

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
ENTE NAZIONALE AVIAZIONE CIVILE



AEROPORTO "MARCO POLO" DI TESSERA - VENEZIA

Concessionaria del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI



COMMESSA

MASTERPLAN 2021

ELABORATO

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE (ID\_VIP 2853)

INTEGRAZIONI

MinAmb\_9, MinAmb\_18 e MinAmb\_22

COMMESSA: CO829

COD. C.d.P.: 0.02

CODICE ELABORATO

23957-REL-T704.0

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE	NOME FILE: 704_MinAmb_9_18_22_Moto_ondoso.pdf
0	20/05/2015	Integrazioni Procedura VIA	Gruppo di lavoro SIA	A. Regazzi	P. Rossetto	FILE DI STAMPA:
						SCALA:

PROGETTISTA



SAVE ENGINEERING S.r.l.  
Sede Legale: V.le G. Galilei, 30/1 - 30173  
Venezia - Tessera (Italia)  
Uffici: Via A. Ca' Da Mosto, 12/3 - 30173  
telefono: +39/041 260 6191  
telefax: +39/041 2606199  
e-mail: saveeng@veniceairport.it

DIRETTORE TECNICO

ing. Franco Dal Pos

COMMITTENTE

SAVE S.p.A.  
DIREZIONE OPERATIVA  
R.U.P./R.L.

ing. Corrado Fischer

SAVE S.p.A.  
POST HOLDER  
PROGETTAZIONE

ing. Franco Dal Pos

SAVE S.p.A.  
POST HOLDER  
MANUTENZIONE

ing. Virginio Stramazzo

SAVE S.p.A.  
POST HOLDER  
AREA MOVIMENTO-TERMINAL

sig. Francesco Rochetto

SAVE S.p.A.  
COMMERCIALE  
MARKETING NON AVIATION

dott. Andrea Geretto

SAVE S.p.A.  
COMMERCIALE E  
SVILUPPO AVIATION

dott. Camillo Bozzolo - dott. Giovanni Rebecchi

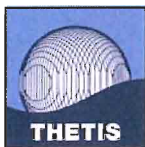
SAVE S.p.A.  
QUALITÀ AMBIENTE  
E SICUREZZA

ing. Davide Bassano

SAVE S.p.A.  
SAFETY MANAGER

sig. Adriano Andreon

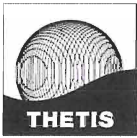
ESTENSORE STUDI AMBIENTALI



THETIS Spa  
Castello 2737/F  
30122 Venezia  
telefono: +39/041 2406111  
telefax: +39/041 5210292  
e-mail: info@thetis.it  
http://www.thetis.it







Committente: **SAVE Engineering**

Oggetto: **SIA PSA VE**

Titolo doc.: **Masterplan 2021  
dell'aeroporto di Venezia "Marco Polo"  
Valutazione di Impatto Ambientale  
(ID\_VIP 2853)  
INTEGRAZIONI  
MinAmb\_9, MinAmb\_18 e MinAmb\_22**

Codice doc.: 23957-REL-T704.0

Distribuzione: SAVE, file 23957

rev.	data	emissione per	pagg.	redaz.	verifica	autorizz.
0	20.05.2015	informazione	33	LD	AR	SC
1						
2						
3						

**Thetis S.p.A.**  
Castello 2737/f, 30122 Venezia  
Tel. +39 041 240 6111  
Fax +39 041 521 0292  
[www.thetis.it](http://www.thetis.it)







## Indice

1	Introduzione.....	3
2	Analisi del fenomeno del moto ondoso generato dal traffico acqueo .....	4
2.1	Aspetti idrodinamici .....	4
2.2	Effetti sulla morfologia lagunare.....	8
2.2.1	Barene .....	8
2.2.2	Bassi fondali .....	9
3	Stato dell'arte delle modalità di intervento a protezione di barene e bassi fondali dal moto ondoso .....	10
3.1	Protezione dei margini delle barene .....	10
3.1.1	Palificate in legno .....	10
3.1.2	Palificate in plastica .....	11
3.1.3	Strutture di protezione in burghe .....	12
3.1.4	Strutture di protezione in buzzoni.....	16
3.1.5	Depositi di materiale organico .....	17
3.2	Protezione dei bassi fondali .....	18
3.2.1	Sovralzi sabbiosi .....	18
3.2.2	Realizzazione di strutture per la dissipazione del moto ondoso a bordo canale .....	19
3.2.3	Interventi di trapianto di fanerogame marine in ambiente di basso fondale .....	20
4	Stato di fatto .....	22
4.1	Il canale di Tessera .....	22
4.2	Il traffico acqueo attuale .....	25
5	Impatti e mitigazioni.....	26
6	Conclusioni .....	29
7	Bibliografia.....	32





# 1 Introduzione

Nel presente contributo verrà data risposta alle seguenti richieste che trattano tematiche riguardanti il **QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE – TRAFFICO ACQUEO**:

**Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare** (rif. lettera prot. DVA-2015-0007040 del 13.03.2015):

## Osservazione

- MinAmb\_9 *Il Proponente provvederà ad integrare lo studio dell'attuale impatto derivante dal traffico acqueo lungo la direttrice Venezia - Aeroporto all'intero canale di Tessera, quindi comprensiva sia del tratto terminale che dei bassofondali limitrofi, ai fini di poter meglio dimensionare le azioni di mitigazione, anche sulla base di una valutazione dell'efficacia delle misure adottate negli anni passati*
- MinAmb\_18 *Impatto dell'aumento del traffico aeroportuale sul moto ondoso: il Proponente provvederà a estendere l'analisi dell'impatto legato all'incremento del traffico acqueo all'intera lunghezza del canale di Tessera, e non solo al suo tratto terminale*
- MinAmb\_22 *Mitigazioni: Risulta quindi necessaria una attenta analisi dell'efficacia delle misure finora adottate, in funzione di una corretta individuazione di interventi in grado di mitigare l'incremento di traffico in una situazione già oggi critica dal punto di vista dell'erosione della morfologia lagunare.*

In base alle suddette osservazioni, il presente documento di integrazione analizza gli impatti attesi dall'incremento del traffico aeroportuale sulla morfologia lagunare lungo l'intera lunghezza del canale di Tessera, comprensiva dell'attraversamento di aree di basso fondale e di aree di barena, alla luce dello stato di fatto delle conoscenze.

Il documento prende le mosse dall'illustrazione degli effetti idrodinamici e degli impatti morfologici tipici del traffico acqueo in laguna di Venezia (capitolo 2) e delle tipologie di intervento sperimentate in laguna a contrasto di tali impatti, con una valutazione della relativa efficacia (capitolo 3).

Segue una descrizione dello stato di fatto del traffico acqueo e delle strutture morfologiche circostanti il canale di Tessera (capitolo 4).

Alla luce di tutto ciò si analizzano e si valutano infine (capitolo 5) gli impatti attesi al 2021 dall'aumento del traffico acqueo, nonché le possibili azioni di mitigazione a carico di SAVE.

Il capitolo 6 riassume infine quanto esposto nella trattazione precedente, ponendo l'accento sulle possibili misure di mitigazione individuate.

Lo stato di fatto delle conoscenze delineato nel presente documento è debitore nella sua quasi totalità alla vasta mole di studi di argomento morfologico promossi ed eseguiti dall'ex Magistrato alle Acque di Venezia (ora Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche del Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia).



## 2 Analisi del fenomeno del moto ondoso generato dal traffico acqueo

### 2.1 Aspetti idrodinamici

Il transito di una imbarcazione in un canale genera la formazione di due sistemi di onda.

Il primo, più appariscente, è costituito dalle onde di Kelvin o secondarie: onde divergenti, che si allontanano lateralmente dalla prua della barca in movimento, ed onde trasversali, caratterizzate da periodo più lungo, che si distaccano dalla poppa e viaggiano nella stessa direzione di movimento della barca.

Le onde divergenti e le onde trasversali si incontrano a formare delle cuspidi, dette anche picchi di interferenza, lungo due linee che formano un angolo di 19.5 gradi rispetto alla linea di rotta. Queste due linee costituiscono appunto il luogo delle onde più alte prodotte dal transito del natante (Figura 2-1).

Le onde trasversali scompaiono al raggiungimento di una velocità, detta velocità super-critica, oltre la quale si hanno esclusivamente onde che si allontanano obliquamente dalla linea di rotta. Queste ultime sono le condizioni tipiche generate da imbarcazioni plananti (Figura 2-2).

Le onde di Kelvin sono tipiche onde corte come quelle generate dal vento e si comportano allo stesso modo, frangendo quando incontrano un basso fondale.

Il tasso di decadimento delle altezze d'onda con la distanza dalla linea di rotta è stato descritto efficacemente da Havelock (1908). Secondo tale autore le altezze delle onde divergenti diminuiscono ad un tasso inversamente proporzionale alla radice cubica della distanza dalla linea di rotta, mentre le altezze delle onde trasversali diminuiscono in maniera inversamente proporzionale alla radice quadrata di tale distanza.

L'altezza  $H$  e il periodo  $T$  dell'onda generata da una imbarcazione in moto in un canale, misurati lungo la linea delle cuspidi, possono essere espressi come segue (PIANC, 1987):

$$H = h \alpha_1 \left( \frac{S}{h} \right)^{-0.33} Fr^4$$

$$T = 0.82 V_s \frac{2\pi}{g}$$

Dove  $Fr$  è il numero di Froude ( $Fr = \frac{V_s}{\sqrt{g h}}$ ),

$V_s$  la velocità dell'imbarcazione,  $g$  l'accelerazione di gravità,  $h$  la profondità del canale,  $\alpha_1$  un coefficiente che dipende dal tipo di imbarcazione,  $S$  la distanza tra la linea di rotta e il punto di misura.

L'altezza d'onda cresce quindi con la quarta potenza del numero di Froude, cioè con la quarta potenza della velocità dell'imbarcazione.



