

Equilibrio Fisico e Idrogeologico della Laguna

Andrea Rinaldo¹

1. I programmi di Agenda 21 si propongono di raggiungere l'obiettivo di una responsabilizzazione collettiva su rilevanti questioni ambientali attraverso l'attivazione di meccanismi di educazione e di partecipazione. Di una tale opera di sensibilizzazione (tecnicamente corretta²) si sente di[®]usamente il bisogno, in particolare intorno ad un problema, quello del sistema Venezia (la città, la sua laguna, il suo entroterra), intorno al quale si potrebbe ritenere - io credo erroneamente - sia stato detto e scritto tutto. Infatti negli ultimi 15 anni le risorse tecniche rese disponibili per fornire all'analisi critica strumenti adeguati hanno modificato sostanzialmente il quadro di riferimento sul sistema bacino scolante - laguna - mare: con una incidenza complessiva sull'insieme secolare delle conoscenze che è stato quantificato nell' intorno dell' 80 %³. Scelte tecniche ed errori storici⁴ erano fondati - almeno nel pas-

¹Istituto di Idraulica "G. Poleni", Università di Padova, via Loredan 20, 35131 Padova.
E-mail: rinaldo@idra.unipd.it

²La necessità di carattere generale di una base tecnicamente ineccepibile per le decisioni strategiche intorno ai grandi temi di salvaguardia ambientale si è posta recentemente in evidenza particolare in relazione al destino della piattaforma petrolifera Brent Spar e alle valutazioni tecniche contrapposte di Shell co. e Greenpeace, e.g. Nature, 382, 103, 1996; 381, 358, 1996; 381, 99, 1996; 380, 13, 1996

³C. Datei, The problems of Venice: an introduction, Atti di XXIII ICOLD General Congress, Firenze, maggio 1997, in corso di stampa. L'autore, non a caso, è uno degli studiosi che più hanno contribuito alla comprensione della complessità del problema idraulico della propagazione della marea, cfr. e.g. C. Datei, Sulla propagazione della marea in una laguna schematica secondo l'impostazione bidimensionale, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Rapporti e Studi, Vol. V, 43-80, 1972

⁴Non giova l'appellarsi alla lungimiranza della Serenissima nei secoli, che, specie in materia idraulica, dovette ricorrere in più occasioni a precipitose modifiche di piani e di

sato - su una ingegneria basata sulla osservazione prima che sulla ragione, su accesi dibattiti, su molte correzioni - anche fondamentali - dei provvedimenti di volta in volta adottati per corrispondere alle mutate condizioni socio-economiche e di contorno. In tale senso un confronto critico di idee e proposte, pur limitato in tutti i sensi, puo' forse proporsi all'attenzione di alcuni pregiudizi e fornire una base adatta alla discussione necessaria all' Agenda 21.

Il processo di costruzione di un possibile consenso tra le parti sociali per un piano di sostenibilita' urbana e ambientale non puo' prescindere da alcune definizioni preliminari sulla natura del rapporto fra citta' e suo ambiente. Sostenibilita' dello sviluppo implica la realizzazione ed il mantenimento di un modello di vita umana che si organizzi in armonia con il suo ambiente. La storia di Venezia insegna, invece, il contrario: la tenace definizione di un ambiente che si confacesse alle esigenze di vita e di sviluppo della citta', nulla o quasi nulla lasciando alla evoluzione naturale. Non si tratta, quindi, di un rapporto tradizionale fra sviluppo e ambiente⁵. Storicizzare la questione fondamentale della salvaguardia fisica vorrebbe forse dire contrapporsi radicalmente al problema della conservazione della natura, in modo specifico della laguna, come conservazione di una risorsa. Il titolo stesso del capitolo che mi e' stato dato riassume una convinzione, quasi una speranza: che possa prevalere, nella dinamica di sistemi complessi, 'aperti' all'immissione di energia e materia dal loro esterno, la nozione generale di equilibrio intesa come l'immagine di una natura statica che, forzata da agenti diversi, blocca la sua evoluzione in uno stato desiderabile e dunque, in via di principio, puo' essere conservata. Questa idea motiva ambientalisti e conservazionisti, e non a caso: nell'arco di una vita umana il mondo naturale usualmente cambia pochissimo e dunque i concetti di equilibrio sembrano assai naturali e intuitivi⁶. Ma se la Natura e' in equilibrio come ci siamo finiti dentro?

opere lungamente considerate

⁵Anzi, e' forse un caso unico, cfr. G. Morandini, Elementi geografici ed aspetti morfologici della laguna e della citta' di Venezia, Atti del Convegno "Conservazione e Difesa della Laguna e della Citta' di Venezia", Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 65-82, 1960

⁶Si veda P. Bak, How Nature Works. The Science of Self-Organized Criticality, Copernicus-Springer, New York, 1996. Bak, al cui nome e' legata la teoria della criticita' auto-organizzata (la teoria che pretende di spiegare l'origine dinamica delle forme

Esiste forse uno stato preferenziale della natura come noi la vediamo ora da un punto di vista evolucionistico? Oggi prevale la convinzione che il mondo naturale sia perennemente lontano dall'equilibrio, e auto-organizzato in stati possibili verso i quali è attratta la dinamica del sistema dalla mano invisibile⁷ che guida l'evoluzione⁸. Una tale questione riveste qualche importanza per il tema a±datomi, perché condiziona qualunque possibile scenario di sviluppo futuro, a politiche invariate o a politiche variate.

E' peraltro evidente, ma giova ricordarlo, che ogni radicalizzazione, nella ricerca di consenso fra parti sociali, appare come la via meno indicata. In un contesto particolarmente evoluto quale quello dell'ecosistema lagunare, e rivolti ad un pubblico avvertito che ha già acquisito in larga misura una informazione di base sui problemi della città e della sua laguna, ogni tentativo di imposizione forzata appare dannoso e inutile. In questo contesto si può dunque condividere l'importanza della partecipazione che si propone una Agenda 21 per Venezia⁹.

Questo capitolo è dedicato ad una (limitata e parziale) lettura critica delle

invarianti di scala in natura), ha dedicato pagine significative a questo tema

⁷La celebre definizione Darwiniana ripresa da Jacques Monod nel definire caso e necessità come motori dell'evoluzione biologica

⁸Non a caso le reti a marea della Laguna di Venezia hanno, da un punto di vista morfologico, statistiche indistinguibili da quelle che si osservano in tutt'altre lagune, diverse per marea, geologia, latitudine, clima, eccetera. Ciò è ancora più evidente e documentato per le reti fluviali naturali, sulle quali esiste un corpo notevole di teoria e di osservazione, cfr. I. Rodriguez-Iturbe e A. Rinaldo, *Fractal river basins: chance and self-organization*, Cambridge University Press, 1997

⁹La soluzione dei problemi della città, e la possibile adozione di risoluzioni controverse, richiedono una diffusa conoscenza della realtà veneziana presso le autorità, i cittadini, l'opinione pubblica italiana ed internazionale. Numerose iniziative sono servite, in questi anni, per facilitare (ma anche talvolta per fuorviare) l'acquisizione di conoscenze su un sistema complesso quale quello lagunare veneziano. Quella che mi sembra più moderna, per gli strumenti adoperati e la lungimiranza dell'idea di fondo, è la predisposizione su Internet della banca dati del Sistema Lagunare Veneziano, per iniziativa dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti nel quadro di un'ampia collaborazione fra il Ministero per l'Università e la Ricerca Scientifica e Tecnologica, varie Università e il Consiglio Nazionale delle Ricerche. Si tratta di un servizio in rete, e dunque gratuito, offerto al cittadino con il solo obiettivo di informare e di fornire dati. La banca è accessibile al sito <http://www.ivsila.unive.it>

modificazioni intervenute sull'assetto¹⁰ della Laguna, ed alle loro implicazioni e vincoli per ogni specializzazione economica futura della città: ed anche al modo in cui la salvaguardia fisica della città può incidere sul suo sviluppo sostenibile.

