

Comune di Rosignano
Marittimo

STUDIO IDRAULICO VARIANTE URBANISTICA RIQUALIFICAZIONE EX- CIUCHEBA A CASTIGLIONCELLO

Il Committente
Immobiliare Santa Giulia srl
Cecina



PRIMA INGEGNERIA STP
Società Semplice
Progettazione idraulica e marittima

Via G. Civinini, 8 – 57128 Livorno
Tel/Fax 0586 372660
E-mail: info@primaingegneria.it;
www.primaingegneria.it
Studio Certificato ISO 9001:2008



Ing. Pietro Chiavaccini

Ing. Maurizio Verzoni

Ing. Nicola Buchignani

Ing. Nicola Verzoni

Firmato digitalmente da

Pietro Chiavaccini

CN = Chiavaccini Pietro
O = Ordine degli Ingegneri della
Provincia di Livorno/80013840493
T = Ingegnere
C = IT

R1- RELAZIONE

Rev.	Cod. Elaborato	Data	Redatto	Verificato	Approvato
0	PT190-16-ACA-R01-00	Mag. 2016	N. Buchignani	P. Chiavaccini	M. Verzoni

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro illustra le problematiche idrauliche connesse all'intervento di riqualificazione dell'area "ex Ciuchebe" a Castiglioncello, ai sensi del DPRG 53/R. Il corso d'acqua di interesse è il Botro delle Acacie (corso d'acqua appartenente al reticolo di gestione ex LR79/2012). Attualmente l'area non è classificata dal punto di vista della pericolosità idraulica.

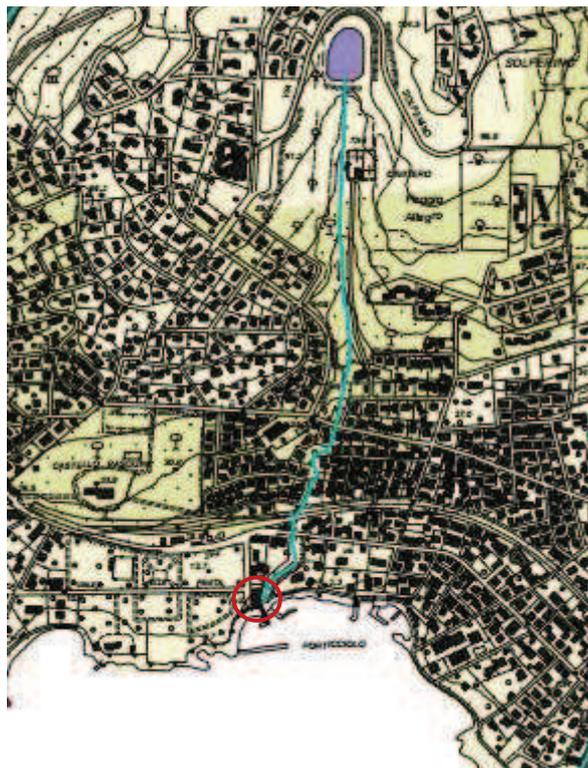


Figura 1 PAI vigente (cerchiata l'area di interesse ex Ciuchebe)

2. ANALISI IDROLOGICA

2.1 BACINO IDROGRAFICO

Il bacino del Botro delle Acacie si estende su una superficie di circa 0.6 km². La lunghezza dell'asta principale è di circa lo 1.2 km, con una pendenza media di circa il 20%. L'altezza massima del bacino è di circa 120 m con una media di 68 m sul l.m.m. Nella parte alta del bacino è presente un piccolo laghetto collinare che appare anche nel catasto provinciale come invaso di classe C ai sensi della LR 64/2009. Agli effetti del contributo di piena il laghetto non è considerato.

