

COMMITTENTE



Comune di Genova – Area tecnica
**DIREZIONE OPERE IDRAULICHE E
SANITARIE**

Via di Francia 3, 3° piano, 16149 Genova

INTERVENTO

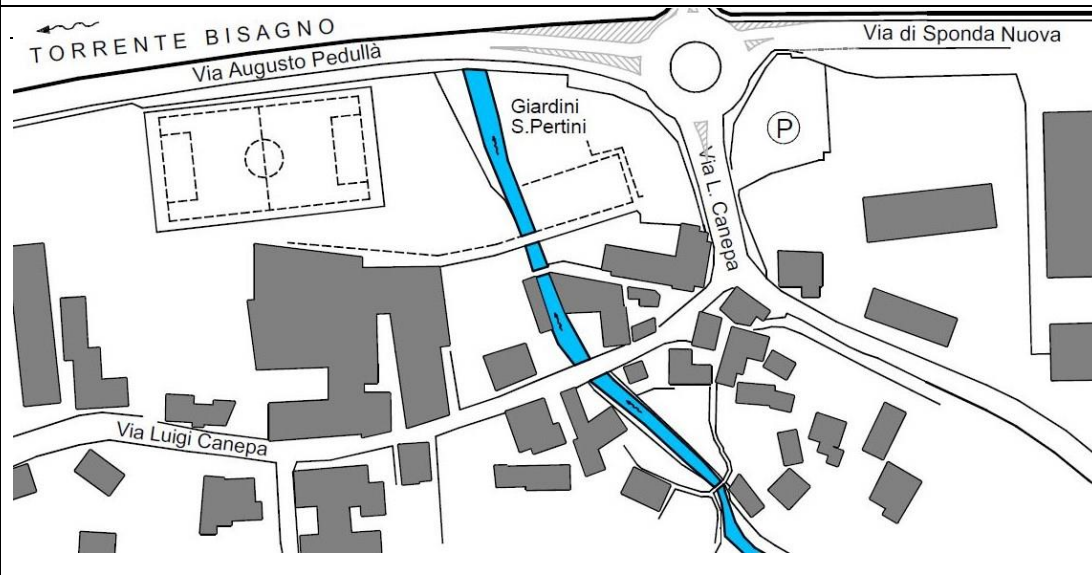
**Lavori di messa in sicurezza idraulica del tratto terminale
del Rio Gatto (codice GULP 15522)**

RESPONSABILE
DEL
PROCEDIMENTO

dott. ing. Stefano Pinasco
Direzione Opere Idrauliche e Sanitarie

FIRMA

UBICAZIONE
INTERVENTO



PROGETTAZIONE

R.T.P. dott. ing. **ALESSANDRO MAGRONE**
dott. ing. **MARCO GAVAGNIN**



VIA DI SANTA ZITA 1/10 SC.SX – 16129 GENOVA
/FAX 010 591622 alessandro.magrone@poste.it

FIRME

prog. architettonico dott. ing. Alessandro Magrone

prog. strutturale dott. ing. Alessandro Magrone

coord. sicurezza dott. ing. Marco Gavagnin

CONSULENZE

geologica dott. geol. Marcello Brancucci

idraulica dott. ing. Davide Coniglio

topografica dott. arch. Alessio Bellardi

LIVELLO
PROGETTUALE

PROGETTO DEFINITIVO

OGGETTO

RELAZIONE IDRAULICA

DOC. N°

11

DATE DI
EMISSIONE

PRIMA EMISSIONE
REVISIONI A ULTERIORI INTERVENTI
B
C
D

Aprile 2016
Gennaio 2017

Sommario

1.PREMESSA	2
2.INTRODUZIONE.....	2
3.NORMATIVE E PROCEDURE TECNICHE DI RIFERIMENTO	3
4.INQUADRAMENTO RISPETTO AL PIANO DI BACINO VIGENTE	5
5.OBIETTIVI DEL PROGETTO	9
6. ATTIVITÀ SVOLTE	9
7.METODOLOGIE DI CALCOLO.....	10
8.SPECIFICHE SITUAZIONE ATTUALE	11
9.STATO ANTE OPERAM	12
10.SPECIFICHE SITUAZIONE A PROGETTO	13
11.STATO DI PROGETTO	13
12.CONCLUSIONI	14

1.PREMESSA

I dott. ingg. ALESSANDRO MAGRONE e MARCO GAVAGNIN ricevevano incarico dal COMUNE DI GENOVA – Area tecnica DIREZIONE OPERE IDRAULICHE E SANITARIE nella persona del R.U.P. dott. ing. STEFANO PINASCO di redigere il PROGETTO DEFINITIVO per la MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL TRATTO TERMINALE DEL RIO GATTO (codice GULP 15522), affluente in sponda sinistra del Torrente Bisagno.

