

# “LEARNING AND BUILDING WITH NATURE”

di GIOVANNI CECCONI\*

\* Laboratorio Venezia per la Resilienza-Comunità Locale Wigwam, già direttore del Servizio Informativo del Consorzio Venezia Nuova

<sup>1</sup> Mancando altre evidenze negli anni successivi sulla stabilità del fondale, il 1955 è qui assunto come origine del rapido aumento di profondità causato dall'erosione da vento

*Nella pagina seguente*  
**Figura 1. La scomparsa progressiva del basso fondale intertidale superiore alla quota -60 cm s.m., esposto al vento dominante di bora, dimostra come il moto ondoso attivato dalla crescita del livello del mare e dall'inquinamento e non più contenuto dal basso fondale, sia stato la causa prima del cambiamento di stato del sistema lagunare dal 1950 al 1970. Se ne deduce l'importanza della ricostruzione delle velme per il ripristino di habitat biostabilizzanti con zone protette dall'eccesso di energia ondosa (intercettazione) o poste a separazione dei canali artificiali (canalizzazione)**  
 1930 - 168 kmq  
 1970 - 105 kmq  
 2000 - 60 kmq

## 1. CAUSE STORICHE DEL DEGRADO DEL SISTEMA LAGUNARE

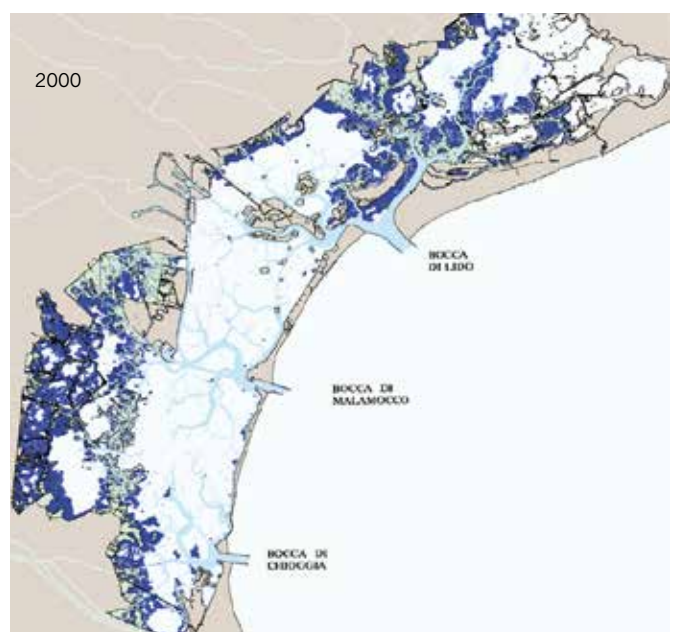
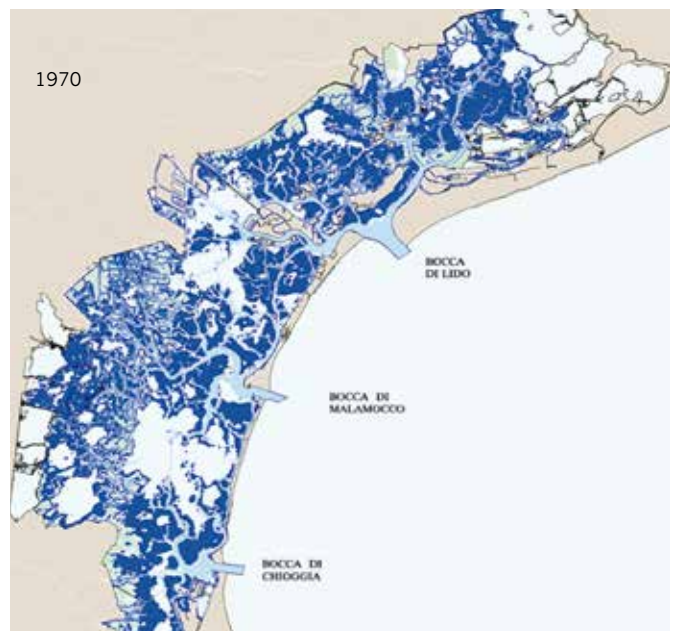
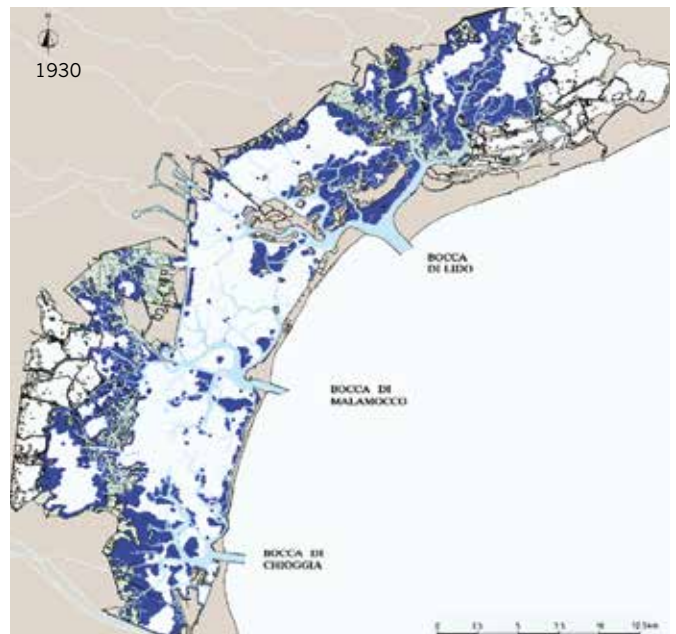
La laguna oggi presenta una struttura idro-morfologica profondamente alterata, con la dominanza di elevate profondità in un vasto areale, distaccato dalla gronda lagunare, che va da Murano a Santa Maria del Mare e poi, oltre la fascia di partiacque, da Pellestrina a Chioggia. In questi due areali che rappresentano più del 50% dell'intera superficie a marea, la quota del fondale è sempre inferiore alla quota delle minime basse maree sizigiali di -0.6 m s.m., per cui la superficie di fondo risulta sempre sommersa, mentre nel passato, prima degli anni '50, poteva sempre emergere o avere una piccola lama d'acqua (i chiari) in bassa marea (Figura 1). Come è provato dal confronto del rilievo batimetrico del 1970 con quello del 1930 e poi dalle foto aeree del 1955<sup>1</sup>, in termini percentuali la laguna ha perduto circa i due terzi delle superficie intertidali, principalmente le velme a lato dei canali e in misura minore le barene. La causa prima di questa maggiore profondità è stata il maggior livello medio del mare rispetto al fondale a causa dell'eustatismo (13 cm in un secolo), della subsidenza (12 cm al caposaldo del mareografo di Venezia punta Salute, ma ben

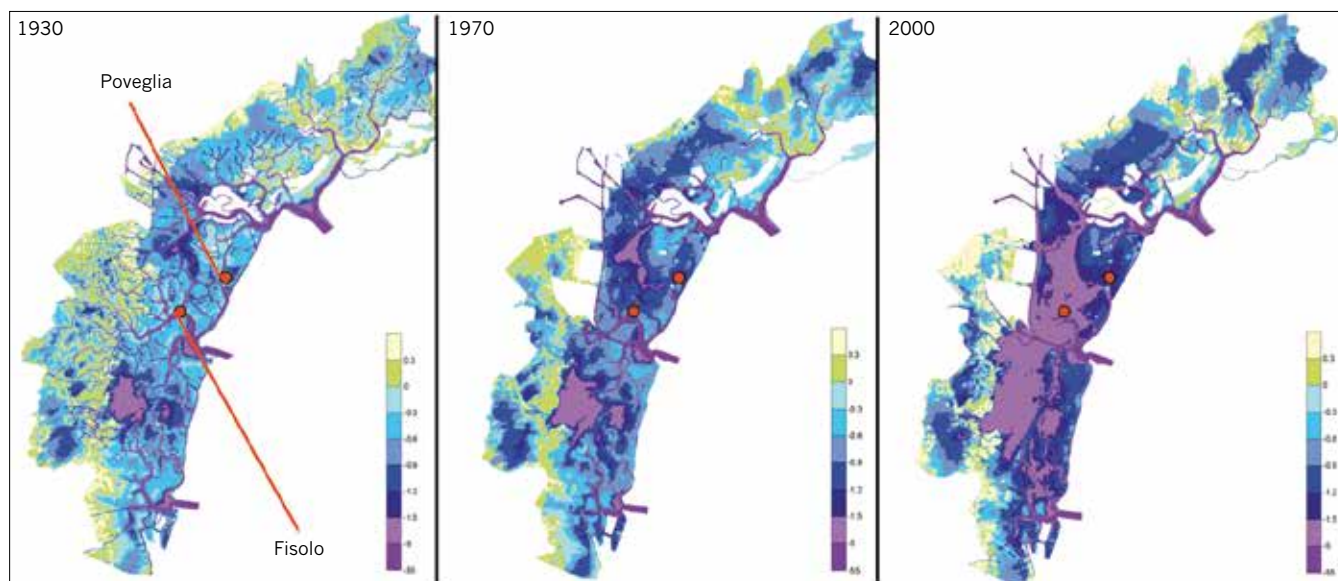
di più in laguna nelle zone prossime alla zona industriale maggiormente interessata dall'estrazione d'acqua sino al 1970) e poi per l'erosione del fondale indotta da quattro diversi fattori: il moto ondoso da vento; il dragaggio dei canali artificiali (soprattutto il Canale dei Petroli, il Canale Allacciante a Chioggia e il canale di San Giacomo e Tessera in laguna nord); la navigazione portuale e lagunare; la pesca con attrezzi meccanici. Questa porzione di laguna continua a erodersi e ad approfondirsi interessando un'area sempre più vasta disposta secondo la direzione del vento dominante nel verso di Sud-Ovest, come dimostrato dal rilievo batimetrico del 2000 e da verifiche successive del Magistrato alle Acque.

