

Abstract della tesi:

“Analisi della dinamica della temperatura dell’acqua in Laguna di Venezia mediante osservazioni puntuali, immagini da satellite e modellazione numerica” di Chiara Soranzo

Il lavoro di tesi presentato tratta l'analisi della dinamica della temperatura dell'acqua nello spazio e nel tempo in Laguna di Venezia. Si è implementato un modulo bidimensionale per investigare la dinamica della temperatura in un modello anch'esso bidimensionale per la descrizione dell'idromorfodinamica. Attraverso questo modulo è possibile stimare i flussi orizzontali di energia legati al trasporto di calore provocato dalle correnti di marea oltre ai flussi verticali di energia scambiati all'interfaccia aria-acqua.

Il modulo di temperatura implementato è stato testato confrontando i risultati modellati sia con misure rilevate a terra da un sistema di sonde distribuite all'interno della Laguna, sia con immagini satellitari che forniscono la distribuzione spaziale della temperatura in un preciso istante. L'uso integrato dei due approcci permette di ottenere una descrizione migliore del fenomeno studiato; le immagini satellitari forniscono informazioni relative alla distribuzione spaziale della temperatura nell'istante di acquisizione dell'immagine stessa, ma non consentono una descrizione soddisfacente della dinamica temporale della temperatura poiché immagini successive sono acquisite a distanza di giorni una dall'altra, mentre le misure registrate in situ consentono di seguire temporalmente la dinamica della temperatura dell'acqua ma solo in corrispondenza delle stazioni di misura, non consentendo quindi una descrizione soddisfacente del processo nello spazio.

Per utilizzare le informazioni derivanti dalle immagini satellitari relative alla banda dell'infrarosso termico è stato necessario trasformarle in effettive temperature. Per farlo si sono utilizzati degli algoritmi in funzione di alcuni parametri atmosferici che dipendono dall'orario, dal luogo e dal tipo di satellite che ha acquisito le immagini. I valori che queste forniscono sono mediati all'interno dell'area di ogni pixel e rappresentano la “skin temperature”, ossia la temperatura superficiale della colonna d'acqua, la quale può differire rispetto alla temperatura registrata dalle stazioni in situ poiché poste all'interno della colonna liquida. Si sono individuate due serie composte da almeno una coppia di immagini e si è quindi proseguito correggendo questa eventuale differenza identificata in corrispondenza delle stazioni a terra, applicando ad ogni immagine il proprio scarto medio di temperatura tra informazione da satellite e misura in situ.

Per applicare il modello sono state imposte alcune condizioni al contorno riguardanti le variabili meteorologiche e come condizione iniziale della temperatura la prima delle immagini satellitari. Le altre immagini sono invece state utilizzate successivamente come confronto delle distribuzioni spaziali per la validazione dei risultati.

Sono state realizzate due simulazioni numeriche rispetto a due periodi differenti, il cui istante iniziale coincide con il momento di acquisizione della prima immagine disponibile per il periodo

analizzato e come istante finale quello di acquisizione dell'ultima immagine della serie studiata. Le condizioni iniziali di temperatura ricavate dalle immagini satellitari, sono state ulteriormente modificate poiché si sono evidenziate due problematiche. Il primo problema riguarda i pixel di bordo, poiché le terre emerse presentano temperature differenti rispetto all'acqua e quindi si ha una fascia di pixel dai valori interpolati che rappresentano misure errate per l'analisi delle temperature dell'acqua. Per contravvenire questo è stato applicato un buffer di 100 m attorno ai bordi del dominio di calcolo per eliminare tutti i pixel contaminati. Il secondo problema riguarda invece la presenza di barene asciutte nell'istante di acquisizione dell'immagine, le cui temperature presentano valori differenti da quelli dell'acqua. Queste aree asciutte sono state quindi eliminate sfruttando i livelli risultanti dal modello e assegnando un valore verosimile alla temperatura dell'acqua.

I risultati del modello confrontati con le misure in situ dimostrano che il modulo di evoluzione della temperatura implementato ad integrazione del modello bidimensionale descrive in maniera soddisfacente la dinamica della temperatura dell'acqua in Laguna. Si sono riscontrate alcune differenze, anche sensibili, tra temperatura misurata e stimata dal modello, soprattutto in alcune aree della Laguna, ma si osserva in generale un buon accordo tra loro, ed inoltre la modulazione del segnale risulta sempre ben riprodotta. Avendo utilizzato un modello bidimensionale, si è potuto considerare l'effetto legato al trasporto di calore orizzontale causato dalle correnti di marea, il quale influenza soprattutto la temperatura dell'acqua in prossimità delle bocche di porto poiché maggiormente esposte alle diverse fasi di flusso e riflusso della marea.

Attraverso la rappresentazione della distribuzione spaziale della temperatura si è potuto osservare che i canali fungono da vie preferenziali per il transito dell'acqua, favorendo la penetrazione dell'acqua a differente temperatura proveniente dal mare in aree anche molto interne della Laguna. In corrispondenza delle stazioni poste in prossimità delle bocche di porto e dei canali risulta particolarmente evidente osservare durante la giornata due fasi di flusso e riflusso della marea, a cui corrisponde una modulazione semidiurna della temperatura; nelle stazioni più interne, invece, essendo meno esposte all'effetto della marea, l'andamento della temperatura presenta un solo picco giornaliero, dipendente dall'alternanza giorno-notte e segue l'andamento del flusso netto di energia scambiato con l'atmosfera senza risentire degli effetti avvertiti della marea.

Grazie all'utilizzo delle immagini satellitari è stato inoltre possibile valutare le aree in cui si presentano maggiori differenze spaziali tra la distribuzione reale e quella modellata. Questo confronto assume una maggiore importanza soprattutto per le zone in cui non si ha la presenza di sonde a terra poiché in questo modo si riescono ad evidenziare le criticità derivanti dalla modellazione che altrimenti non si sarebbero potute valutare.

Questo studio è di forte interesse ambientale in quanto il monitoraggio e l'analisi della temperatura risultano necessari per la salvaguardia dell'ecosistema lagunare. La Laguna di Venezia è un bacino

semi-chiuso in cui i ricambi idrici sono limitati ed è un ambiente fortemente antropizzato, per cui sono da investigare con attenzione gli effetti causati dall'utilizzo dell'acqua per scopi civili ed industriali, oltre agli effetti causati dall'entrata in funzione delle opere del Mo.S.E. in un prossimo futuro. La temperatura è un parametro fondamentale in numerosi processi biologici ed ecologici e per questo motivo è importante possedere un valido strumento per la sua modellazione. Un aumento della temperatura dell'acqua provoca la diminuzione della solubilità dell'ossigeno e conseguenti fenomeni di anossia, favorisce un incremento di specie algali termofile e di alcuni esemplari di fauna bentonica e ittica, causando l'allontanamento o la morte di tutte quelle specie che non sono in grado di sopportare l'incremento di calore, andando quindi ad influenzare gli equilibri dell'ecosistema lagunare.