Lo scrivente dott. ing. Davide Coniglio, in qualità di consulente in materia idraulica dei progettisti incaricati, redige la presente RELAZIONE IDRAULICA DEFINITIVA, che costituisce parte integrante del progetto.

Di seguito è descritta l'area di intervento confrontando le caratteristiche del corso d'acqua in esame rispetto alle previsioni delle normative nonché degli strumenti di pianificazione territoriale vigenti al fine della messa in sicurezza idraulica della zona.

Individuate le principali criticità lungo il tratto in esame, saranno verificati gli interventi progettuali proposti in conformità alle normative vigenti in materia idraulica ed in particolare alle NORME DI ATTUAZIONE DEL PIANO DI BACINO DEL TORRENTE BISAGNO.

2.INTRODUZIONE

L'area di intervento è ricompresa nel bacino del Torrente Bisagno, più precisamente in sponda sinistra nel medio tratto ricompreso tra la confluenza con il Rio Torbido e ponte della Paglia in località Prato.

Il Bisagno infatti riceve in località Prato una serie di affluenti minori: sono, da monte a valle, il rio Ruinà in sponda destra e i rii del Gatto, Chiusette e Rosata in sinistra. Essi presentano caratteristiche simili, in quanto dopo aver percorso tratti poco antropizzati, nel fondovalle attraversano zone densamente edificate, dove l'alveo è stato ridotto a larghezze minime a seguito di interventi di edificato successivi.

Il rio del Gatto nasce dalla confluenza dei rii Raggio e Baggio e sfocia nel Bisagno in località Canova. La lunghezza dell'asta principale è pari a circa 2 km² e l'area sottesa alla sezione di chiusura è pari a 1,98 km².

Il Rio rientra nella competenza dell'Autorità di Bacino Regionale della Liguria ed in particolare è ricompreso per il tratto terminale tra quelli studiati nel Piano di Bacino Stralcio del Torrente Bisagno: le verifiche idrauliche sono condotte su sezioni rilevate in proprio a cui sono state aggiunte le sezioni a progetto degli attraversamenti della nuova viabilità già realizzati da ANAS.

Il rio del Gatto presenta quindi gravi problemi idraulici, legati all'insufficienza dei manufatti di attraversamento (quattro nel tratto terminale), aggravata da un rilevante deposito di sedimenti.

Dalle risultanze dei calcoli allegati al Piano di Bacino il pelo libero della portata 50-ennale sovrasta abbondantemente l'impalcato degli attraversamenti e la portata 200-ennale non è mai contenuta in alveo, se non negli ultimi 80 metri prima della confluenza.

A seguito di quanto sopra l'intero tratto terminale del corso d'acqua è individuato dal Piano di Bacino come a forte rischio idraulico .

La finalità dell'intervento a progetto è dunque quella di ridurre il rischio idraulico dell'intera parte terminale ed in particolare del tratto ricompreso tra la passerella pedonale in corrispondenza del civ. 1 di Via privata Costa e la confluenza con il Torrente Bisagno per uno sviluppo di circa 180 m.l. complessivi.

3.NORMATIVE E PROCEDURE TECNICHE DI RIFERIMENTO

- R.D. 523/1904 Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie;
- D. lgs. lgt. 1019/1918 Modificazioni e aggiunte al D.L.Lgt. 4/10/1917 n. 1679, recante provvedimenti per opere pubbliche a favore di varie province del regno;
- R.D.L. 3267/1923 Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani;
- Legge 183/1989 Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo;
- D.P.C.M. 23/3/1990 Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18/5/1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo;
- Legge 253/1990 Disposizioni integrative alla legge 183/1989, recante norme per il riassetto organizzativo
- e funzionale della difesa del suolo;
- L.R. 9/1993 Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della L. 18/5/1989 n. 183;
- Legge 236/1993 Interventi urgenti a sostegno dell'occupazione;
- Legge 493/1993 Disposizioni per l'accelerazione degli investimenti ed il sostegno dell'occupazione e per la semplificazione dei procedimenti in materia edilizia;
- Legge 37/1994 Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei lagh e delle altre acque pubbliche;
- L.R. 45/1994 Norme in materia di sicurezza urbana da rischi idrogeologici;
- Legge 97/1994 Nuove disposizioni per le zone montane;
- Legge 22/1995 Interventi urgenti a favore delle zone colpite dalle eccezionali avversità atmosferiche e dagli eventi alluvionali nella prima decade del mese di novembre 1994;
- Legge 265/1995 Modifiche e conversione del D.L. 154 Aumento di alcune provvidenze del D.L. 691 ed ulteriori correzioni al D.L. 646;
- D.P.R. 18/7/1995 Criteri per la redazione dei Piani di bacino, atto di indirizzo e coordinamento;
- L.R. 46/1996 Norme finanziarie in materia di difesa del suolo ed ulteriori modifiche alla L.R. 28/1/1993 n. 9 (Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della L. 18/5/1989 n.183). Modifiche alla L.R. 16/4/1984 n. 22 (Legge forestale regionale)
- L.R. 36/1997 Legge urbanistica regionale;
- Legge 267/1998 Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania;
- Decreto legislativo 112/1998 art. 57 – Pianificazione territoriale di Coordinamento e pianificazione di settore, art. 87 – Approvazione Piani di bacino;
- L.R. 4/1999 Norme di foreste e di assetto idrogeologico;