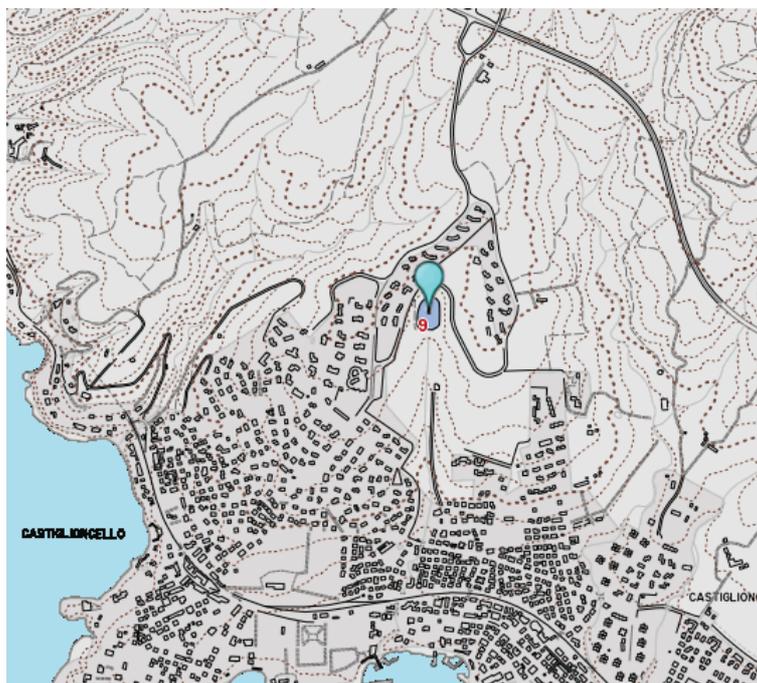


Figura 2 Invaso presente nella parte a monte del bacino (fonte Incastro Gis – Provincia di Livorno)

2.2 PLUVIOMETRIA

Relativamente alla pluviometria si è fatto riferimento alle Curve di possibilità climatica della Regione Toscana aggiornate al 2014. Queste hanno fornito i parametri a ed n di una formula di tipo monomia ($h=at^n$ dove t è la durata in ore e h la pioggia in millimetri) su una maglia di 1x1 km in funzione del tempo di ritorno.

I parametri ottenuti attraverso una media pesata sull'intero bacino forniscono i seguenti risultati in funzione del tempo di ritorno:

Tabella 1 Parametri cpp con dati Regione Toscana 2014

Tr	t>1h	
	a	n
30	66.21	0.28
200	92.10	0.34
500	105.81	0.36

Le curve di possibilità climatica predisposte dalla Regione sono definite per durate >1 ora. Per le durate inferiori si determina il valore di n impiegando altre informazioni. In particolare si fa riferimento ai parametri del modello ATO (Regione Toscana 2007) che fornisce la curva di possibilità climatica e pluviometrica per varie stazioni dislocate nel territorio. Quelle più

significative per vicinanza ed esposizione sono: Pisa, Livorno, Vada e Venturina. La relazione di base è del tipo

$$h = at^n T_r^m$$

dove h è l'altezza di pioggia cumulata espressa in mm, t la durata in ore e T_r il tempo di ritorno (espresso in anni), a, n e m coefficienti di regressione che per le stazioni indicate presenta in i valori di Tabella 2.

Tabella 2 Curva di possibilità climatica e pluviometrica

STAZIONE	t<1h			t>1h		
	a	n	m	a	n	m
Pisa	32,426	0,473	0,168	32,289	0,256	0,212
Livorno	34,619	0,469	0,172	34,255	0,227	0,213
Vada	25,717	0,333	0,162	26,173	0,251	0,200
Venturina	28,596	0,497	0,153	27,266	0,218	0,195

L'esponente n per durate inferiori all'ora assume un minimo per la stazione di Vada che è anche quella più vicina al sito di interesse del presente lavoro. Il valore di n è poi analogo a quello ottenuto con le nuove curve di possibilità climatica della Regione Toscana (0.33 contro 0.34). Poiché per t<1h esponenti più bassi forniscono valori di pioggia più elevati, nel proseguo dell'analisi ed in modo cautelativo, si assume anche per durate inferiori all'ora lo stesso parametro n ottenuto per piogge di durata >1h con le nuove curve di possibilità climatica della Regione Toscana.

