tale parametro, pur nell'incertezza dei risultati derivanti dalla necessità di dover utilizzare formule empiriche note in letteratura (cfr. paragrafo 2.4), è un utile riferimento per il dimensionamento di eventuali aree di accumulo con cui arrestare il transito della colata a monte delle opere in progetto.

Corso d'acqua	Area bacino	Pendenza conoide	Pendenza asta	Kronfellner Kraus	Van Dine modificato	Hampel	Takey	Magnitudo media
	Km ²	(gradi)	(gradi)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Laticogna	0.073	6.0	17	1843	2555	1131	2755	2071
Prestianni	0.070	6.0	13	1364	2457	1088	2690	1900
Zagarella 2	0.213	6.0	10	3078	7441	3294	5289	4775

Tabella 119 - Calcolo della magnitudo della colata detritica sui corsi d'acqua potenzialmente soggetti a tale tipo di dissesto.

Nel seguito vengono presi in considerazione i singoli corsi d'acqua oggetto del presente approfondimento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.1.1 Laticogna

Il profilo di fondo del Laticogna presenta, nel tratto interessato dalle opere in progetto, una pendenza media di circa 16°; si tratta pertanto di un torrente potenzialmente soggetto a colate detritiche (si ricorda che il campo di pendenza tipico degli alvei su cui si sviluppano tali fenomeni è compreso tra 12°-20°).

In effetti il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a 10.5 m³/s, corrispondente a circa il doppio della portata liquida (4.6 m³/s) e al 160% della portata totale calcolata con la formulazione di Smart-Jaeggi.

Si è pertanto proceduto al calcolo della magnitudo che ha permesso di definire un volume massimo di riferimento per l'eventuale colata detritica di circa 2000 m³. Si tratta di un valore in assoluto relativamente basso per fenomeni di questa natura, che tuttavia rispecchia la modesta estensione del bacino di alimentazione.

7.1.2 Prestianni

Il profilo di fondo del Prestianni presenta, nel tratto interessato dalle opere in progetto, una pendenza media di circa 13°; si tratta pertanto di un torrente potenzialmente soggetto a colate detritiche.

In effetti il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a 7.2 m³/s, corrispondente a poco meno del doppio della sola portata liquida (4.5 m³/s) e al 140% della portata totale calcolata con la formulazione di Smart-Jaeggi.

Si è pertanto proceduto al calcolo della magnitudo che ha permesso di definire un volume massimo di riferimento per l'eventuale colata detritica di circa 1900 m³. Si tratta di un valore in assoluto relativamente basso per fenomeni di questa natura, che tuttavia rispecchia la modesta estensione del bacino di alimentazione.

Da notare che la capacità di trasporto del tratto a valle dell'attraversamento autostradale è leggermente superiore a quella più a monte, in ragione di un modesto incremento della pendenza del profilo di fondo. Tale fattore può quindi contribuire allo smaltimento dei sedimenti nel settore interessato dalle opere in progetto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

7.1.3 Piria

Il profilo di fondo del Prestianni presenta, nel tratto interessato dalle opere in progetto, una pendenza media di circa 7°; in tale settore non dovrebbero pertanto svilupparsi colate detritiche, che tuttavia possono innescarsi più a monte per poi arrestarsi progressivamente nel settore posto poco sopra l'attraversamento autostradale.

In effetti il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a 16.4 m³/s, di poco superiore a quello calcolato con la formulazione di Smart-Jaeggi, a fronte di una portata liquida di 14.1 m³/s. In questo caso, pertanto, l'applicazione modellistica appare sufficiente a fornire gli elementi strettamente necessari alla progettazione, fermo restando, comunque, che la frazione solida trasportata è potenzialmente piuttosto elevata (pari a circa il 15% del deflusso totale), il che rende gli attraversamenti maggiormente soggetti al rischio di parzializzazione della sezione di deflusso.

7.1.4 Zagarella

I due rami dello Zagarella presentano, nel settore interessato dalle opere in progetto, pendenze del profilo di fondo differenti: 7° per lo Zagarella 1 e 10° per lo Zagarella 2.

