



Via Daniele Manin, 53

30174 Mestre Venezia

**Nuovo impianto fotovoltaico nel comune di Mesola
Valutazione delle condizioni di massima piena nel Po
di Goro mediante modellazione idraulica**



IPROS Ingegneria Ambientale S.r.l.

Corso del Popolo, 8 – 35131 Padova

e-mail: ipros@ipros.it

web: www.ipros.it

Ing. Bruno Matticchio



Sommario

1	<i>Premesse</i>	3
2	<i>Il modello matematico dei rami del Delta del Po</i>	3
3	<i>Portata di piena $T_r=200$ anni a Pontelagoscuro</i>	4
4	<i>Condizioni al contorno per la simulazione</i>	5
5	<i>Risultati della simulazione</i>	6

1 Premesse

La presente relazione illustra i risultati di un'indagine effettuata per valutare le condizioni di massima piena del F. Po di Goro in corrispondenza di località Tenuta Garbina dove è prevista la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico.

L'indagine è stata svolta utilizzando un modello matematico bidimensionale del tratto terminale del F. Po, che si estende dalla sezione di Pontelagoscuro (FE) alla foce e comprende tutti i rami del sistema deltizio.

Le simulazioni sono state effettuate considerando un evento di piena con tempo di ritorno di 200 anni e condizioni di alta marea eccezionale alla foce, che tengono conto anche del previsto innalzamento del livello del mare per effetto dei cambiamenti climatici. In questo modo sono state valutate le quote idrometriche massime del fiume in corrispondenza dell'area in esame ed il relativo franco minimo rispetto alle sommità arginali per valutare l'eventuale pericolosità dell'area rispetto alla possibilità di tracimazione degli argini stessi.

2 Il modello matematico dei rami del Delta del Po

L'analisi modellistica è stata effettuata impiegando il modello bidimensionale ad elementi finiti *2DEF*, sviluppato dal dipartimento ICEA dell'Università di Padova e il software di interfaccia utente *Incidenze*, sviluppato da Ipros Ingegneria Ambientale S.r.l.. I due applicativi costituiscono un sistema software ampiamente collaudato e validato, che è stato impiegato nell'ambito di numerosi studi e lavori scientifici sulla propagazione delle piene fluviali e sui fenomeni di allagamento dovuti alle esondazioni e a supporto di progetti di ingegneria idraulica in ambito fluviale, lagunare e costiero.

Il modello bidimensionale dei rami del Delta è stato originariamente predisposto da Ipros Ingegneria Ambientale per conto del Consorzio di Bonifica Delta del Po ed in collaborazione con ARPAV (ARPAV Relazione n° 02/12 "Sulla ripartizione delle portate del Po tra i vari rami e le bocche a mare del Delta: esperienze storiche e nuove indagini all'anno 2011"), e consente di simulare il funzionamento dei rami deltizi nelle diverse possibili situazioni idrologiche (magra, morbida e piena) ed in particolare di riprodurre con buona approssimazione la ripartizione delle portate del Po tra i diversi rami del sistema deltizio.

Successivamente, il modello è stato aggiornato ed impiegato in numerosi altri studi svolti per conto del Consorzio di Bonifica Delta del Po, dell'ente Parco Regionale Veneto del Delta

del Po e del Genio Civile di Rovigo, a supporto della progettazione di interventi nelle lagune del Delta e lungo la costa.

La griglia di calcolo utilizzata nel presente studio è la più aggiornata disponibile. Rispetto a quella originaria, essa è stata ampliata per includere la fascia costiera allagabile alle foci di Po di Pila, Po di Maistra e Po di Tolle, ed è stata perfezionata nel suo tratto terminale, a valle della diramazione del Po di Tolle, utilizzando le più recenti sezioni topo-batimetriche disponibili, rilevate da AIPO nel 2018.

La mappa di Fig. 1 riporta il dominio di calcolo del modello, con rappresentazione a scala di colori delle quote assegnate alle celle della griglia di calcolo. Quest'ultima si compone di 43405 nodi e 80297 maglie triangolari.



Fig. 1– Griglia di calcolo utilizzata per la modellazione. Rappresentazione a colori delle quote del fondo.