Relativamente alla distribuzione temporale della pioggia si è deciso di utilizzare due tipologie di ietogramma sintetico:

- ad intensità costante (IDF), applicato a eventi pluviometrici di durata t variabile da 0.25h a 1 h ed aventi tempi di ritorno pari a 200 anni. La valutazione per eventi di diverse durate ha consentito di definire la durata critica dell'evento che massimizza il deflusso per i diversi bacini esaminati;
- di tipo Chicago con intensità di picco posizionata a 0.4 della durata di pioggia. Tale ietogramma è stato applicato, coerentemente con le indicazioni degli autori che ne hanno definito le caratteristiche (Keifer e Chu, 1957 Synthetic storm pattern for drainage design. ASCE Journal of the Hydraulics Division 83 (HY4): 1–25), per la sola durata critica riferita al singolo bacino. I tempi di ritorno considerati sono $T_r=30, 200$ e 500 anni.

2.3 PERDITE IDROLOGICHE

Per la determinazione delle perdite di bacino è stato utilizzato il metodo del CN del Soil Conservation Service che consente di determinare il deflusso corrispondente allo scorrimento superficiale di bacini per i quali non esistono osservazioni di deflusso.

Il metodo si basa sul concetto che il deflusso superficiale è nullo fino a che non è raggiunto un valore minimo pari alle perdite iniziali I_a . In letteratura tecnica è riconosciuta l'esistenza di una correlazione positiva fra la perdita iniziale I_a e la capacità di ritenzione potenziale S espressa dalla seguente espressione:

$$I_a = 0.2S$$

dove S è la capacità di ritenzione potenziale S cioè la quantità di acqua immagazzinabile nel bacino, definita come: $S = 25.4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$.

S dipende da CN (Runoff Curve Number), parametro determinato mediante apposite tabelle in funzione della natura del terreno, del tipo di copertura vegetale e del corrispondente grado di imbibizione. Nel caso in esame si è considerata la Tabella 3 che fornisce i parametri CN in funzione della codice LAND CORINE dell'uso del suolo. Nel presente studio si è fatto riferimento alla carta di uso del suolo riferita al 2006. La classe di permeabilità dei suoli è stata definita sulla base della corrispondente carta della Regione Toscana sulla base della tipologia indicata (Tabella 4).

I valori di CN indicati nelle tabelle fanno riferimento ad una condizione media di umidità del terreno antecedente l'evento di pioggia considerato (AMC II: Antecedent Moisture Condition classe II).

Tabella 3. Parametri CN relativi alla classe II di umidità (AMC) per le quattro classi litologiche e per i vari tipi di uso del suolo

Codice CORINE	CN(A)	CN(B)	CN(C)	CN(D)
111	77	85	90	92
112	61	75	83	87
121	85	90	92	94
122	83	89	92	93
123	95	95	95	95
131	77	86	91	94
133	77	86	91	94
141	39	61	64	80
211	58	72	81	85
221	58	69	77	80
222	32	58	72	79
223	32	58	72	79
231	39	61	74	80

241	58	72	81	85
242	58	72	81	85
243	30	58	71	78
311	30	55	70	77
312	36	60	73	79
313	33	57	71	78
321	39	61	74	80
322	30	48	65	73
323	35	56	70	77
324	48	67	77	83
332	89	92	94	95
333	68	79	79	89
334	76	85	90	93

Tabella 4. Attribuzione della classe litologica SCS in base ai codici di permeabilità della carta regionale

COD	PERMEABILITA'	TIPOLOGIA	Classificazione litologica SCS
1	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	D
2	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	C
3	Permeabilità media	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	B
4	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	A
5	Permeabilità alta	PERMEABILITA' PRIMARIA (per porosità)	A
A	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' MISTA	D
B	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' MISTA	C
C	Permeabilità media	PERMEABILITA' MISTA	B
D	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' MISTA	A
E	Permeabilità alta	PERMEABILITA' MISTA	A
I	Permeabilità da bassa a molto bassa	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	D
II	Permeabilità medio-bassa	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	C
III	Permeabilità media	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	B
IV	Permeabilità medio-alta	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	A
V	Permeabilità alta	PERMEABILITA' SECONDARIA (per fratturazione e/o carsismo)	A
IM	IMPERMEABILE	IMPERMEABILE	D
NRC	Aree non rilevate o non classificate	AREE NON RILEVATE o NON CLASSIFICATE	C

