



COMUNE DI SAN GIULIANO TERME



STUDIO DEL RISCHIO IDRAULICO DEL CANALE DEMANIALE

CONSORZIO CASA DELLA SALUTE

Realizzazione di un Polo per la Salute e lo Sport - San Giuliano Terme



RELAZIONE IDRAULICA – Stato di progetto

Il tecnico:		Versione:
Prof. Ing. Stefano Pagliara		1.0.0511
<div>Ing. STEFANO PAGLIARA ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA N° 1200 Sezione A INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE</div>		

RELAZIONE IDRAULICA – STATO DI PROGETTO

STUDIO DEL RISCHIO IDRAULICO DEL CANALE DEMANIALE

CONSORZIO CASA DELLA SALUTE

Realizzazione di un Polo per la Salute e lo Sport - San Giuliano Terme

1. PREMESSA

Nella presente relazione viene valutato lo stato di progetto.

2. STATO DI PROGETTO

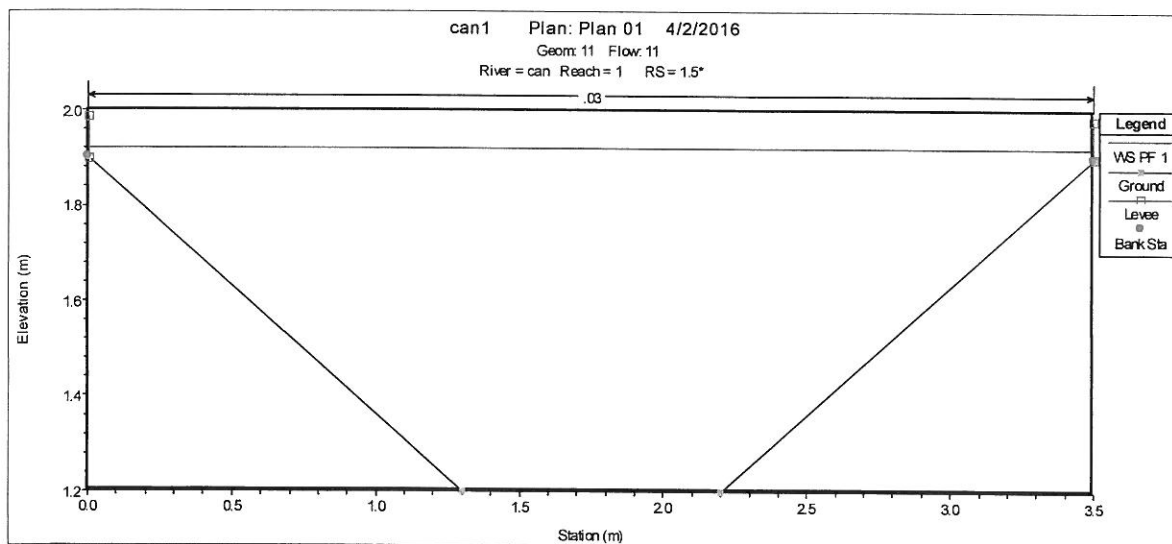
La tav Es3 riporta l'esondazione della Tr200 nello stato di progetto.

Il progetto prevede la realizzazione di una vasca di espansione mediante abbassamento medio del terreno di circa 0.5 m ed un canale a cielo aperto che porta parte delle acque di esondazione nella vasca stessa. La vasca dovrà essere dotata di impianto di sollevamento per il suo svuotamento.

La vasca avrà una superficie di 4700 mq e un volume utile di 2500 mc.

Il canale di gronda che porta le acque alla cassa risulta come nella figura seguente con pendenza del fondo pari allo 0.1%.

Sezione tipo del canale di gronda



CALCOLO DELLE AREE ALLAGATE DI PROGETTO

COSTRUZIONE DEL DTM

Il DTM di calcolo e' stato realizzato aggregando i dati lidar forniti dalla Autorita' di Bacino del F.Serchio su maglie di 50x50m integrati da opportuna cartografia regionale.

MODELLO DI CALCOLO IN MOTO VARIO BIDIMENSIONALE

Il calcolo e' stato effettuato propagando, per ciascuna sezione risultata idraulicamente insufficiente del tratto preso in considerazione, le acque di esondazione sulla pianura alluvionale.

Il calcolo è stato effettuato mediante un modello di simulazione in moto vario bidimensionale (l'unico che permetta, con un ottimo grado di precisione il calcolo della propagazione delle acque di esondazione). In particolare è stato usato il modello FIM2D (Pagliara 1997-2013).