Un compito necessario di un esame dello stato dell'arte delle proposte e delle conoscenze non è quello di parteggiare per una particolare scelta, ma di esaminarne criticamente le conseguenze. In questo senso nessuna proposta va demonizzata, specie guardando indietro, anziché avanti: al milieu vero o presunto che le origina; agli interessi, veri o presunti, che essa difende; al modello di sviluppo che essa sottende o sostiene. Ogni proposta va esaminata con culture adeguate, senza pretese di preminenza di una cultura sopra le altre: ad ognuno il suo mestiere. La decisione spetta, com'è ovvio, al politico ed alla popolazione cui egli risponde. Sta a noi renderla trasparente e ragionevole, meditata e non arretrata, mistificata o fuorviata. Ma il dubbio critico e l'analisi rigorosa, storica, tecnica o economica, rimangono strumento essenziale. La ricerca sui modi della conservazione e la salvaguardia di Venezia e del suo ambiente deve procedere stabilendo terreno in comune per tutte le parti coinvolte nel processo, non discriminando: perché se ciascuna 'parte' in causa convince solo se stessa non potrà esserci successo. Scienza e politica tempestivamente partecipate, dunque, è ciò che Agenda 21 deve proporre.

2. Il concetto di equilibrio naturale, nel senso statico di mantenimento che esso suggerisce, non ha spazio alcuno nei fenomeni evolutivi naturali¹¹. Ma se una tale proposizione è vera in generale, tanto più essa è evidente nel caso dell'ambiente di Venezia (la sua laguna, il suo bacino scolante), oggetto,

¹⁰Uso con riluttanza il termine assetto, o regime/equilibrio o ancora dissesto, idrogeologico per il fatto che esso è usatissimo e suggestivo, ma improprio. Idrogeologico significa legato al moto delle acque nelle formazioni geologiche: sotterranee, dunque. Riesce difficile far capire a studiosi stranieri, le cui lingue sono usate con minore disinvoltura, che con tale termine ci intende riferire al compendio dei fenomeni idraulici e morfologici che interessano l'ambiente fisico di Venezia. E stride, per lo studioso dei fenomeni idraulici, l'ossimoro implicito nel titolo assegnatomi: giacché non esiste equilibrio fisico, né tantomeno idrogeologico, per una Laguna

¹¹Riprendo verbatim alcune considerazioni di un maestro di lucidità e di metodo nella questione veneziana, **W. Dorigo**, Una legge contro Venezia. Natura, storia, interessi nella questione della città e della laguna, Ocina Edizioni, Venezia, 1973

nei secoli, di tali e tanti interventi: mantenuto del tutto artificialmente solo a prezzo di determinanti trasformazioni operate dall'uomo - scientemente, in alcuni casi, per trial and error in molti altri.

Riassumo in estrema sintesi le principali opere dell'uomo ed una loro cronologia essenziale¹²:

i) le grandi diversioni fluviali (Piave, Sile e Brenta). Esse costituiscono una partita iniziata nel 1324, impostata concettualmente nell'arco di trent'anni decisivi nel 1500, e conclusa nel 1860 con il definitivo spostamento della Brenta nella laguna di Brondolo, rapidamente interrata poi dalle torbide¹³. L'alveo del Piave venne deviato (1534, 1565 e 1642-1664) realizzando il Taglio di Re da San Donà ad Eraclea e indirizzandone lo sfocio a mare alla sua sede attuale nel Porto di Cortellazzo. Insieme al Piave fu deviato a mare il Sile (1683), secondo il tracciato attuale al contermine lagunare a Nord. Ma non va trascurato il colossale lavoro del Taglio di Porto Viro del Po delle fornaci, propugnato agli inizi del '600 da **L. Groto**, causa di insabbiamenti alle imboccature lagunari a causa delle correnti marine. Queste opere consentirono di mantenere integro il bacino lagunare perché isolando Venezia esso le consentiva più sicura protezione e difesa. Per contro, esse eliminarono la stragrande maggioranza di apporti di materiale solido che modellarono in origine la laguna (i rimanenti corsi d'acqua dolce - da nord a sud, Zero, Dese, Marzenego, esso pure soggetto ad una parziale diversione nel 1507, escluso un relitto di Brenta detto il Naviglio di scarso significato idrologico - sono di origine resorgiva e non trasportano grandi quantità di sedimenti nemmeno in condizioni idrologiche estreme), invertendone la tendenza all'interrimento e mantenendola spurga e percorsa da correnti vivaci: ma destinandola alla trasformazione in un braccio di mare;

¹²cfr. e.g. **G.G. Zille**, L'Ambiente naturale, in Storia di Venezia, Vol. I, Venezia, 1957; **A. Ghetti**, Italian contributions to hydraulics of lagoons, Excerpta, 5, 7-55, 1990; La salvaguardia di Venezia, Atti del Convegno "Cultura per Venezia", Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 1984; **P. Leonardi**, Dati e problemi geoidrologici, meteorologici e paleontologici veneziani, Atti della Giornata di Studio "A vent'anni dall'evento di marea del Novembre 1966", Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia, 7-54, 1987; soprattutto, il fondamentale **W. Dorigo**, Venezia Origini, Electa, Venezia, 1983

¹³A proposito di infortuni storici va ricordato il precipitoso abbandono della sede della foce del Brenta in Laguna Sud disegnata dal Paleocapa

ii) le difese a mare, ovvero i rinforzi settecenteschi dei cordoni litorali (i murazzi), mirati alla protezione dei sottili lidi dal sormonto da parte delle mareggiate - proprio il fenomeno che aveva in origine determinato la formazione della laguna;

iii) le variazioni delle conterminazioni lagunari; le chiusure di bocche portuali di varia dimensione e localizzazione; la progettazione, manutenzione e successiva distruzione di numerose saline lagunari; le arginature di valli da pesca; la progettazione e la realizzazione di sacche, imbonimenti di varia natura e funzione, argini, traversagni, drizzagni, tagliate, scomenzere; e, naturalmente, l'escavo ex novo di numerosi canali navigabili (non parlo di questo secolo, né del famigerato Canale dei Petroli) dal Canale Drizzagno al Canale Cunetta, dal Canale di Santo Spirito al Canale Nuovo. Di particolare riguardo appare il complesso sistema navigabile artificiale di comunicazione fra i bacini di Lido e Malamocco, il sistema Canale dell'Orfano - Canale di Santo Spirito, degli inizi del 1700;

iv) i continui lavori di manutenzione degli scanni di foce che limitavano il traffico marittimo della Serenissima, e il mantenimento di fondali non trascurabili. Ad esempio, ai tempi di **Cristoforo Sabbadino** il fondale di S. Nicolo' era di 4.20 m¹⁴; nel 1723, diminuendo la manutenzione per la ridotta potenza economica e militare della Serenissima, si entra nel porto di S. Nicolo' con fondali di poco meno di quattro metri¹⁵; ai primi dell'800 il fondale utile minimo era di poco inferiore ai 3 m¹⁶ a causa del progressivo interrimento della Laguna;

v) la costruzione dei moli foranei che prolungarono in mare la bocca di Malamocco (1845-1865); la demolizione della antica struttura delle bocche portuali di Lido, S.Erasmo e Treporti, riunite nella attuale struttura della bocca di Lido (1845-1865); la sistemazione novecentesca della Bocca di Chioggia, iniziata nel 1914 e conclusa negli anni '50. Tali opere determinarono la eliminazione degli scanni e delle barre di foce, garantendo fondali sufficienti e stabili per la navigazione, a prezzo di una accresciuta portata scambiata fra mare e laguna, il cui corollario di vivacità delle correnti di marea è la

¹⁴C. Sabbadino, Scritture sopra la Laguna, Parte I, nella ristampa di R. Cessi, Antichi scrittori di Idraulica veneta, Venezia, 1930

¹⁵B. Zandrini, Idrografia de' Porti e Fuose di S. Nicolo', di S. Erasmo, dei Tre Porti, Venezia, 1723

¹⁶A. Denaix, Carta topografica idrografica militare della laguna di Venezia..., Venezia, 1811

corrosione di sponde e margini lagunari (il parziale crollo del Forte di S. Andrea e' un caso eclatante, ma il tessuto stesso delle fatiscenti fondazioni della citta' non puo' non averne risentito), la demolizione di barene e di fondali.