L'erosione produce un flusso annuo netto di sedimento dal fondale alla colonna d'acqua di circa 2.1 milioni di mc, concentrato nelle 15-20 giornate tipiche annuali di bora con venti superiori a 10 m/s. Dalla colonna d'acqua i sedimenti sono trasportati e dispersi in mare per circa un 50% (determinando un budget sedimentario lagunare fortemente negativo in quanto mancano da tempi storici apporti significativi dal bacino scolante); il restante 50% raggiunge e si deposita in parti più o meno uguali nei canali e nei fondali lagunari di gronda, confinati da velme e barene o da strutture artificiali come il ponte di Venezia e Chioggia o le casse di colmata, oltre che sulla superficie stessa delle barene che catturando circa mezzo centimetro di sedimento all'anno, sono comunque capaci di conservare invariata la loro quota rispetto al livello medio del mare beneficiando dell'eccesso di sedimento in sospensione. In laguna dunque si manifestano: un rilevate flusso sedimentario erosivo netto nei giorni di bora o scirocco, che si verificano

generalmente da Ottobre ad Aprile; un flusso deposizionale nelle aree di gronda senza fanerogame e in sedimentazione, con persistente risospensione e torbidità a causa del traffico acqueo, della pesca con attrezzi meccanici e delle onde da vento. In queste particolari aree confinate senza fanerogame la proliferazione, deposizione, degradazione delle biomasse algali assieme alla torbidità mantengono condizioni degradate per la formazione spontanea di habitat biostrutturanti (dominanza di sedimento fine e incoerente, persistente torbidità, aratura del fondale con attrezzi da pesca, alternanza di depositi di macroalghe e sedimento, di apporti di nutrienti non assimilabili, crisi anossiche). Il processo di degrado che è intervenuto è riassunto nel seguito.

Le principali cause storiche, che hanno attivato il processo di degrado morfologico, che poi si è manifestato dal 1955 al 1970 con la forte perdita di quota, accompagnata poi sino al 1990 dal degrado da eutrofizzazione con estesi bloom di macroalghe (Sfriso A. et al., 1987) sono: la subsidenza e l'eustatismo (Teatini et al., 2012); l'arricchimento di nutrienti (Zirino et al., 2016); lo sviluppo portuale con i canali artificiali e il confinamento lagunare con le casse di colmata, l'aeroporto, i ponti di Chioggia e di Venezia e infine l'arricchimento in sostanze inquinanti di acque e sedimenti lagunari (Solidoro C. et al., 2010; Tagliapietra D. et al. 2011; Ferrarin C. et al., 2013). Questi processi si sono manifestati in un sistema idro-morfologico deltizio che già da secoli era stato depauperato dell'apporto di sedimenti dai fiumi, con la diversione del Piave e del Brenta, e più di recente anche dal mare con la costruzione dei moli foranei alle bocche di porto (D'Alpaos L., 2010), sistema che era riuscito a mantenere comunque la sua struttura dominante intertidale su





<sup>2</sup> In quanto tutte le variazioni indotte dalla maggiore profondità e dalla torbidità concorrono ad accelerare ed estendere il processo erosivo: + Profondità → + Erosione bassi fondali → + Interramento dei canali → + Perdita in mare di sedimento e nutrienti → + Torbidità → + Perdita comunità bio-strutturanti → + Erosione dei bordi delle barene e Marginamenti lagunari → + Onde → + Torbidità → + Profondità

pressoché tutta la laguna conterminata sin dal 1791 (situazione bassifondali al 1930). Gli effetti indotti da queste cause ormai storiche sono stati: la mancanza dell'apporto sedimentario di natura sabbiosa, la perdita delle comunità bio-strutturanti del basso fondale a causa dell'aumento della profondità, dell'aumento dell'energia del moto ondoso da vento e da traffico acqueo, della pesca con attrezzi meccanici, della torbidità, delle crisi anossiche, delle correnti mareali trasversali ai canali. Con la riduzione delle comunità bio-strutturanti la laguna non è stata in grado di resistere all'erosione, soprattutto per effetto del progressivo aumento del livello del mare ed erosione del fondale più che raddoppiato dal 1955 al 1970, un periodo in cui l'energia delle onde e le correnti disordinate rispetto all'assetto dei canali sono cresciute in modo esponenziale (Figura 2). Rimane aperto un quesito importante per la progettazione degli interventi di risanamento ambientale: se la laguna avesse mantenuto la struttura idro-morfologica con gli habitat che aveva negli anni '50 prima della grande erosione,

sarebbe riuscita ad adattarsi all'eccesso di nutrienti senza crisi distrofiche e morie di organismi?

Il processo di rapida transizione dallo stato di laguna, che in bassa marea esponeva la gran parte del fondale, a baia profonda e con minore trasparenza delle acque tuttora permene, interessando aree sempre più vaste della laguna centro-meridionale e le possibilità di naturale miglioramento sono impedito dal degrado idro-morfologico e del piano sedimentario oltre che dalla intensificazione delle pressioni antropiche<sup>2</sup>. Senza estesi interventi di ristrutturazione e riduzione del moto ondoso e dei suoi effetti, primo fra tutti la torbidità delle acque e la mobilità del sedimento, necessariamente, anche con l'impiego di materiali e strutture artificiali resistenti, qualsiasi possibilità di riorganizzazione più o meno complessa del sistema lagunare attraverso i processi di compattazione dei sedimenti a opera delle fanerogame marine e organismi calcarizzati è compromessa, nonostante che si sia ridotto l'apporto di nutrienti e anche se gli impatti della portualità, del traffico acqueo

e della pesca con attrezzi meccanici fossero anche essi già stati ridotti.

## 2. I FATTORI DI DEGRADO ATTUALI

I fattori di degrado attuali, generali o localizzati, sono molteplici: la mancanza di un adeguato ricambio nell'area di Marghera, a cavallo del ponte translagunare con varchi occlusi da banchi di ostriche, in Valle Millecampi e in Val di Brenta; situazioni che facilitano il deposito di sedimenti fini risospesi: dal moto ondoso localmente o nelle aree non confinate della laguna; dal traffico marittimo lungo il cCanale dei Petroli, marginato solo in parte con barene e isole artificiali; dal traffico acqueo per merci e passeggeri con elevate velocità e su canali lagunari interrati; la pesca dei molluschi con attrezzi meccanici nelle aree non consentite; infine l'aumento del livello del mare a scala globale e l'aumento delle temperature estive dell'acqua e della possibilità di crisi distrofiche a causa del cambiamento climatico in corso.

Gli effetti indotti nella situazione attuale, in cui già cominciano a manifestarsi gli effetti di un cambiamento climatico con un aumento dei massimi di temperatura estiva delle acque e una variazione del regime mensile delle piogge e dei venti, si caratterizzano nel permanere della possibilità di proliferazioni algali, soprattutto nelle aree di gronda con scarso ricambio, benché la laguna in generale sia in condizione di generale oligotrofia (ad esempio, per effetto di un possibile arricchimento di fosforo dalle acque interstiziali del fondale in continua risospensione; Zirino A. et al., 2016); nella presenza di torbidità persistente per effetto del traffico acqueo e del traffico marittimo a causa della ridotta profondità dei canali dovuta all'interramento, senza prospettive di dragaggio per ripristinare la profondità,

almeno nel breve periodo a causa dei vincoli posti dalle normative in essere; nell'erosione dei bassi fondali e produzione di torbidità a causa delle onde generate dal traffico acqueo e marittimo, onde non contenute all'interno dei canali, e dalle onde da vento non più limitate dai bassi fondali e dalle barene (Zhou Z. et al., 2017); nell'interramento dei canali per mancanza di correnti di marea longitudinali e dominanza delle correnti trasversali, sempre a causa della scomparsa delle velme e delle barene longitudinali, le gengive di canale, o l'assenza di qualsiasi altra struttura di contenimento laterale, con ulteriori sedimenti che sono messi in sospensione dalle eliche o dalle onde da traffico acqueo e dispersi.