Il modello matematico usato simula Il flusso bidimensionale a superficie libera mediante il sistema alle derivate parziali, iperbolico, non lineare, delle equazioni complete di De Saint Venant.

Le equazioni di continuita' e del moto nelle due direzioni possono essere scritte,

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vM)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \tau_x = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \tau_y = 0 \quad (3)$$

con:

$$\tau_x = \frac{\rho g n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (4)$$

$$\tau_y = \frac{\rho g n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (5)$$

in cui g è l'accelerazione di gravità, x ed y sono le coordinate spaziali, t il tempo, h l'altezza d'acqua, u e v le componenti della velocità nelle due direzioni, $M = u \cdot h$ = flusso nella direzione x ; $N = v \cdot h$ = flusso della corrente nella direzione y , H è la quota della superficie libera, n il coefficiente di scabrezza di Manning, ρ la densità dell'acqua mentre τ_x e τ_y sono gli sforzi tangenziali al fondo, rispettivamente nelle direzioni x ed y .

Il metodo usato per la formulazione numerica delle equazioni (1)-(3) è quello originariamente proposto da Iwasa (Iwasa et al., 1980) e usa uno schema alle differenze finite di tipo esplicito.

L'equazione di continuità viene scritta nella forma seguente:

$$\frac{h_{i+1/2,j+1/2}^{n+3} - h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1}}{2\Delta t} + \frac{M_{i+1,j+1/2}^{n+2} - M_{i,j+1/2}^{n+2}}{\Delta x} + \frac{N_{i+1/2,j+1}^{n+2} - N_{i+1/2,j}^{n+2}}{\Delta y} = 0, \quad (6)$$

i vari termini nella eq.2 sono così esprimibili:

$$a) \frac{\partial M}{\partial t} = \frac{M_{i,j+1/2}^{n+2} - M_{i,j+1/2}^n}{2\Delta t} \quad (7)$$

$$b) \frac{\partial (uM)}{\partial x} = \frac{1}{\Delta x} \frac{1}{h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1}} \left(\frac{M_{i+1,j+1/2}^n + M_{i,j+1/2}^n}{2} \right)^2 - \quad (8)$$

$$\frac{1}{\Delta x} \frac{1}{h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1}} \left(\frac{M_{i,j+1/2}^n + M_{i-1,j+1/2}^n}{2} \right)^2$$

$$c) \frac{\partial (vM)}{\partial y} = \frac{1}{\Delta y} \frac{(M_{i,j+1/2}^n + M_{i,j+3/2}^n)(N_{i+1/2,j+1}^n + N_{i-1/2,j+1}^n)}{h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i-1/2,j+3/2}^{n+1} + h_{i-1/2,j+3/2}^{n+1}} - \quad (9)$$

$$\frac{1}{\Delta y} \frac{(M_{i,j+1/2}^n + M_{i,j-1/2}^n)(N_{i+1/2,j}^n + N_{i-1/2,j}^n)}{h_{i-1/2,j-1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1}}$$

d)

$$gh \frac{\partial H}{\partial x} = g \cdot \left(\frac{h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1}}{2} \right). \quad (10)$$

$$\left(\frac{H_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} - H_{i-1/2,j+1/2}^{n+1}}{\Delta x} \right)$$

e)

$$\frac{1}{\rho} \tau_x = \frac{g n_{i,j+1/2}^2 (\bar{u}_{i,j+1/2}) \sqrt{(u_{i,j+1/2}^n)^2 + (v_{i,j+1/2}^n)^2}}{\left((h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1}) / 2 \right)^{1/3}} \quad (11)$$

i termini della equazione (3) possono essere così' scritti:

$$a') \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{N_{i+1/2,j}^{n+2} - N_{i+1/2,j}^n}{2\Delta t} \quad (12)$$

$$b') \frac{\partial (uN)}{\partial x} = \frac{1}{\Delta x} \frac{(M_{i+1,j+1/2}^n + M_{i+1,j-1/2}^n)(N_{i+1/2,j}^n + N_{i+3/2,j}^n)}{h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1} + h_{i+3/2,j-1/2}^{n+1} + h_{i+3/2,j+1/2}^{n+1}} -$$

$$\frac{1}{\Delta x} \frac{(M_{i,j+1/2}^n + M_{i,j-1/2}^n)(N_{i-1/2,j}^n + N_{i+1/2,j}^n)}{h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i-1/2,j-1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1}}$$