Per lo Zagarella 1 il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a 13.5 m³/s, di poco superiore a quella calcolata con la formulazione di Smart-Jaeggi, a fronte di una portata liquida di 11.7 m³/s. In questo caso, pertanto, l'applicazione modellistica appare sufficiente a fornire gli elementi strettamente necessari alla progettazione, fermo restando, comunque, che la frazione solida trasportata è potenzialmente piuttosto elevata (pari a circa il 13% del deflusso totale), il che rende gli attraversamenti più soggetti al rischio di parzializzazione della sezione di deflusso.

Per lo Zagarella 2, invece, il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a 13.7 m³/s, sensibilmente superiore a quello calcolato con la formulazione di Smart-Jaeggi, a fronte di una portata liquida di 10.2 m³/s. In questo caso, pertanto, si è poco al di sotto del campo di pendenze tipico per lo sviluppo delle colate detritiche; queste possono comunque innescarsi più a monte, dove il profilo di fondo aumenta di pendenza, per poi giungere, poco o per niente mitigate, nella zona di attraversamento autostradale. La frazione solida

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

è quindi elevata, pari al 30% del deflusso totale. Per tali ragioni si è proceduto al calcolo della magnitudo che ha permesso di definire un volume massimo di riferimento per l'eventuale colata detritica di circa 5000 m³.

Si tenga presente, infine, che proprio in corrispondenza dell'area interessata dalle opere in progetto si ha una netta riduzione della pendenza da monte verso valle. Si tratta pertanto di un'area in cui si ha una forte tendenza alla deposizione, il che rende eventuali attraversamenti particolarmente vulnerabili al pericolo di parzializzazione o occlusione della sezione di deflusso.

7.1.5 Campanella

Il profilo di fondo del Campanella nel tratto di intersezione con il tracciato autostradale presenta pendenze relativamente modeste, dell'ordine di 5-6°. In tale settore non possono pertanto svilupparsi colate detritiche.

Il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a 24.8 m³/s, di poco superiore a quello calcolato con la formulazione di Smart-Jaeggi, a fronte di una portata liquida di 22.2 m³/s.

Pertanto, in questo caso, l'applicazione modellistica appare sufficiente a fornire gli elementi necessari alla progettazione, fermo restando, comunque, che la frazione solida trasportata è abbastanza elevata (pari a circa il 10% del deflusso totale), il che rende gli attraversamenti maggiormente soggetti al rischio di parzializzazione della sezione di deflusso.

7.1.6 Immacolata

Il profilo di fondo del rio Immacolata nel tratto di intersezione con il tracciato autostradale presenta pendenze relativamente modeste, dell'ordine di 2°-4°. In tale settore non possono pertanto svilupparsi colate detritiche.

Il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a 18.0 m³/s, corrispondente a quello calcolato con la formulazione di Smart-Jaeggi, a fronte di una portata liquida di poco inferiore. Pertanto, per quanto sul terreno sia osservabile una certa tendenza al sovralluvionamento, il realtà la capacità di trasporto solido è modesta e,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

conseguentemente, l'applicazione modellistica appare più che sufficiente a fornire gli elementi conoscitivi necessari alla progettazione.

7.1.7 Solaro

Nella zona di attraversamento autostradale l'alveo del Solaro è canalizzato e rivestito in calcestruzzo. In tale settore fino all'imbocco del tratto tombato, il rivestimento è a nudo e non vi è presenza di depositi alluvionali. Per tali ragioni non sono state effettuati gli approfondimenti relativi al trasporto solido per via modellistica. In ogni caso, a fronte di una pendenza del profilo di fondo relativamente modesta (3°), il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a 32.6 m³/s contro una portata liquida di poco inferiore di 31.9 m³/s. Ne consegue che, in questo caso, l'applicazione modellistica appare più che sufficiente a fornire gli elementi conoscitivi necessari alla progettazione.

7.1.8 Acciarello

Il profilo di fondo del rio Acciarello nel tratto di intersezione con il tracciato autostradale presenta pendenze relativamente modeste, dell'ordine di 3°-6°. In tale settore non possono pertanto svilupparsi colate detritiche.

Il calcolo della portata totale, solida più liquida, con il metodo di Gregoretti fornisce un valore pari a 5.8 m³/s, corrispondente a quello calcolato con la formulazione di Smart-Jaeggi, a fronte di una portata liquida di poco inferiore. Pertanto la capacità di trasporto solido è modesta e, conseguentemente, l'applicazione modellistica appare più che sufficiente a fornire gli elementi conoscitivi necessari alla progettazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> cb0002_f0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ALLEGATO 1

Descrizione del modello numerico di simulazione MIKE 11

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

1. PREMESSA

Il programma MIKE11 è stato realizzato dal DHI (Danish Hydraulic Institute) a partire dal programma SYSTEM11 che dal 1972, anno della sua messa a punto, ad oggi, è stato usato in un grande numero di applicazioni in tutto il mondo con ottimi risultati e riconoscimenti.