3 Portata di piena $Tr=200$ anni a Pontelagoscuro

Per valutare le portate di massima piena nel tratto oggetto di studio sono stati utilizzati i dati riportati nello studio del Politecnico di Milano: “Caratterizzazione idrologica dell’asta principale del Fiume Po nel tratto che va dalla confluenza della Dora Baltea all’incile del Po di Goro”, 2001, a cura della Prof. M.G. Tanda. Lo studio è indicato come documento di riferimento in “Allegato 2.2 Approfondimenti nelle APSFR arginate - Relazione di approfondimento sui corsi d’acqua arginati Distretto del fiume Po”, che è allegato alla documentazione di “Aggiornamento e revisione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione– Il ciclo di gestione”, emessa nel dicembre 2021 dall’Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po.

Nello studio del Politecnico di Milano, svolto su incarico dell’Autorità di Bacino, è sviluppata, in particolare, un’approfondita analisi idrologica per valutare le onde di piena sintetiche in corrispondenza delle sezioni di misura lungo l’asta fluviale dotate di un periodo sufficientemente lungo di osservazioni idrometriche.

La Tab. 1 riporta i valori al colmo per le due sezioni di Borgoforte e Pontelagoscuro per i diversi tempi di ritorno considerati nello studio del Politecnico di Milano. Da essa si evince che la riduzione dei colmi di piena tra le due sezioni si amplifica al crescere dell’intensità dell’evento ed è pari al 10.5% per l’evento di intensità massima, che ha tempo di ritorno di 500 anni

Questo effetto di attenuazione è legato principalmente agli effetti di laminazione dell'onda di piena nella propagazione lungo l'asta fluviale, parzialmente compensati dai contributi degli affluenti che incrementano progressivamente la superficie tributaria della sezione di interesse.

Sezione	Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=25	Tr=50	Tr=100	Tr=200	Tr=500
Borgoforte	5527	7352	8560	10087	11219	12344	13464	14941
Pontelagoscuro	5653	7149	8140	9392	10321	11243	12162	13374
<i>variazione</i>	2.3%	-2.8%	-4.9%	-6.9%	-8.0%	-8.9%	-9.7%	-10.5%

Tab. 1 – Valori al colmo degli idrogrammi sintetici calcolati nello studio del Politecnico di Milano per le sezioni di Borgoforte e Pontelagoscuro per diversi tempi di ritorno.

4 Condizioni al contorno per la simulazione

Per definire la quota idrometrica da assegnare come condizione al contorno in mare, si è fatto riferimento al recente studio svolto dal Dip. ICEA dell'Università di Padova in collaborazione con HS Marine S.r.l. e Ipros Ingegneria Ambientale S.r.l., finalizzato alla progettazione degli "Interventi di ripristino e protezione degli argini di difesa a mare lungo la costa del Delta del Po", per conto della Regione Veneto nel 2021. Nello studio, per uno scenario di progetto che considera una vita tecnica di 50 anni (ed è riferibile, perciò, all'anno 2070) sono stati stimati subsidenza e innalzamento del livello del mare. Per quanto riguarda le previsioni sull'innalzamento del livello medio del mare per effetto del cambiamento climatico, sono stati presi a riferimento gli scenari riportati nel rapporto IPCC SROCC (2019).

La Tab. 2 riporta la quota valutata per le condizioni suesposte, che è pari a 2.42 m s.l.m..

Scenario	T _R	velocità vento	livello sul medio mare	medio mare / previsione SLR (RCP 4.5)	tasso di subsidenza (annuo)	livello totale alle bocche
Attuale (2020)	30 anni	22.7 m/s	1.34 m s.m.m.	0.08 m	0.02 m	1.44 m
Attuale (2020)	100 anni	24 m/s	1.49 m s.m.m.	0.08 m	0.02 m	1.59 m
Attuale (2020)	300 anni	25 m/s	1.64 m s.m.m.	0.08 m	0.02 m	1.74 m
2070	100 anni	24 m/s	1.49 m s.m.m.	0.26 m	0.52 m	2.27 m
2070	300 anni	25 m/s	1.64 m s.m.m.	0.26 m	0.52 m	2.42 m

Tab. 2 – Valore del livello totale alle bocche e lungo i litorali del Delta stimato nello studio DICEA 2021.

In base alle valutazioni sopra riportate, le simulazioni degli scenari critici sono state perciò effettuate considerando un evento con Tr=200 anni, caratterizzato da portata al colmo a Pontelagoscuro pari a 12162 m/s (cfr. Tab. 1).