Molti degli interventi succedutisi nei secoli hanno avuto pesanti controindicazioni ed hanno causato impatti anche a distanza di secoli. Agli antichi idraulici non si puo' imputare di non avere preso in considerazione effetti secondari, anche vitali, dei molti interventi praticati, essendo essi sostenuti solo da intuizioni e dalla verifica sperimentale a posteriori degli effetti degli interventi; piu' difficile appare, invece, scagionare i moderni per il mutato scenario delle conoscenze, delle capacita' predittive e degli strumenti di intervento. Ma le scelte decisive hanno origine lontana. Infatti, la naturale evoluzione di un sistema complesso, quale la laguna, e modellata dal prevalere o dal bilanciarsi di attivita' di apporto ovale o da erosione del moto ondoso e delle correnti di marea suscitate da mare, sostenuta da eustatismi e subsidenza. Il fattore fisico piu' rilevante nel condizionare l'evoluzione¹⁷ e l'estromissione definitiva dei fiumi conclusa nel 1896¹⁸. L'evoluzione della laguna appare dunque forzatamente spinta verso le facies di un braccio di mare, un processo accelerato in maniera notevole, ma non originato, dalla costruzione dei grandi canali navigabili (1925 - Canale Vittorio Emanuele; 1968 - Canale Malamocco-Marghera).

In ogni caso e' evidente che il concetto di equilibrio naturale, per un sistema che abbisogna di tali interventi, e' assurdo. Va invece riconosciuto che nei secoli i reggitori di Venezia hanno dovuto continuamente intervenire e manomettere la Laguna per salvare la Laguna e per adattarla ad ambiente vivibile e vitale secondo esigenze di sviluppo, economico e sociale, della citta'¹⁹.

¹⁷cfr. e.g. P. Gatto e L. Carbognin, *The Lagoon of Venice: natural environmental trend and man-induced modification*, *Hydrol. Sci. Bull.*, Vol. 26, 379-391, 1981

¹⁸La lettura degli scritti antichi e delle memorabili discussioni fra Sabbadino e Cornaro - si veda R. Cessi *Antichi scrittori di Idraulica Veneta* [1930] che ho letto nella ristampa [1987] dell'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia) si presta a diverse interpretazioni sull'analogia fra il momento storico delle grandi decisioni del '500 e quelle odierne. E' di interesse, al proposito, A. Adami e P. Baschieri, *Gran porto fa gran laguna*, *Atti e Memorie, Istituto Veneto di SLLAA, Venezia*, Vol. 153, 48-56, 1995

¹⁹e.g. W. Dorigo, *op. cit.*, 1972

Venezia e Laguna: un insieme essenzialmente artificiale, dunque. E se Venezia va salvata dalle acque, essa deve senz'altro essere salvata nelle acque²⁰ quale che sia l'assetto che la città ed il suo territorio oggi possiedono e quello da disegnarsi per il loro futuro.

3. Il problema idrodinamico della propagazione della marea viene spesso discusso in termini mediati da una interpretazione del celebre aforisma cinquecentesco, di incerta origine²¹, gran laguna fa gran porto, secondo il quale lo scambio di volumi e portate d'acqua fra mare e laguna è determinato unicamente dal rapporto fra la superficie dello specchio acqueo della laguna e la dimensione delle bocche portuali. Le implicazioni dell'aforisma riguardano sia l'idrodinamica che la morfologia del bacino lagunare, e danno un'immagine della Laguna che si riempie e si vuota come un vaso, comunicante con il mare attraverso le sue bocche, in dipendenza dalle oscillazioni del livello dell'Alto Adriatico. Poiché i contorni della sezione delle bocche portuali non possono riguardarsi come rigidi, ma sono mobili sotto l'azione dinamica delle correnti, è ragionevole immaginare che la sezione delle bocche si adatti alle portate da convogliare (se le velocità dell'acqua sono troppo elevate la bocca tenderà ad erodersi fino a raggiungere una dimensione abbastanza ampia da generare velocità compatibili con la stabilità del fondale; al contrario, i sedimenti tenderanno a depositarsi riducendo la sezione della bocca). Questa ipotesi di funzionamento della laguna, semplice e comprensibile, è detta ipotesi statica ed è completamente compatibile con il detto cinquecentesco. In questo senso è interpretata la correlazione fra imbonimenti di aree lagunari, escavo di canali navigabili ed alte maree, generate dai maggiori volumi scambiati fra mare e laguna che produrrebbero maggiori oscillazioni di livello.

L'ipotesi statica non è, però, rigorosa²². Come è noto, il livello in laguna

²⁰G. Bettin, *Dove volano i leoni*, Garzanti, 1993

²¹A. Adami e P. Baschieri, 1995, op.cit.

²²Si vedano ad esempio, per un interessante confronto, le tesi contrapposte di A.P. Pirazzoli (*Recent sea-level changes and related engineering problems in the lagoon of Venice*, Prog. Oceanog., Vol. 18, 323-346, 1987) e G. Di Silvio (*Delimitazione topografica di una laguna a marea: implicazioni idrodinamiche e morfologiche*, Atti del Convegno "Conferma lagunare. Storia, ingegneria, politica e diritto nella Laguna di Venezia", Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia, 307-325, 1992)

non si alza ed abbassa mantenendosi orizzontale come in un catino, ma si propaga dalle bocche alla conterminazione con ritardi anche di qualche ora. I caratteri della propagazione di un'onda di marea sono influenzati da molti fattori che determinano il rapporto fra celerità della propagazione²³, inerzia delle masse in gioco e fenomeni di resistenza al moto²⁴. Nel propagarsi attraverso una bocca lungo i canali lagunari (fino al contermine ed interagendo nelle zone di partiacque), l'onda di marea si deforma, attenuandosi o esaltandosi in ragione del suo rapporto fra fenomeni locali di inerzia e resistenza e le caratteristiche dell'onda in mare²⁵. La validità della relazione fra superficie di espansione della marea e dimensione delle bocche portuali non è generale. Se una laguna è molto grande può accadere che le bocche tendano ad allargarsi, invece che di restringersi, quando si riduca l'estensione del bacino lagunare²⁶. Diverse ipotesi cinematiche e dinamiche sono disponibili, dalle quali è possibile desumere la particolare condizione in cui opera una laguna dal punto di vista idrodinamico: gran laguna fa gran porto, cioè, solo per lagune sufficientemente corte, tali per cui il tempo di propagazione fra mare e

²³Un grandezza del tutto diversa dalla velocità delle correnti di marea. Si tratta della velocità con cui si propaga uno stato di moto, e.g. una determinato livello. Su uno specchio liquido in quiete profondo h , ad esempio, una intumescenza piccola (rispetto ad h) (del tipo di quella che si produce gettando un sasso nell'acqua) si propaga in tutte le direzioni con celerità \sqrt{gh} , dove g è l'accelerazione di gravità. In un corpo idrico fermo profondo 2 m, l'intumescenza viaggia con celerità pari a $\sqrt{2 \cdot 9.81} = 4.43$ m/s pur se la velocità del fluido è nulla. Questo esempio banale dovrebbe illustrare che la propagazione interessa lo stato del corpo liquido e non il trasporto di massa fluida ferma. Per inciso, l'espressione corretta della celerità per perturbazioni ondose non piccole ed in presenza di resistenze al moto non differisce sostanzialmente dalla relazione precedente. La differenza fra velocità critica delle correnti, osservabile direttamente, e celerità di propagazione di un'onda, non osservabile localmente e responsabile del ritardo di marea, è importante per evidenziare uno dei più comuni equivoci tecnici in materia di idraulica lagunare