MIKE11 è un programma generale per la simulazione del flusso idrico a pelo libero in estuari, fiumi, sistemi di irrigazione e simili corpi idrici. MIKE11 simula il flusso monodimensionale, stazionario e non, di fluidi verticalmente omogenei in qualsiasi sistema di canali o aste fluviali.

E' possibile tenere conto di:

- portate laterali;
- condizioni di corrente veloce o lenta;
- flusso libero o rigurgitato in corrispondenza di sfioratori;
- differenti regole operative di funzionamento di serbatoi o invasi;
- resistenze localizzate e perdite di carico concentrate;
- casse d'espansione;
- condizioni di flusso bidimensionale sulle pianure alluvionali;
- azione del vento;
- nodi idraulici (biforcazioni e convergenti).

L'adozione del programma di simulazione DHI\MIKE11, consente la soluzione del problema idrodinamico di moto vario con uno schema di soluzione numerica molto efficiente che limita i tempi di calcolo consentendo una adeguata rappresentazione dell'evolversi temporale dei transitori idraulici legati al passaggio dell'onda di piena.

2. DESCRIZIONE DELLE CONDIZIONI DI MOTO SIMULATE

Il modello consente di attivare tre diverse descrizioni del moto, mediante tre differenti formulazioni matematiche:

1. Approccio dell'"onda cinematica". Le condizioni di moto sono calcolate imponendo il bilancio tra le forze di gravità e di attrito. Questa semplificazione non permette di simulare gli effetti di rigurgito.
2. Approccio dell'"onda diffusiva". Oltre alle forze di gravità ed attrito viene tenuto conto del gradiente idrostatico in modo tale da poter valutare anche gli effetti a monte delle condizioni al contorno di valle, cioè simulare i fenomeni di rigurgito.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3. Approccio dell'"onda dinamica". Utilizzando le equazioni complete del moto, comprese le forze di accelerazione, è possibile simulare con questa formulazione transitori veloci, flussi di marea ecc.

In funzione del tipo di problema da risolvere è possibile scegliere la descrizione del moto più appropriata. Ognuna delle tre formulazioni consente di simulare sia sistemi idrici ramificati che reti idrauliche con maglie chiuse.

3. EQUAZIONI GENERALI DI DE SAINT VENANT

MIKE11 mediante il terzo tipo di formulazione risolve le equazioni di conservazione del volume e della quantità di moto (equazioni di De Saint Venant) che sono derivate sulla base delle seguenti assunzioni:

- a) Il fluido (acqua) è incomprimibile ed omogeneo, cioè senza significativa variazione di densità.
- b) La pendenza del fondo è piccola.
- c) Le lunghezze d'onda sono grandi se paragonate all'altezza d'acqua, in modo da poter considerare in ogni punto parallela al fondo la direzione della corrente: è cioè trascurabile la componente verticale dell'accelerazione e su ogni sezione trasversale alla corrente si può assumere una variazione idrostatica della pressione.

Integrando le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto si ottiene:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} = 0$$

ed introducendo la resistenza idraulica (attrito) e le portate laterali addotte:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2AR} = 0$$

dove:

- A = area della sezione bagnata (m²);
C = coefficiente di attrito di Chezy (m^{1/2} s⁻¹);

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- g = accelerazione di gravità (m s⁻²);
h = altezza del pelo libero rispetto ad un livello di riferimento orizzontale (m);
Q = portata (m³/s);
R = raggio idraulico (m);
α = coefficiente di distribuzione della quantità di moto;
q = portata laterale addotta (m² s⁻¹).

4. SIMULAZIONE DELLE CORRENTI VELOCI CON L'APPROCCIO DELL'ONDA DINAMICA

Per le correnti veloci viene applicata una equazione "ridotta" del moto, ottenuta trascurando il termine non lineare:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0$$

La descrizione del moto è tanto più accurata quanto meno rapidamente variabile è la velocità della corrente.