Per ricostruire un evento di piena realistico, l'andamento nel tempo delle portate è stato assunto pari a quello della piena del novembre 2014, che rappresenta l'evento più gravoso degli ultimi 20 anni.

Il livello assegnato in mare è stato, invece, mantenuto costante per ottenere le condizioni più cautelative possibili ai fini degli scopi dell'indagine.

Il grafico di Fig. 2 rappresenta le condizioni al contorno così determinate, che sono state impiegate nella simulazione dello scenario critico considerato.

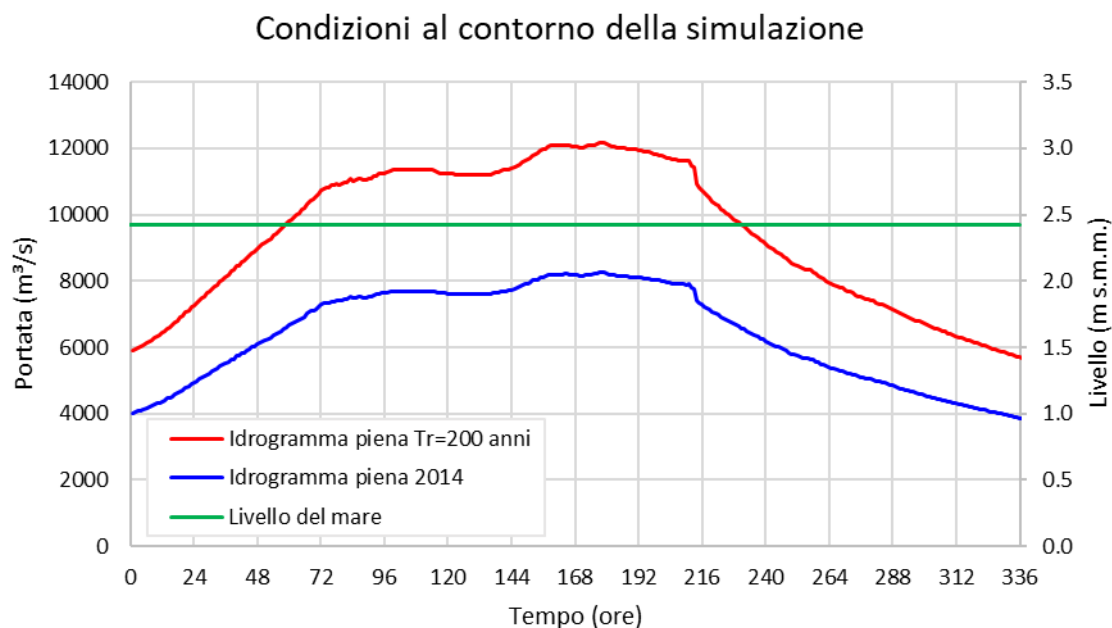


Fig. 2 – Condizioni al contorno di portata a Pontelagoscuro e di livello in mare assegnate per simulare lo scenario critico considerato.

5 Risultati della simulazione

La simulazione, effettuata assegnando le condizioni al contorno illustrate nel paragrafo precedente, è stata estesa per una durata di 336 ore (14 giorni), adottando un passo di calcolo variabile, compreso tra 2 e 20 secondi.

Tra i risultati del calcolo è stato estratto, in particolare, il profilo delle quote idrometriche massime lungo tutto il corso del Po di Goro, ossia l'involuppo dei livelli calcolati durante tutta la durata della simulazione.

Il grafico di Fig. 3 rappresenta il risultato ottenuto, mettendo a confronto le quote idrometriche massime con le quote delle sommità arginali in destra e in sinistra idrografica. Queste ultime sono state determinate sulla base DTM Lidar del Consorzio di Bonifica Delta del Po, ottenuto da vari voli effettuati tra il 2006 e il 2012, che rappresenta l'altimetria di tutto il territorio del Consorzio stesso, inclusi i rami del Po, con una risoluzione di 1mx1m (<http://sil.deltapo.it/>).