Nel caso in esame, procedendo in maniera cautelativa, si è considerato una condizione di umidità AMCIII e pertanto i valori di CN sono stati modificati con la seguente formula:

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 \cdot CN_{II}}$$

2.4 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI

Il calcolo idrologico è stato effettuato considerando il metodo dell'idrogramma unitario del Soil Conservation Service (SCS Unit Hydrograph) in cui è necessario definire un tempo di corrivazione (in h) e un tempo di ritardo da esso dipendente proporzionalmente ad un fattore di 0.6. La valutazione del tempo di corrivazione è stata effettuata mediando i valori che si ottengono dalle molteplici formulazioni impiegate in letteratura:

formula di Kerby - Hatheway:

$$T_C = \frac{1}{60} \left(\frac{0.67 \cdot \left(1000 \frac{L}{0.3048} \cdot N \right)}{i^{0.5}} \right)^{0.467}$$

formula di Giandotti:

$$T_C = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8H_m}$$

formula di Ventura:

$$T_C = 0.127 \left(\frac{A}{i_B} \right)^{0.5}$$

formula di Kirpich:

$$T_C = 0.0003257 \frac{L^{0.77}}{i_B^{0.385}}$$

formula di Pasini:

$$T_C = 0.108 \frac{(AL)^{0.33}}{i^{0.5}}$$

formula di Pezzoli:

$$T_C = 0.055 \frac{L}{i^{0.5}}$$

formula di Rosso et al:

$$T_C = 0.26 \frac{L^{0.82}}{i_B^{0.2}} (1+S)^{0.13}$$

formula di Ferro:

$$T_c = 0.675A^{0.5}$$

formula PIN Regione Toscana:

$$T_c = \frac{0.17}{0.6} L$$

$$T_c = \frac{0.32}{0.6} A^{0.5}$$

dove A è la superficie del Bacino in Km², L=lunghezza asta in km, i pendenza media del corso d'acqua, i_B pendenza media del corso d'acqua e N coefficiente pari a 0.2 (coefficiente valido per suoli privi di significativa copertura vegetale come è il caso della condizione invernale) e S capacità di ritenzione potenziale (definita attraverso il Curve Number) sopra determinato.

I parametri riassuntivi dei parametri idrologici sono riassunti in Tabella 5.

Tabella 5 Parametri riassuntivi del modello Idrologico

ID	Area	CN (III)	Tc (h)
Batro Acacie	0,61	88	0,4

2.4.1 RISULTATI DEL MODELLO AD INTENSITA' COSTANTE

L'applicazione di uno ietogramma ad intensità costante consente di definire la durata critica dell'evento. Come indicato in Tabella 6 ed in Figura 3 il massimo si registra per durate di 0.5h, coerentemente con il valore massimo del tempo di corrivazione del bacino.

Tabella 6 Portate per diverse durate e Tr=200 anni nell'ipotesi di ietogramma ad intensità costante

ELEMENTO	A (km ²)	Q (m ³ /s) per Tr200			
		0.25h	0.5h	0.75h	1.0h
Batro Acacie	0.61	12.12	15.16	14.06	12.87