## 3. SITUAZIONE DI DEGRADO NEI CORPI IDRICI LAGUNARI SECONDO LA DIRETTIVA ACQUE

Così come è successo in altri delta come quello del Mississippi (Scarton F. et al., 2000; Seminara G. et al., 2011) anche a Venezia il fattore di attivazione del processo di degrado dei bassi fondali su cui concentrare l'attenzione è stato l'aumento della profondità dell'acqua rispetto al fondale a causa della subsidenza, dell'eustatismo prima e poi degli impatti antropici, come la navigazione e la pesca delle vongole e della successiva asportazione e dispersione del sedimento in mare e in laguna per effetto del moto ondoso (Manenti S., 2006); mentre in laguna, si mantiene una persistente torbidità delle acque a causa della risospensione del sedimento lungo tutti i canali interessati dal traffico marittimo e dal traffico lagunare che contribuisce a limitare, assieme all'eccesso di energia turbolenta, l'insediamento delle comunità strutturanti. Considerata l'estensione della rete dei canali non confinati interessati dal

*Nella pagina precedente*  
**Figura 2. Repentino aumento della profondità del fondale in due areali della laguna centrale: Poveglia in zona di partiacque dal Canale dei Petroli e Fisolo prossima al Canale Fisolo (che si è interrato dopo lo scavo del tratto rettilineo del Canale dei Petroli). Nello stesso areale di riferimento di 10 m di raggio si sono dedotte le profondità dalle mappe batimetriche del Magistrato alle Acque del 1910-1930-1970-1990-2000 assieme alla tendenza direttamente misurata con misure semestrali nel corso di tre anni dal 2001 al 2003 in un apposito studio del Consorzio Venezia Nuova mirato a dimostrare le cause dell'erosione e la tendenza attuale. I dati mostrano che in entrambe le aree l'erosione è iniziata alla fine degli anni '50, già prima dello scavo del Canale dei Petroli costruito tra il 1961 e il 1969. Dunque il primo cambiamento di stato dei fondali intertidali stabili, con quota appena sotto la media delle basse maree -0.50 cm, a fondali di -0.80 cm si è avuto a causa della crescita del livello del mare di 20 cm, un aumento della lama d'acqua ed energia ondosa che ha prodotto l'erosione di circa 20 cm di fondale reso, meno resistente dalla riduzione della bio-stabilizzazione per via dei bloom di fitoplancton e di macroalghe a causa degli apporti inquinanti di fosforo e azoto dal polo industriale, dal bacino scolante e dalla città di Venezia (Comune di Venezia - Tecneo, 1978 su dati del Ministero LL.PP. e dell'Istituto di Biologia del mare C.N.R., 1972)**



<sup>3</sup> Scrive Svevo in Serenella: «... bastava montare a un metro di altezza per scoprire i laghetti che si formavano nella palude, limpidi, i contorni capricciosi»

**Nella pagina seguente, dall'alto al basso**  
**Figura 3. Evoluzione del fondale nei quattro sottobacini lagunari. Si osserva l'effetto del dragaggio del Canale dei Petroli in laguna centrale mentre negli altri bacini l'erosione indotta solo dalla crescita del livello del mare è stata minore, ma tale da determinare un più graduale cambiamento di stato**

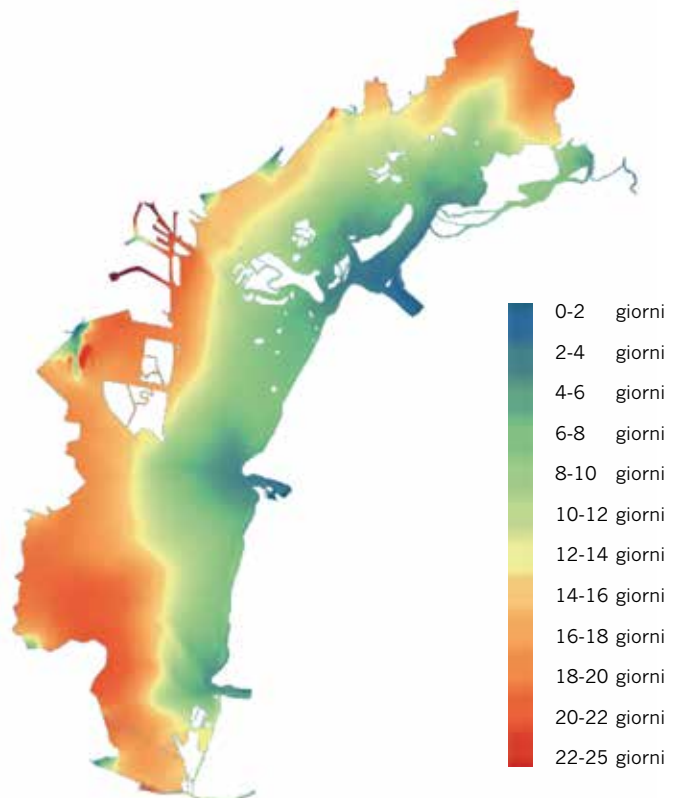
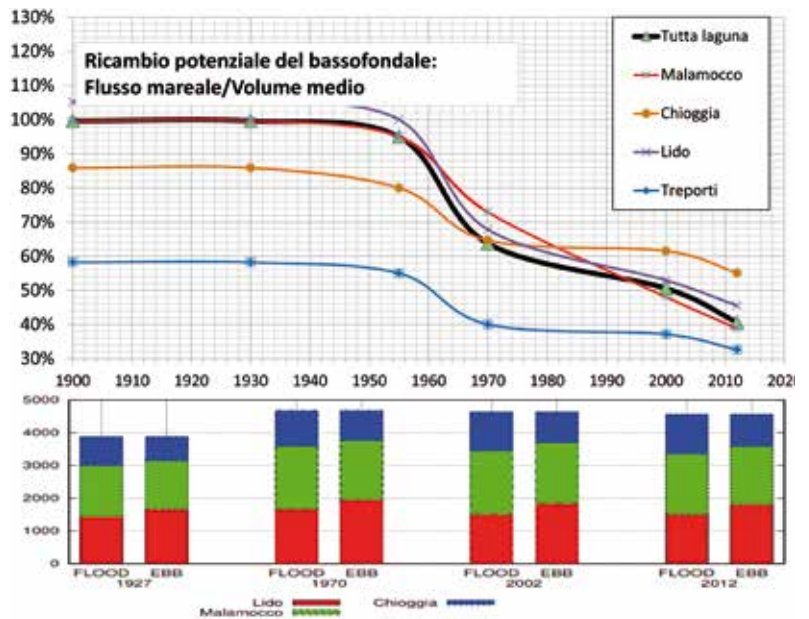
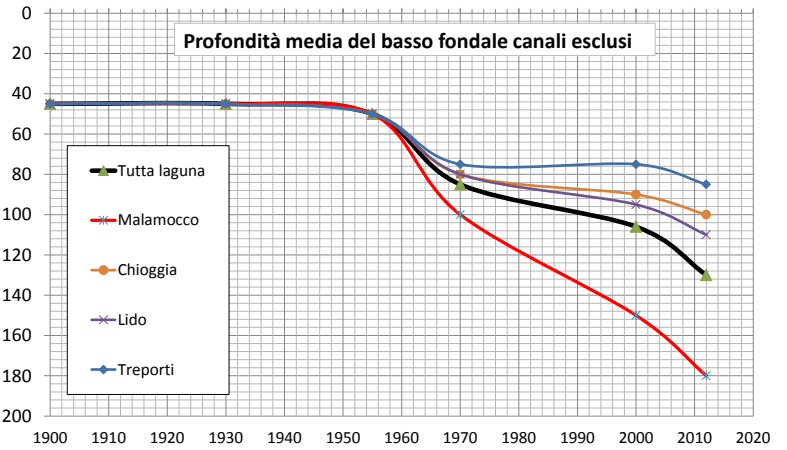
**Figura 4. Indice di ricambio potenziale dei bassi fondali dei quattro sottobacini lagunari, calcolato come rapporto fra il volume del flusso di marea (dati di flusso da Ferrarin et al., 2013) e il volume residente (dati morfologici sulla profondità da Molinaroli et al., 2007)**