Dal grafico di Fig. 3 si evince che, nelle condizioni assunte, le quote delle sommità arginali del Po di Goro si rivelano insufficienti nel tratto che va dalla progressiva 30000 alla progressiva 37000 circa. In tale tratto, che si sviluppa all'incirca tra gli abitati di Santa Giustina e di Goro, le quote delle sommità arginali, sia in destra che in sinistra idrografica, sono inferiori a +4.0 m s.l.m. e pertanto, nelle condizioni assunte di alta marea eccezionale alla foce, risultano più basse dei livelli massimi calcolati con il modello (si fa presente, al riguardo, che il modello non considera la possibilità di tracimazione arginale, quindi il fatto che i livelli superino le quote degli argini stessi non influisce sul calcolo dei livelli nei tratti a monte e a valle dei tratti sormontati).

Lo stesso grafico di Fig. 3 evidenzia altresì che nel tratto di interesse per la presente indagine, che si colloca all'incirca alla progressiva 8600, le quote delle sommità arginali sono ampiamente sufficienti a contenere le quote idrometriche massime calcolate.

Localmente, in corrispondenza della sezione di Loc. Tenuta Garbina, la quota idrometrica massima calcolata con il modello vale 7.00 m s.l.m., mentre le quote delle sommità arginali del Po di Goro sono pari a circa 8.30 m s.l.m in destra e a 8.60 m s.l.m. in sinistra.

Con riferimento all'argine destro, che è quello di interesse per il presente studio, il franco idraulico minimo risulta pertanto di 1.30 m, e fa perciò ritenere che nel tratto in esame non vi sia rischio di sormonto dell'argine stesso.

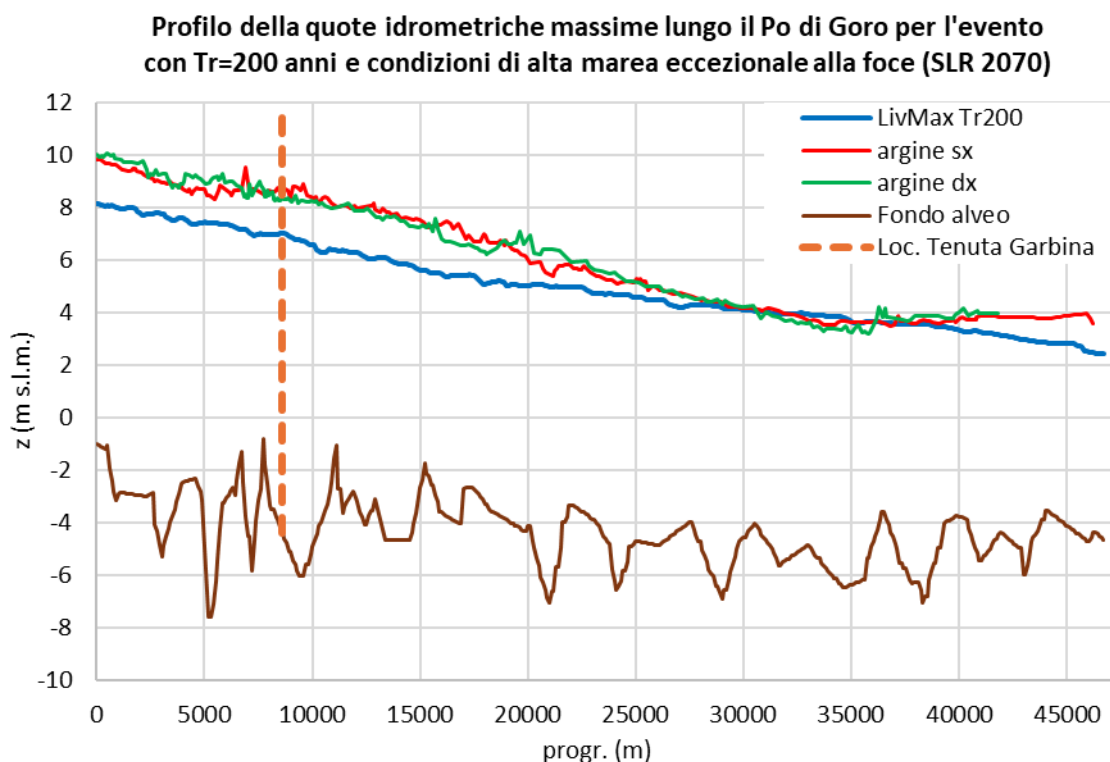


Fig. 3 – Profilo delle quote idrometriche massime lungo il Po di Goro nello scenario critico considerato. La linea tratteggiata indica la posizione di Loc. Tenuta Garbina.