Il vantaggio di questa schematizzazione è rappresentato dal fatto che è possibile ottenere una soluzione stabile con la stessa metodologia usata per le correnti lente. Nella transizione tra corrente lenta e veloce viene applicata una riduzione graduale del termine non lineare.

5. APPROSSIMAZIONE DELL'ONDA DIFFUSIVA

L'approssimazione dell'"onda diffusiva" consiste nel trascurare tutti i termini legati alla quantità di moto nelle equazioni generali di De Saint Venant:

$$gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0$$

Questa formulazione assicura ancora la descrizione dell'effetto di rigurgito attraverso il termine $\partial h / \partial x$. Per ragioni di stabilità questo termine nella soluzione viene smorzato; ciò significa che vengono risolti soltanto fenomeni di rigurgito relativamente stazionari (confrontati con lo step di tempo utilizzato).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6. DESCRIZIONE IN CORRISPONDENZA DI STRUTTURE

Dal punto di vista matematico la descrizione della corrente attraverso stramazzi o soglie e sezioni trasversali strette è abbastanza simile. In MIKE11 la descrizione di ogni struttura viene effettuata in un segmento di corso d'acqua.

Tipi di strutture simulate.

Tipo 1. Stramazzo a larga soglia

Il programma automaticamente determina le caratteristiche di funzionamento standard dello stramazzo sulla base della geometria e dei coefficienti di perdita di carico specificati dall'utente. Viene assunta una distribuzione idrostatica delle pressioni sulla soglia e vengono utilizzati diversi algoritmi per la simulazione del deflusso libero e di quello rigurgitato.

Tipo 2. Relazione Q-h

Nel caso in cui le condizioni standard di funzionamento (tipo 1) dello stramazzo non risultino adeguate (ad esempio quando è evidente una significativa curvatura delle linee di corrente) è possibile specificare le relazioni Q-h (portate-livelli) valide per la data struttura. La relazione Q-h viene utilizzata per il deflusso libero in condizioni critiche, mentre per il deflusso rigurgitato (o sommerso) vengono utilizzati gli stessi algoritmi della struttura "tipo 1".

Tipo 3. Tombino

Un tombino può essere descritto mediante diversi algoritmi validi per condizioni di deflusso critico, rigurgitato o a "tubo pieno". il funzionamento a "tubo pieno" è a sua volta suddiviso in deflusso libero a valle, flusso rigurgitato e flusso sommerso. Deve essere inserita una relazione Q-h che contempli tutti i casi di deflusso critico allo sbocco del tombino. La portata critica è determinata da una formulazione di stramazzo a larga soglia quando l'imbocco è libero e da una formulazione di luce sotto battente quando l'imbocco è sommerso.

Tipo 4. Relazione Q-t

E' possibile inserire una qualsiasi relazione Q-t esterna per descrivere ad esempio il deflusso da una diga o un pompaggio. Questa relazione sostituisce localmente l'equazione di conservazione della quantità di moto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Tipo 5. Relazione $Q = A(Zj1) \cdot Zj2$

Il deflusso nell'ambito di una struttura può essere posto in relazione, in modo dinamico, a due qualsiasi variabili indipendenti del sistema consentendo di simulare regole operative particolari. Il deflusso da un invaso può per esempio essere correlato alla portata in ingresso e al livello nell'invaso (o al livello a valle di esso).

Tipo 6. Strutture mobili

E' possibile simulare la presenza di strutture mobili con condizioni di deflusso di tipo sfioro o luce sotto battente. Viene assegnata la geometria fissa della struttura (larghezza, quota del fondo per sistemi a sfioro tipo ventola, quota del livello massimo della paratoia per sistemi con luce sotto battente) ed una regola operativa che determina la quota della parte mobile della struttura in funzione di una delle seguenti condizioni idrodinamiche calcolate dal modello: un livello, una differenza di livelli, una portata, una differenza di portate, il tempo. Il modulo simula dinamicamente la variazione della geometria della struttura ed il flusso che ne consegue.

7. RESISTENZA D'ATTRITO

MIKE11 consente di utilizzare due diverse formulazioni della resistenza d'attrito: l'espressione di Chezy e quella di Strickler.

Secondo la formula di Chezy, nell'equazione del moto il termine di resistenza risulta pari a:

$$\tau_r = \frac{g Q |Q|}{C^2 A R}$$

dove C è il coefficiente di attrito di Chezy.