**Figura 5. Tempi di residenza (Ghezzi M., 2010) dell'acqua in laguna: meno di un giorno vicino alle bocche, due settimane alle Fondamente Nove, oltre tre settimane nelle zone confinate della gronda lagunare. Nonostante il benefico effetto del vento, la maggiore profondità del fondale e il ponte translagunare con i varchi intasati limitano il ricambio tra l'acqua interna inquinata e quella nuova dal mare. Si noti la grande variabilità del ricambio e quindi di tessitura del fondale, trasparenza dell'acqua, salinità, temperatura e, di conseguenza, la grande differenza delle comunità di fondale, in particolare quelle che determinano lo stato di qualità ecologica buona secondo la Direttiva Acque (angiosperme o macroalghe di pregio e macrozoobentos)**

crescente traffico acqueo e la mancanza dei dragaggi di manutenzione, e di opere di mitigazione, la navigazione è in tutta evidenza il principale fattore di degrado sia in termini di volumi erosi, sia in termini di produzione e persistenza di torbidità. Non va certamente trascurata la raccolta delle vongole con attrezzi meccanici, particolarmente dannosa nelle aree con sedimento fine, poste lontano dai canali, in cui il fondale ancora bio-stabilizzato e senza arature, che ne modificano la scabrezza, riesce a resistere al moto ondoso, sia esso prodotto dal vento, sia dal traffico acqueo. Infine il moto ondoso da vento, che in 15-20 giorni l'anno risospinge e disperde grandi quantità di sedimenti, che la navigazione e la pesca avevano preparato rendendoli meno coesivi. In laguna di Venezia, infatti, si è passati da bassi fondali bio-stabilizzati da fanerogame, da organismi bentonici e in particolare dai feltri microbici (le velme), che si scoprivano pressoché totalmente con le basse maree o le paludi che presentavano elevata trasparenza delle acque in alta marea, a fondali che non emergono più in bassa marea, se non nelle aree più interne, protette da bora, confinate e ridossate alle barene. Nelle aree più profonde, prima degli anni '70 i fondali erano stabilizzati dalle fanerogame marine come avviene in buona parte della laguna a sud del Canale dei Petroli. Similmente le barene sono più facilmente erose ai bordi, ma soprattutto, come ha dimostrato il monitoraggio condotto sotto la supervisione del professor John Day ormai venticinque anni fa, sedimenti e nutrienti sono facilmente asportati dalle superfici bio-strutturate (Day J.W. et al., 1998) per essere dispersi in mare o depositati nelle zone più confinate, determinando il rapido degrado della vegetazione sulla superficie

delle barene per asportazione dei sedimenti e dei nutrienti. Anche i feltri microbici e le fanerogame possono risentire dei disturbi antropici e/o dell'eccesso di torbidità e di rimozione del sedimento, come nel caso della forte riduzione in laguna nord della *Zostera noltii*, senza possibilità di ripresa biologica e bio-stabilizzazione, anche dalle zone che erano state inizialmente protette dal moto ondoso con fascinate. Le velme resistenti, un tempo molto diffuse - Giovanni "Nino" Giupponi raccontava che negli anni '50 si poteva ancora camminare agevolmente sulle gengive a lato dei canali dalla Giudecca e al Lido, raccogliendo vongole e ostriche; anche negli anni '70-'80, poiché i fondali erano calcarizzati da molti organismi che formano substrati calcarei; e così Italo Svevo<sup>3</sup>, mezzo secolo prima, nel 1899 descriveva il fondale fra Venezia e Murano-Sacca Serenella, dove abitava, come una secca emergente in bassa marea, un trionfo di luci che stringevano Venezia in una morsa di fango - sono ora scomparse pressoché ovunque, ad eccezione delle fasce ridossate alle barene della laguna nord, oppure visibili solo per qualche ora durante particolari secche invernali. Anche John Ruskin nel 1852 in *Le pietre di Venezia*, descriveva così il fondale lagunare: «A bassa marea la scena si trasforma ... un abbassamento di 20 pollici è sufficiente a far scoprire la terra su gran parte della laguna ... la città sembra che stia nel mezzo di un oscuro piano di alghe di colore scuro ... il remo a ogni movimento è imbarazzato tra le erbe foltissime ... spinte dall'incerto dominio dell'esausta marea». Anche dal punto di vista della vivificazione mareale la situazione è drasticamente cambiata a causa dell'aumento di profondità dei bassi fondali: a scala lagunare il volume residente è più che raddoppiato in quanto

la profondità media è variata da circa 50 cm a oltre il metro (Figura 3), mentre il volume del flusso mareale sul basso-fondale (prisma di marea riferito alla sola superficie di basso-fondale) è aumentato di solo il 20% (Ferrarin C. et al., 2013). La laguna assomiglia ora a un organismo corpulento e con una circolazione compromessa, che comunque non riesce a garantire una sufficiente ossigenazione nelle zone più interne (Figure 4 e 5; Ghezzi M. et al., 2010). La situazione è aggravata dalla torbidità delle acque (per effetto del moto ondoso di bora e di scirocco che ora non è più limitato dai bassi fondali e per effetto della navigazione e delle pratiche di acquacoltura) anche nelle aree residuali confinate in cui si deposita il sedimento che non è disperso in mare. La laguna è comunque riuscita a mantenere le sue caratteristiche originarie nelle zone adiacenti le bocche di porto, maggiormente vivificate, con fondali sabbiosi a praterie di fanerogame. Anche la laguna meridionale ha mantenuto in gran parte le sue caratteristiche originarie per un insieme di motivi, primo fra tutti che è stata meno soggetta all'erosione a causa della crescita del livello del mare per estrazione d'acqua dal sottosuolo, che si è concentrata a Venezia e nella zona industriale, e all'erosione per il dragaggio dei canali. Inoltre, questa parte della laguna è prevalentemente colonizzata da fanerogame marine e la pesca alle vongole è avvenuta o avviene in aree limitate, pertanto i sedimenti risultano ben strutturati. Alla minore erosione in laguna sud ha sicuramente contribuito anche la maggiore presenza di una matrice sabbiosa di origine geologica (Molinarioli E. et al., 2007) e la minore esposizione agli apporti inquinanti, al traffico marittimo e acqueo in generale. Infine, questa zona può beneficiare dell'apporto dei sedimenti asportati dalla



<sup>4</sup> Per la quota parte non dispersa in mare, proveniente dalla grande erosione delle aree non confinate degli anni '70, erosione che ancora continua a ridosso del Canale dei Petroli

<sup>5</sup> Ai fini della Direttiva Acque e della valutazione del suo stato di qualità, per la presenza del ponte, questo corpo d'acqua sarebbe da considerare confinato, più che non confinato, almeno fintanto che non si sarà provveduto a riaprire tutti i varchi e ripristinare la circolazione con canali di raccordo almeno a -2 m

laguna nord durante le mareggiate di bora. Come sopra descritto, la perdita di confinamento nelle aree esposte al vento di bora su corpi d'acqua che hanno perso la loro diversità morfologica iniziale (a causa dell'erosione dovuta dalla crescita del livello del mare e dall'apertura del Canale dei Petroli) e l'eccesso di energia erosiva e di torbidità, hanno prodotto nelle zone confinate un ulteriore interrimento con la compromissione degli habitat originari a opera dei sedimenti fini e inquinati<sup>4</sup>, in particolare con riferimento ai corpi idrici (vedi Figura 1 a pag. 32):

- il corpo idrico di Val di Brenta, confinato a causa del ponte translagunare e soggetto anche agli apporti della bonifica, continua a interrarsi come continuamente segnalato dai pescatori vagantivi che hanno dovuto ridurre le proprie attività, nonostante venticinque anni fa si siano ampliati i varchi del ponte translagunare e dragati i canali preesistenti sino a quota -3,5 m;
- nel corpo idrico Teneri, confinato dalle casse di colmata e con significativi apporti dal Mirese, continua l'interrimento dei fondali e dei canali di vivificazione che sono stati scavati solo in parte a causa della difficoltà di riuso del sedimento a diverso grado di inquinamento;
- nel corpo idrico Millecampi, confinato da barene naturali e fondali torbosi molto esposti alle onde di bora, continua l'interrimento dei fondali più prossimi alla gronda, nonostante siano stati eseguiti alcuni dragaggi di canali di vivificazione, ma subito interrati per la grande torbidità e la difficoltà autorizzativa per inserire protezioni di bordo dei canali resistenti e di lunga durata fatte, ad esempio, di pietrame di

piccola pezzatura contenuto entro geogriglie in polietilene;