²⁴e.g. A. T. Ippen, Estuary and Coastal Hydrodynamics, McGraw Hill, 1966

²⁵J.J. Dronkers, Tidal computations in river and coastal waters, North Holland, 1964

²⁶Questa circostanza si è verificata sperimentalmente in occasione della costruzione grande diga di sbarramento attraverso lo Zuiderzee, in Olanda (1933) che ha ridotto di quasi un terzo la superficie di quella laguna (T.J. Zitman, M.J.F. Stive, J. Wierswa, Geological and historical development of the Dutch coast, Proc. XXII Conf. on Coastal Engineering, Delft, 89-99, 1991; J.H.J. Terwindt, J.A. Battjes, Research on large scale coastal behaviour, ibidem). L'interpretazione teorica di un tale fenomeno, suggerita da Lorentz, è discussa per esempio in G. Di Silvio, 1992, op. cit. ed è ripresa nel seguito. Essa aiuta a capire che il caso di Venezia e la validità di leggi empiriche approssimate non sono affatto generali

contermine non superi all'incirca un quarto del periodo della marea forzante.

Oggi la propagazione della marea in bacini lagunari arbitrariamente complessi viene studiata con modelli matematici completi e modelli numerici accurati nella riproduzione della geometria reale del campo di moto e nella soluzione del problema matematico. I modelli matematici idrodinamici derivano da principi primi i bilanci dinamici di massa ed energia che includono la descrizione completa dei contributi di quantità di moto, inerzia locale, gradienti di pelo libero, resistenze al moto al fondo e sforzi da vento. Le condizioni al contorno dei modelli matematici sono i livelli istantanei a mare, ed eventualmente i flussi di acqua dolce da terra²⁷. I modelli numerici oggi disponibili allo stato dell'arte sono del tipo ad elementi finiti e alle differenze finite, un gergo riferito al modo di discretizzare e dunque risolvere la complessa matematica che descrive il problema. Essi sono capaci di descrivere in grande dettaglio (inimmaginabile solo al tempo della prima impostazione del comportamento della Laguna con il metodo statico²⁸) la complessa geometria del campo di moto²⁹. Una complessa taratura dei parametri dei modelli, con-

²⁷Dei quali si sa poco in realtà, cfr. nota n. 99. Inoltre, modelli di correnti di densità, ovvero generati dal mancato mescolamento di acque dolci ed acque salate e dalle correnti indotte sono irrilevanti per il problema della previsione dei colmi di marea. Essi divengono rilevanti per questioni relative alla qualità delle acque di cui si discute brevemente altrove in questa nota

²⁸A. Ghetti, L. D'Alpaos, R. Dazzi, Il Comportamento della Laguna di Venezia indagato con il metodo statico, Istituto di Idraulica dell'Università di Padova, 1970

²⁹Vale la pena di ricordare lo sviluppo temporale di una gerarchia di modelli matematici del comportamento idrodinamico della Laguna di Venezia citata in dettaglio da A. Ghetti, Italian contributions to hydraulics of lagoons, Excerpta, Vol. 5, 7-55, 1990: a) il citato primo modello statico (1970), che assume l'istantaneo parallelismo dello specchio liquido entro tutta la laguna; b) i primi modelli propagatori a rete di canali (cfr. G. Di Silvio e L. D'Alpaos, Validità e limiti di un modello matematico unidimensionale nella propagazione di onde lunghe in campi di moto con caratteri parzialmente bidimensionali, Atti del XII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Milano, 1972; A. Goldmann, R. Rabagliati, P. Sguazzero, Characteristics of the tidal wave in the lagoon of Venice, IBM Tech. Rep. CRV 009/513-3539, 1975); c) la prima impostazione quasi-bidimensionale, capace cioè di considerare non rozza l'interazione fra propagazione nei profondi canali a marea con velme, barene e bassifondi adiacenti che fungono da invasi (cfr. la descrizione in D'Alpaos, Evoluzione morfologica della laguna di Venezia dal tempo del Denaix ad oggi e sue conseguenze sul regime idrodinamico, Atti del Convegno di Studio Conterminazione lagunare. Storia, ingegneria, politica e diritto nella Laguna di Venezia, Istituto Veneto di SLLAA, 327-358, 1992); d) gli odierni schemi numerici completamente

dotta sulla base di eventi di marea registrati in diversi punti della laguna³⁰ e di misure di corrente rilevate in campo³¹, ed un confronto approfondito fra approcci e modelli diversi consente oggi una precisa valutazione degli effetti di interventi strutturali sulla propagazione delle maree: e dunque anche della relazione di causa ed effetto di interventi passati³².

Sulla base di una tale mole di risultati, potrebbe ritenersi che la relazione di causa-effetto dei vari interventi succedutisi nei secoli sui regimi idraulici lagunari sia generalmente condivisa. Così non sembra³³. In particolare è in discussione il ruolo dell'escavo dei grandi canali lagunari in questo secolo come causa determinante di dissesti idraulici e morfologici³⁴. Contribuire a chiarire diverse interpretazioni costituisce, forse, un utile esercizio almeno per alcune questioni di idraulica lagunare di non immediata acquisizione.

bidimensionali (in talune applicazioni anche tridimensionali) e geometricamente molto precisi, fino al modello completo attuale descritto da 12209 elementi (cfr. **Consorzio Venezia Nuova**, REA: Progetto preliminare di massima delle opere alle bocche, Vol.1-2, 1989). I limiti e la validità delle previsioni matematiche e l'accuratezza dei procedimenti numerici sono stati discussi approfonditamente, concludendo che le previsioni dei modelli matematici idrodinamici sono di assoluta affidabilità (cfr. C. Datei, Esame comparato delle caratteristiche dei modelli matematici della Laguna di Venezia, Atti del Convegno di Studio Conterminazione lagunare. Storia, ingegneria, politica e diritto nella Laguna di Venezia, Venezia, 14-16 marzo 1991, Istituto Veneto di SLLAA, 271-291, 1992).

³⁰Le fonti di dati sperimentali sono le misure mareografiche dello storico Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia, le efficienti registrazioni dell'Ufficio Maree del Comune di Venezia e le campagne sperimentali del Consorzio Venezia Nuova, 1989, op.cit.

³¹e.g. Istituto di Idraulica dell'Università di Padova, Le correnti di marea nella Laguna di Venezia, Ministero dei Lavori Pubblici, pro manuscripto, Padova, 236 pp., 1979; Consorzio Venezia Nuova, 1989, op.cit.

³²Si veda, al proposito, Consorzio Venezia Nuova, REA: Progetto preliminare di massima delle opere alle bocche, Vol.3, 1989

³³Si vedano, per confronto, le tesi esposte nel testo del progetto di massima Riequilibrio e Ambiente (Consorzio Venezia Nuova, Vol. 1-4, 1989) con, ad esempio, P. Rosa Salva, Trasformazioni ambientali ed alterazioni nella laguna veneta, Urbanistica, Vol. 62, 5-44, 1974; Environmental management of the Venice Lagoon, Proc. IGU, Comm. Coastal Environ., Bologna, 33-38, 1983; Perché il MOSE è inutile, Tera & Aqua, n.1, 1997; P. Rosa Salva, R. Rabagliati, Indagine di fattibilità di un modello per la pianificazione del territorio lagunare, Acqua & Aria, Vol. 9, 697-709, 1978

³⁴In realtà, come discuto nel seguito, sulla diagnosi dei dissesti morfologici prodotti dai canali navigabili non sussistono differenze di interpretazione di sorta. Semmai la prognosi ad essere diversa