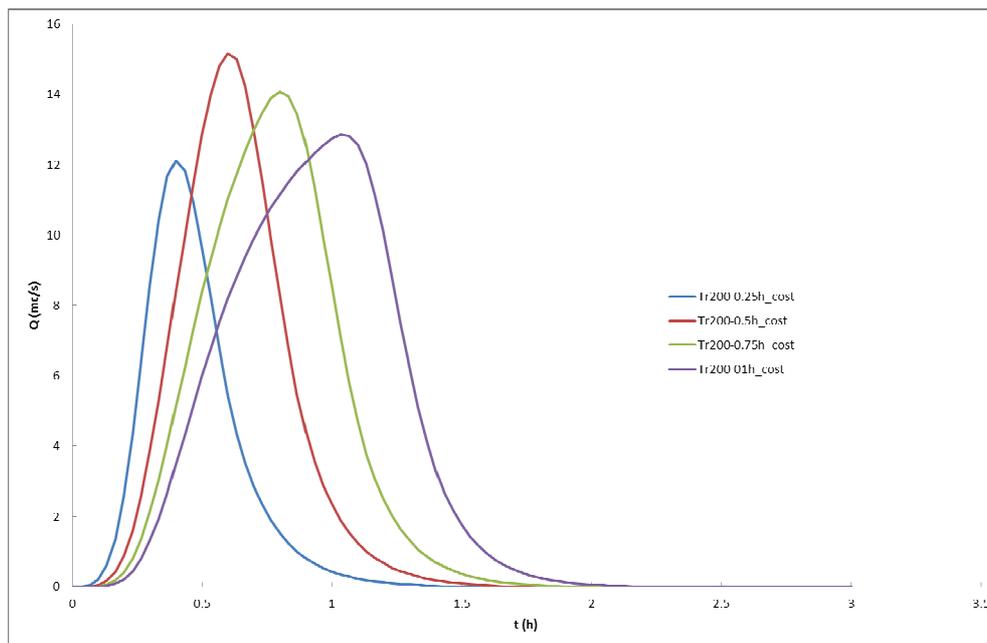


Figura 3 Ietogrammi per varie durate $Tr=200$ ed intensità costante

2.4.2 RISULTATI DEL MODELLO AFFLUSSI-DEFLUSSI PER IETOGRAMMI DI TIPO CHICAGO

La valutazione della durata critica attraverso gli ietogrammi ad intensità costante consente di definire per i diversi sottobacini i picchi di piena considerando uno ietogramma di tipo Chicago, che specialmente per eventi di bassa durata fornisce risultati più cautelativi.

Tabella 7 Portate massime per eventi di durata critica 1 h

BACINO	Tr30	Tr200	Tr500
Botro Acacie	11.08	17.01	20.28

Il massimo della portata per $Tr=200$ anni alla sezione terminale è di circa 17.01 mc/s cui corrisponde un contributo unitario di 27.9 mc/s per km² di bacino.

La piena si esaurisce in circa 2 h.

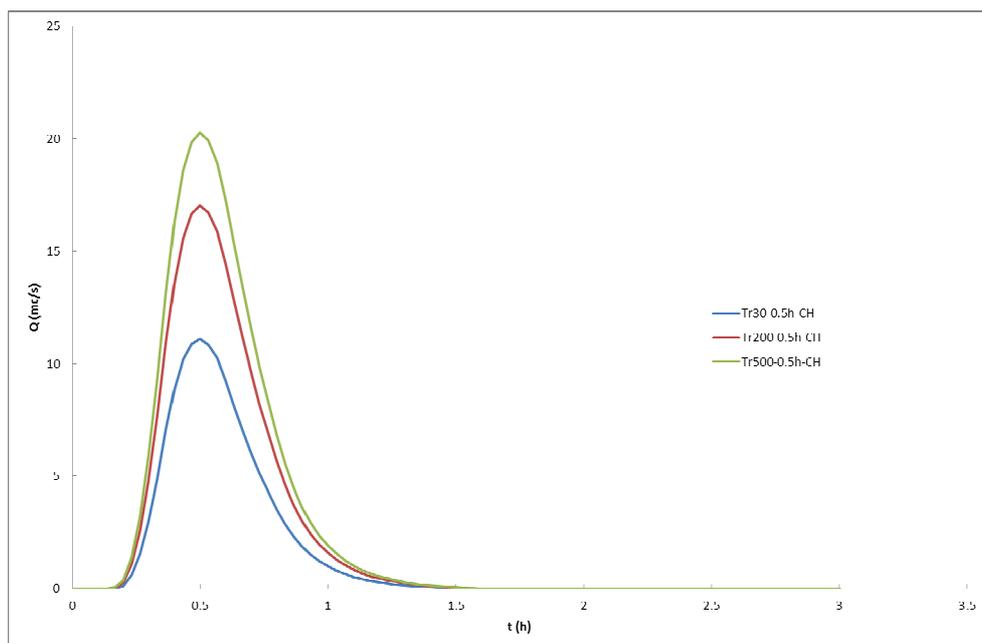


Figura 4. Idrogrammi di piena per vari tempi di ritorno e durata 0.5h (durata critica)-ietogramma Chigaco