- L.R. 18/1999 Adeguamento delle discipline e conferimento delle funzioni agli Enti locali in materia di ambiente, difesa del suolo ed energia;
- Legge 365/2000 Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000;
- Decreto legislativo 267/2000 Testo unico delle leggi sull'ordinamento degli enti locali;
- D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- Decreto legislativo 152/2006 Norme in materia ambientale;
- L.R. 14/2006 Regime transitorio per l'esercizio delle funzioni delle Autorità di bacino di rilievo regionale ed interregionale;
- L.R. 20/2006 Nuovo ordinamento dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure e riorganizzazione delle attività e degli organismi di pianificazione, programmazione, gestione e controllo in campo ambientale;
- D.M. 14-01-2008 e succ. Norme tecniche per le costruzioni;
- L.R. 58/2009 Modifiche all'assetto dell'Autorità di bacino di rilievo regionale;
- DGR 848/2003, Allegato 1: Indirizzi interpretativi e chiarimenti dei criteri per la redazione della normativa dei piani di bacino per la tutela dal rischio idrogeologico di cui alla DGR 357/01;
- DGR 16/2007, Allegato 1: Indirizzi per la ripermetrazione delle fasce di inondabilità nell'ambito della pianificazione di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico di rilievo regionale: Ripermetrazione delle fasce di inondabilità a seguito di interventi di sistemazione idraulica.
- DGR 16/2007, Allegato 2: Indirizzi per la ripermetrazione delle fasce di inondabilità nell'ambito della pianificazione di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico di rilievo regionale – Ripermetrazione delle fasce di inondabilità a seguito di studi di maggior dettaglio;
- DGR 1338/2007, Allegato 1: Indirizzi per ripermetrazione e riclassificazione delle frane attive e quiescenti che determinano aree a suscettività elevata e molto elevata, a seguito di studi di maggior dettaglio nella pianificazione di bacino di rilievo regionale;
- DGR 265/2010: Integrazioni e specificazioni alla DGR 1338/07, recante “indirizzi per la ripermetrazione e riclassificazione delle frane attive e quiescenti, che determinano aree a suscettività al dissesto elevata e molto elevata, a seguito di studi di maggior dettaglio nella pianificazione di bacino di rilievo regionale”;
- DGR 357/2008: Criteri ed indirizzi tecnici per la verifica e valutazione delle portate e degli idrogrammi di piena attraverso studi idrologici di dettaglio nei bacini idrografici liguri - Parte I - Linee guida;
- DGR 1634/2005, Allegato 1: Indirizzi procedurali per l'aggiornamento di bacino regionali vigenti in relazione a modifiche dei valori delle portate di piena di riferimento;
- DGR 226/2009: Criteri e direttive in materia di asportazione di materiali litoidi dai corsi d'acqua dei bacini idrografici regionali;
- DGR 894/2010: Indirizzi procedurali e modalità operative per il funzionamento dell'Autorità di Bacino regionale relativi alle istanze di varianti ai piani di bacino vigenti, ex l.r. 58/2009;
- DGR 1361/2010: Indirizzi procedurali e modalità operative per l'espressione dei pareri di compatibilità degli interventi di sistemazione idraulica e geologica di cui all'art. 5, c.1, lett. d), l.r. 58/2009;
- DGR 91/2013: Criteri ed indirizzi per l'individuazione di aree a minor pericolosità relativa nella fascia B dei piani di bacino regionali;

- DGR 723/2013: Indirizzi interpretativi in merito alle definizioni di interventi urbanistico-edilizi richiamate nella normativa dei piani di bacino per la tutela dal rischio idrogeologico.

4.INQUADRAMENTO RISPETTO AL PIANO DI BACINO VIGENTE

Il Piano di Bacino di competenza per il bacino in esame è quello del Torrente Bisagno del quale il Rio Gatto è un affluente diretto di 1° ordine.