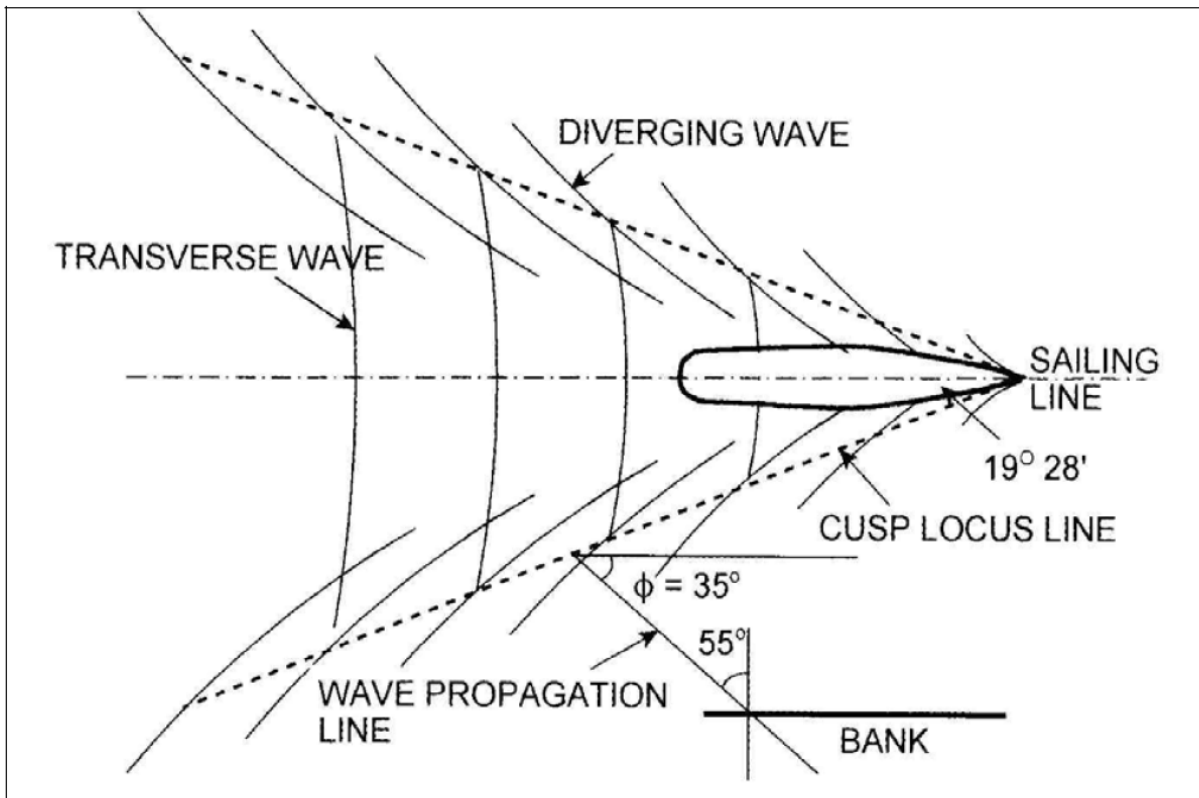


Figura 2-1 Sistema d'onda di Kelvin in condizioni di velocità sub-critica. La linea tratteggiata individua le due linee di cuspidi, lungo le quali si incontrano le onde più alte (Schiereck, 2001).

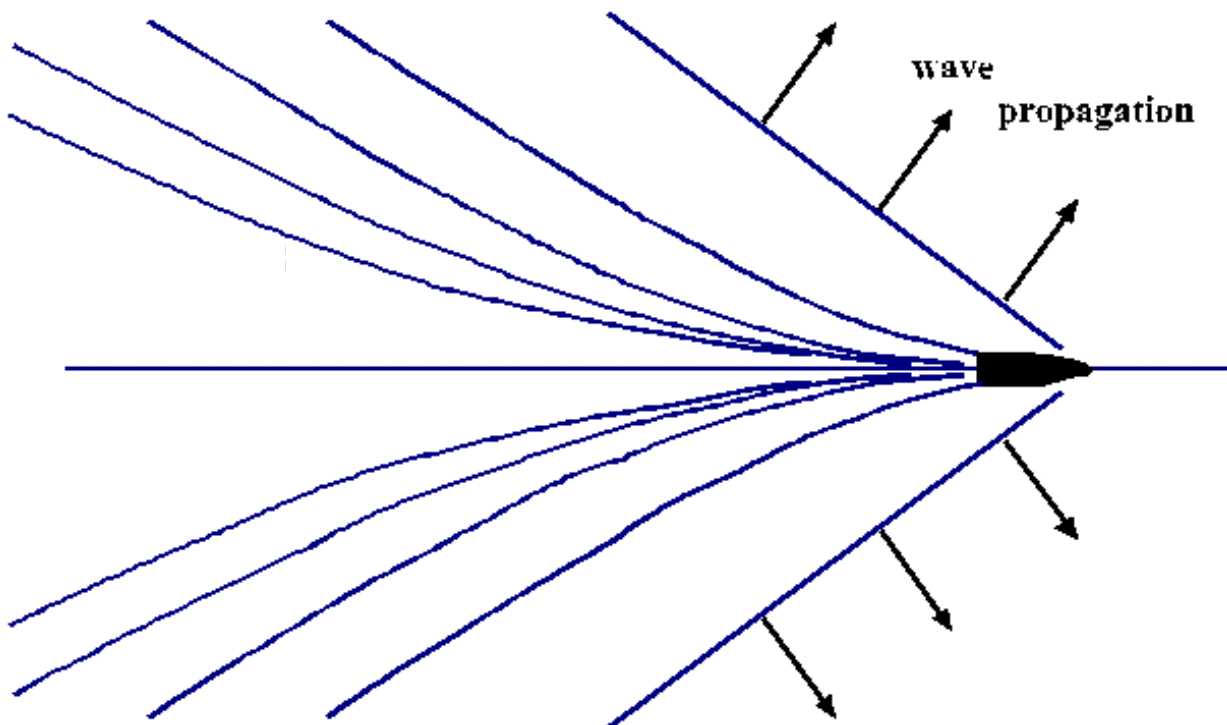
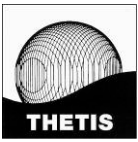


Figura 2-2 Sistema d'onda di Kelvin in condizioni di velocità super-critica (planata).



Il secondo sistema d'onda è quello dell'onda di depressione creata dal transito del volume di carena, detta onda primaria o di Bernoulli, che genera un sistema di correnti tutto attorno all'imbarcazione. Dal punto di vista idrodinamico il flusso dell'acqua attorno ad una imbarcazione in moto è del tutto simile a quello creato dalla corrente attorno ad un ostacolo fisso, come ad esempio la pila di un ponte. Mentre l'imbarcazione si muove l'acqua transita sotto la sua chiglia viaggiando in direzione opposta. Questo flusso è noto con il nome di corrente di ritorno. All'incremento di velocità subita dall'acqua che transita lungo e sotto la chiglia dell'imbarcazione corrisponde una caduta del livello idrometrico, per mantenere costante l'energia totale. Il livello dell'acqua attorno all'imbarcazione risulta dunque più basso che nel resto del canale, e questa depressione costituisce appunto ciò che viene chiamato onda primaria.

La transizione tra il livello indisturbato dell'acqua davanti all'imbarcazione ed il livello della depressione assume la forma di una superficie acqueea inclinata che viene indicata con il nome di onda frontale. Poiché il livello dell'acqua immediatamente a monte dell'imbarcazione in arrivo subisce a sua volta un piccolo innalzamento a causa dell'arrivo della medesima, l'altezza totale dell'onda frontale è leggermente superiore a quella della depressione.

Esiste poi un'onda trasversale di poppa, corrispondente alla transizione tra il livello della depressione ed il livello idrometrico indisturbato dietro l'imbarcazione.

La combinazione di depressione del livello idrometrico, onda frontale e onda trasversale di poppa si comporta come un'onda solitaria con lunghezza simile a quella dell'imbarcazione, che non frange sul basso fondale come le normali onde corte, ma si comporta piuttosto come un impulso di marea, che sale e scende al transito dell'imbarcazione (Figura 2-3).

A livello teorico gli effetti del transito di una imbarcazione in un canale possono essere dedotti dall'equazione di Bernoulli. L'altezza dell'onda  $Z$  e la corrente di ritorno  $U_r$  rimangono individuate come segue (Schiereck, 2001):

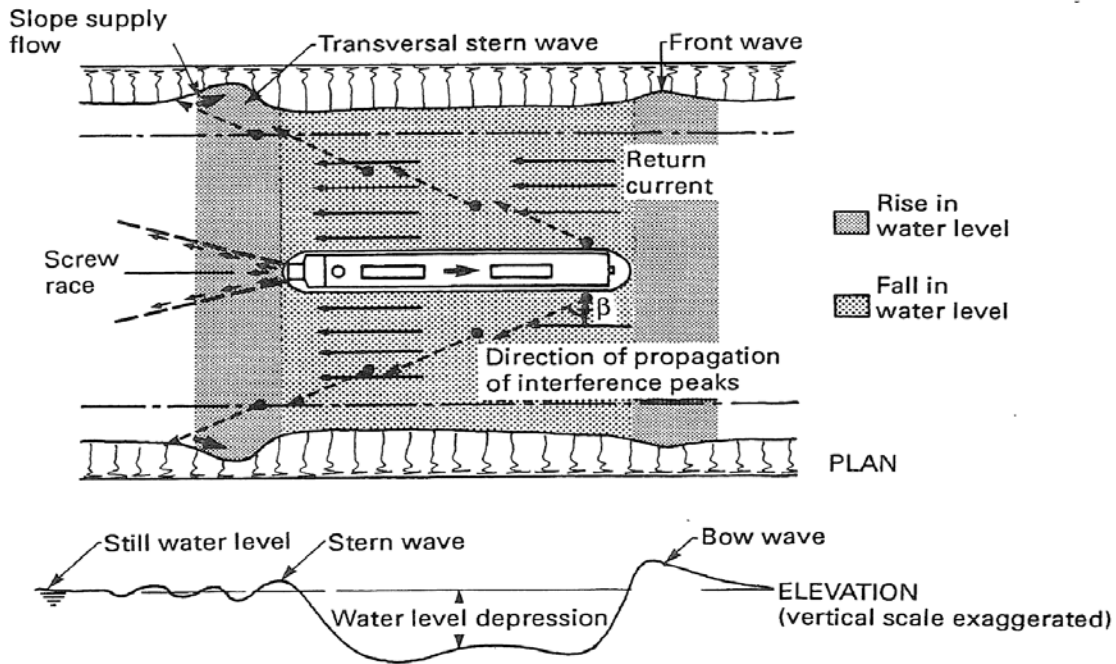
$$\frac{V_s}{g h} = \frac{2Z/h}{\left(1 - \frac{A_s}{A_c} - \frac{Z}{h}\right)^2 - 1}$$
$$\frac{U_r}{\sqrt{g h}} = \left[ \frac{1}{1 - \frac{A_s}{A_c} - \frac{Z}{h}} - 1 \right] \frac{V_s}{\sqrt{g h}}$$

Dove  $A_s$  è la sezione trasversale dell'imbarcazione,  $A_c$  quella del canale e le rimanenti notazioni assumono il medesimo significato già esposto in precedenza per le onde secondarie.