3. MODELLAZIONE

La costruzione del modello digitale del terreno è realizzata mediante l'utilizzo di punti georeferenziati di coordinate x,y,z frutto dell'acquisizione Lidar. Nel modello sono inseriti gli edifici e la rete delle infrastrutture (strade). La definizione dei coefficienti di scabrezza è stata fatta distinguendo il moto nei canali e quello nella piana alluvionale. Nel primo caso si è assunto un valore $n=0.038$, mentre nel secondo si è fatto riferimenti a valori di letteratura associati ai codici di uso del suolo del Land Corine Cover (vedere C.J. van Der Sande et al, A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment", International Journal of applied earth observation and geoinformation, 2003, Lopes et al Flooding assessment under sea level rise scenarios: Ria de Aveiro case, Journal of coastal research, 2013), riassunti in Tabella 8.

USO DEL SUOLO	Codice CORINE	Manning n
Tessuto Urbano continuo	111	0.14
Tessuto Urbano discontinuo	112	0.09
Aree industriali o commerciali	121	0.14
Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	122	0.07
Aree portuali	123	0.07
Aeroporti	124	0.06
Aree estrattive	131	0.12

Discariche	132	0.04
Cantieri	133	0.06
Aree verdi urbane	141	0.02
Aree ricreative e sportive	142	0.04
Seminativi in aree non irrigue	211	0.08
Seminativi in aree irrigue	212	0.08
Risaie	213	0.04
Vigneti	221	0.12
Frutteti e frutti minori	222	0.12
Oliveti	223	0.12
Prati Stabili	231	0.1
Colture temporanee associate a colture permanenti	241	0.08
Sistemi colturali e particellari complessi	242	0.10
Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	243	0.09
Boschi di latifoglie	311	0.1
Boschi di conifere	312	0.1
Boschi misti	313	0.13
Aree a pascolo naturale e praterie	321	0.11
Brughiere e cespuglieti	322	0.06
Aree a vegetazione sclerofilla	323	0.1
Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione	324	0.1
Spiagge, dune e sabbie	331	0.07
Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	332	0.07
Aree con vegetazione rada	333	0.09
Aree percorse da incendi	334	0.07
Paludi interne	411	0.10
Saline	422	0.04
Corsi d'acqua, canali e idrovie	511	0.03
Bacini d'acqua	521	0.03

Tabella 8 Coefficienti di scabrezza impiegati nel modello bidimensionale

Le modellazioni sono state eseguite per tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni su un'area complessiva di 140x200 m e con celle di 0.5x0.5m. La modellazione è stata eseguita nel dominio 1d-2d con l'inserimento dei ponti presenti alla sezioni terminale.

Le sezioni sono state ricavate dal dato lidar e per quelle più vicine a quelle all'area di interesse (sezioni 0-6) si è applicata una correzione con le misure prese da rilievi "in situ".

I ponti presenti sono 2: una attraversamento con soletta di circa 20 di spessore su cui è ubicato un casottino di muratura (tra sezione 2 e 3) ed il ponte della passeggiata pedonale (tra sezioni 0 ed 1).



Figura 5 Ponte con casottino



Figura 6 Ponte attraversamento passeggiata pedonale

L'edificio ex- Ciucheba è attualmente posto a circa 0.8-1.4 m rispetto al ciglio di sponda del corso d'acqua. Il paramento murario è alto circa 8 m e costituisce un ostacolo all'espansione di eventuali acque di esondazioni.