E' difficile sostenere che l'aumento della frequenza delle acque alte osservato dagli anni '60 in poi sia dovuto principalmente alla manomissione della laguna, alle dissenate opere del secondo dopoguerra e in primis ai grandi canali navigabili³⁵. E' certamente vero che in un canale a marea di particolari forma e lunghezza possono prodursi maree amplificate rispetto a quelle forzanti alle bocche - per un fenomeno detto di risonanza - per un effetto combinato dell'inerzia dell'onda, delle resistenze al moto e delle caratteristiche della oscillazione forzante³⁶. Si distinguono così lagune 'corte' (lontane dalla risonanza per qualunque valore della resistenza al moto e della marea forzante), lagune 'lunghe' (per le quali i tempi di propagazione sono comunque lunghi a fronte del periodo della marea. Esse sono fortemente dipendenti dalle resistenze al moto che condizionano la deformazione dell'onda di marea durante la propagazione), e lagune vicine alla condizione di risonanza che, in modelli dinamici linearizzati, sono caratterizzate da un tempo di propagazione fra mare e contermini dell'ordine di 1/4 del periodo dell'oscillazione di marea. In condizioni risonanti, l'amplificazione dell'onda dipende fortemente dalla resistenza al moto complessiva. La Laguna di Venezia non è lontana da condizioni risonanti per maree significative³⁷,

³⁵e.g. A.P. Pirazzoli, 1987, op.cit. Le certezze ostentate su questo punto sono sorprendenti: da Indro Montanelli (mi riferisco alla campagna di stampa condotta dalle colonne del Corriere della Sera dal 1968 al 1973, e soprattutto alla famosa deposizione al processo per distruzione tentatogli dal Sindaco di Venezia (1972) stigmatizzata da Wladimiro Dorigo nel celebre Una Laguna di Chiacchiere, op. cit., 1972), a Gianfranco Bettin (op. cit., 1993), la mancanza di assistenza critica e supporto scientifico nel verificare ipotesi contrapposte su temi così importanti è inspiegabile. L'unica spiegazione possibile, non però lusinghiera, è il pregiudizio di ritenere che la scienza idraulica fosse asservita alla cultura, ed ai disastri, del fare: il che in qualche caso è probabilmente vero, ma ciò non giustifica l'inescusabile superficialità tecnica. Spiegazioni semplici ed immediate ma profondamente errate, quali ad esempio l'immagine del pugno nel catino per spiegare la relazione fra superficie lagunare e ampiezza delle propagazioni delle maree, hanno prodotto confusione. Come citato in precedenza, la nozione di propagazione di un'onda lunga, quale quella di marea, non è di immediata comprensione. Essa viene descritta con figure retoriche ("... crescenti masse d'acqua sospinte più velocemente...") ma obbedisce a leggi della fisica, i bilanci di massa e di forze, che non sono eludibili

³⁶Si veda al proposito J.J. Dronkers, 1964, op.cit.

³⁷e.g. G. Di Silvio, 1992, op.cit. Si noti che l'amplificazione dell'ampiezza di una oscillazione non implica un eguale aumento del massimo livello raggiunto in laguna. Infatti anche il cavo (i.e. il minimo livello durante l'oscillazione) della marea si modifica. Secondo

essendo misurati e calcolati tempi di propagazione di poco superiori a 2 ore per i bacini di Chioggia e Malamocco e di poco inferiori alle tre ore per l'estremità nord-orientale del bacino di Lido. Inoltre l'escavo dei canali navigabili ha avvicinato le condizioni di propagazione alla condizione di risonanza. Dunque è credibile che le notevoli modifiche imposte alla propagazione della marea in Laguna dall'escavo dei canali navigabili abbiano causato - per certe maree - una esaltazione del fenomeno delle acque alte. Per essere significative tali esaltazioni, però, la lunghezza del percorso della marea deve essere confrontabile con la lunghezza d'onda della oscillazione forzante di mare³⁸. La lunghezza d'onda della marea semidiurna, ad esempio, è dell'ordine dei 150 km: di fronte alla quale qualunque modifica interna alla Laguna non può toglierle il carattere idraulicamente "corto" che impedisce amplificazioni apprezzabili³⁹. La valutazione dell'entità della amplificazione è materia di

uno schema lineare del fenomeno, l'aumento del massimo livello sarebbe pari a metà dell'amplificazione. In realtà le osservazioni sperimentali di maree misurate nel 1930 dal Magrini simultaneamente a Punta di Lido e a Punta della Salute, confrontate con odierne analoghe registrazioni sperimentali, mostrano che la maggiore ripidità acquisita dalle onde di marea entranti attuali causa un abbassamento del punto di minimo: con la conseguente riduzione, a parità di amplificazione dell'ampiezza, del massimo valore dell'oscillazione (G. Cecconi, 1997, comunicazione personale)

³⁸J.J. Dronkers, 1964, op. cit.

³⁹Si possono segnalare su questo punto anche dispute colte dei moderni, peraltro istruttive anche in ragione di certa eco del portato scientifico del lavoro. G. Supino sostenne (L'influenza di variazioni recenti di superficie e profondità sulla marea lagunare di Venezia, Rapporti Interno, Istituto di Idraulica dell'Università di Bologna, 1970; Sopra la marea nella laguna di Venezia - Complementi sperimentali, ibidem, 1970; The propagation of the tide inside a lagoon, Meccanica, 1, 42-53, 1970) che una laguna schematica non molto dissimile dalla laguna di mezzo dopo la costruzione del Canale dei Petroli dava luogo ad amplificazioni notevoli della marea (un aumento medio del livello pari all' 8%). Da tale lavoro nacque un movimento di opinione, vivo tutt'ora, secondo il quale il canale sarebbe la causa dell'aumento della frequenza delle acque alte in città. Tale opinione fu sostenuta in particolare da I. Montaneli (che definì il Supino, "unico onesto" nel dibattito tecnico sui destini della laguna; si veda al proposito la deposizione al processo citato in W. Dorigo, 1972, op.cit.). Il lavoro contraddiceva altri studi su lagune schematiche simili, e venne dunque esaminato con grande attenzione (C. Datei, 1972, op. cit; C. Datei e J.J. Dronkers, Considerazioni sulla nota del Prof. G. Supino "La marea nella Laguna di Venezia", Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Rapporti e Studi, Vol. VI, 186-203, 1972): con la conclusione che le discrepanze erano senz'altro da attribuirsi ad un modo non corretto del Supino di porre le condizioni di contorno del modello schematico di propagazione della marea. La reale amplificazione era da ritenersi decisamente minore per rapporti geometrici (si tratta di uno schema di laguna rettilineo, inciso da un

discussione. Studi ed elaborazioni statistiche di sicuro interesse⁴⁰ considerano con attenzione i valori sperimentali delle altezze di acqua alta a Venezia nell'ultimo secolo. Operando con medie mobili su intervalli di diversa ampiezza, tali da filtrare componenti astronomiche, viene stimato in 40 cm l'aumento delle acque alte in questo secolo, dei quali 27 cm attribuiti all'innalzamento relativo del medio mare per subsidenza ed eustatismo⁴¹ e 14 cm a fattori idrodinamici di cui 10 cm circa il contributo medio di amplificazione delle maree dovuto ai canali navigabili. Inoltre un confronto fra le registrazioni alle stazioni di Diga Sud Lido (in mare) e Punta della Salute mostra un innalzamento delle massime maree annuali interne alla laguna di circa 6 cm, secondo l'autore non attribuibile a subsidenze differenziali.