Sia l'altezza  $Z$  dell'onda di depressione che la velocità della corrente di ritorno  $U_r$  sono quindi direttamente proporzionale alla velocità dell'imbarcazione.

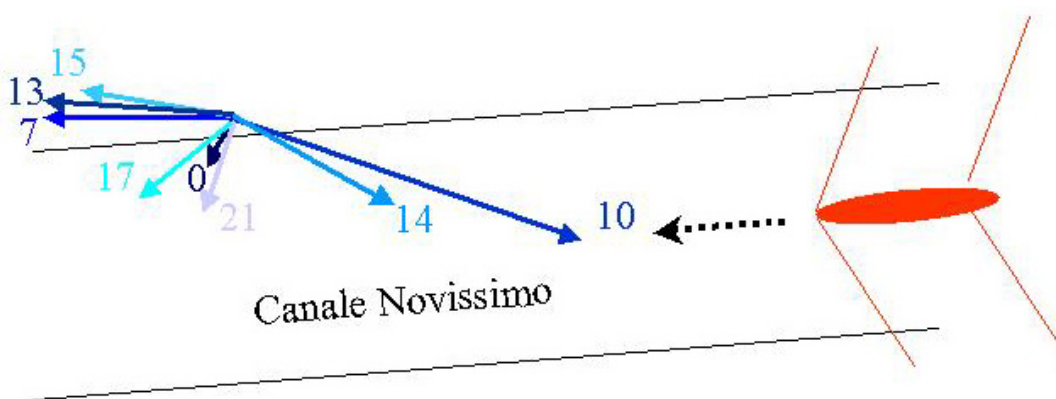
Un altro, fondamentale parametro di controllo, è dato dal cosiddetto coefficiente di bloccaggio, che esprime il rapporto tra la sezione trasversale dell'imbarcazione e quella del canale.

La velocità della corrente di ritorno e l'altezza dell'onda di Bernoulli possono risultare del tutto inapprezzabili per piccole imbarcazioni che percorrono canali larghi e profondi, diventando rapidamente significative al diminuire della sezione del canale e all'aumentare delle dimensioni dell'imbarcazione.



**Figura 2-3 Sistema complessivo di onde e correnti associate al transito di una imbarcazione in un canale navigabile (Fonte: PIANC, 1987).**

Le onde secondarie o di Kelvin sono le principali responsabili, con il loro frangimento, della risospensione dei sedimenti dai bassi fondali e dell'erosione dei fronti barenali, mentre le correnti indotte dall'onda primaria o di Bernoulli movimentano il sedimento reso disponibile sul fondale e in colonna d'acqua risucchiandolo verso il canale (Figura 2-4).



**Figura 2-4 Correnti indotte dal transito di un lancione tipo "gran turismo" a gran velocità lungo il Canale Novissimo, in laguna Sud. La lunghezza delle frecce indica l'intensità delle correnti indotte, la loro numerazione il numero di secondi trascorsi dal transito. Si nota il significativo richiamo di acqua dai bassi fondali verso il canale (risucchio), cui possono corrispondere sollecitazioni anche rilevanti sul fondale (Fonte: Magistrato alle Acque di Venezia-Thetis, 2001).**

## 2.2 Effetti sulla morfologia lagunare

Gli effetti della navigazione interna sulla morfologia lagunare sono conosciuti da tempo e sono stati approfonditi nel corso di molti studi promossi dall'ex Magistrato alle Acque di Venezia.

### 2.2.1 Barene

Per quanto riguarda in particolare le barene sono noti gli effetti negativi del traffico diportistico lungo i canali della laguna Nord, dove tali elementi morfologici risultano altrimenti stabili per via dei fetch limitati, che non permettono la formazione di un significativo moto ondoso in occasione degli eventi di bora.

La degradazione delle barene di sponda dei canali in queste aree avviene soprattutto per erosione laterale: le correnti che scorrono lateralmente lungo il loro margine, indotte dalla marea o dal transito delle imbarcazioni, provocano l'erosione di intere zolle, già degradate dall'azione delle onde che provocano una certa frammentazione e scalzamento al piede barena. Segue il crollo per gravità di una porzione di barena con la vegetazione intatta.

Il materiale della zolla collassata si accumula al piede, e per un certo tempo difende il margine da ulteriori franamenti, finché le correnti e il moto ondoso non rimuovono la gran parte dei sedimenti accumulati al piede. Il meccanismo in tal modo si riattiva e l'azione dell'acqua riesce a scavare un nuovo battente e riportare la microfalesia nella situazione iniziale (Magistrato alle Acque di Venezia-Thetis, 2006) (Figura 2-5).

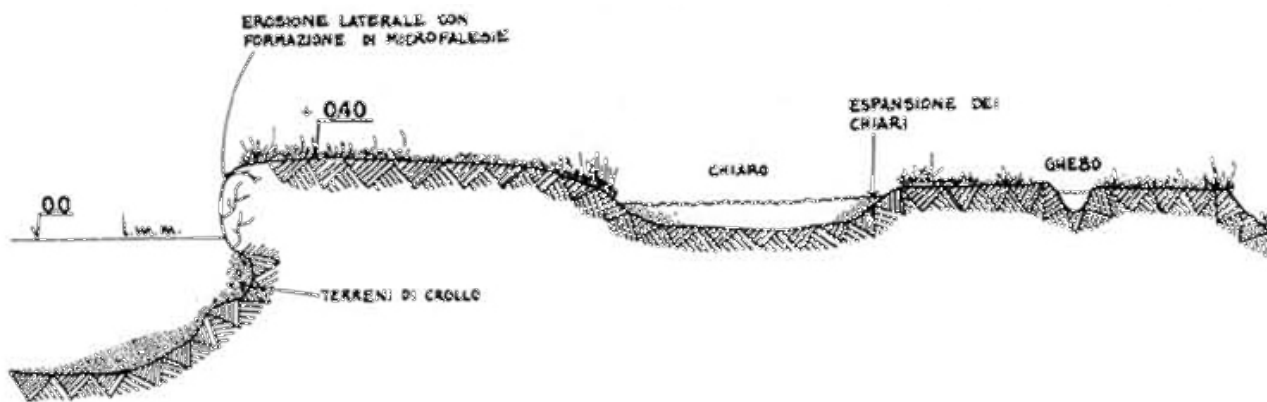
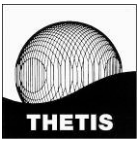


Figura 2-5 Rappresentazione del meccanismo di erosione laterale del bordo delle barene (Fonte: Cecconi, 1995).



### 2.2.2 Bassi fondali

In corrispondenza dei canali lagunari circondati da bassi fondali l'effetto della navigazione si esplica invece attraverso la progressiva demolizione ad opera delle onde della cosiddetta "gengiva" del canale, leggermente rialzata rispetto al basso fondale adiacente, che costituisce una sorta di barriera di separazione tra il medesimo ed il canale.

Una volta rimosso questo elemento di protezione l'azione dell'onda frangente si estende al basso fondale retrostante, provocandone una progressiva erosione che tende asintoticamente ad una condizione di equilibrio in cui in ogni punto del fondale la sollecitazione indotta dal moto ondoso nelle condizioni più sfavorevoli (massima velocità di transito delle imbarcazioni e minimo livello di marea) eguaglia la resistenza del fondale.

Poiché tale sollecitazione va riducendosi man mano che ci si allontana dall'asse del canale, l'approfondimento del basso fondale nella condizione di equilibrio è massimo a bordo canale e va progressivamente riducendosi con la distanza, sino ad annullarsi.

L'impatto sulla morfologia lagunare del transito delle tipologie più frequenti di imbarcazioni attraverso canali rappresentativi delle conformazioni più frequenti dei fondali, in diverse condizioni di marea e di velocità di percorrenza, è stato investigato in un apposito studio dell'ex Magistrato alle Acque (Magistrato alle Acque di Venezia-Thetis, 2001).

Pur nella diversità delle situazioni sperimentali, una delle conclusioni di carattere generale cui giunge detto Studio è appunto che l'impatto dell'onda sul fondale va decrescendo velocemente all'allontanarsi dalla linea di rotta sino a risultare nella maggioranza dei casi poco o per niente rilevabile già ad una distanza di 30÷40 m dalla stessa, distanza che individua dunque la fascia di basso fondale interessata dagli effetti del traffico acqueo.

### 3 Stato dell'arte delle modalità di intervento a protezione di barene e bassi fondali dal moto ondoso

Nel corso degli anni l'ex Magistrato alle Acque ha realizzato in laguna di Venezia numerosi interventi volti ad incrementare le capacità di resistenza all'erosione delle strutture morfologiche e dei fondali, principalmente attraverso la realizzazione di strutture di protezione dei bordi delle velme e delle barene esistenti, ma anche attraverso il trapianto di vegetazione sulle velme e sui bassi fondali.

Un riassunto delle principali tipologie di intervento testate e della loro efficacia, così come risultante dai monitoraggi eseguiti dall'ex Magistrato alle Acque, è contenuta nello studio "Stato dell'ecosistema lagunare veneziano aggiornato al 2005, con proiezioni al 2025 - DPSIR 2005" (Magistrato alle Acque di Venezia-Thetis, 2006) e dai più recenti studi, in particolare quelli a supporto dell'aggiornamento del Piano per il recupero morfologico e ambientale della laguna di Venezia<sup>1</sup> (Magistrato alle Acque-CVN-SI, 2008; Magistrato alle Acque-Thetis, 2011; Magistrato alle Acque-CORILA, 2014), dai quali è stato estratto quanto riportato qui di seguito.

#### 3.1 Protezione dei margini delle barene

Le soluzioni tecniche messe a punto nel corso del tempo e applicate in laguna di Venezia sono le seguenti:

- palificate in legno;
- palificate in plastica;
- burghe;
- buzzoni;
- depositi di materiale organico.