- nel corpo idrico Dese, confinato da barene e velme naturali con i maggiori apporti inquinanti fluviali e di torbidità da traffico acqueo dalla gronda verso il mare, soprattutto nel periodo estivo, la qualità ecologica del fondale risulta influenzata dalla natura fine e incoerente del fondale, che limita la crescita di fanerogame e la formazione di feltri microbici, come invece avviene nella fascia di confine della palude Maggiore;
- nel corpo idrico Marghera, molto confinato a causa del Ponte Ferroviario, del Ponte Littorio e del raddoppio dei binari del ponte ferroviario negli anni '70, prima per effetto delle pile dei ponti e delle opere provvisorie di cantiere, poi per la recentemente segnalata occlusione dei varchi intasati a causa della abnorme crescita di ostriche sino oltre il Comune Marino, a +40 cm sopra il livello del mare<sup>5</sup>, per il fatto che sotto il ponte le alghe non crescono per assenza di luce, pertanto le ostriche possono crescere liberamente. L'elevata risospensione di sedimenti, passando sopra i frastagliati banchi di ostriche, intrappola i sedimenti stessi costringendo l'ostricheto a svilupparsi in senso verticale. Inoltre anche l'aumento di temperatura e di livello medio del mare dell'ultimo decennio ha contribuito allo sviluppo dei banchi di ostriche (Ridge et al., 2015). Questo corpo idrico è particolarmente degradato dalla persistente torbidità generata dal traffico acqueo, specie sui canali non dragati: Canale dei Petroli, Canale San Secondo, Canale Campalto e soprattutto Canale Tessera;
- nel corpo idrico Tessera, naturalmente confinato e dominato da una persistente

torbidità dovuta al passaggio dei natanti su canali a pescaggio limitato, e dalle concessioni per la pesca del seme di vongola, canali che se non protetti da bora rapidamente si interrano, nonostante i ripetuti dragaggi<sup>6</sup>;

- nel corpo idrico Palude Maggiore, naturalmente confinata e soggetta al deposito di sedimento fine a causa dei lunghi tempi di residenza e la maggiore profondità del fondale rispetto al passato a causa della crescita del livello del mare, come avviene in Millecampi, abbiamo comunque aree di buona qualità nelle zone più vivificate poste a ridosso delle barene, oggi interessate dagli estesi interventi di miglioramento del programma Life-Seresto ([www.lifeseresto.eu](http://www.lifeseresto.eu))<sup>7</sup>;
- nel corpo idrico Sacca Sessola e Chioggia, non confinati ma soggetti alla torbidità da traffico acqueo e per effetto della pesca con attrezzi meccanici, vi è una maggiore profondità del fondale rispetto al passato che non consente una efficace bio-strutturazione.

In termini di monitoraggio attuale della qualità delle acque di transizione, in relazione allo stato ecologico, appare evidente come lo stato di qualità in generale non possa essere che scarso per la mancanza delle componenti bentoniche bio-strutturanti o delle macroalghe di pregio, come ben sintetizzato dall'indicatore R-MaQI (Sfriso A. e Boscolo R., 2011)<sup>8</sup>.

In base ai risultati dello stato chimico ed ecologico, è stata approvata - con Delibera della Giunta Regionale n. 140 del 20.02.2014 - la classificazione dei corpi idrici lagunari. Con questa classificazione tutti i corpi idrici lagunari di gronda, a esclusione della laguna centro sud con qualità ecologica buona e Lido, Chioggia,

Sacca Sessola, con qualità sufficiente, presentano una qualità scarsa e la ragione è sempre la stessa: la prevalenza di sedimento superficiale fine e non compattato da comunità bio-strutturanti<sup>9</sup>. Nella sostanza, la qualità ecologica dei corpi idrici segue la distribuzione del tempo di residenza che rappresenta il ricambio mareale e quindi anche il permanere di torbidità nella colonna d'acqua. Infatti, ove il tempo è lungo, si hanno depositi di sedimenti fini incoerenti che poi sono risospesi dal traffico acqueo locale, dalla pesca con attrezzi meccanici e dal vento, generando così una torbidità persistente come nei corpi idrici di Marghera, Tessera e Dese. A Millecampi e Teneri è la natura torbosa del sedimento locale (erosione di canneti preesistenti) e l'apporto di sedimenti, erosi a lato del Canale dei Petroli e trasportati in queste zone confinate dalla circolazione indotta dal vento di bora, a rendere precaria la situazione. In Val di Brenta sono di nuovo il confinamento, la sedimentazione e la risospensione, la pesca e il vento di bora a pregiudicare la situazione. Inoltre, in alcune di queste zone ci sono anche significativi apporti di acqua dolce, sedimenti e inquinanti che assieme alla torbidità da risospensione pregiudicano l'attecchimento delle macrofite di pregio (come documentato dal progetto Life-Seresto). Quindi si può concludere che la qualità ecologica scarsa, evidenziata dall'assenza di fanerogame e macroalghe sensibili, è ora mantenuta dal tipo di fondale instabile e dalla torbidità.

Come ben interpretato dall'indice ecologico delle macrofite della Direttiva Acque, non vi sono stati intermedi di miglioramento per ambienti ora dominati da persistente torbidità (si vedano ad esempio i recenti risultati del trapianto di fanerogame del programma Life-Seresto in laguna nord

<sup>6</sup> La torbidità è generata dalle eliche dei natanti stessi e dal frangimento delle onde prodotte dai natanti sui bassi fondali circostanti

<sup>7</sup> Il progetto di trapianto delle fanerogame sta avendo successo perché era già migliorato l'ambiente. Ovviamente la presenza di praterie, salvo nuovi impatti, non farà che accelerare questo processo (Sfriso, comunicazione personale)

<sup>8</sup> Forse anche perché nell'applicazione della direttiva si predilige come stato ecologico ottimale di riferimento quello di un luogo a fanerogame, Santa Maria del Mare, ben vivificato e al tempo stesso comunque protetto per il ridosso al litorale e sedimento di base sabbioso da consentire anche la crescita del tartufo di mare, della pinna nobile e del riccio di mare. Una situazione idrodinamica così favorevole non è pensabile si debba o si possa realizzare su tutta la laguna

<sup>9</sup> Si vedano i risultati del programma Life-Seresto e in particolare lo scarso risultato di proliferazione ottenuto nelle due aree 1 e 5 del corpo idrico Dese



<sup>10</sup> Il professor John Day ha recentemente pubblicato un articolo che dimostra la convenienza di intervenire subito per risanare il delta del Mississippi proprio per questo motivo

<sup>11</sup> Si vedano le attività di co-esplorazione del Laboratorio Venezia per la Resilienza, o dell'accademia internazionale presso la Venice International University a cura della Boston University (M. Balsamini, 2014), o dell'Università di Ca' Foscari con il corso estivo The Environment and Economics of Coastal Lagoons sulla gestione delle barene con l'Università di Utrecht

in termini di possibilità di sviluppo delle fanerogame e delle macrofite di pregio, non sempre soddisfacenti pur in un corpo idrico che ancora preserva caratteri originari). È necessario quindi un trattamento decisivo che l'esperienza ci indica essere l'intercettazione e il contenimento del moto ondoso e la canalizzazione delle correnti di marea e da vento, creando fasce di velme e barene resistenti al moto ondoso disposte in modo da orientare e concentrare le correnti lungo i canali principali e secondari (Cecconi G., 2005).

#### 4. COME MIGLIORARE LO STATO DI QUALITÀ AMBIENTALE CON LE FASCE DI INTERCETTAZIONE E CANALIZZAZIONE

La regolazione della navigazione da diporto, di merci, passeggeri e traffico marittimo, attività in continua espansione per effetto di una crescente domanda internazionale, benché utile e necessaria, non è sufficiente a invertire il processo di degrado in quanto l'erosione maggiore è prodotta dal moto ondoso da vento. Oggi conosciamo bene gli agenti del degrado, erosione e torbidità, e abbiamo messo a punto gli strumenti di contrasto, ma si richiede che essi siano impiegati senza indugio per produrre un radicale cambiamento di stato capace di rigenerare il sistema idro-morfologico e biologico, come i programmi Life-Seresto ([www.lifenseresto.eu](http://www.lifenseresto.eu)) e Life-Vimine ([www.lifevimine.eu](http://www.lifevimine.eu)) stanno dimostrando alla scala locale partecipata e come avevano già dimostrato in modo estensivo gli interventi del Provveditorato per le Opere Pubbliche (ex Magistrato alle Acque) con la costruzione di strutture morfologiche a velma e barena e i trapianti di fanerogame su fondali idonei o trattati con sabbia, intrapresi negli ultimi trent'anni<sup>10</sup>. Si pone infine una questione di merito che riguarda tutte le lagune ormai

fortemente condizionate dall'uomo come la laguna di Venezia, le quali hanno subito trasformazioni con cambiamenti di stato di fatto irreversibili o comunque tecnicamente non perseguibili<sup>11</sup>: a quale laguna di riferimento vogliamo e possiamo indirizzare le azioni di risanamento?

Esclusa la possibilità di recuperare la quota ovunque con il riporto di sedimento, è ormai accertato che onde e torbidità da vento continueranno a crescere anche limitando il traffico acqueo (impresa comunque difficile in quanto limita le possibilità di sviluppo di attività economiche fondamentali per mantenere la residenza, consentendo lo sviluppo di un turismo sostenibile in laguna) Non resta altro che proteggere e rigenerare i bassi-fondali con strutture rigide e con il riporto di sedimento per formare velme e barene che interrompano l'ampiezza del fondale libero su cui spirano i venti dominanti, dirigano le correnti di marea lungo i canali naturali e artificiali per limitarne l'interramento, consentano l'intercettazione delle onde e della torbidità proteggendo l'ambiente naturale e artificiale retrostante.