In particolare il tratto terminale è ricompreso nella CTR n.214130 in zona Prato in sponda sinistra dello stesso Bisagno all'altezza del Parco Sandro Pertini rispetto alla cartografia di piano risulta classificato come segue:

Cartografia	Id.	Classificazione
Carta delle fasce di inondabilità	Tavola 5	Fascia A
Carta del rischio idraulico	Tavola 5	R4 – R3
Carta degli interventi	Tavola 214130	Rifacimento ponte / tombinature
Carta delle tracce delle sezioni idrauliche e dei tratti indagati	Tavola 5	studiato
Carta del reticolo idrografico	Tavola 214130	Ordine 1
Carta idrogeologica	Tavola 214130	Urbanizzato impermeabile
Carta delle aree inondabili e delle aree storicamente inondate	Tavola 5	Aree inondabili T50, T200, aree storicamente inondate
Carta degli elementi a rischio	Tavola 214130	E3 centri urbani
Carta dei principali vincoli territoriali	Tavola 214130	No vincolo / sottoposto vincolo idrogeologico

Rispetto alle Norme di ATTUAZIONE del Piano approvate con DCP n. 40/2014 – Rev. 0 ed in particolare agli allegati tecnici che raccolgono le indicazioni relative agli studi idraulici propedeutici alla progettazione degli interventi possono essere di seguito estrapolate le indicazioni alla base delle verifiche che seguono nella presente relazione:

ALLEGATO 2 “PORTATE DI PIENA”: trattandosi di corso d’acqua studiato sono state assunte le medesime portate di piena adottate nelle verifiche allegate al piano in corrispondenza della sezioni GAT 15 – GAT 1 (nodo idrografico G2) confluenza con il Torrente Bisagno corrispondenti rispettivamente a:

$$Q_{50} = 31 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_{200} = 51 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$Q_{500} = 70 \text{ m}^3/\text{s};$$

ALLEGATO 3 “INDIRIZZI TECNICI PER LA REDAZIONE DI STUDI IDRAULICI”:

Gli studi idraulici finalizzati sia alla determinazione delle aree inondabili sia alla progettazione ed alla verifica di opere, devono essere conformi alle seguenti indicazioni.

1) Rilievi topografici

Il rilievo è stato eseguito conformemente alle direttive FEMA, come di seguito sintetizzate:

- la distanza verticale tra due punti adiacenti lungo il transetto della piana alluvionale non supera il 10% della dimensione verticale totale (altezza) del transetto;
- la distanza orizzontale tra due punti adiacenti lungo la sezione dell'alveo fluviale non supera il 10% della larghezza totale della sezione attiva;

Le opere longitudinali, sia quelle trasversali presenti nell'alveo attivo sono state accuratamente rilevate, con una tolleranza verticale inferiore almeno della metà di quella adottata nel rilievo del piano quotato e una tolleranza orizzontale appropriata alla geometria e alla dimensione dei particolari di interesse idraulico dell'opera.

Lo studio è stato condotto per tratti idraulicamente significativi delimitati cioè da sezioni in cui sia possibile assegnare il valore del livello idrico della corrente, in particolare tenendo conto dei bruschi restringimenti e allargamenti.

Nella progettazione e della verifica di opere, è stato impiegato lo schema di corrente monodimensionale in condizioni di moto permanente.

Le aree inondabili sono state valutate determinando il valore della massima portata smaltibile senza esondazioni allo stato attuale e le aree periferuali inondabili per portate corrispondenti almeno ai tempi di ritorno di 50, 200, e 500 anni.

Nei tratti in cui le portate di massima piena, corrispondenti ai vari tempi di ritorno, non trovano più capienza certa nell'alveo, tenendo conto quindi della tolleranza con cui sono determinati i livelli idrici attraverso un adeguato franco, sono determinate, alla scala almeno 1:5000, le aree periferuali contigue ai corsi d'acqua conseguentemente inondabili.

Ove gli interventi non garantiscono il deflusso di portata duecentennale, è stata individuata la pericolosità residua le aree ancora inondabili a seguito della realizzazione delle opere.

Poiché il trasporto di sedimenti costituisce una componente che può influenzare in modo significativo la dinamica della corrente, è stata valutata qualitativamente la rilevanza di tale fenomeno nel caso in esame.

2) Parametri di scabrezza

Nella modellazione di moto permanente monodimensionale il parametro di scabrezza rappresenta, per il tronco fluviale compreso fra due sezioni di calcolo, oltre alla natura e alle condizioni dell'alveo e delle sponde, macro resistenze dovute alla variabilità longitudinale della geometria o a possibili variazioni brusche del perimetro bagnato al crescere della portata; ciò assume particolare rilevanza nei casi in cui il rilievo delle sezioni disponibile non sia fitto lungo il corso d'acqua. In questi casi, il parametro di scabrezza

deve tener conto di molteplici processi di resistenza e dovrebbe essere assunto superiore (inferiore in termini di Gauckler-Strickler) a quanto detterebbero condizioni solo locali dell'alveo.