Secondo la formula di Strickler, lo stesso termine diventa:

$$\tau_r = \frac{g Q |Q|}{M^2 A R^{4/3}}$$

dove M è il coefficiente di Strickler, pari a $1/n$, essendo n il coefficiente di Manning.

8. CONDIZIONI INIZIALI

Le condizioni iniziali possono essere specificate dall'utente oppure essere calcolate

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

automaticamente. Nel secondo caso viene usata la formula di Chezy per determinare i livelli idrici e le portate da considerare all'inizio della simulazione su tutta la rete o schema idraulico. In alternativa a queste due opzioni è possibile anche assumere come condizioni iniziali i risultati di una precedente simulazione effettuata sullo stesso schema idraulico.

9. METODO DI SOLUZIONE

La soluzione del sistema di equazioni è indipendente dall'approccio modellistico seguito (cinematico, diffusivo, dinamico). Le equazioni generali di De Saint Venant sono trasformate in un sistema di equazioni implicite alle differenze finite secondo una griglia di calcolo con punti Q e h alternati tra loro, nei quali la portata Q e il livello idrico h, rispettivamente, sono determinati ad ogni passo temporale (schema di Abbott a 6 punti).

La griglia di calcolo viene generata dal modello in base alle richieste dell'utente:

- i punti Q sono posizionati sempre a metà tra due punti h vicini;
- la distanza tra due punti h può essere variabile;
- ad ogni sezione trasversale d'alveo viene assegnato un punto h;
- ad ogni struttura viene assegnato un punto Q.

10. CONDIZIONI AL CONTORNO

In MIKE11 le condizioni al contorno sono distinte in esterne ed interne. Le condizioni al contorno interne sono: legami tra punti nodali, strutture, portate interne, attrito indotto dal vento. Le condizioni al contorno esterne sono: valori costanti di h e Q, valori di h e Q variabili nel tempo, relazioni tra h e Q (ad es. scala di deflusso per una sezione d'alveo).

11. DEFINIZIONE DEI PASSI DI CALCOLO

La scelta ottimale dei passi di calcolo Dx (spazio) e Dt (tempo) da utilizzare nell'ambito di una simulazione è molto importante perchè questi parametri possono condizionare pesantemente la stabilità del calcolo numerico e quindi i risultati stessi della simulazione.

Esistono due differenti criteri per determinare correttamente i passi di calcolo Dx e Dt. Essi sono descritti nel seguito.

- 1) Criterio di Courant

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$Cr = \frac{\sqrt{g \cdot d} + V}{Dx} \cdot Dt$$

dove:

- Cr = numero di Courant;
- d = altezza d'acqua media;
- V = velocità media della corrente;
- g = accelerazione di gravità;
- Dt, Dx = passi di calcolo.

Il numero di Courant esprime quanti Dx vengono percorsi da un'onda, causata da una piccola perturbazione, che si muove in un intervallo di tempo Dt unitario.

Per correnti lente ($Fr < 1$), il valore massimo del numero di Courant deve essere inferiore a 20.

2) Criterio della velocità.

Il criterio della velocità stabilisce che i passi Dx e Dt di calcolo siano definiti in modo tale che la corrente si muova di uno spazio Dx in un tempo maggiore di Dt, e cioè:

$$V \cdot Dt < Dx$$

dove V è velocità media della corrente.

In definitiva entrambi i criteri esprimono il concetto che, per un dato passo di tempo Dt, Dx deve essere maggiore di un valore definito; contemporaneamente sia Dt che Dx devono essere inferiori a valori prestabiliti, in modo da descrivere correttamente il fenomeno in esame.

Il modello DHI/MIKE11 genera automaticamente una griglia di calcolo sulla quale i nodi che rappresentano le altezze d'acqua sono localizzati in corrispondenza delle sezioni trasversali di rilievo. Nel caso in cui la distanza tra due sezioni sia maggiore di Dx, vengono inseriti ulteriori nodi intermedi di calcolo, distanti fra loro Dx o meno.

In osservanza ai sopracitati criteri è possibile definire unicamente intervalli di valori per Dx e Dt e non valori univoci per ogni simulazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

ALLEGATO 2

Descrizione del codice di calcolo MIKE 11 – NST

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

GENERALITA'

Il calcolo del trasporto solido non coesivo, può essere eseguito con il modulo NST (Non-cohesive Sediment Transport) di MIKE 11: il modello di calcolo può essere di tipo esplicito o di tipo morfologico.