La forma e la posizione di queste opere, che avranno una collocazione adattativa progressiva, dovrà essere tale da fornire una protezione locale contro l'eccesso di energia e torbidità e al tempo stesso creare areali a diverso grado di confinamento: una diversità idro-morfologica per creare le condizioni per l'insediamento guidato o spontaneo di una diversità di habitat interconnessi o in successione per sere ecologiche (Figura 6). Le fasce progettative a velma e barena sono state ampiamente sperimentate nel corso dei trascorsi trent'anni con ottimi risultati, consentendo l'insediamento di habitat a velma e a barena per oltre 16 kmq di basso fondale in erosione attraverso il riuso di 20 milioni

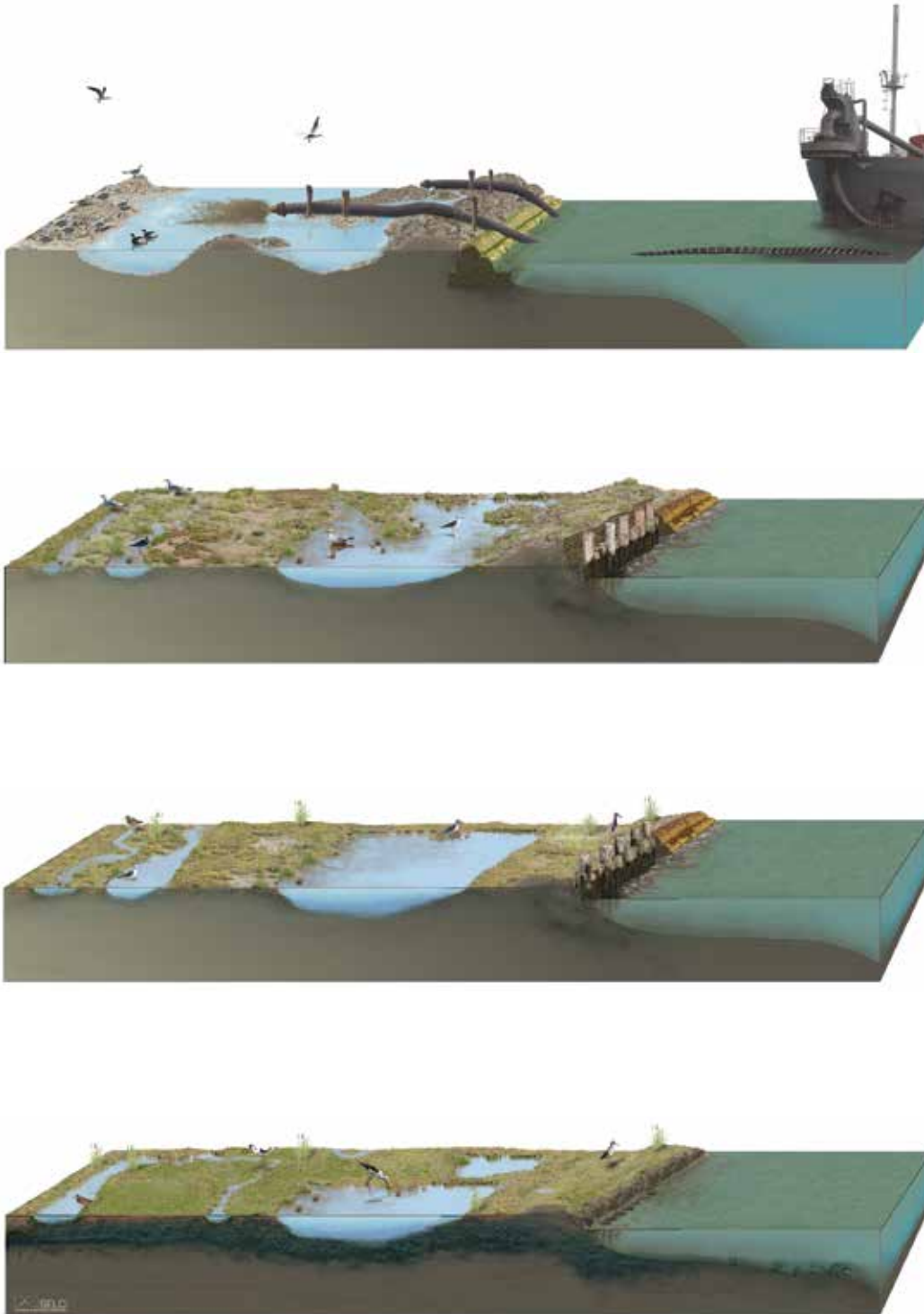


Figura 6. La colonizzazione del deposito a barena avviene per transizioni fra stati con successioni di specie e loro organizzazione spaziale, in funzione della quota risultante dalla compattazione del suolo artificiale per addensamento e dai nuovi apporti: alla fine, dopo circa dieci anni, l'accrescimento naturale compensa la compattazione e la crescita del livello del mare e la barena artificiale mantiene così la sua quota in modo auto-regolato



di mc di sedimento di dragaggio (Figure 7 e 8; Scarton F. et al., 2011). Sulla base di queste considerazioni, il miglioramento dello stato di qualità idromorfologica e, conseguentemente, ecologica, dei corpi idrici, sia ai fini della individuazione degli interventi più efficaci, sia al fine della documentazione dei progressi per garantire uno stato di qualità buono entro il 2020, va inteso in senso probabilistico, ripristinando le condizioni più favorevoli per la formazione di habitat con specie di pregio, così da condizionare i processi evolutivi aumentando la probabilità di rapide transizioni a una scala sufficientemente ampia per essere rilevata, e tale che possa permanere su una porzione significativa e rilevabile del corpo idrico in questione.

Queste probabilità di distribuzione di habitat possono oggi essere valutate sulla base delle prevedibili variazioni (con modelli matematici idro-morfologici) degli indicatori chimico-fisici del sistema a seguito degli interventi in progettazione (come ad esempio per le praterie di fanerogame alle bocche di porto: esposizione all'aria, tempo di residenza, torbidità, vicinanza al canale, temperatura, percentuale sabbia, TDP Fosforo totale disciolto o per la probabilità di habitat di nursery per la passera: salinità, torbidità, temperatura ossigeno disciolto, percentuale sabbia (Zucchetto M. et al., 2010; Newton A. et al., 2014) o con modelli della catena trofica (Brigolin D. et al., 2014). Il Piano Morfologico del Magistrato alle Acque - Consorzio Venezia Nuova, che si configura come una azione di gestione attiva del sistema, anche ai fini della Direttiva Habitat e Natura 2000 e ai relativi piani di gestione della laguna di Venezia come Zona di Protezione Speciale, affronta questo tema, proponendo interventi tecnicamente fattibili e già sperimentati per rallentare il

degrado generale e ripristinare attraverso la vivificazione, il confinamento e la riduzione dei carichi inquinanti, almeno localmente, la complessità morfologica, la biodiversità e qualità ecologica dei corpi d'acqua. È questo un modo pratico di controllo della qualità ecologica che tiene conto dell'attuale livello di esposizione al moto ondoso e degli interventi tecnicamente fattibili per una biostrutturazione assistita delle aree intermedie e più confinate in condizioni di qualità scarsa per una combinazione di fattori di degrado attuali (traffico acqueo, pesca con attrezzi meccanici) che agiscono su ambienti trasformati a causa di effetti climatici e di fattori antropici ormai storicizzati.