I parametri di scabrezza da utilizzare nel calcolo idraulico devono tenere conto delle reali e documentabili condizioni di manutenzione del corso d'acqua, anche prevedibili per le condizioni di futuro esercizio.

Tali valori di parametro di scabrezza devono essere desunti da quelli individuati dalla tabella seguente (per semplicità riportati solo in termini di scabrezza di Gauckler-Strickler), tenendo conto che gli stessi dovrebbero essere considerati valori massimi non superabili. In particolare nel caso dei corsi d'acqua con trasporto solido influenzato da fenomeni franosi, devono essere utilizzati i parametri di scabrezza più cautelativi.

Descrizione corso d'acqua	Coeff. di scabrezza di Gauckler-Strickler K_s ($m^{1/3}s^{-1}$)
Tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25-30
Corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30-35
Tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	35-40
Corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc.) o discontinuità interferenti con le acque	40-45

3) Franchi idraulici

Tutte le opere sono dimensionate considerando franchi adeguati rispetto al livello di piena previsto per la portata duecentennale, portata di riferimento per la progettazione di opere idrauliche od opere interferenti con l'alveo.

La previsione di adeguati franchi tra la sommità arginale o l'intradosso delle strutture in progetto ed il previsto livello della piena di riferimento, è necessaria per garantire il corretto funzionamento delle opere in questione ed assicurare il deflusso della portata di progetto con un adeguato coefficiente di sicurezza, tenendo conto di tutte le incertezze legate alla modellazione idrologico-idraulica (concettuale, matematica e numerica) e ai vari fenomeni che possono occorrere durante l'evento di piena, dei quali la modellazione non può tenere solitamente conto.

Alla loro valutazione devono concorrere considerazioni sia relative alla tipologia di opera e alla sua rilevanza determinata anche in funzione della vulnerabilità delle zone limitrofe, sia relative alle caratteristiche cinetiche della corrente, con la fondamentale distinzione dei casi di correnti lente e di correnti veloci.

I franchi idraulici non devono essere inferiori ai valori indicati nella tabella seguente, assumendo come riferimento il valore maggiore tra quelli contrassegnati con le lettere (a) e con (b).

Franco idraulico: valore maggiore tra (a) e (b)			
		Reticolo principale e secondario	Reticolo minore
(a)		$U^2/2g,$	$0,5 U^2/2g,$
(b)	I) argini e difese spondali	cm. 50/100	cm 50
	II) ponti e strutture di attraversamento fino a estensioni longitudinali di m. 12	cm. 100/150	cm 75
	III) coperture o tombinate (ove ammesse), ponti e strutture di attraversamento di estensione oltre m. 12	cm. 150/200	cm 100

dove: - il termine $U^2 / 2g$ rappresenta il carico cinetico della corrente con U velocità media della corrente (m/s) e g accelerazione di gravità (m/s^2), - i due valori estremi per il reticolo principale e secondario corrispondono rispettivamente a bacini poco dissestati con previsione di modesto trasporto solido ed a bacini molto dissestati con previsione di forte trasporto solido in caso di piena, e/o a bacini di maggiore o minore estensione. Per le opere di cui al punto III, nel caso di modesta rilevanza dell'opera stessa e di bacini ben sistemati, il valore minimo del franco come sopra indicato può essere derogato dall'amministrazione competente fino a 100 cm, sulla base di adeguate valutazioni come riportato nel seguito. Per estensione longitudinale si intende l'estensione dell'opera misurata parallelamente alla direzione della corrente. Per opere non ortogonali alla direzione della corrente si valuta come estensione la distanza, sempre misurata in senso parallelo alla corrente, tra il lembo più a monte e quello più a valle dell'opera stessa. Nel caso di ponti ad arco o comunque con intradosso non rettilineo, il valore del franco deve essere assicurato per almeno $2/3$ della luce e comunque per almeno 40 m, nel caso di luci superiori a tale valore.

4) Caratteristiche idrauliche della corrente

Sono state verificate le condizioni di deflusso nel tratto in esame con la distinzione tra corrente "veloce" (o supercritica) e "lenta" (subcritica); si ricorda infatti che, in caso di correnti veloci, anche un modesto ostacolo o una variazione di natura dell'alveo possono provocare un innalzamento anche rilevante della superficie libera, che può raggiungere il valore del carico cinetico $U^2/2g$, e provocare quindi esondazioni non previste qualora le opere non abbiano previsto l'adeguato franco. Analogamente va valutato l'effetto di velocità elevate rispetto alle sollecitazioni sulle strutture che interferiscono con il deflusso (scalzamenti, erosioni spondali, etc).