##### 3.1.1 Palificate in legno

Questo tipo di protezione è stato uno dei primi sistemi messi in atto in laguna di Venezia a partire dagli anni '90. Le palificate si sono dimostrate una difesa efficace solo nelle zone a minor esposizione ed a bassa salinità (condizione indispensabile per la durata dei pali).

Nei luoghi ad intenso traffico, questa protezione si è dimostrata ben poco efficace in quanto la struttura verticale riflette e amplifica l'energia dell'onda con erosioni localizzate sia lungo il bordo interno per effetto dell'onda tracimente, che lungo quello esterno della palificata.

Inoltre, queste strutture presentano un'ulteriore criticità legata alla limitata durata dei pali in legno specie nelle zone ad elevata salinità. Il rapido degrado dei legni in ambiente lagunare e marino è infatti legato a fenomeni di biodemolizione ed è dovuto alla sinergica azione di invertebrati xilofagi, batteri e funghi.

---

<sup>1</sup> Ad oggi si stanno predisponendo la bozza finale del Piano, il relativo Rapporto Ambientale e lo Studio per la Valutazione di incidenza per la sottomissione alla fase di consultazione della procedura di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) di livello nazionale ai sensi del Titolo II della Parte seconda del D.Lvo 152/06 e ss.mm.ii., cui è sottoposto il Piano.

Per questi motivi l'utilizzo delle palificate è ora molto ridotto e specifico e anche per gli ausili per la navigazione si è dato corpo alla sperimentazione di nuovi materiali e tecniche protettive del legno per realizzare pali di maggiore durata.

Fino ad alcuni anni fa, la Sovrintendenza ai Beni Ambientali imponeva l'utilizzo esclusivo, tranne sporadiche eccezioni, di materiali "naturali" per la laguna, intendendo con ciò principalmente palificate in legno a pali accostati o fascine, accettando fra gli inerti la sabbia ma non consentendo l'impiego di materiale lapideo. A partire dal 1999 sono state sperimentate alcune tipologie protettive alternative a quelle lignee, caratterizzate da diverso grado di resistenza e degradabilità e pertanto meglio adattabili alle differenti situazioni morfologiche lagunari.



**Figura 3-1 Palificata degradata dall'azione delle teredini, che perforano e penetrano in senso longitudinale all'interno del palo (Magistrato alle Acque - CVN-SI, 2008).**

### 3.1.2 Palificate in plastica

Verificata la limitata durata delle palificate in legno, soprattutto nelle aree lontane da apporti di acqua dolce dove è maggiore la concentrazione delle teredini e nelle aree soggette ad elevato moto ondoso e con elevate velocità di corrente, sono state sperimentate palificate in plastica riciclata.

L'impiego di questo tipo di materiali di protezione tuttavia non è ad oggi tra quelli correntemente utilizzati né tra quelli che hanno trovato vasta applicazione.



**Figura 3-2 Pali in plastica a protezione di un tratto di margine della barena naturale Tresso a 5 anni dall'infissione (Magistrato alle Acque - CVN-SI, 2008).**

### 3.1.3 Strutture di protezione in burghe

Le burghe sono strutture modulari cilindriche riempite con pietrame di piccola pezzatura, sabbia o conchiglie contenute all'interno di una geogriglia di poliestere ad alta densità.

La quota è sempre limitata a +0.30 m s.m. per non alterare il naturale ripascimento delle superfici barenali. Agli inizi esse sono stata utilizzate come alternativa alle palificate in legno nei siti di interesse archeologico dove non era possibile infiggere i pali.

L'uso di questi moduli è consentito, a condizione che vengano impiegati per tratti limitati, specie quelli molto esposti al moto ondoso e che possano essere sempre rimossi.

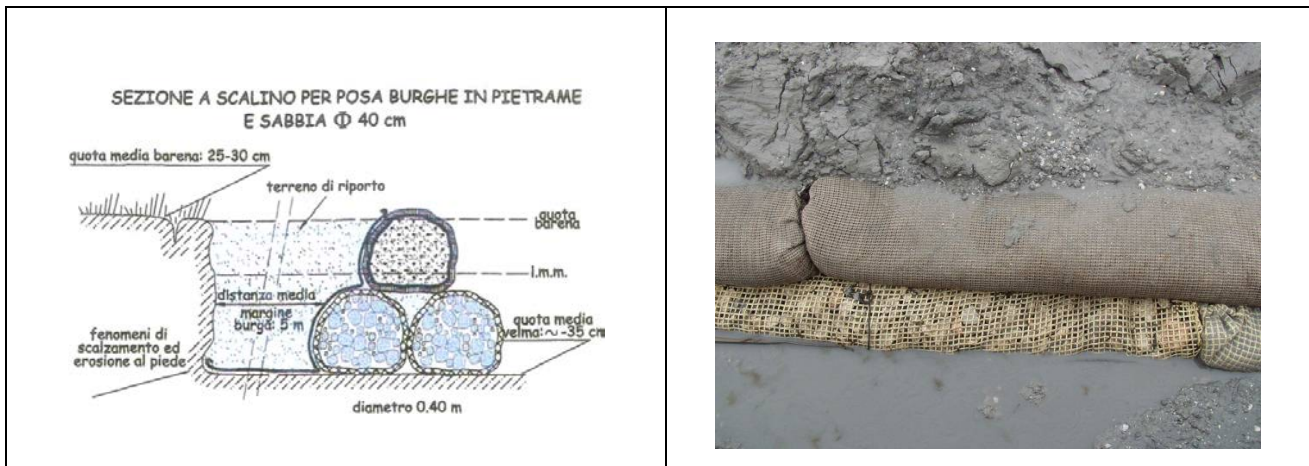
La disposizione di queste strutture protettive segue l'andamento naturale dei margini barenali rispettando la presenza di ghebi e la presenza di conformazioni a spiaggia: proteggendo solo le estremità a promontorio e lasciando libero il tratto a spiaggia, in equilibrio con le onde locali.

Rispetto alle strutture verticali piane, le burghe consentono una maggior dissipazione del moto ondoso, per la presenza di spazi vuoti tra il pietrame, e sono particolarmente indicate nei canali ad intenso traffico.



Di durata pressoché illimitata, esse offrono il vantaggio di poter essere rimosse quando non risultano più necessarie: o perché il moto ondoso è diminuito o perché l'energia ondosa è tale da rendere preferibile assecondare la formazione di una rientranza a spiaggia.

Per quanto riguarda il microhabitat locale le burghe, già dopo pochi mesi, vengono colonizzate dagli organismi animali e vegetali che oltre a conferire alla struttura una buona integrazione con il paesaggio, contribuiscono ad aumentare la biodiversità in misura maggiore rispetto alle palificate attraendo gli organismi algali e zoo bentonici. La presenza di substrati in pietra e la presenza di cavità, costituiscono infatti habitat ideali per la colonizzazione di comunità bentoniche, la cui strutturazione risulta molto diversificata specie nelle aree a maggior ricambio e maggior salinità.



**Figura 3-3** Rappresentazione dell'intervento di protezione del margine con burghe in due ordini; foto dell'intervento realizzato con il Progetto Life1999 (Magistrato alle Acque - SELC, 2001).



**Figura 3-4 Barena Ca la Vela: conterminazione in burghe (Magistrato alle Acque - CVN-SI, 2008).**



**Figura 3-5** Operazione di rimozione delle burghe lungo il canale di Burano (Magistrato alle Acque - CVN-SI, 2008).

### 3.1.4 Strutture di protezione in buzzoni

I buzzoni sono strutture a moduli cilindrici, simili alle burghe, costituiti da sacchi di materiali a diversa degradabilità, riempiti con materiali naturali, che vengono posizionati a protezione diretta dei margini barenali.

Sono stati realizzati diversi tipi di buzzoni con differenti materiali posti all'interno dei sacchi tra cui fascine, ramaglie, canna palustre, sedimento e zolle vegetate con piante alofile; all'interno dei sacchi oltre al substrato per lo sviluppo della vegetazione, viene inserito anche del pietrame per garantire il peso specifico necessario a mantenere il buzzone sul fondo.

Queste strutture sono state posizionate nelle zone a minor esposizione al moto ondoso, come i bordi interni di canali secondari, per ricostruirne e rinforzarne i bordi.

I risultati degli interventi realizzati hanno dimostrato che solo nelle zone a minima esposizione all'energia ondosa, e cioè nei bordi riparati posti oltre l'imbocco dei canali secondari, si è avuta la stabilizzazione del sedimento a tergo di queste strutture con lo sviluppo della vegetazione di barena; nelle zone più esposte al moto ondoso invece il terreno è stato subito dilavato e l'attecchimento delle piante compromesso.



**Figura 3-6 Buzzi in cocco ai margini della canaletta Laghi (sopra). Buzzi con ramaglie (sotto), al momento della realizzazione 2001 (Magistrato alle Acque - CVN-SI, 2008).**

### 3.1.5 Depositi di materiale organico

L'intervento consiste nella realizzazione di accumuli di materiale organico in fasce parallele al bordo di barena, imitando i depositi spiaggiati che si formano naturalmente. Il tipo di materiale utilizzato varia a seconda di quello che è disponibile al momento nel sito e nelle vicinanze e dalla facilità del trasporto. Sono state testate le seguenti tipologie di materiale:

- gusci di molluschi;
- paglia (da posizionare in uno strato di fondo), alghe e fanerogame (per realizzare uno strato di copertura);
- legno per realizzare zattere ancorate al terreno e in grado di sollevarsi in caso di innalzamento dell'acqua.

Questo tipo di intervento di consolidamento del margine barenale è stato sperimentato con successo in alcuni siti della laguna meridionale su barene che presentavano erosione marcata del bordo con profilo digradante a spiaggia, con lo scopo di contrastare l'erosione frontale e incrementare la presenza di avifauna.

Si è infatti visto che il materiale depositato rende il margine più resistente all'erosione, costituisce un habitat ottimale per la vegetazione alo-nitrofila, per l'insediamento di specie animali bentoniche e per la nidificazione di specie avifaunistiche (Fratino, Fraticello, Beccaccia di mare).



**Figura 3-7 Foto di un intervento di protezione del margine con accumuli di conchiglie (Magistrato alle Acque - Technital, 2004).**

## 3.2 Protezione dei bassi fondali

Le principali tipologie di intervento testate per la protezione dall'erosione di velme e bassi fondali sono le seguenti:

- realizzazione di sovralti sabbiosi;
- realizzazione di strutture sommerse per la dissipazione del moto ondoso a bordo canale;
- trapianto di vegetazione.