Le complesse trasformazioni naturali del biota, che spesso procedono per successioni di habitat, hanno un carattere evolutivo che non consente la reversibilità a stati precedenti, pur essendo possibile ricominciare un nuovo processo evolutivo. Si possono infatti ripristinare in via artificiale le condizioni idro-morfologiche e del sedimento per facilitare il re-insediamento delle comunità, come ad esempio è stato fatto nella zona retrostante le casse di colmata negli anni '90 con il riporto di oltre 100.000 mc di sabbia per formare uno spessore omogeneo di 40 cm a quota iniziale intermareale e la riapertura dei canali interrati dalle casse di colmata (Bona F. et al., 2000). È però impossibile riguadagnare ovunque la perdita di quota generalizzata dei fondali e la loro tessitura (sarebbe necessario un volume di sedimento, 200 milioni di mc) per cui gli interventi di ricostruzione di inneschi di velme e barene non possono che essere mirati al confinamento e vivificazione di superficie limitate a sviluppo longitudinale, ad esempio, disposte lungo il reticolo idrografico che ancora era presente negli anni '30 (Scarton F. et al., 2000). Il raggiungimento dello stato



<sup>12</sup> Un problema molto sentito sia dai pochi cittadini Veneziani delle isole rimasti, sia dai molti abitanti dei comuni della gronda lagunare e dalla Regione del Veneto che guarda all'eco-turismo e al turismo culturale di relazione come una prospettiva di rigenerazione sociale: ad esempio Jesolo sta investendo per diventare un centro internazionale del benessere e della cultura collegata con Venezia via acqua; è stata da tempo richiesta una intensificazione del trasporto acqueo sempre negata per la fragilità del sistema lagunare, perdendo così opportunità di sviluppo e di innovazione che ora potremo invece esplorare, cercando soluzioni che non siano il semplice aumento del numero e della capienza delle motonavi, ma qualcosa di più complesso e ragionato. Un problema analogo e della stessa portata è la regolazione degli arrivi delle navi da crociera a Venezia dopo il decreto Ciini-Passera

<sup>13</sup> Che possono essere al tempo stesso protetti dalle onde e vivificati dal flusso mareale.

di qualità ecologica buono dei corpi idrici lagunari in tempi brevi, con modifica degli indicatori locali di qualità delle macrofite e macro-invertebrati bentonici, attraverso interventi per proteggere e rigenerare fasce di fondale con soluzioni adattative di trasformazione intelligente del paesaggio lagunare, ben diverse dalla semplice scogliera di separazione delle funzioni economiche legate alla portualità e al traffico acqueo, da quelle di conservazione degli habitat di basso fondale, richiede un processo partecipato capace di conciliare la conservazione con lo sviluppo socio-economico, adattando insieme il paesaggio lagunare alle necessità della società e della natura, in armonia con la co-evoluzione, co-petizione, millenaria del sistema lagunare.

Se sapremo armonizzare la distribuzione spaziale e temporale delle opere di protezione dal moto ondoso, anche reversibili, con quelle di vivificazione e canalizzazione (attraverso il dragaggio dei canali e il riuso dei sedimenti nel ripristino di fasce protette per lo sviluppo di velme e barene) si potranno cogliere formidabili opportunità di rigenerazione socio-ecologica, a partire dal necessario ripristino di una nuova coesione sociale fra vecchi e nuovi cittadini veneziani, fondamentale per cominciare a regolare la domanda turistica in città e in laguna con le nuove infrastrutture per continuare a navigare, prima fra tutte la nuova rete protetta dei trasporti acquei portuali e lagunari, così da contribuire a mantenere l'identità culturale veneziana del vivere sull'acqua bilanciando lo sviluppo portuale con un nuovo turismo insulare sostenibile<sup>12</sup>.

## 5. LA CASSETTA DEGLI ATTREZZI DEL LEARNING AND BUILDING WITH NATURE

Il principale strumento messo a punto negli anni è la capacità di movimentare

in sicurezza e in modo protetto, sia dal punto di vista dell'erosione che della contaminazione, grandi quantità di sedimento sabbioso e limoso per formare nuovi suoli<sup>13</sup> su cui attivare lo sviluppo di sette ingegneri naturali, sistemi ecologici autonomi che utilizzano l'energia del sole e il flusso naturale per crescere e strutturare il paesaggio lagunare, fornendo i servizi ecosistemici necessari per lo sviluppo sociale e culturale del territorio (Figura 9; Day J.W. et al., 1998; Cecconi G., 2005; Cecconi G. et al., 2009; Tiezzi E. et al., 2010; Scarton F. et al., 2013).

Ecco gli *ingegneri naturali* che sappiamo attivare, su cui possiamo con sicurezza contare per migliorare la qualità ecologica della laguna di Venezia:

1. i **feltri microbici a diatomee e cianobatteri** in grado di ricoprire e proteggere le velme in formazione;
2. le **angiosperme e in particolare le quattro specie di fanerogame marine** (compresa la *Ruppia* fondamentale nelle aree confinate) in grado di stabilizzare i fondali più profondi circostanti i canali e le velme in formazione o le zone sottovento/sotto onda di bora;
3. le **associazioni delle piante alofite di barena**, in grado di catturare il sedimento e di accrescere la quota della barena compensando così in condizioni omeostatiche la crescita relativa del livello medio del mare rispetto al suolo vegetato e sommergibile dalle alte maree ordinarie;
4. i **canneti**, che come le barene producono suolo stabile e assorbono i nutrienti ed altri inquinanti immessi alle foci fluviali, lungo la gronda lagunare, strutturando questa parte del territorio in modo da aumentare il tempo di residenza degli apporti di nutrienti in aree più vocate



- alla fitodepurazione rispetto alle aree di transizione, maggiormente vivificate;
5. le **ammofile** (*Ammophila arenaria*) del litorale che promuovono la formazione delle dune intercettando la sabbia trasportata dal vento, proteggendo così la costa dalle mareggiate e dagli allagamenti per sormonto;
  6. il **macrozoobentos** che in vario modo rimaneggia e rende più stabile il sedimento, ad esempio alcuni nematodi, scavando gallerie e cementando il sedimento, producono un aumento di volume, quota e stabilità del fondale;
  7. le **comunità incrostanti a ostriche e mitili** che possono produrre per accrescimento di nuclei originari barriere

in grado di guidare l'energia mareale e ridurre l'energia ondosa, migliorando le condizioni di stabilità, trasparenza dell'acqua e bio-strutturazione e dei fondali così riparati, beneficiando dell'aumento previsto delle temperature.

La cassetta degli attrezzi sarà adoperata in modo adattativo (D'Alpoas L. et al., 2007; Adly N. et al., 2011), in linea con la millenaria tradizione veneziana dell'imparare facendo, per generare la capacità di resilienza necessaria per fronteggiare gli effetti attuali e futuri del cambiamento climatico e dei cambiamenti sociali globali: con la crescita del livello del mare e la maggiore forza erosiva delle onde e la crescita della pressione turistica e migratoria e l'aumento del costo

**Figura 9. Laguna nord. Schermi frangionda per proteggere i bordi delle barene artificiali e naturali**

<sup>14</sup> Il professor John W. Day ha recentemente pubblicato un articolo che dimostra la convenienza di intervenire subito per risanare il delta del Mississippi proprio per questo motivo (Day J.W. et al., 2017)

<sup>15</sup> Si vedano le attività di co-esplorazione del Laboratorio Venezia per la Resilienza, o dall'accademia internazionale presso la Venice International University a cura della Boston University (Balsamini, 2014), o dall'Università di Ca' Foscari con il corso estivo The Environment and Economics of Coastal Lagoons sulla gestione delle barene con l'Università di Utrecht

dei combustibili per i lavori marittimi (ad esempio già dobbiamo tener conto che il costo del combustibile per eseguire i grandi lavori di dragaggio e movimentazione del sedimento è cresciuto<sup>14</sup>).

La cassetta degli attrezzi si completa con le barriere mobili del sistema Mose, che una volta completate intercetteranno il flusso mareale solo quando si rende necessario per controllare l'eccesso di volume di marea durante le acque alte, senza limitare il naturale ricambio mareale, e proteggendo durante le acque alte le barene dall'eccesso di moto ondoso, trattenendo i sedimenti risospesi all'interno della laguna; le barriere mobili potranno almeno in parte essere manovrate in modo differenziale per produrre un maggior ricambio marino con la circolazione forzata da una bocca all'altra. L'impiego dei sette ingegneri naturali consente di attivare i servizi ecosistemici maggiormente necessari per lo sviluppo e la conservazione della laguna:

- da quelli provvisori di cibo, materiali naturali, prodotti biochimici;
- a quelli di regolazione della qualità dell'aria, del clima, del flusso di marea e del moto ondoso;
- della depurazione e mineralizzazione degli apporti inquinanti, della bio-stabilizzazione del suolo e della rete lagunare;
- a quelli di supporto della biodiversità e nursery per molteplici specie di pesci e uccelli;
- a quelli culturali e paesaggistici, sia dal punto di vista del valore estetico di per sé;
- sia del valore delle attività ricreative, culturali, artistiche e formative come lo sviluppo dell'eco-turismo, il piacere estetico, l'ispirazione artistica, l'identità culturale, la ricerca scientifica;
- non ultima l'educazione socio-

ecologica<sup>15</sup>, fondamentale per la co-esplorazione e la gestione adattativa del bene Venezia, perché sopravviva per il bene delle future generazioni del sistema paese e dell'umanità.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Adly N., Bonsdorff E., Carraro C., Cecconi G., Depledge M., Dettinger, Falk J., Kennel C., Linden P., McIntyre K., Ramieri E., Woodruff D., 2011. *Improving the capacity to assess and to adapt to climate change in urban coastal regions*. The Venice Conference, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Magistrato alle Acque di Venezia.