5) Caratteristiche progettuali dell'opera

È stata valutata la rilevanza dell'opera in progetto e la sua interferenza con il normale deflusso del corso d'acqua, tenendo conto che, se l'opera interferisce significativamente con la corrente (ad es. una tombinatura), la stessa può essere causa di modifiche non trascurabili delle condizioni del moto della corrente stessa, anche in funzione di fenomeni non considerati nella modellazione.

Caratteristiche delle zone limitrofe all'opera e valutazione del danno atteso in caso di esondazione della portata di progetto.

In particolare è stata valutata la possibilità connessa ad una esondazione della portata di progetto conseguente alla mancata previsione dell'adeguato franco al sopravvenire di circostanze non prese in considerazione esplicitamente nella schematizzazione modellistica, in relazione anche al possibile danno atteso in funzione delle caratteristiche delle zone limitrofe; a tale proposito possono essere distinte, a titolo di esempio, zone urbanizzate per le quali il danno atteso di una eventuale esondazione è sempre elevato e zone non urbanizzate ove tale danno possa essere, al contrario, ritenuto non rilevante.

5. OBIETTIVI DEL PROGETTO

La pericolosità del corso d'acqua viene identificato attraverso tre fasce di aree inondabili per tre distinti tempi di ritorno:

- 1) T=50 anni che corrisponde alla normale espansione del fiume;
- 2) T=200 anni che corrisponde alla portata di riferimento;
- 3) T = 500 anni rilevante esclusivamente ai fini della protezione civile in caso di evento catastrofico.

Il progetto si propone di adeguare, ove possibile, gli argini del Rio Gatto, nonché stabilizzare il fondo alveo .

Infatti l'attuale arginatura è frutto di successivi interventi da parte dei frontisti alle base dei quali non è mai stata posta un'adeguata attività di progettazione.

L'obiettivo finale è quello di modificare le sezioni delle arginature in maniera tale che il corso d'acqua sia in grado di smaltire la portata di progetto con un certo franco di sicurezza .

Per tale ragione lo studio idraulico si configura come un'analisi idraulica della situazione attuale, una determinazione della capacità di trasporto del fiume e delle insufficienze; si propongono poi delle soluzioni e si verifica con il modello HEC RAS se queste soluzioni sono congrue rispetto alle finalità di difesa idraulica corrispondente al tempo di ritorno di progetto.

6. ATTIVITÀ SVOLTE

Le attività svolte nell'ambito delle attività di studio idraulico sono le seguenti:

- 1) Inquadramento dell'area in esame mediante l'acquisizione di cartografia, foto aeree, dem, rilievo dell'alveo e delle opere d'arte;
- 2) Esame storico delle precedenti alluvioni / cedimenti degli argini;
- 3) Verifica del bacino / portate di progetto;
- 4) Riperimetrazione delle aree inondabili.

7.METODOLOGIE DI CALCOLO

Al fine di valutare il nuovo livello di massima piena duecentennale è stato necessario effettuare nuovamente la simulazione idraulica del tratto interessato dall'intervento.

Coerentemente con quanto svolto dall'Amministrazione Provinciale le verifiche idrauliche sono state effettuate mediante l'ausilio di HEC – RAS.

Si tratta di un modello monodimensionale, che prende in considerazione la sola componente longitudinale della velocità .

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto Standard step method che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente.

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K} \right]^2$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato conveyance) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove A[mq] l'area della sezione liquida, R[m] il raggio idraulico e n[m^{-1/3} s] è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V1 e V2 [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata main channel) e due zone laterali golenali (denominate right and left overbanks).

Per ciascuna di tali zone, oltre che per l'intera sezione di deflusso, il programma calcola il valore delle grandezze idrauliche (portata, velocità, numero di Froude, tensioni tangenziali ecc.) che caratterizzano il moto; esso consente pertanto di individuare la quota parte di portata che defluisce all'interno dell'alveo inciso e quella che compete invece alle aree golenali.

Il programma simula inoltre il deflusso attraverso ponti e tombature (culvert e lids) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.). La procedura di calcolo utilizzata simula il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalco dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

8. SPECIFICHE SITUAZIONE ATTUALE

Il moto avviene sia in corrente lenta che veloce. Le condizioni iniziali al contorno (boundary condition) sono quindi riferite sia a monte (upstream) che a valle (downstream): l'altezza in corrispondenza della confluenza con il Bisagno è nota ed è stata assunta pari a quella adottata nello studio idraulico allegato al Piano di Bacino per ciascuna delle portate di riferimento:

$Q_{50} \rightarrow 79,75 \text{ m}$

$Q_{200} \rightarrow 80,63 \text{ m}$

$Q_{500} \rightarrow 81,37 \text{ m}$

Per le condizioni di monte è stata ipotizzata la pendenza della superficie libera (e quindi dell'alveo) in condizioni di moto uniforme. La pendenza è pari a 0,05 m/m.