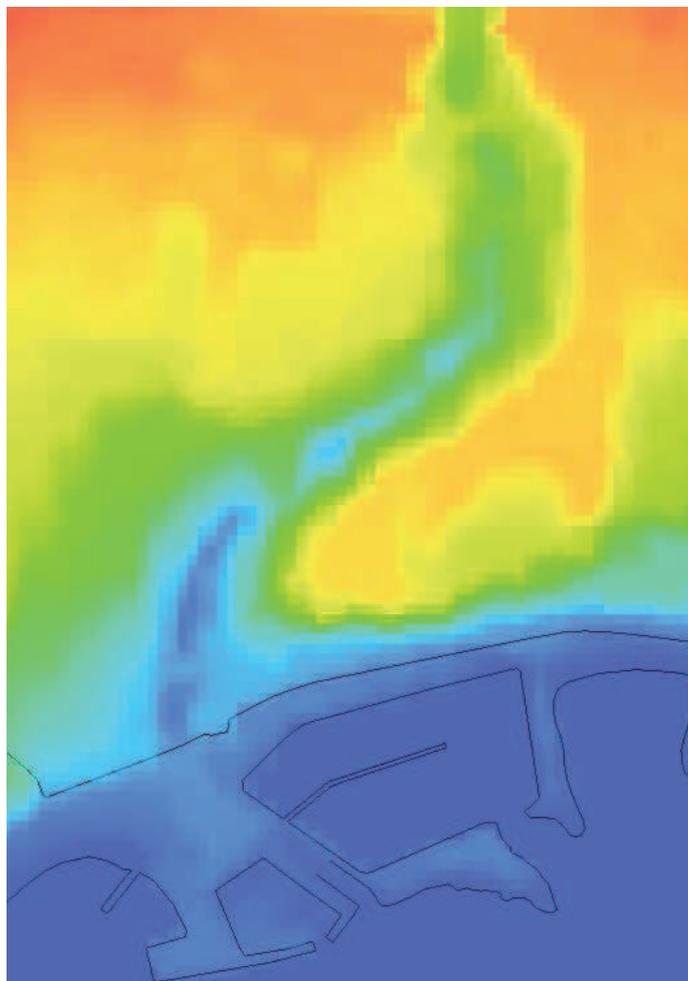


Figura 7. Area della modellazione

La condizione al contorno in ingresso è rappresentate dagli igrogrammi di piena alla sezione 10 per i vari tempi di ritorno. Quelle allo sbocco è la quota medio mare in condizioni di mare agitato (0.3 m).

3.1 RISULTATI

I risultati evidenziano leggere criticità derivate essenzialmente dai manufatti di attraversamento presenti che provocano effetti di rigurgito sulla corrente. In Figura 8 è riportato l'andamento per $Tr=200$ anni.



Figura 8 Aree allagate TR200 anni – quote di esondazione in m sul l.m.m.

Considerando l'andamento del terreno il tirante idrico medio è di circa 0.5m.

Per $Tr=30$ anni in destra idraulica non sussistono invece problemi di esondazione sebbene in condizioni al limite della capacità della sezione (Figura 9). Più gravosa è invece la situazione per $Tr=500$ anni, soprattutto in sinistra idraulica (Figura 10).



Figura 9 Aree allagate TR30 anni - quote di esondazione in m sul I.m.m.