Nel metodo di calcolo esplicito è necessario avere a disposizione i risultati del modulo idrodinamico in termini di portata e livelli idrici, (area bagnata della sezione e raggio idraulico) variabili nel tempo e nello spazio. In questo caso la connessione tra modulo HD e modulo NST è univoca: i risultati del calcolo del trasporto solido non vengono utilizzati dal modello idrodinamico. I risultati che si ottengono sono in termini di quantità di volume trasportato e volumi accumulati di erosione e deposito. Per tali ragioni la modalità di calcolo esplicita è applicabile nelle situazioni in cui non si verificano cambiamenti morfologici. Inoltre, l'utilizzazione del metodo esplicito permette di ottenere risultati con tempi di calcolo ridotti.

Nel modello di tipo morfologico il trasporto solido è invece calcolato in coppia con il modulo HD come illustrato nella figura 1. L'effetto dei risultati del modulo di trasporto solido sul modulo idrodinamico avviene attraverso la soluzione dell'equazione di continuità del materiale solido (da cui ne consegue la variazione della sezione d'alveo) e l'aggiornamento della resistenza idraulica del fondo (e quindi dei coefficienti di scabrezza) e del successivo calcolo del trasporto solido. I risultati che si ottengono dal modello sono la portata solida, l'evoluzione del fondo alveo, i coefficienti di scabrezza dell'alveo e la dimensione delle dune (in funzione della formula adottata per il calcolo del trasporto solido). Questo tipo di modellazione richiede tempi di calcolo molto più lunghi rispetto al metodo esplicito ma è maggiormente rappresentativo della dinamica del processo alluvionale.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

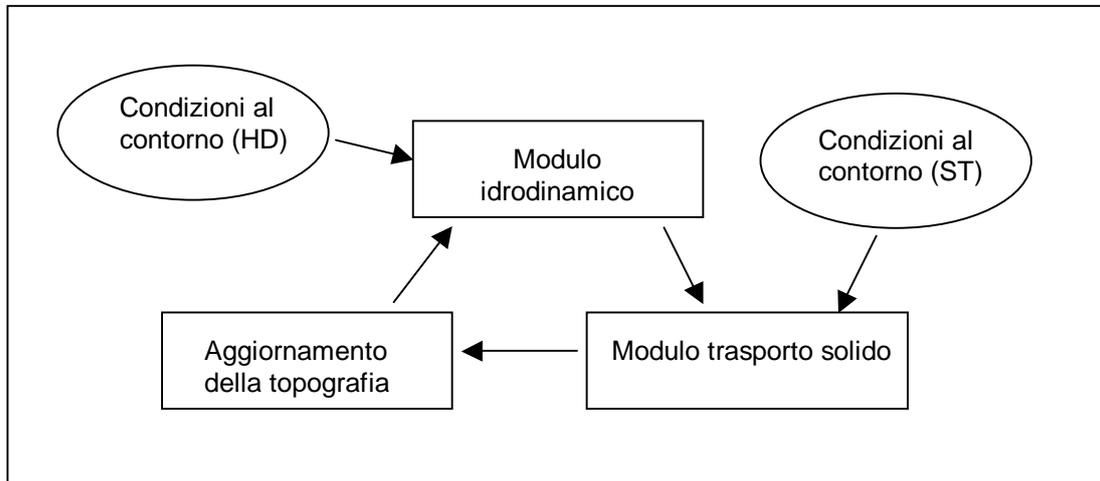


Fig. 1 - Schematizzazione di un ciclo di simulazione con il modello morfologico.

Nel modello morfologico, sulla base dell'entità calcolata dei fenomeni di erosione e deposito all'interno dell'alveo fluviale considerato, il programma aggiorna la geometria delle sezioni del corso d'acqua in base a differenti ipotesi di calcolo a scelta, come illustrato nella figura 2, simulando così l'evoluzione morfologica del tratto fluviale.