I dati in ingresso sono le Q rispettivamente pari a:

$Q_{50} = 31 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{200} = 51 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{500} = 70 \text{ m}^3/\text{s}$

I valori dell'indice di scabrezza di Manning sono assunti conformemente a quanto indicato nella tabella riportata al capitolo 4 pari a :

- 0,033 dalle sezioni di monte sino al secondo attraversamento corrispondente a corso d'acqua naturale con movimento sul fondo;
- 0,029 dal secondo attraversamento sino alla confluenza con il Bisagno corrispondente a corsi d'acqua naturali con tratti cementati;

9.STATO ANTE OPERAM

Il tratto studiato è quello corrispondente alla parte urbanizzata ove immediatamente a monte è presente l'alveo naturale caratterizzato da fondo in materiale roccioso con trasporto solido.

Il tratto in esame, che si sviluppa all'incirca per 180 m.l. si caratterizza per una sezione utile di dimensioni modeste e che varia repentinamente a causa dell'alternarsi di restringimenti ed allargamenti sino alla foce oltre che dalla presenza di n.4 attraversamenti costituiti in ordine da monte verso valle da:

- 1) Attraversamento pedonale (privato) in corrispondenza del civ. 1 di Via Privata Costa realizzato in struttura mista acciaio – calcestruzzo con una luce di 5,60 m a campata unica;
- 2) Attraversamento carrabile di Via Luigi Canepa realizzato con struttura in muratura ad arco;
- 3) Attraversamento pedonale (privato ed attualmente non agibile) in con struttura in muratura ad arco;
- 4) Attraversamento carrabile in calcestruzzo armato interno al parco comunale Sandro Pertini a campata unica in cemento armato di luce pari a 5,50 m;
- 5) Tombinatura in corrispondenza dell'immissione nel Torrente Bisagno.

Oltre ai suddetti attraversamenti sono presenti tre briglie rispettivamente a valle del secondo e terzo attraversamento ed a monte del primo ed una vasca di intercettazione dei detriti immediatamente a monte della tombinatura.

I risultati della simulazione evidenziano come a causa dei repentini cambi di sezione, gli attraversamenti ad arco, nonché la scabrezza elevata causano continui cambi della natura del moto da lento e veloce e viceversa con aumento del livello del pelo libero e conseguentemente in diversi punti tracimazione degli argini attuali.

10.SPECIFICHE SITUAZIONE A PROGETTO

Le condizioni del moto sono le medesime rispetto allo stato attuale così come le portate di progetto:

$$Q_{50} = 31 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200} = 51 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{500} = 70 \text{ m}^3/\text{s}$$

I valori dell'indice di scabrezza di Manning, rispetto allo stato attuale sono stati rivisti in conseguenza delle scelte di progetto ed in particolare il rifacimento del fondo nel tratto di monte sostituendo quello attuale (naturale) con "pietrame ben sistemato con giunti stilati". Gli argini plateati vengono liberati dai detriti. Al fine di impedire che in futuro lo stesso sia nuovamente soggetto a trasporto solido di materiale è prevista la realizzazione di una rampa di accesso all'alveo (attualmente non accessibile) per poter eseguire facilmente la manutenzione ordinaria. Ove inoltre gli argini risultano danneggiati vengono ricostruiti in cemento armato. Il coefficiente di Manning è assunto pari a 0,029 per tutto il tratto corrispondente a corsi d'acqua naturali con tratti cementati come da Norme di Attuazione .

11.STATO DI PROGETTO

Le opere a progetto, meglio dettagliati nella RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA, sono stati definiti sulla base di limitare al minimo l'impatto sulle aree circostanti. Si ricorda infatti come nel tratto finale il corso d'acqua sia limitato all'interno di aree private, spesso letteralmente delimitato da fabbricati e relative pertinenze che ne costituiscono gli argini e che impediscono l'allargamento dell'alveo se non nella previsioni di demolizioni e delocalizzazioni di costruzioni attualmente agibili.

La riparazione degli argini danneggiati e/o crollati, laddove la sezione idraulica è risultata sufficiente, è demandata ai rispettivi proprietari. Due tratti di argine particolarmente malandati in sponda destra, vengono invece ricostruiti in cemento armato con lo scopo principale di allargare l'alveo.