Bellucci L.G., Frignani M., Cochran J.K., Cecconi G., 1999. *Atmospheric fluxes of toxic metals and environmental changes in the Venice Lagoon as recorded by salt marshes*. In Sixth Symposium on Biogeochemistry of Wetlands, Fort Lauderdale, Florida, July 11-14, 1999.

Bellucci L. G., Frignani M., Cochran J. K., Albertazzi S., Zaggia L., Cecconi G., Hopkins H., 2007. *210Pb and 137Cs as chronometers for salt marsh accretion in the Venice Lagoon - links to flooding frequency and climate change*, Journal of Environmental Radioactivity, 97(2-3), 85-102.

Bolhuis H., Cretoiu M.S., Stal L. J., 2017. *Molecular ecology of microbial mats*, 90(November), 335-350.

Bona F., Cecconi G., Maffiotti A., 2000. *An integrated approach to assess the benthic quality after sediment capping in Venice lagoon*, Aquatic Ecosystem Health and Management, 3, 379-386.

Brigolin D., Facca C., Franco A., Franzoi P., Pastres R., Sfriso A., Pranovi F., 2014. *Linking*

- food web functioning and habitat diversity for an ecosystem based management: A Mediterranean lagoon case-study*, Marine Environmental Research, 97, 58-66.
- Cecconi G., Cerasuolo C., Del Giudice E., Marchettini N., Tiezzi E., 2009. *Ecosystem self-organization in the Venice lagoon*, WIT Transactions on Ecology and the Environment, 122, 35-41.
- Cecconi, G., 2005. *Morphological restoration techniques in Flooding and Environmental Challenges for Venice*, Cambridge University Press.
- Cecconi G., Cerasuolo C., Marchettini N., Tiezzi E., 2009. *Salt-marshes as emergent novelties in the Venice Lagoon*, Ecological Modelling, 220(16), 1870-1873.
- Costanza R., Wilson M.A., Liu S., 2006. *The Value of New Jersey Ecosystem Services and Natural Capital*.
- D'Alpaos L., Lanzoni S., Marani M., Bonometto A., Cecconi G., Rinaldo A., 2007. *Spontaneous tidal network formation within a constructed salt marsh: Observations and morphodynamic modeling*, Geomorphology, 91(3-4), 186-197.
- D'Alpaos L., 2010. *L'evoluzione morfologica della laguna di Venezia attraverso la lettura di alcune mappe storiche e delle sue carte idrografiche*, Comune di Venezia - Istituzione Centro previsione e segnalazione maree - Legge speciale per Venezia.
- Day J.W., Cecconi G., Rismondo A., Scarton F., Are D., 1998. *Relative sea level rise and Venice lagoon wetlands*, Journal of Coastal Conservation, 4, 27-34.
- Day J.W., Rybczyk J., Scarton F., Rismondo A., Are D., Cecconi G., 1999. *Soil accretionary dynamics, sea-level rise and the survival of wetlands in Venice Lagoon: A field and modelling approach*, Estuarine Coastal and Shelf Science, 49(5), 607-628.
- Ferrarin C., Ghezzi M., Umgiesser G., Tagliapietra D., Camatti E., Zaggia L., Sarretta A., 2013. *Assessing hydrological effects of human interventions on coastal systems: Numerical applications to the Venice Lagoon*, Hydrology and Earth System Sciences.
- Ghezzi M., Guerzoni S., Cucco A., Umgiesser G., 2010. *Changes in Venice Lagoon dynamics due to construction of mobile barriers*, Coastal Engineering.
- Giubilato E., Radomyski A., Critto A., Ciffroy P., Brochet C., Pizzol L., Marcomini A., 2016. *Modelling ecological and human exposure to POPs in Venice lagoon. Part I - Application of MERLIN-Expo tool for integrated exposure assessment*, Science of the Total Environment, 565, 961-976.
- Groot R. De, Alkemade R., Hein L., 2017. *Challenges in Integrating the Concept of Ecosystem Services and Values in Landscape Planning*.
- Manenti S., Cecconi G., 2006. *Evaluation of Wave Damage in Urbanized Lagoons*, in Proceedings of the Eighth International Conference on Computational Structures Technology, 185.
- Molinarioli E., Guerzoni S., Sarretta A., Cucco A., Umgiesser G., 2007. *Links between hydrology and sedimentology in the Lagoon of Venice, Italy*, Journal of Marine Systems.
- Newton A., Icely J., Cristina S., Brito A., Cardoso



- A.C., Colijn F., 2014. *An overview of ecological status, vulnerability and future perspectives of European large shallow, semi-enclosed coastal systems, lagoons and transitional waters*, Estuarine, Coastal and Shelf Science.
- Ridge J.T., Rodriguez A.B., Fodrie F.J., Lindquist N.L., Brodeur M.C., Coleman S.E., ... Theuerkauf E.J., 2015. *Maximizing oyster-reef growth supports green infrastructure with accelerating sea-level rise*, Nature Publishing Group, 1-8.
- Rova S., Pranovi F., 2017. *Analysis and management of multiple ecosystem services within a social-ecological context*, Ecological Indicators, 72, 436-443.
- Rova S., Pranovi F., Mu F., 2015. *Ecohydrology & Hydrobiology Provision of ecosystem services in the lagoon of Venice (Italy): an initial spatial assessment*, 15, 13-25.
- Scarton F., Cecconi G., Valle R., 2013. *Use of dredge islands by a declining European shorebird, the Kentish Plover *Charadrius alexandrinus**, Wetlands Ecology and Management, 21(1), 15-27.
- Scarton F., Day J.W., Rismondo A., Cecconi G., Are D., 2000. *Effects of an intertidal sediment fence on sediment elevation and vegetation distribution in a Venice (Italy) lagoon salt marsh*, Ecological Engineering, 16(2), 223-233.
- Scarton F., Baldin M., Montanari M., Cecconi G., D. M. L., 2011. *La comunità ornitica presente in sei barene ricostituite della laguna di Venezia*, Boll. Mus. St. Nat. Venezia, 62, 157-180.
- Seminara G., Lanzoni S., Cecconi G., 2011. *Coastal wetlands at risk: Learning from Venice and New Orleans*. Ecohydrology and Hydrobiology, 11(3-4), 183-202.
- Sfriso A., Marchetto D., Gallo M., Baldi F., 2014. *Biochemical characterization of some cyanobacterial strains from salt marshes of the Venice Lagoon*, Journal of Applied Phycology, 26(1), 273-278.
- Sfriso A., Marcomini A., Pavoni B., 1987. *Relationships between macroalgal biomass and nutrient concentrations in a hypertrophic area of the Venice Lagoon*, Marine Environmental Research, 22(4), 297-312.
- Sfriso A., Boscolo R., 2011. *Macrofite, indici a confronto*, Ecoscienza n. 5 Anno 2011, 74-75.
- Solidoro C., Bandelj V., Bernardi F.A., Camatti E., Ciavatta S., Cossarini G., Torricelli P., 2010. *Response of the Venice Lagoon ecosystem to natural and anthropogenic pressures over the last 50 years*. Coastal Lagoons, Critical Habitats of Environmental Change, 483-512.
- Teatini P., Tosi L., Strozzi T., Carbognin L., Cecconi G., Rosselli R., Libardo S., 2012. *Resolving land subsidence within the Venice Lagoon by persistent scatterer SAR interferometry*, Physics and Chemistry of the Earth, 40-41, 72-79.
- Tiezzi E., Cecconi G., Marchettini N., 2010. *Confined ontic open systems*, International Journal of Design and Nature and Ecodynamics, 5(1), 3-9.
- Umgiesser G., 2014. *Assessing hydrological effects of human interventions on coastal systems: Numerical applications to the Venice*.

Wiegman A.R.H., Day J.W., Elia C.F.D.,  
Rutherford J.S., Morris, J.T., Roy E.D., ...  
Snyder B.F., 2017. Science of the Total  
Environment Modeling impacts of sea-level  
rise, oil price, and management strategy  
on the costs of sustaining Mississippi delta  
marshes with hydraulic dredging. *Science of  
the Total Environment*, 1–13.

Zhou Z., Coco G., Townend I., Olabarrieta  
M., van der Wegen M., Gong Z., ... Zhang C.,  
2017. Is “Morphodynamic Equilibrium” an  
oxymoron? *Earth-Science Reviews*, 165, 257-  
267.

Zirino A., Elwany H., Facca C., Maicù F., Neira  
C., Mendoza G., 2016. *Nitrogen to phosphorus  
ratio in the Venice (Italy) Lagoon (2001-  
2010) and its relation to macroalgae*, *Marine  
Chemistry*, 180, 33-41.

Zucchetto M., Franco A., Torricelli P., Franzoi  
P., 2010. *Habitat distribution model for  
European flounder juveniles in the Venice  
lagoon*, *Journal of Sea Research*, 64(1-2),  
133-144.