### 3.2.1 Sovralzi sabbiosi

Si tratta di strutture morfologiche sommerse, in sabbia, realizzate nei bassi fondali antistanti le barene o a ridosso di queste nelle località di laguna aperta esposte all'azione erosiva del vento e del moto ondoso da questo causato. Si tratta di zone barenali localizzate prevalentemente in laguna centrale e meridionale, in cui l'entità del moto ondoso è dovuta all'ampiezza del *fetch*.

La struttura consiste in un cordone di materiale sabbioso di larghezza pari a 10-50 m che rialza il fondale lagunare delle quote attuali di 1,5 m a una profondità pari al livello delle basse maree di sizigia (-0,5 m).

La funzione che svolgono è quella di dissipare l'energia del moto ondoso prima che arrivi alle barene retrostanti.

Le attività di monitoraggio hanno evidenziato una serie di processi di naturalizzazione e una positiva evoluzione dei rilevati:

- rimodellamento delle scarpate e mescolamento dei sedimenti artificiali con quelli autoctoni;
- colonizzazione dei margini così modificati e di parte della superficie da parte di fanerogame marine;
- formazione di tappeti di alghe filamentose sulle superfici;
- modellamento della superficie e formazione di un abbozzo di reticolo idrografico.



**Figura 3-8** A sinistra: Sovralzi Punta Vecia Nord e Sud, ubicazione dei rilievi nello studio C.2.10/II (Magistrato alle Acque - SELC, 2004b); a destra: foto panoramica su Sovralzo Punta Vecia Nord (2001).



Ulteriori sperimentazioni di questa tipologia di intervento hanno riguardato la ricreazione dell'originale struttura rialzata di bordo (detta "gengiva") di canali lagunari soggetti a traffico acqueo, erosa dal moto ondoso, con funzione di separazione tra canale e basso fondale adiacente.

Queste strutture, efficaci sia al fine di provocare il frangimento dell'onda prima che investa il basso fondale, sia di limitare il risucchio verso il canale del sedimento risospeso dal fondale, limitandone l'interrimento, hanno mostrato però limiti di stabilità sotto l'azione del moto ondoso nelle aree più trafficate, come nel caso del Canale di Tessera, erodendosi progressivamente sino a scomparire.

### 3.2.2 Realizzazione di strutture per la dissipazione del moto ondoso a bordo canale

La realizzazione di strutture lineari continue a bordo canale, destinate a proteggere i bassi fondali retrostanti attraverso la dissipazione del moto ondoso generato dalle imbarcazioni in transito, è stata oggetto di una specifica sperimentazione in laguna di Venezia.

Le strutture testate sono state le seguenti:

- Sovralzi sommersi in sabbia rivestiti con geostuoie rinforzate zavorrate;
- Sovralzi sommersi realizzati con elementi modulari (burghe e materassi) riempiti di pietrame, realizzate con diverse larghezze della cresta per testarne la diversa efficacia (Figura 3-9);
- Filter Unit (sacconi in pietrame): contenitori flessibili a sacco in maglia romboidale di poliestere, riempiti di pietrame, delle dimensioni di 1.9 m di diametro, con 0.40 m di spessore, disposti su tre ordini in modo da formare una struttura piramidale semisommersa;
- OndaRail: strutture modulari galleggianti in polietilene, di dimensioni di ingombro pari a circa 1.8 m di lunghezza x 2.15 m di larghezza x 1.9 m di altezza, la cui efficacia nello smorzamento del moto ondoso è legata alla forma ed alle caratteristiche di galleggiamento;
- Palancolati in acciaio, costituiti da singoli elementi affiancati e saldati tra di loro grazie a ganci di connessione tipo Larssen, a formare una linea continua emersa;
- Palancolati in fibra di vetro (tipo Saimex) costituiti da singoli elementi affiancati e saldati tra di loro grazie a ganci di connessione tipo Larssen, a formare una linea continua emersa;

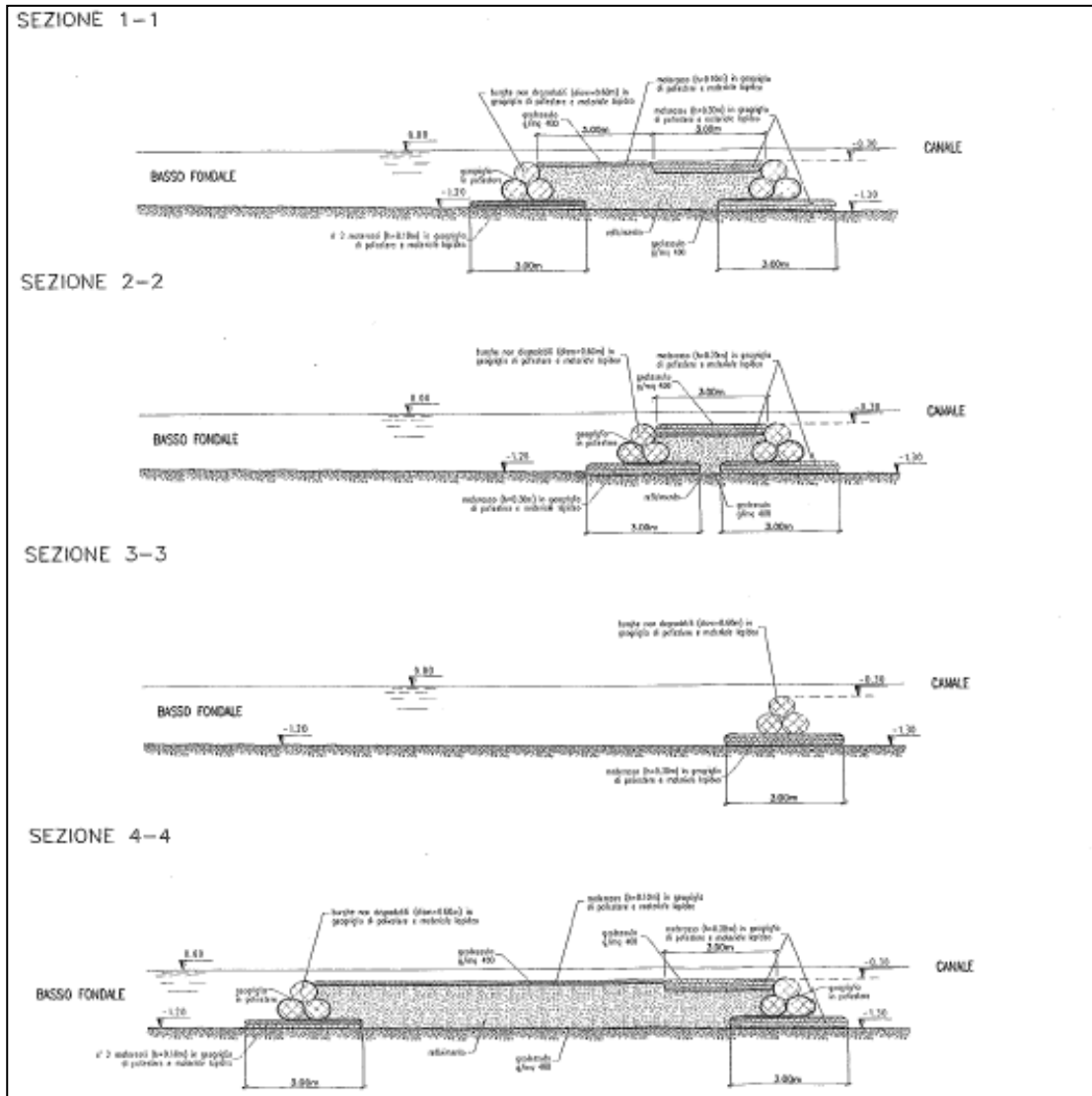
Le strutture a cresta bassa (sovalzi in sabbia, sovalzi in pietrame e Filter Unit) hanno evidenziato un comportamento molto simile a quello delle tradizionali strutture a cresta bassa per la difesa delle coste (scogliere frangiflutti sommerse), cioè un'ottima capacità di smorzamento del moto ondoso, che aumenta al diminuire della sommersione e all'aumentare della larghezza della cresta.

La struttura modulare galleggiante in polietilene risulta efficace soprattutto per smorzare onde di breve periodo, il cui moto è confinato alla parte superiore della colonna d'acqua. La sua efficacia è risultata pertanto buona ma non ottimale durante la sperimentazione per la presenza nei treni d'onda generati dai natanti delle componenti di lungo periodo del moto ondoso legate all'onda primaria.

La maggiore efficacia nella riduzione del moto ondoso sui bassi fondali retrostanti è stata rilevata infine per i due tipi di palancolato, essenzialmente legata al fatto che si tratta di strutture costantemente emerse.

Le sperimentazioni effettuate hanno inoltre evidenziato che tutte queste opere di protezione tendono ad acquisire nel tempo il colore del sedimento lagunare per effetto delle particelle di sedimento che si depositano

su di esse e dell'acqua in cui sono immerse, inserendosi così in modo non invasivo nel paesaggio (Magistrato alle Acque di Venezia-Technital, 2010).



**Figura 3-9** Modalità realizzative dei sovralti sommersi realizzati con elementi modulari riempiti di pietrame, per le diverse larghezze di cresta testate (Magistrato alle Acque di Venezia-Technital, 2010).

### 3.2.3 Interventi di trapianto di fanerogame marine in ambiente di basso fondale

L'idea di estendere le praterie naturali ancora esistenti e addirittura di effettuare riforestazioni trae origine dal riconoscimento dell'importanza del ruolo di questi vegetali sommersi nella protezione contro l'erosione dei fondali e la risospensione dei sedimenti, nonché del riconoscimento della loro funzione di "nursery" per la fauna di fondo. Il trapianto di fanerogame agisce infatti, dal punto di vista dell'evoluzione morfologica, riducendo la sollecitazione indotta da onde e correnti



Le prime sperimentazioni di trapianto effettuate in laguna di Venezia hanno avuto luogo nell'ambito di un programma sperimentale patrocinato dal Comune di Venezia-Assessorato all'Ecologia, nel periodo che è corso dal 1992 al 1995. Queste sperimentazioni hanno interessato tutte le tre specie lagunari.