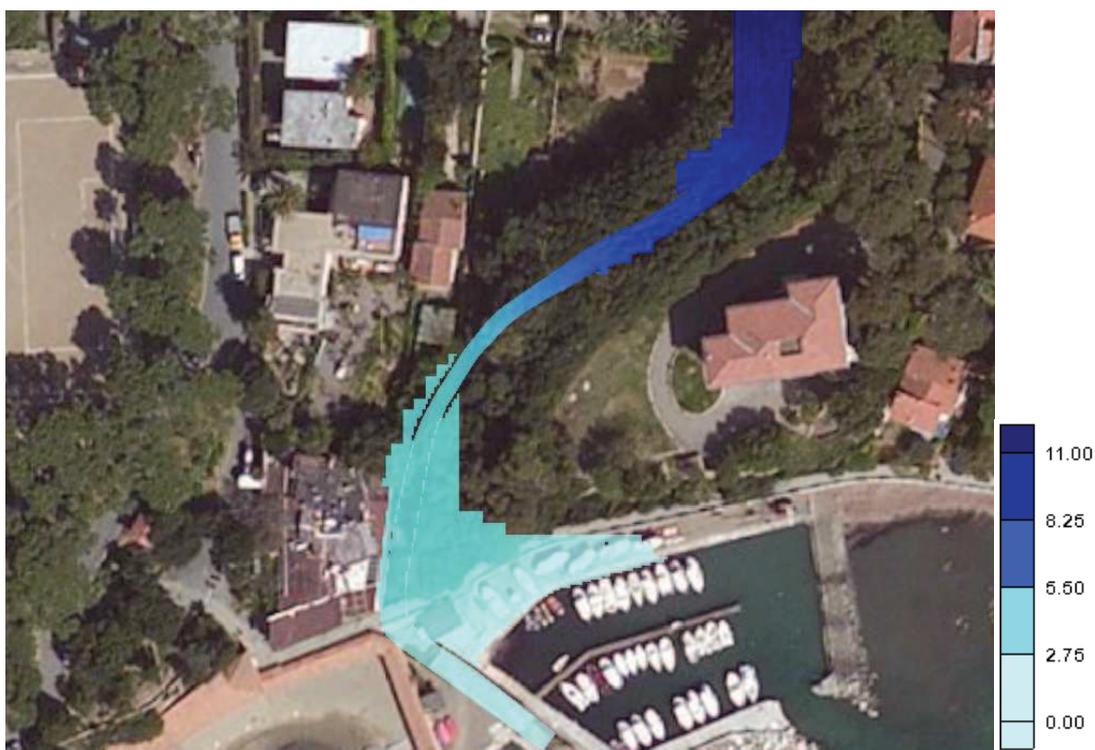


Figura 10 Aree allagate TR500 anni - quote di esondazione in m sul I.m.m.

Poiché la sponda destra risulta allagata solo per $Tr > 200$ anni, la pericolosità nell'area in prossimità dell'edificio Ex-Chiucheba può essere assegnata pari a I.3 ai sensi del vigente DPGR 53/R. Sulla base della direttiva alluvioni (PGRA) si può classificare P2.

4. MESSA IN SICUREZZA

L'edificio ex-Ciucheba risulta in sicurezza idraulica, grazie alla porzione di muro esistente che pertanto non dovrà essere rimosso. L'altezza del muro dovrà essere mantenuta con un franco di 1 m rispetto alla quota liquida (complessivamente 1.7 m di altezza rispetto al piano attuale).

I fabbricati e gli altri elementi dovranno essere ubicati a quota di sicurezza idraulica e posti a distanza di almeno 10 m dal ciglio di sponda del fosso esistente.

5. CONCLUSIONI

Il presente studio accompagna la definizione delle esondazioni nei pressi dell'area "ex Ciucheba" a Castiglioncello nel Comune di Rosignano Marittimo soggetta a variante urbanistica. Lo studio ha visto la definizione del modello idrologico e successivamente l'analisi idraulica con modello bidimensionale in moto vario. La base topografica è stata

ricavata dai dati Lidar messi a disposizione dall'Amministrazione. Il lavoro è stato basato sui dati pluviometrici predisposti dalla regione Toscana nel 2014.

I risultati hanno evidenziato che le principali problematiche sono legate ai manufatti di attraversamento e nella parte in destra idraulica (di interesse per la variante urbanistica) gli allagamenti si verificano per eventi con Tr200 anni.

Ai fini della fattibilità dell'opera oltre alla necessità di stare a 10 m dal ciglio di sponda (come previsto dal RD 523/1904 e dalla LR21/2012) è necessario mantenere il muro esistente realizzato sul confine di proprietà (per un'altezza di circa 1.7 rispetto al piano campagna esistente. Si suggerisce inoltre di posizionare gli accessi a quota superiore di 1 m rispetto a quelle del ciglio stesso.

Livorno, maggio 2016

Il tecnico
Ing. Pietro Chiavaccini