

Abstract: Effetti delle Opere Fisse del Mo.S.E. sull'Idrodinamica dei Rii Interni alla Città di Venezia

La laguna di Venezia, con i suoi 550 km² di superficie, si presenta come la più vasta zona lagunare del Mediterraneo, nota oltre che per la sua estensione anche per il suo inestimabile patrimonio storico, socio-economico, culturale ed ambientale. Nel corso dei secoli la laguna di Venezia è stata teatro di profonde trasformazioni, dovute soprattutto ad interventi antropici, che ne hanno modificato radicalmente il comportamento idrodinamico e di conseguenza il suo assetto morfologico. Il risultato di tali modificazioni é il raggiungimento della sua configurazione attuale, sempre più lontana dal rappresentare il punto di transizione tra l'entroterra e l'ambiente marino e sempre più vicina all'essere considerata un braccio di mare, a causa del suo progressivo approfondimento. Tali variazioni, unite ai cambiamenti climatici e alle forti escursioni di marea che caratterizzano l'Alto Adriatico, dovute a specifiche condizioni meteorologiche, hanno portato alla ricerca di soluzioni definitive per la protezione della città di Venezia e della laguna in generale, dagli effetti delle cosiddette "acque alte". Le opere alle bocche di porto, facenti parte del tanto noto quanto discusso progetto Mo.S.E. (Modulo Sperimentale Elettromeccanico), dovrebbero costituire questa "soluzione definitiva". La loro ultimazione sembra essere la causa delle più recenti alterazioni dell'idrodinamica interna alla laguna, e in particolare dei deflussi nella rete dei canali della città di Venezia. Come è stato evidenziato da diverse fonti, tra cui le "cronache" di diversi abitanti della stessa città, primi tra tutti i gondolieri quali diretti utilizzatori di queste caratteristiche vie d'acqua, tali modifiche sembrano di entità tale da poter essere osservate anche in assenza di appositi strumenti. La caratterizzazione di tali alterazioni e la precisa identificazione delle loro cause risulta fondamentale per la manutenzione e la salvaguardia del tanto complesso quanto fragile ambiente lagunare, nonché per la valutazione del loro impatto sulle attività e sulle comunità presenti in laguna, localizzate soprattutto nella città di Venezia. L'analisi di tali mutamenti, con particolare attenzione agli effetti sulla città di Venezia, risulta però assente in letteratura. Il presente studio si pone come il primo a colmare tale assenza attraverso l'attenta analisi di tali mutamenti e lo studio delle modalità, frequenze e cause con cui questi si manifestano. Tale analisi è resa possibile dall'impiego di un modello numerico agli elementi finiti basato sulla schematizzazione uni-bidimensionale della laguna nelle due configurazioni antecedente e successiva all'ultimazione dei lavori del Mo.S.E. alle bocche di porto. L'impiego di un modello misto uni-bidimensionale è necessario per la corretta rappresentazione dell'idrodinamica lagunare, riproducibile nella complessa rete dei canali cittadini, schematizzati come elementi 1D, unitamente all'intera laguna, schematizzata con elementi 2D. Necessario è anche l'inserimento del vento nella modellazione numerica, in quanto forzante non trascurabile nel regime idrodinamico lagunare. A valle di un

articolato processo di calibrazione, il modello numerico ha dimostrato di poter riprodurre in modo più che soddisfacente l'idrodinamica lagunare e dei canali cittadini. I risultati del calcolo evidenziano l'incremento della resistenza alle bocche di porto, dovuto al loro restringimento e all'alterazione delle caratteristiche del fondale. Questo comporta (i) la riduzione delle portate scambiate tra la laguna e il mare aperto pari a circa il 10% nelle fasi di flusso e riflusso, (ii) la misurata e verificata riduzione delle ampiezze e dei livelli delle maree, con conseguente riduzione dei fenomeni di allagamento nella città di Venezia, e (iii) l'incremento del ritardo di propagazione delle maree in laguna. Le maggiori modifiche sono state ottenute alla bocca centrale di Malamocco, con il conseguente restringimento del relativo bacino di afferenza e lo spostamento delle fasce partiacque verso il centro della laguna. Tale spostamento risulta maggiore nella parte settentrionale della laguna, in relazione al partiacque tra i bacini delle bocche di Lido e Malamocco, poiché esaltato dalle minori modifiche apportate alla bocca di Lido nell'ultimazione del Mo.S.E., e all'effetto dei grandi canali navigabili (i.e. Canale Vittorio Emanuele, Canale dei Petroli e Canale di Santo Spirito), i quali agevolano lo scambio idrico tra i due bacini. Il comportamento idrodinamico locale dei canali cittadini, governato dai piccoli gradienti di livello presenti tra le varie zone della città, e in particolar modo nei grandi canali che alimentano la rete secondaria dei rii (i.e. Canale Grande e Canale della Giudecca), risulta interessato dalle modifiche dell'idrodinamica a scala lagunare. I risultati evidenziano una variazione delle velocità fino a circa 10 cm/s e un incremento del loro ritardo di fase fino alle 4 ore nei canali cittadini, con comportamenti variabili nei singoli sestieri, in relazione alla prossimità con i canali principali e alle caratteristiche fisiche dei singoli rii. La presenza di un forte ritardo di fase comporta in alcuni casi una variazione nell'usuale direzione dei flussi in specifiche condizioni di marea, rendendo tali modifiche apprezzabili anche in assenza di un'apposita strumentazione. La maggiore tendenza alla riduzione delle intensità delle velocità è stata riscontrata nella parte centrale della città, in particolar modo nel sestiere di San Polo.

I risultati ottenuti confermano il non trascurabile effetto sull'idrodinamica lagunare delle modifiche alle bocche di porto, e il conseguente effetto sull'idrodinamica dei rii della città di Venezia, confermando il mutualistico legame tra la città e il circostante ambiente estuarino. La conoscenza dell'entità delle modifiche all'idrodinamica dei canali cittadini, ricavabili dal qui validato modello, può costituire un valido strumento, utilizzato dai tecnici e dalle istituzioni locali per la prevenzione di fenomeni ad essi correlate. La generale riduzione delle velocità nei canali, evidenziata soprattutto nella parte centrale della città, se trascurata può comportare, nel medio-lungo periodo, un interrimento dei rii cittadini, esaltato dalla verificata riduzione dei livelli in laguna. Di non trascurabile importanza è inoltre l'alterazione dei tempi di residenza di inquinanti o agenti patogeni (i.e. E. coli) nei canali cittadini e nella stessa laguna, fortemente influenzati dalle variazioni dei flussi nei canali. Tale aspetto è da considerarsi di fondamentale importanza in una città il cui

sistema fognario è basato sullo scarico delle proprie acque in laguna, e in cui l'interazione con l'acqua e l'ambiente lagunare sono all'ordine del giorno.