Secondariamente, un importante programma sperimentale è stato condotto nell'ambito degli interventi di riequilibrio idromorfologico avviati nel bacino meridionale della laguna e previsti dal Piano degli Interventi per il Recupero Morfologico della laguna del Magistrato alle Acque (Magistrato alle Acque-CVN, 1992). Questo programma ha rappresentato la prima ricerca condotta in maniera approfondita su trapianti di fanerogame marine nell'ambito lagunare ed ha interessato le due specie caratteristiche dei bassofondi lagunari, *Z. marina* e *C. nodosa*. Altre ricerche sono state condotte nella Palude della Rosa, sempre da parte del Consorzio Venezia Nuova, inquadrata nella problematica del recupero idromorfologico di questo bacino, ma hanno riguardato specificatamente *N. noltii*, fanerogama caratteristica delle aree di velma e delle cinture barenali.

Globalmente, le sperimentazioni eseguite per testare la possibilità di espianto-trapianto delle tre specie di fanerogame marine presenti in laguna di Venezia e l'analisi delle relative informazioni bibliografiche hanno mostrato che solamente *C. nodosa* e *Z. marina* possono essere utilizzate con vantaggio, per interventi a media e grande scala lagunare, mentre l'utilizzo di *N. noltii* appare più opportuno per interventi minori di rinaturalizzazione di aree interne, in corrispondenza di interventi legati alla protezione degli apparati intertidali.



**Figura 3-10 Zolla di sedimento vegetato, a *C. nodosa*, espiantata e pronta per l'inserimento nel sito accettare (Magistrato alle Acque di Venezia-SELCO, 2001).**

## 4 Stato di fatto

### 4.1 Il canale di Tessera

La via acqua di accesso all'aeroporto è costituita dal Canale di Tessera, che collega l'isola di Murano alla darsena aeroportuale con un percorso di poco meno di 5 km, di cui i primi 3 contornati da bassi fondali con una profondità media inferiore al metro e gli ultimi 2 contornati da strutture morfologiche emerse (barene).

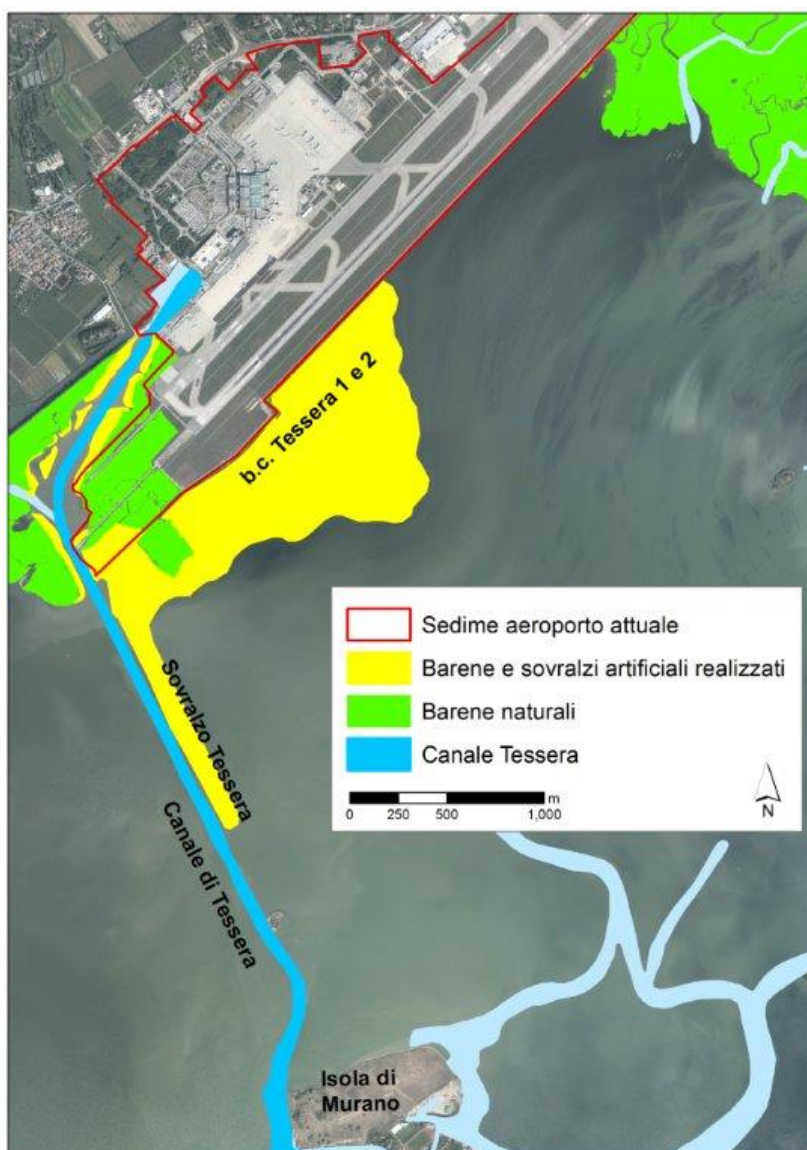
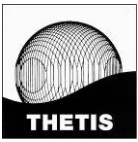


Figura 4-1 Strutture morfologiche dell'ambiente lagunare nell'area vasta. Elaborazione su foto aerea da volo anno 2013.



I fronti barenali prospicienti il canale mostrano oggi i segni di una significativa erosione dovuta al traffico acqueo, con un arretramento del bordo valutabile nell'ordine di alcuni metri.

Il problema è di lunga data ed è stato già affrontato in passato dall'allora Magistrato alle Acque con la costruzione nel 1995 della Barena Canale Tessera, realizzata appunto per proteggere la retrostante barena naturale (posta a nord-est rispetto alla struttura artificiale) dal moto ondoso.

Tale struttura morfologica artificiale, costruita per refluento di materiale di granulometria limosa ed argillosa dragato dall'adiacente canale di Tessera e conterminata con pali accostati, è stata anch'essa progressivamente erosa dal moto ondoso, così da richiedere la posa in opera nel 2003 di una linea di burghe in pietrame a sua difesa, rivelatasi peraltro anch'essa insufficiente con il passare degli anni.

Il tratto di canale più a sud, contornato da bassi fondali, è ubicato in prossimità del partiacque tra il bacino lagunare nord ed il bacino centro-settentrionale ed è caratterizzato pertanto in condizioni di calma di vento da velocità di corrente estremamente ridotte.

La tendenza di questo tratto è ormai da molti anni nella direzione di un progressivo interrimento a causa della sedimentazione del materiale risospeso dal traffico acqueo dai fondali circostanti e del sedimento apportato dalle correnti trasversali all'asse canale che si manifestano in condizioni di bora, quando i bassi fondali lagunari posti a più nord sono interessati da risospensione.

Le basse velocità di corrente tipiche di quest'area favoriscono infatti la sedimentazione del materiale risospeso dal moto ondoso, che pertanto non si allontana dal luogo di origine.

Il rilievo batimetrico eseguito dall'allora Magistrato alle Acque nell'anno 2003 nell'ambito dell'aggiornamento dell'intera batimetria lagunare riportava lungo l'asse canale profondità comprese tra 2.2 e 3.0 m, che un successivo rilievo eseguito nel 2009 nell'ambito dello Studio B.6.86 (Sistema informatizzato per la gestione dei canali – SI.GE.CA.) mostrava già ridotte mediamente di 20÷30 cm.

A protezione del canale dalle correnti trasversali e a mitigazione degli effetti erosivi sui bassi fondali circostanti è stato realizzato nel 1995 lungo il lato est del canale un sovrizzo di fondo, inteso a ripristinare la cosiddetta gengiva del canale, cioè l'elemento morfologico tipico che nei canali naturali della laguna veneta costituisce una sorta di barriera di separazione tra canale e il bassofondo adiacente.

Tale sovrizzo, realizzato per refluento di materiale sabbioso conterminato da una parete filtrante, è andato anch'esso rapidamente degradandosi con il passare del tempo sotto l'azione delle onde di bora e del traffico acqueo, come evidenziato dal monitoraggio delle strutture morfologiche artificiali condotto nell'anno 2007.

Il canale di Tessera è di competenza del Provveditorato Interregionale Alle Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque). Lungo il canale sono quindi vigenti, in base all'Ordinanza 93/2007 del Magistrato alle Acque, limiti di velocità che sono pari a 20 km/h nei tratti contornati da bassofondo e a 7 km/h limitatamente alle zone in prossimità dell'Isola di Tessera e nel tratto compreso tra le barene antistanti le piste aeroportuali e la darsena interna.

E' purtroppo nota, per quanto non rilevata da strumenti o misurazioni, la tendenza dei mezzi acquei del trasporto privato nel canale, che è rettilineo per la sua maggior parte, a superare i limiti imposti, sia quelli più restrittivi dei 7 km/h, sia quelli dei 20 km/h.

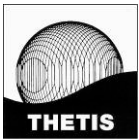
Lungo il canale non sono presenti postazioni fisse di controllo della velocità e del traffico (come ad esempio il sistema ARGOS, Automatic & Remote Grand Canal Observation System, del Comune di Venezia, che funziona per il controllo della navigazione in Canal Grande). Ne è attualmente possibile un controllo da remoto del traffico dei taxi in quanto il Regolamento per il coordinamento della navigazione locale nella Laguna Veneta (Approvato con deliberazione del Consiglio provinciale prot. n. 24772/I del 25 giugno 1998 e recen-

temente modificato, 4 agosto 2014) all'art. 66 "Sistema integrato di rilevamento, controllo e gestione della navigazione lagunare" non prevede per questa tipologia di natanti l'obbligo di dotarsi di apparati di bordo per il controllo della posizione.

D'altra parte non sono ad oggi previste nelle pianificazioni e programmazioni vigenti indicazioni o soluzioni per la limitazione del moto ondoso da traffico acqueo nel Canale di Tessera. Vale la pena a tal proposito evidenziare che il Comune di Venezia ha adottato un Piano Particolareggiato di iniziativa pubblica, "Terminal di Tessera", con Delibera del Consiglio Comunale n. 724 del 20 dicembre 2013, per la realizzazione di un nodo intermodale per i residenti del Comune e per i flussi turistici diretti verso la città insulare di Venezia, prevedendo in tal modo di incrementare l'accesso alla città attraverso il canale di Tessera.