$$c') \frac{\partial (vN)}{\partial y} = \frac{1}{\Delta y} \frac{1}{h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1}} \left(\frac{N_{i+1/2,j}^n + N_{i+1/2,j+1}^n}{2} \right)^2 -$$

$$\frac{1}{\Delta y} \frac{1}{h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1}} \left(\frac{N_{i+1/2,j-1}^n + N_{i+1/2,j}^n}{2} \right)$$

$$d') \quad gh \frac{\partial H}{\partial y} = g \cdot \left(\frac{h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1}}{2} \right) \cdot \left(\frac{H_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} - H_{i+1/2,j-1/2}^{n+1}}{\Delta y} \right) \quad (15)$$

$$e') \quad \frac{1}{\rho} \tau_y = \frac{g n_{i+1/2,j}^2 \left(\bar{v}_{i+1/2,j} \right) \sqrt{\left(u_{i+1/2,j}^n \right)^2 + \left(v_{i+1/2,j}^n \right)^2}}{\left(\left(h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1} \right) / 2 \right)^{1/3}} \quad (16)$$

in cui:

$$\bar{u}_{i,j+1/2} = \frac{\left(M_{i,j+1/2}^{n+2} + M_{i,j+1/2}^n \right) / 2}{\left(h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i-1/2,j+1/2}^{n+1} \right) / 2}$$

$$\bar{v}_{i+1/2,j} = \frac{\left(N_{i+1/2,j}^{n+2} + N_{i+1/2,j}^n \right) / 2}{\left(h_{i+1/2,j+1/2}^{n+1} + h_{i+1/2,j-1/2}^{n+1} \right) / 2}$$

Il calcolo procede mediante la soluzione delle equazioni (2) e (3) per le incognite M^{n+2} e N^{n+2} in quanto i valori M^n , N^n e h^{n+1} sono specificati dalle condizioni iniziali o sono conosciuti dal precedente passo temporale. I valori M^{n+2} ed N^{n+2} sono sostituiti nella equazione di continuit  e quindi viene ricavata l'incognita h^{n+3} . La versione piu' recente del codice di calcolo prevede alcune modifiche nei termini non lineari, al fine di ottenere una migliore stabilit  dello schema numerico.

Sono presenti nel modello due diversi tipi di condizioni al contorno. La prima   quella che considera una condizione al contorno in cui il flusso $M=N=0$, mentre la seconda considera la possibilit  di far defluire la portata in arrivo verso l'esterno della mesh considerata.

Il fronte della corrente   trattato in modo tale che quando l'altezza d'acqua   minore di un prefissato valore (p.e. 0.001m), il flusso nella rispettiva cella   assunto pari a zero. Particolari equazioni sono usate nel modello, nel caso in cui si abbia un gradino od un salto di fondo fra due celle adiacenti.

La propagazione della piena lungo il corso d'acqua arginato viene effettuata usando le equazioni complete di De Saint Venant :

$$\frac{1}{gA} \cdot \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{gA^2} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 |Q| Q}{A^2 R^{4/3}} = 0$$
$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$
(17)

In cui Q è la portata, A è la sezione trasversale, R il raggio idraulico, H la quota della superficie libera, q la portata laterale ed n il coefficiente di scabrezza della equazione di Manning. Le equazioni vengono risolte numericamente mediante uno schema alle differenze finite di tipo esplicito. Le due necessarie condizioni al contorno vengono specificate come idrogramma $Q=Q(t)$ nella sezione di monte e come andamento dei livelli in funzione del tempo nella sezione di valle da stabilire in base alla condizione al contorno presente in tale sezione.

RISULTATI DEL CALCOLO

I risultati del calcolo sono riportati nella tavola Es3 per $T_r=200$ anni. In tale tavola sono riportati gli inviluppi delle esondazioni rispetto al piano di campagna.

CONCLUSIONI

L'intervento in oggetto viene mitigato mediante l'inserimento di un canale di gronda e di una vasca di laminazione.

Prof. Ing. Stefano Pagliara

Professore di Protezione idraulica del Territorio e di Idraulica presso l'Università di Pisa

Professore di Idrologia e di Costruzioni Idrauliche presso l'Università di Pisa

Professore di Idrodinamica presso l'Accademia Navale di Livorno

Via Borsellino, 14

56100 Pisa