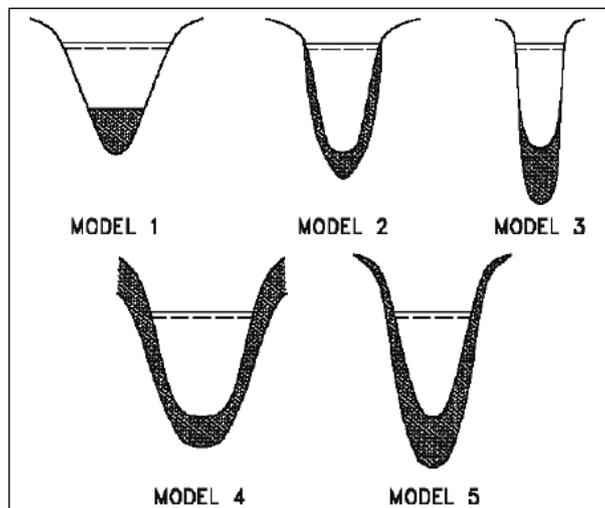


Fig. 2 – Schemi di aggiornamento delle sezioni d'alveo nel modello MIKE 11 – ST.

Il modulo NST fornisce cinque diversi metodi per il calcolo del trasporto solido e della relativa scabrezza di fondo. Le equazioni usate sono quelle di Engelund-Hansen, Ackers-White, Smart-Jaeggi per il calcolo del trasporto solido totale e le equazioni di Engelund-Fredsøe e van Rijn per il calcolo distinto del trasporto solido al fondo e in sospensione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

I rami del modello in cui si decide di non applicare le equazioni di trasporto solido perché il fenomeno è trascurabile o di non interesse allo studio possono essere definiti come “passive branches”.

Tutti i vari modelli derivanti dall'utilizzo delle formulazioni di trasporto solido sopra citate possono essere eseguiti usando un singolo diametro rappresentativo del materiale di fondo alveo per ogni sezione di calcolo oppure, con un modulo aggiuntivo, inserendo diversi diametri rappresentativi delle varie frazioni granulometriche presenti nel materiale di fondo (l'equivalente di una curva granulometrica). È inoltre possibile specificare lo scarto quadratico medio della distribuzione granulometrica del materiale di fondo in modo da poter calcolare il diametro medio del sedimento trascinato in sospensione.

Tutte le opzioni precedentemente descritte sono attivabili sia nel modello esplicito che nel modello morfologico.

Modelli di trasporto solido applicati nell'attività di studio

Le formule per il calcolo del trasporto solido applicate nel presente studio sono quelle di Smart-Jaeggi, Engelund-Hansen ed Engelund-Fredsøe. Una breve descrizione di questi metodi è riportata nel paragrafo seguente. Per maggiori dettagli sulla teoria alla base di queste equazioni e su altri aspetti del modulo NST di MIKE 11 si rimanda ai manuali d'uso e documentazione del codice di calcolo¹.

Formulazione di Smart-Jaeggi

L'equazione permette il calcolo del trasporto solido di materiale grossolano in fiumi o canali ad elevata pendenza. La formula è basata sull'equazione originale di Meyer-Peter Müller, derivata da esperimenti di laboratorio con sedimenti non uniformi di varia densità e una pendenza compresa tra 0,04% e 2,0%. Si è osservato che l'equazione originale di Meyer-Peter Müller tende a sottostimare la quantità di trasporto solido per pendenze di fondo maggiori del 3% per cui Smart e Jaeggi hanno proposto una modifica all'equazione originale basandosi ancora su prove di

¹ MIKE 11, A Modelling System for Rivers and Channels, Reference Manual, DHI Water & Environment, DHI Software 2002.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

laboratorio e considerando sia il parametro di Shields in funzione della pendenza, sia la non uniformità dei sedimenti².

$$\Phi = 4 [(d_{90}/d_{30})^{0.2} \cdot I^{0.6} \cdot C \cdot \theta^{0.5}(\theta - \theta_{cr})] \quad (1)$$

dove:

d_{90} : diametro caratteristico corrispondente al passante al 90% in peso del sedimento;

d_{30} : diametro caratteristico corrispondente al passante al 30% in peso del sedimento;

I : pendenza della superficie libera o del fondo;

C : coefficiente di scabrezza di Chezy;

θ : tensione tangenziale al fondo (adimensionale);

θ_{cr} : parametro di Shields corretto in funzione della pendenza del fondo.

L'output del modello nel caso della simulazione morfologica è la variazione della quota di fondo alveo in funzione del trasporto solido calcolato durante il periodo di simulazione e in tutti i punti di calcolo del modello.