Per gli attraversamenti, come sopra, vale il principio che il livello degli impalcati è comunque vincolato dalla quota delle strade, degli accessi privati alla stessa ed alla presenza dei servizi.

Gli attraversamenti vengono demoliti e ricostruiti con struttura in cemento armato e spessore ridotto in modo tale da ridurre il più possibile eventuali restringimenti di sezione (ad esclusione del terzo che non verrà più ricostruito).

La situazione rispetto allo stato attuale migliora in quanto le modifiche al fondo permettono per buona parte di avere un moto di tipo veloce e non avere rigurgiti di corrente in corrispondenza degli attraversamenti. In alcuni tratti inoltre vengono adeguati gli argini.

Il risultato è il costante rispetto degli argini per il massimo livello idrico, sebbene considerando il carico cinetico a franco ridotto. Ulteriori modifiche atte a garantire il contenimento dell'intero carico cinetico sono risultate impraticabili a causa della notevole urbanizzazione del sito; tuttavia, ai fini della definizione delle nuove fasce idrauliche, la pericolosità residua è stata valutata attraverso un'ulteriore simulazione idraulica: si è ipotizzata la formazione di ostruzioni dell'alveo, in corrispondenza degli attraversamenti e di altri punti maggiormente significativi, di entità simile alle maggiori ostruzioni verificatesi in passato ed effettivamente rilevate nell'alveo attuale. La portata di massima piena duecentennale risulta sempre contenuta entro gli argini.

12.CONCLUSIONI

L'intervento a progetto risulta nettamente migliorativo rispetto alla situazione a confronto. Nella tabella che segue è riassunto come varia in termini di Tempo di Ritorno l'esondabilità dell'area determinata dalle singole sezioni. Si passa da una esondabilità (come riportata nel PIANO DI BACINO) per T=50 anni pressoché costante ad una situazione nettamente migliorata (con franco) o praticamente risolta (senza franco).

River Sta	Profile	FASCIA ATT	FASCIA PRO (no franco)
16	Q50		
16	Q200		
16	Q500		
15	Q50		
15	Q200		
15	Q500		
14	Q50		
14	Q200		
14	Q500		
13	Q50		
13	Q200		
13	Q500		
12.8			
12.6	Q50		
12.6	Q200		
12.6	Q500		

River Sta	Profile	FASCIA ATT	FASCIA PRO (no franco)
12.5	Q50	[Red]	
12.5	Q200		
12.5	Q500		[Green]
12	Q50	[Red]	
12	Q200		
12	Q500		[Green]
11	Q50	[Red]	
11	Q200		
11	Q500		[Green]
10.4	Q50	[Red]	
10.4	Q200		
10.4	Q500		[Green]
10.3	Q50	[Red]	
10.3	Q200		
10.3	Q500		[Green]
10	Q50	[Red]	
10	Q200		
10	Q500		[Green]
9.95			
9.9	Q50	[Red]	
9.9	Q200		
9.9	Q500		[Green]
9.8	Q50	[Red]	
9.8	Q200		
9.8	Q500		[Green]
9.5	Q50	[Red]	
9.5	Q200		
9.5	Q500		[Green]
9	Q50	[Red]	
9	Q200		
9	Q500		[Green]
8	Q50	[Red]	
8	Q200		

River Sta	Profile	FASCIA ATT	FASCIA PRO (no franco)
8	Q500		
7	Q50		
7	Q200		
7	Q500		
6.6	Q50		
6.6	Q200		
6.6	Q500		
6.5	Q50		
6.5	Q200		
6.5	Q500		
6	Q50		
6	Q200		
6	Q500		
5	Q50		
5	Q200		
5	Q500		
4.8			
4.7	Q50		
4.7	Q200		
4.7	Q500		
4.5	Q50		
4.5	Q200		
4.5	Q500		
4.4	Q50		
4.4	Q200		
4.4	Q500		
4.3	Q50		
4.3	Q200		
4.3	Q500		
4.2	Q50		
4.2	Q200		
4.2	Q500		

River Sta	Profile	FASCIA ATT	FASCIA PRO (no franco)
4.1	Q50	[Red]	
4.1	Q200		
4.1	Q500		[Green]
4	Q50	[Red]	
4	Q200		
4	Q500		[Green]
3.2	Q50	[Red]	
3.2	Q200		
3.2	Q500		[Green]
3	Q50	[Red]	
3	Q200		
3	Q500		[Green]
2.8	Q50	[Red]	
2.8	Q200		
2.8	Q500		[Green]
2	Q50	[Red]	
2	Q200		
2	Q500		[Green]
1	Q50	[Red]	
1	Q200		
1	Q500		[Green]