canale centrale profondo fiancheggiato da espansioni laterali simmetriche poco profonde) e profondità vicine a quelli reali per la Laguna di Venezia. Peraltro la schematicità della geometria studiata da Supino, Datei e Dronkers, ineludibile a quel tempo per la necessità di operare con modelli analitici di soluzione delle equazioni del moto, non consentiva l'estensione diretta dei risultati precedenti al caso della Laguna di Venezia. La necessaria generalizzazione è potuta arrivare non moltissimi anni dopo con le generazioni successive di modelli numerici oggi sussidio indispensabile dell'ingegneria (si vedano e.g. G. Di Silvio e L. D'Alpaos, Validità e limiti in un modello unidimensionale nella propagazione di onde lunghe in campi di moto con caratteri parzialmente bidimensionali, Atti del XII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Milano, 1972; D'Alpaos e F. Degan, Un modello matematico Lagrangiano per lo studio del movimento d'acqua nella Laguna di Venezia, Rapporti e Studi, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Vol. VIII, 148-160, 1977; L. D'Alpaos, Correnti residue residue e numeriche nei modelli di propagazione unidimensionali, Atti del Convegno "Processi di mescolamento in ambienti lagunari o estuarini e loro modellazione", Roma, 79-93, 1982; G. Umgiesser, J. Sudermann, E. Runca, A semi-implicit finite element model for the lagoon of Venice, Rapporto Tecnico, 1988; Danish Hydraulic Institute, Modello idrodinamico bidimensionale di dettaglio della bocca di Malamocco, Rapporto Tecnico, Consorzio Venezia Nuova, Convenzione n.6479, Venezia, 1989. Una lista, questa, del tutto incompleta ma che rivela il percorso della ricerca tecnica negli anni, da ritenersi sistemata per le applicazioni alla fine degli anni '80. Nel caso particolare della Laguna di Venezia, poi, il ruolo delle resistenze al moto non è da ritenersi trascurabile: ciò che causa problemi teorici in ragione della non linearità dei processi di un tale tipo. È interessante anche la considerazione di G. Di Silvio sui caratteri propri della Laguna non lontani dalla risonanza idraulica, che giustificano modeste amplificazioni delle onde di marea

⁴⁰A. Tomasin, Recent changes in the tidal regime in Venice, *Rivista Italiana di Geofisica*, 23, 3-6, 1974; P.A. Pirazzoli, Maree estreme a Venezia (periodo 1872-1981), *Acqua-Aria*, n.10, 1023-1039; Recent sea-level changes and related engineering problems in the Lagoon of Venice (Italy), *Progr. Oceanog.*, Vol.18, 323-347, 1987

⁴¹Di cui si tratterà in seguito

I diversi modelli matematici idrodinamici definiscono con precisione il ruolo esercitato sui livelli dai canali navigabili, e al tempo stesso consentono di valutare i poco considerati effetti degli interventi attuati alle bocche di porto, ponendo ad esempio come riferimento il comportamento idrodinamico della citata Laguna del Denai - i.e. valutato propagando le maree sulla batimetria ottocentesca. I colmi di marea immediatamente all'interno delle bocche sono oggi di poco ridotti rispetto al mare, per l'ampiezza dei varchi a marea, e subiscono nella successiva propagazione una leggera amplificazione o un ulteriore abbassamento a seconda del tipo di marea (i.e. che prevalgano aspetti inerziali o dissipativi)⁴². E' di interesse che gli effetti della sistemazione (ottocentesca) delle bocche di porto sono di gran lunga superiori a quelli prodotti dai canali navigabili in questo secolo. In ogni caso l'attribuzione dalla stima statistica di 10 cm al portato dei canali appare eccessiva⁴³. La laguna ottocentesca, invece, dominata dalla resistenza e caratterizzata da un ridotto scambio con il mare, mediamente riduceva i colmi di marea in modo significativo⁴⁴.

⁴²L. D'Alpaos, 1992, op. cit.

⁴³Un carattere importante delle maree, con riferimento ad aspetti propagatori, è il gradiente medio, definito dal rapporto fra escursione totale esperita dal livello e periodo di tempo in cui tale escursione si verifica. Tale gradiente, espresso generalmente in cm/ora, condensa informazione sia sull'ampiezza dell'oscillazione che sul suo periodo ed è regolabile statisticamente. Una marea tipica di sizigia con massimo livello in mare pari a + 90 cm s.m.m. ha un gradiente medio di 9 cm/ora che si verifica (mediamente) 19 volte l'anno. Il massimo livello prodotto a Punta della Salute da tutti i modelli matematici è di +93,5 cm s.m.m. ± 1 cm in dipendenza da diverse ipotesi di resistenza al moto. Una marea con gradiente medio pari a 13 cm/ora, con massimo livello in mare a + 90 cm s.m.m., ha la frequenza media di 13 volte l'anno e produce il massimo livello a Punta della Salute di +93 cm s.m.m. La marea del 4 novembre 1966 (8 cm/ora di gradiente medio) non produce alcuna amplificazione. In ogni caso è evidente la dipendenza della amplificazione dai caratteri specifici di ogni oscillazione di marea. Una media pesata sulla frequenza di occorrenza del gradiente di marea produce un effetto di amplificazione complessivo superiore di 2/3 cm alle condizioni precedenti l'escavo dei grandi canali navigabili (cfr. D'Alpaos, 1992, op.cit.; Consorzio Venezia Nuova, Studio di Impatto Ambientale (SIA) del progetto di massima della chiusura mobile delle bocche di porto, Rapporto Tecnico, in stampa, 1997)

⁴⁴Si è detto del fatto che ad ogni oscillazione di marea in Adriatico (caratterizzata da una ampiezza e un periodo, o una combinazione di essi) ed ad ogni punto interno di osservazione corrisponde una particolare amplificazione/attenuazione della propagazione dell'onda in laguna. L'amplificazione 'media' dipende dunque dalla frequenza relativa

Dieci o due/tre centimetri di amplificazione delle alte maree cambia realmente poco le cose. Personalmente ritengo piu' verosimile⁴⁵ la stima inferiore per alcune debolezze dell'analisi statistica. Infatti, la statistica non puo' tenere in conto che la subsidenza di piu' di 20 cm dell'intero bacino lagunare riduce non poco la scabrezza idraulica della laguna, in specie dei suoi bassifondi. Il contributo della diminuita resistenza al moto e' valutato in 1 ; 2 cm a seconda del variare del gradiente di marea⁴⁶. Inoltre non sono da escludersi subsidenze differenziali per la parte legata alle estrazioni artificiali da sottosuolo⁴⁷; ne' e' completamente chiaro il ruolo del trattamento statistico nei confronti di componenti meteorologiche rilevanti e atipiche, della risposta morfologica ereditata nel tempo, degli errori di misura che non possono essere omogenei in un periodo di 100 anni; ed altri dettagli ancora⁴⁸.

delle alte maree generate in mare. Per la configurazione attuale, confrontata con le configurazioni precedenti l'escavo dei canali navigabili, e' stimata (cfr. Nota n. 43) una amplificazione media di 2/3 cm. Ben diversa, invece, era la condizione della laguna ottocentesca. Infatti la ridotta dimensione dei varchi a marea dissipava ab initio gran parte dell'energia dell'onda e la propagazione in laguna, caratterizzata com'era da fondali dei canali interni dell'ordine dei 3/4 m, era dominata da fenomeni di resistenza idraulica. La morfologia della rete a marea ottocentesca era responsabile della riduzione sostanziale di maree caratterizzate da forti gradienti medi - pur non potendo difendere la citta' da eventi eccezionali per i quali i caratteri della propagazione diventano influenti a causa del perdurare del livello anomalo in mare

⁴⁵Nonostante la sicurezza del Pirazzoli, 1987, op.cit.