**Figura 4-2 Limiti di velocità lungo il canale di Tessera (in rosso i tratti con limite a 20 km/h e in viola i tratti con limite a 7 km/h) (Fonte: [www.silvenezia.it](http://www.silvenezia.it) modificata; ultimo accesso 03.04.2015).**

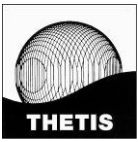


## 4.2 Il traffico acqueo attuale

Il traffico acqueo lungo il Canale di Tessera è legato per la sua quasi totalità allo spostamento dei passeggeri tra l'aeroporto e il centro storico veneziano ed è sostanzialmente costituito da due tipologie di imbarcazioni: i lanciazioni tipo "gran turismo" delle linee Alilaguna ed i taxi acquei.

Il numero di corse giornaliere delle linee Alilaguna da e per l'aeroporto attraverso il Canale di Tessera, così come desunte dagli orari pubblicati online (<http://www.alilaguna.it>), è pari a 126 (63 corse in arrivo e 63 in partenza).

Per quanto riguarda i taxi acquei la loro numerosità può essere desunta dal traffico passeggeri (8.3 milioni di passeggeri/anno). Tenendo conto dei dati forniti dal gestore aeroportuale circa i mezzi utilizzati per raggiungere l'aeroporto (taxi acqueo = 5.4%) e considerando un coefficiente di riempimento pari a 5 persone, si stimano circa 500 taxi ogni giorno, di media.



## 5 Impatti e mitigazioni

Ferma restando la percentuale di riempimento dei mezzi pubblici Alilaguna (già oggi per gran parte della giornata quasi pieni) e dei taxi acquei che costituiscono complessivamente la quasi totalità del traffico acquatico da e per l'aeroporto, e a prescindere dal grado di saturazione degli imbarchi attualmente esistenti in darsena, è verosimile che il numero delle corse andrà comunque adeguandosi negli anni alla crescente domanda di trasporto, a sua volta proporzionale al traffico passeggeri dell'aeroporto.

Poiché le previsioni del Masterplan 2021 di sviluppo aeroportuale danno un incremento del 39% nel numero di passeggeri al 2021 (11.6 milioni contro gli 8.3 attuali), in un'ipotesi altamente cautelativa, tale sarà anche l'incremento del numero di passaggi.

Ipotizzando inoltre, sempre utilizzando un criterio conservativo, che le tipologie di imbarcazioni utilizzate rimangano immutate e non si evolvano nella direzione di una minore generazione di moto ondoso, assisteremo dunque ad un aumento del 39% del flusso di energia dissipato in moto ondoso dal traffico acquatico da e per l'aeroporto.

La sollecitazione indotta sui fondali e sui fronti barenali dal transito della singola imbarcazione rimane tuttavia immutata, e così pure il suo effetto sulla morfologia.

L'aumento del traffico acquatico non produrrà pertanto nuovi impatti, diversi da quelli attualmente osservati, bensì una velocizzazione di quel processo di degradazione già in corso da lungo tempo e ormai verosimilmente prossimo al punto di equilibrio (sollecitazione generata dal moto ondoso in equilibrio con la resistenza dei fondali e delle aree emerse) descritto nei paragrafi precedenti.

Il punto di arrivo di questo processo di rimodellamento locale della morfologia lagunare ad opera del moto ondoso – arretramento del fronte barenale lungo gli ultimi 2 km del canale di Tessaera in prossimità della darsena aeroportuale; approfondimento dei bassi fondali per una fascia di 30-40 m su entrambi i lati del canale di Tessaera lungo i restanti 3 km del suo percorso – rimane dunque il medesimo verso il quale il sistema sta già migrando nella situazione di traffico attuale. Il progressivo aumento del numero dei passaggi non farà che velocizzarne il raggiungimento.

Una efficace azione di contrasto a questa tendenza in atto è certamente possibile per l'ultimo tratto di canale, quello contornato da barene, dove l'utilizzo di tipologie di protezione del bordo barenale ormai consolidate associate ad un ripascimento eseguito a regola d'arte permette di ripristinare la barena con una ragionevole certezza di resistenza al moto ondoso e durata nel tempo.

Si tratta appunto dell'intervento di compensazione C5 già previsto nell'ambito dello Studio di impatto Ambientale del Masterplan (Quadro di riferimento ambientale-Mitigazioni e compensazioni) con il nome di "Riqualifica barene canale di Tessaera", che viene accompagnato dall'intervento di mitigazione rappresentato dall'installazione di n. 2 dissuasori di velocità (intervento di mitigazione M5).



**Figura 5-1 Dissuasori di velocità (intervento di mitigazione M5).**

Per il tratto di canale compreso tra l'isola di Murano e l'inizio delle barene, dove il canale di Tessera è contornato da bassi fondali, la selezione della tipologia di intervento più adeguata è invece meno scontata.

La soluzione di gran lunga più efficace sarebbe indubbiamente quella di ridurre all'origine la sollecitazione ondosa, attraverso il rispetto del limite di velocità, palesemente ignorato su tutto o gran parte del canale dalla maggioranza delle imbarcazioni.

Far rispettare i limiti di velocità vigenti, eventualmente anche con l'ausilio di pattuglie di polizia o tramite l'installazione di autovelox come quelli già installati e funzionanti in Canal Grande, non è però evidentemente nelle possibilità del gestore aeroportuale, bensì ricade interamente nelle competenze del Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche del Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque).

Relativamente alle possibili azioni per imporre il rispetto dei limiti il gestore potrebbe farsi carico di finanziare l'installazione di sistemi di rilevazione e controllo del rispetto dei limiti di velocità (tipo safety tutor analogamente a quanto già funzionante nelle autostrade) ma solo a valle di un quadro normativo e amministrativo definito che preveda la sanzione per i natanti che non rispettano il limite di velocità della navigazione.

Senza la certezza della sanzionabilità ogni forma di controllo sarebbe inefficace e qualsiasi sistema di rilevazione inutile.



Un sicuro passo avanti nella conoscenza e quantificazione del fenomeno è rappresentato dal monitoraggio della numerosità dei mezzi transitanti il canale di Tessera e della loro velocità, possibile attraverso le registrazioni degli apparati costituenti i dissuasori di velocità, che viene inserito nelle presenti integrazioni (si veda l'elaborato di integrazione 23957-REL-T711 che tratta il tema delle mitigazioni e dei monitoraggi).

Venendo alle restanti tipologie di intervento, una soluzione che potrebbe dare garanzia di buona riuscita sarebbe sicuramente la realizzazione a fianco canale di una linea continua di strutture emerse di contenimento dell'onda, quali ad esempio strutture frangiflutti in pietrame o altre strutture caratterizzate da capacità di resistenza all'attacco ondoso e di assorbimento dell'energia dell'onda.

Anche a voler prescindere dalle problematiche legate alla scelta della tipologia più idonea al soddisfacimento dei requisiti citati ed all'inserimento nell'ambiente naturale, la realizzazione di una struttura continua emersa di questo tipo porrebbe tuttavia a sua volta problemi non indifferenti di impatto ambientale per via delle ripercussioni sulla circolazione lagunare e sul ricambio idrico, specie in condizioni di bora, quando la corrente indotta dal vento è perpendicolare all'asse del canale.

Rimangono da esaminare le soluzioni che operano la difesa dall'erosione dei bassi fondali circostanti il canale attraverso l'incremento delle capacità di resistenza al moto ondoso dei fondali impattati.

Un trapianto di vegetazione sommersa (fanerogame) non appare una soluzione praticabile: diversamente da quanto si verifica nelle aree di laguna aperta dove tale tipologia di intervento ha dato in passato buoni risultati per la protezione dei bassi fondali dalle onde generate dal vento, l'attacco ondoso generato dal traffico acqueo lungo il Canale di Tessera ha carattere continuo, e la forte torbidità dell'acqua generata con continuità durante le ore diurne dalla risospensione del sedimento dal fondale costituisce verosimilmente una condizione non compatibile con la sopravvivenza della vegetazione.

La realizzazione di un sovrizzo sabbioso a bordo canale, inteso a riprodurre l'originale presenza della "gengiva" con la sua funzione di separazione tra canale e basso fondale adiacente, efficace sia al fine di frangere l'onda prima che investa il basso fondale, sia di limitare il risucchio verso il canale del sedimento risospeso dal fondale, è già stata tentata senza successo in passato in questa stessa area: la struttura è andata progressivamente erodendosi sotto l'azione incalzante del moto ondoso.

L'unica soluzione che appaia insieme percorribile e caratterizzata da una discreta efficacia e durabilità rimane così quella della realizzazione di strutture sommerse per la dissipazione del moto ondoso a bordo canale, da realizzarsi in accordo con le risultanze delle sperimentazioni effettuate in laguna, ad esempio attraverso la posa in opera di una linea continua di burghe poggianti su materassini permeabili.



## 6 Conclusioni

Il presente documento analizza gli impatti attesi dall'incremento del traffico aeroportuale sulla morfologia lagunare lungo l'intera lunghezza del canale di Tessera, che collega l'isola di Murano alla darsena aeroportuale con un percorso di poco meno di 5 km, di cui i primi 3 contornati da bassi fondali con una profondità media inferiore al metro e gli ultimi 2 contornati da strutture morfologiche emerse (barene).

I fronti barenali prospicienti il canale mostrano oggi i segni di una significativa erosione dovuta al traffico acquatico, con un arretramento del bordo valutabile nell'ordine di alcuni metri.

Il tratto di canale più a sud, contornato da bassi fondali, è ormai da molti anni in progressivo interrimento a causa della sedimentazione del materiale risospeso dal traffico acquatico dai fondali circostanti e del sedimento apportato dalle correnti trasversali all'asse canale che si manifestano in condizioni di bora, quando i bassi fondali lagunari posti a più nord sono interessati da risospensione.

Le basse velocità di corrente tipiche di quest'area lagunare favoriscono infatti la sedimentazione del materiale risospeso dal moto ondoso, che pertanto non si allontana dal luogo di origine.

Gli effetti della navigazione interna sulla morfologia lagunare sono conosciuti da tempo e sono stati approfonditi nel corso di molti studi promossi dall'ex Magistrato alle Acque (ora Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche del Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia).

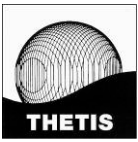
La degradazione delle barene di sponda dei canali avviene soprattutto per erosione laterale: le correnti che scorrono lateralmente lungo il loro margine, indotte dalla marea o dal transito delle imbarcazioni, provocano l'erosione di intere zolle, già degradate dall'azione delle onde che provocano una certa frammentazione e scalzamento al piede della barena. Segue il crollo per gravità di una porzione di barena con la vegetazione intatta. Il materiale della zolla collassata si accumula al piede e per un certo tempo difende il margine da ulteriori franamenti, finché le correnti e il moto ondoso non rimuovono la gran parte dei sedimenti accumulati al piede riattivando in tal modo il meccanismo.