Formulazione di Engelund-Hansen

La formula di Engelund-Hansen per il calcolo del trasporto solido deriva da considerazioni sull'effetto che la corrente induce sul materiale di fondo in movimento³. Sebbene la formula sia stata derivata per un fondo alveo caratterizzato dalla presenza di dune, si è osservata la possibilità di applicazione anche in presenza di condizioni di deflusso in regime superiore (letto piano o anti-dune).

L'equazione di Engelund-Hansen è la seguente:

$$\Phi = 0,1 \cdot \theta^{5/2} / f \quad (2)$$

$$\Phi = q_t / [(s-1) g d^3]^{0,5} \quad (3)$$

$$f = 2(u_f^2 / u^2) \quad (4)$$

dove:

² Smart, G.M. and Jaeggi, M.N.R. (1983): "Sediment Transport on Steep Slopes". Mitteilung nr. 64 of the Laboratory for Hydraulics, Hydrology and Glaciology at the Federal Technical University, Zurich.

³ Engelund, F. and Hansen, E., 1967. "A monograph on sediment transport in alluvial streams", Teknisk Forlag, Copenhagen.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- θ : tensione tangenziale al fondo adimensionale;
 Φ : portata solida adimensionale;
 s : peso specifico relativo del sedimento = $(\gamma_s - \gamma) / \gamma$;
 d : diametro caratteristico del sedimento;
 g : accelerazione di gravità;
 q_t : trasporto solido al fondo totale per unità di larghezza;
 f : fattore di attrito;
 u_f, u : rispettivamente velocità di attrito e velocità media della corrente.

Anche in questo caso l'output del modello, se si esamina l'evoluzione morfologica dell'alveo, è il calcolo del trasporto solido e la variazione delle quote di fondo alveo durante il periodo di simulazione in tutti i punti di calcolo del modello.

Formulazione di Engelund-Fredsøe

L'equazione di Engelund-Fredsøe per il calcolo del trasporto solido⁴ include una dettagliata descrizione del fenomeno e le sue relazioni con la resistenza idraulica. Il trasporto solido totale è suddiviso in trasporto solido al fondo e trasporto solido in sospensione e la portata solida è calcolata a partire dalla "skin friction", cioè la tensione tangenziale che agisce sulla superficie delle dune.

Il trasporto in sospensione Q_s è calcolato come integrale della velocità della corrente u e della concentrazione del sedimento in sospensione c :

$$Q_s = \int_a^D u c u dy \quad (5)$$

dove:

a : spessore dello strato di fondo ($a \cong 2d$ dove d è il diametro dei granuli);

D : altezza d'acqua della corrente.

Combinando le equazioni della velocità delle particelle in movimento e la probabilità che hanno tali particelle di muoversi, Engelund e Fredsøe hanno definito la seguente equazione per il calcolo del

⁴ Engelund, F. and Fredsøe, J., 1976. "A sediment transport model for straight alluvial channels." Nordic Hydrology, Vol. 7, No. 5.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE IDRAULICA		<i>Codice documento</i> CB0002_F0	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

trasporto solido di fondo (6):

$$\Phi_b = 5 \left(1 + \left[\beta \cdot \pi/6 / (\theta' - \theta_c) \right]^4 \right) \cdot (\theta'^{0,5} - 0,7 \cdot \theta_c^{0,5}) \quad (6)$$

$$\Phi_b = Q_b / [(s-1) g d^3]^{0,5} \quad (7)$$

dove:

Φ_b : trasporto solido al fondo adimensionale;

Q_b : portata solida adimensionale;

s : peso specifico relativo del sedimento = $(\gamma_s - \gamma) / \gamma$;

d : diametro caratteristico del sedimento;

g : accelerazione di gravità;

β : coefficiente di attrito dinamico;

θ' : attrito superficiale adimensionale;

θ_c : parametro di Shields.

L'output che si ottiene dal modello applicando una simulazione morfologica è il valore di trasporto solido totale e la variazione delle quote di fondo durante il periodo di simulazione e in tutti i punti di calcolo del modello. Inoltre la formula di Engelund-Fredsoe calcola il trasporto solido totale suddiviso in trasporto solido in sospensione e trasporto solido al fondo, per cui è possibile ottenere come risultato del modello entrambi i valori separatamente in tutti i punti di calcolo.