⁴⁶L. D'Alpaos, 1992, op.cit

⁴⁷Si veda la discussione che segue

⁴⁸In particolare, se l'analisi con le medie mobili viene estesa non solo al massimo valore (massimo livello annuale), ma anche alla media dei primi 5 o 10 massimi valori, l'amplificazione risulta decisamente minore (rispettivamente pari a circa 5 e 3 cm) (A. Scotti, 1997, comunicazione personale. Anche in: Consorzio Venezia Nuova, 1997, op.cit.). Questo risultato segnala che e' rintracciabile oggettivamente anche nella statistica il diverso effetto di amplificazione che si ha per diverse maree. Inoltre un tale risultato tenderebbe a dare maggiore validita' alle stime pesate sulla frequenza degli eventi ottenute dai modelli matematici. Inoltre nel confronto fra i valori massimi registrati al mareografo di Lido e quello di Punta della Salute non e' chiaro se i dati si riferiscano rigorosamente a stesse maree, condizione necessaria per un confronto di qualche significato. Infine, e' interessante osservare che l'analisi con medie mobili condotta sui minimi di marea non mostra trend in aumento, e l'analoga analisi del Pirazzoli condotta sui dati del mareografo di Trieste mostra anch'essa, curiosamente, un aumento di circa 10 cm in 100 anni, certo non imputabile ad escavi di canali navigabili a centinaia di km di distanza (Consorzio Venezia Nuova, 1997, op.cit.). Tutto cio' rende dubbia la validita' del procedimento

L'assenza di fondamento della correlazione fra imbonimenti, grandi canali ed alte maree è palese per gli eventi eccezionali⁴⁹: se la marea in Adriatico rimane al di sopra di +1.50 m sul medio mare per più di 15 ore (come nell'evento del 4 novembre 1966), identica quota si riprodurrà all'interno della Laguna indipendentemente dai caratteri della propagazione (ovvero della profondità e la larghezza dei canali lagunari: ed anche se la Laguna si spingesse fino a Padova, con buona pace delle correlazioni fra specchio liquido lagunare e alta marea). Le alte maree eccezionali hanno, in assenza di forme artificiali di controllo, la città alla loro merce⁵⁰.

statistico

⁴⁹Esiste una notevole letteratura su questo problema specifico. In particolare, un grande contributo di idee e di cultura centrato sul dibattito della salvaguardia fisica della città si trova negli atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Rapporti e Studi, Commissione di Studio dei Provvedimenti per la Conservazione e Difesa della Laguna e la Città di Venezia, Vol. I - XII, pubblicati nel periodo 1961 - 1996. Analisi specifiche della propagazione della marea in condizioni di diverso imbonimento e per diverse dimensioni e geometria delle incisioni dettate dalla rete di canali a marea sono in: il Volume che raccoglie importanti contributi sul significato della conterminazione lagunare negli Atti del Convegno citato promosso dall'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti di Venezia, cfr. A. Adami, 1992, op. cit.; L. D'Alpaos, 1992, op. cit.; C. Datei, 1992, op. cit.; G. Di Silvio, 1992, op. cit.; A. Ghetti, 1992, op. cit.; C. Maccagni, Motivazioni e criteri tecnici della conterminazione, Atti cit., 147-164, 1992. Di recente sono di grande interesse tecnico gli studi di Danish Hydraulic Institute, Inlet stability and impact of new works, Rapporto Tecnico B.7.3, Consorzio Venezia Nuova, Venezia, 1989; e la sintesi in Consorzio Venezia Nuova, 1989, op.cit. Va infine ricordata per la sua importanza storica l'ineccepibile discussione tecnica di Wladimiro Dorigo, Una laguna di chiacchiere. Note a margine a "Tutto Montanelli su Venezia", pro manuscripto, Tipo-litografia Emiliana, Venezia, 120 pp., 1972; Una legge contro Venezia. Natura storia interessi nella questione della città e della Laguna, Ocina Edizioni, Roma, 1973

⁵⁰La questione della frequenza probabile degli eventi eccezionali è complessa e non è da trattarsi in questa sede. Segnalo solo che la stima comune che attribuisce all'evento del 4.11.66 il tempo di ritorno di circa 200 anni (A. Ghetti, I problemi idraulici della Laguna di Venezia, Quaderni della Ricerca Scientifica n.94, CNR, Roma, 1973; A.P. Pirazzoli, 1991, op.cit.; Consorzio Venezia Nuova, 1989, op.cit.) non mi convince. Infatti l'adattamento statistico della distribuzione di Gumbel al campione appare inadeguato in tutti i trattamenti che ho potuto consultare, oltre che in qualche modo teoricamente insoddisfacente. I fenomeni auto-organizzati tendono a seguire le distribuzioni di Pareto o di Levy, che hanno code algebriche che non decadono esponenzialmente (cfr. P. Bak, 1996, op.cit.). Come risultato gli eventi estremi sarebbero molto più probabili, in realtà, di quanto non appaiano dalle distribuzioni del tipo di quella di Gumbel

Una opinione corrente⁵¹ sostiene che si debba innanzitutto consolidare e conservare la Laguna consegnata a noi dall' 800 e che le misure strutturali di salvaguardia debbano essere perseguite sostanzialmente abbandonando il controllo delle acque alte eccezionali, ed abbattendo le maree medio-alte con interventi morfologici di usi e con l'apertura delle valli da pesca all'espansione delle maree⁵². Gli interventi di usi consistono nella riduzione dei fondali alle bocche di porto; nel ripristino del sistema di ritiro e di resistenza alla propagazione delle maree di barene, velme e dossi; la chiusura del tratto rettilineo del canale dei petroli (il canale Malamocco-Marghera) Quanto alle bocche portuali, esse dovrebbero diversamente orientate⁵³ ed essere ridotte a fondali modesti, paragonabili a quelli della laguna settecentesca e tali da ridisegnare la vocazione portuale di Venezia in una prospettiva diversa. Lo scopo dichiarato e' l'inversione dei processi degenerativi in atto, con la riduzione di velocita' delle correnti di marea e del loro potere erosivo e la riduzione dei colmi di marea in centro storico come frutto di ridotti volumi di acqua marina in ingresso e di aumentate resistenze alla propagazione della marea.

Non nego rispettabilit  a queste proposte. Nondimeno la loro fattibilit  tec-

⁵¹Non esiste molta letteratura al proposito (cfr. P. Rosa Salva, opp. cit.). Esiste invece una copiosa raccolta di interventi pubblici e una richiesta specifica del Comune di Venezia al Consorzio Venezia Nuova (marzo 1995)

⁵²Quest'ultimo provvedimento riguarda, con espliciti richiami, anche nelle leggi per Venezia (sia nella 171/1973 che nella 798/1984)

⁵³Non pu  considerarsi una vera proposta quella dei cosiddetti moli storti (M. Calligaro, Un piano per l'Area Lagunare Veneziana, Atti del Seminario "L'altra Venezia a Convegno", Venezia, 1988), un vero assurdo tecnico e pratico

nica e le loro conseguenze sul sistema fisico⁵⁴ sono prevedibili⁵⁵ e devono essere evidenziate chiaramente.

Interventi morfologici di uso (in particolare la riduzione di fondali e di sezioni idrauliche, e gli aumenti locali di scabrezze) sono di interesse ambientale quando perseguono morfologie vicine a quelle naturali, ma sono tecnicamente

⁵⁴Non posso, invece, valutare le implicazioni socio/economiche e politiche delle proposte citate, in particolare connesse con la sopravvivenza economica della vocazione portuale della città con fondali ridotti. La questione centrale mi sembra legata al destino del traffico dei petroli e del loro terminale, il petrolchimico di Porto Marghera, per il quale è lecito non nutrire simpatia ma che dà lavoro a 5000 persone. Le statistiche del traffico marittimo che ho superficialmente consultato sembrerebbero mostrare la sopportabilità del grosso del traffico commerciale anche con fondali da 9-10 m, ma non sono ancora, secondo me, identificate con chiarezza le condizioni che rendono compatibile lo sviluppo della moderna funzione portuale con la persistenza dell'ecosistema lagunare. Su questa materia il lettore è rimandato ad altre fonti, e.g. *Consorzio Venezia Nuova*, 1989, op. cit; *P. Rosa Salva*, 1983, 1997, opp. cit; *I. Musu*, *Problemi di sviluppo sostenibile per Venezia nell'ottica dell'Agenda 21*, 1997, in stampa in questo volume