In corrispondenza dei canali lagunari circondati da bassi fondali l'effetto della navigazione si esplica invece attraverso la progressiva demolizione ad opera delle onde della cosiddetta "gengiva" del canale, leggermente rialzata rispetto al basso fondale adiacente, che costituisce una sorta di barriera di separazione tra il medesimo ed il canale.

Una volta rimosso questo elemento di protezione l'azione dell'onda frangente si estende al basso fondale retrostante, provocandone una progressiva erosione che tende asintoticamente ad una condizione di equilibrio in cui in ogni punto del fondale la sollecitazione indotta dal moto ondoso nelle condizioni più sfavorevoli (massima velocità di transito delle imbarcazioni e minimo livello di marea) eguaglia la resistenza del fondale.

Poiché tale sollecitazione va riducendosi man mano che ci si allontana dall'asse del canale, l'approfondimento del basso fondale nella condizione di equilibrio è massimo a bordo canale e va progressivamente riducendosi con la distanza, sino ad annullarsi ad una distanza di 30÷40 m dalla linea di rotta.

Nel corso degli anni l'ex Magistrato alle Acque ha realizzato in laguna di Venezia numerosi interventi volti ad incrementare le capacità di resistenza all'erosione delle strutture morfologiche e dei fondali, sperimentando tipologie e tecniche diverse. Si tratta della realizzazione di strutture di protezione dei bordi delle velme e delle barene esistenti, ma anche di trapianti di vegetazione sulle velme e sui bassi fondali. Di molti di questi interventi sono stati eseguiti nel seguito specifici monitoraggi volti a determinarne l'efficacia e la durata nel tempo, fornendo così una preziosa base informativa per la realizzazione di nuovi interventi.



Venendo agli impatti attesi dall'implementazione del Masterplan 2021, l'aumento del traffico acqueo indotto dall'aumento del numero di passeggeri in transito all'aeroporto, valutato, in un'ipotesi estremamente cautelativa, al 2021 in circa il 39% in più rispetto all'attuale, produrrà un eguale incremento del flusso di energia complessivamente generato dalle imbarcazioni.

La sollecitazione indotta sui fondali e sui fronti barenali dal transito della singola imbarcazione rimane tuttavia immutata, e così pure il suo effetto sulla morfologia.

L'aumento del traffico acqueo non produrrà pertanto nuovi impatti, diversi o maggiori di quelli attualmente osservati, bensì una velocizzazione di quel processo di degradazione già in corso da lungo tempo e ormai verosimilmente prossimo al punto di equilibrio (sollecitazione generata dal moto ondoso in equilibrio con la resistenza dei fondali e delle aree emerse) descritto in precedenza.

Il punto di arrivo di questo processo di rimodellamento locale della morfologia lagunare ad opera del moto ondoso – arretramento del fronte barenale lungo gli ultimi 2 km del canale di Tessera in prossimità della darsena aeroportuale; approfondimento dei bassi fondali per una fascia di 30÷40 m su entrambi i lati del canale di Tessera lungo i restanti 3 km del suo percorso – rimane dunque il medesimo verso il quale il sistema sta già migrando nella situazione di traffico attuale. Il progressivo aumento del numero dei passaggi non farà che velocizzarne il raggiungimento.

Una efficace azione di contrasto a questa tendenza in atto è certamente possibile per l'ultimo tratto di canale, quello contornato da barene, dove l'utilizzo di tipologie di protezione del bordo barenale ormai consolidate associate ad un ripascimento eseguito a regola d'arte permette di ripristinare la barena con una ragionevole certezza di resistenza al moto ondoso e durata nel tempo.

Si tratta appunto dell'intervento di compensazione C5 già previsto nell'ambito dello Studio di impatto Ambientale del Masterplan (Quadro di riferimento ambientale-Mitigazioni e compensazioni) con il nome di "Riqualifica barene canale di Tessera", che viene accompagnato dall'intervento di mitigazione rappresentato dall'installazione di n. 2 dissuasori di velocità (intervento di mitigazione M5).

Diversa è la situazione per il tratto di canale compreso tra l'isola di Murano e l'inizio delle barene, dove il canale di Tessera è contornato da bassi fondali.

Qui la soluzione di gran lunga più efficace sarebbe indubbiamente quella di ridurre all'origine la sollecitazione ondosa, attraverso il rispetto dei limiti di velocità già esistenti, palesemente ignorati su tutto o gran parte del canale dalla maggioranza delle imbarcazioni. In tal senso esiste la possibilità di predisporre sistemi di controllo della velocità e sanzionamento nel caso di superamenti.

L'altezza dell'onda generata dal transito di una imbarcazione cresce infatti molto rapidamente con la velocità, risultando proporzionale alla sua quarta potenza.

Far rispettare i limiti di velocità vigenti, eventualmente anche con l'ausilio di pattuglie di polizia o tramite l'installazione di autovelox come quelli già installati e funzionanti in Canal Grande, non è però evidentemente nelle possibilità del gestore aeroportuale, bensì ricade interamente nelle competenze del Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche del Veneto-Trentino Alto Adige-Friuli Venezia Giulia (ex Magistrato alle Acque).

Un sicuro passo avanti nella conoscenza e quantificazione del fenomeno è rappresentato dal monitoraggio della numerosità dei mezzi transitanti il canale di Tessera e della loro velocità, possibile attraverso le registrazioni degli apparati costituenti i dissuasori di velocità, che viene inserito nelle presenti integrazioni.

Venendo alle rimanenti tipologie di intervento, non sembra ipotizzabile il far ricorso a strutture continue emerse di contenimento del moto ondoso, che potrebbero avere impatti negativi sulla circolazione lagunare.



L'unica soluzione che appaia insieme percorribile e caratterizzata da una discreta efficacia e durabilità rimane così quella della realizzazione di strutture sommerse per la dissipazione del moto ondoso a bordo canale, da realizzarsi in accordo con le risultanze delle sperimentazioni effettuate in laguna, ad esempio attraverso la posa in opera di una linea continua di burghe poggianti su materassini permeabili.

Si ritiene peraltro che un intervento così massiccio ed oneroso come la realizzazione di strutture di questo tipo su entrambi i lati del canale di Tessaera lungo l'intero tratto contornato da bassi fondali non dovrebbe essere preso in considerazione prima di aver quantomeno sperimentato i benefici attesi dal rispetto dei limiti di velocità attualmente vigenti.



## 7 Bibliografia

Cecconi G., 1995. Un programma integrato per proteggere le barene. In: "Tutela attiva e vivificazione delle zone umide. Laguna di Venezia e delta del Po", Numero monografico dei Quaderni Trimestrali del Consorzio Venezia Nuova, 1995, pp. 30-40.

Magistrato alle Acque di Venezia – CORILA, 2014. Studio C.2.10/IV. Aggiornamento del piano per il recupero morfologico e ambientale della laguna di Venezia. Prodotto dal Concessionario Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CVN-SI, 2008. Studio C.2.10/IV Aggiornamento del piano morfologico in base alle richieste dell'ufficio di piano. Linea G. La valutazione tecnico-economica delle possibili opere di recupero ambientale. Sotto-attività G2 – Le modalità di intervento per mitigare le attuali cause del degrado; Sotto-attività G3 – Le modalità di intervento in grado di riattivare i dinamismi naturali e che aiutino a creare velme e barene. Rapporto finale. Prodotto dal Concessionario Consorzio Venezia Nuova;

Magistrato alle Acque di Venezia-SELC, 2001. Progetto Life Natura 1999: Barene – protezione e recupero con tecniche di ingegneria naturalistica (rif.: Italia LIFE99 NAT/IT/006246). Rapporto tecnico finale. Per MAV-CVN.

Magistrato alle Acque di Venezia-SELC, 2004a. Studio C.8.5. Interventi di recupero ambientale e morfologico. Mantenimento delle strutture di sedimentazione ed interventi di naturalizzazione barenale. Rapporto intermedio n. 1: Ripristino delle fascinate.

Magistrato alle Acque di Venezia-SELC, 2004b. Studio C.2.10/II. Attività di aggiornamento del Piano degli interventi per il recupero morfologico in applicazione della Delibera del Consiglio dei Ministri del 15 marzo 2001. Studi integrativi – Attività 2<sup>a</sup> fase. Parte 3 – Rilievo dell'evoluzione degli interventi di recupero morfologico già realizzati con materiali sabbiosi: velme, barene e sovralti. Rapporto finale.

Magistrato alle Acque di Venezia-Te.Ma. Faenza, 2009. Studio B.6.86 - Sistema informatizzato per la gestione dei canali – SI.GE.CA.

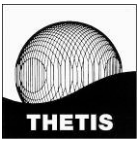
Magistrato alle Acque di Venezia-Technital, 2004. Attività di aggiornamento del piano degli interventi per il recupero morfologico in applicazione della delibera del Consiglio dei Ministri del 15 Marzo 2001. Studi di base, linee guida e proposte di intervento del piano morfologico. Volume 1, Parte A-Analisi del sistema.

Magistrato alle Acque di Venezia-Technital, 2010. Attività di aggiornamento del piano degli interventi per il recupero morfologico in applicazione della delibera del Consiglio dei Ministri del 15 Marzo 2001. Interventi Sperimentali- Attività di monitoraggio. Interventi per il contrasto delle azioni distruttive dell'ambiente lagunare dovute alla navigazione. Relazione Tecnica. Rapporto Finale.

Magistrato alle Acque di Venezia-Thetis, 2001. Studio C.2.4. – Studio degli effetti della navigazione interna sulla morfologia lagunare. Campagne intensive. Rapporto finale.

Magistrato alle Acque di Venezia-Thetis, 2006. Stato dell'ecosistema lagunare veneziano aggiornato al 2005, con proiezioni al 2025 - DPSIR 2005.

Magistrato alle Acque di Venezia – Thetis, 2011. Studio C.1.10. "Valutazione dello stato degli habitat ricostruiti nell'ambito degli interventi di recupero morfologico". Prodotto dal Concessionario Consorzio Venezia Nuova;



PIANC, 1987. Guidelines for the design and construction of flexible revetments incorporating geotextiles for inland waterways. Report of working group 4 of the Permanent Technical Committee I.

Schiereck G.J., 2001. Introduction to Bed, Bank and Shore Protection. Delft University Press.