⁵⁵La mancanza di una cerniera culturale adeguata per le decisioni politiche relative alla salvaguardia e ha ragioni lontane, principalmente per il citato, presunto asservimento della scienza alla cultura del "fare" e per un uso strumentale degli argomenti tecnici. Non giova inoltre alla trasparenza della comunicazione il fatto che nei dibattiti impegnati l'attenzione dei tecnici appare normalmente circoscritta, prestandosi così alla ovvia critica della sua settorialità: ma che forse costituisce l'unico modo per non indulgere in facile superficialità attesa la complessità dei problemi da trattare

costosi⁵⁶ e certamente insignificanti⁵⁷ per la riduzione dei colmi delle maree eccezionali. Per le maree medio-alte, l'innegabile beneficio dipende dalla ripidità dell'oscillazione di marea⁵⁸. Le inversioni di tendenza del degrado

⁵⁶Una stima (si tratta di studi del concessionario Consorzio Venezia Nuova, Studio di Impatto Ambientale (SIA) del progetto di massima della chiusura mobile delle bocche di porto, Rapporto Tecnico, in stampa, 1997) dei volumi di materiale di fondo necessari per la riduzione dei fondali e l'eliminazione del canale dei petroli è di 7.2 milioni di metri cubi (cui si aggiungono circa 5.6 milioni di metri cubi per il Canale Litoraneo), una quantità (ed un costo) considerevole. Anche prescindendo da questioni di stabilità del materiale di fondo una volta posto in opera, è immaginabile una spesa rilevante (confrontabile con il costo delle opere alle bocche) anche immaginando di usare la demolizione delle casse di colmata per il reperimento del materiale. Ricordo che le casse di colmata furono imbonite proprio con il materiale di scavo del canale Malamocco-Marghera (1968) (A. Rusconi, *Variazione delle superfici componenti il bacino lagunare*, Ministero dei Lavori Pubblici, Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia, Pubbl. n. 160, Venezia, 1987). Va inoltre segnalato che la ricalibrazione di Spignon e Fisolo, corollario di un tale intervento, richiede l'escavo di circa 6 milioni di metri cubi di sedimenti e una successiva continua manutenzione. È invece inimmaginabile restituire alla batimetria lagunare i 23 cm persi in questo secolo per subsidenza, che richiederebbero circa 40 milioni di metri cubi di materiale di fondo.

⁵⁷Si vedano, al proposito, i citati contributi al Volume *Conterminazione Lagunare: storia, ingegneria, politica e diritto nella Laguna di Venezia*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 1992, op. cit.

⁵⁸Si veda, al proposito, lo studio con diversi modelli matematici commissionato dal Consorzio Venezia Nuova (op. cit., Vol.3, Cap. XV, 1989; ed anche 1997, op.cit.). La stima della riduzione dei colmi delle maree medio/alte ottenibile dall'insieme di tutti gli interventi di usi proposti è di poco superiore a 5 cm. Specificamente, l'effetto di tutti gli interventi di usi sulle più comuni maree di sizigia (+90 cm s.m.m. come massimo livello in mare, gradiente medio pari a 9 cm/ora, frequenza probabile 19 volte/anno) è di -5.1 cm; Per maree più ripide di massimo livello +90 cm (13 cm/ora) l'effetto di riduzione è di -8.2 cm. Per maree meno ripide l'effetto di riduzione tende rapidamente a zero. Per maree caratterizzate da massimo livello in mare pari a +140 cm s.m.m. (per il quale si modificano in modo non banale e non trascurabile i meccanismi di resistenza al moto nella propagazione) e gradiente di 10 cm/ora, la riduzione complessiva è di 6 cm circa (Consorzio Venezia Nuova, 1997, op.cit.). Significativamente, la riduzione del colmo è inferiore a 2 cm per la marea del 4.11.66 che, com'è noto, ebbe il suo colmo a +1.94 m sullo zero di Punta della Salute (+ 1.71 circa sul medio mare attuale), un gradiente medio pari a 8 cm/ora e l'abnorme durata di circa 20 ore. Ma anche questo dato, pur trascurabile, è fuorviante, perché per circa 16 ore il livello in mare ed in laguna coinciderebbe, nell'intorno delle quote da +1.50 a +1.70 m s.m.m.. La riduzione di 2 cm si verificherebbe perché il picco che raggiunse quota +1.94 nel 1966, a partire dalla quota di circa +1.70, fu relativamente rapido. Queste valutazioni sono da considerarsi certamente precise e chiaramente indicative, secondo me, della scarsa rilevanza idraulica

morfologico non sono da considerarsi garantite⁵⁹ e le variazioni di profondità dei canali e delle sezioni delle bocche aumentano le sedimentazioni e gli

di interventi di usi, anche se spinti fino a restituire alla laguna la sua morfologia dei primi dell'ottocento: in un processo storicamente discutibile e con rilevantissimo aggravio dei problemi tecnici, economici ed ambientali qui ricordati

⁵⁹Cfr. nota n. 84. Va osservato che i volumi di marea si espandono in un bacino lagunare più velocemente lungo le incisioni più profonde, e si propagano ai bassifondi adiacenti più lentamente. Con volumi crescenti che penetrano in laguna, i canali via via più interni si ingrossano a spese di sedimenti mobilitati dai bassifondi (che dunque vengono approfonditi) che si vanno generalmente a depositare nei canali principali. La tendenza principale di ogni nuova incisione è quella di interrarsi in ragione di un tale meccanismo. Il restauro di forme lagunari proposto con gli interventi di usi non può eliminare l'erosione indotta nei bassifondi dalle risospensioni da vento anche per modestissime correnti di marea. Ciò suggerisce un riadattamento della morfologia lagunare a mutati volumi in ingresso (un processo che in trent'anni ha superato la sua fase acuta oggi) che ha per corollario un ulteriore abbassamento dei bassifondi e la necessità di un paziente lavoro di manutenzione e di escavi nei nuovi canali Spignon e Fisolo. Non può infatti trovarsi equilibrio dinamico di produzione e trasporto di sedimenti - impossibili da scassarsi al fondo - in assenza di produzione di sedimenti. Al destino della morfologia lagunare bisognava, insomma, pensare prima (intendo 400 anni fa). Ma anche si potesse decidere di reimmettere i volumi in laguna non potremmo dirci certi della sopravvivenza della geomorfologia lagunare. Infatti andrebbe smantellato il grande letto di sedimenti fluviali costituito dalle dighe del Cadore e del Trentino, eliminando così molta produzione idroelettrica e un contributo sostanziale alla sicurezza idraulica dei territori del Nord Est creato dai serbatoi di laminazione delle piene. Inoltre larga parte dei territori montani dovrebbe essere abbandonata per consentire la riformazione delle ampie conoidi di deiezione che costituirono la riserva per il trasporto da parte delle piene storiche. Giusta o sbagliata che fosse, la decisione della Serenissima non è modificabile oggi. Resta da stabilirsi quale sia il destino della laguna, o del suo degrado, in assenza di ogni intervento. Gli interventi dell'uomo possono solo ritardare o accelerare l'opera di demolizione delle forme lagunari residue. L'azione demolitrice dei bassifondi prodotta dall'azione combinata dell'erosione e della subsidenza, grandemente accelerata dall'escavo dei canali lagunari, non può ragionevolmente essere compensata da apporti esterni e non può essere annullata (o addirittura invertita) con interventi di usi. Essa ha esaurito la sua fase acuta di risposta alle modifiche idrodinamiche prodotte alla fine degli anni '60. Una tale situazione è nota, in geomorfologia, come la tendenza della topografia di un profilo maturo al peneplano in aree tettonicamente inattive: essendo il trasporto di sedimento (non compensato da un sollevamento) generato da gradienti topografici, esso si fermerà asintoticamente solo quando ogni gradiente sarà annullato. I paesaggi fluviali maturi, geologicamente vecchi, sono gentilmente ondulati e poco 'profondi'. Così la forma lagunare cui irreversibilmente tende l'ambiente odierno per i processi in atto è un braccio di mare privo di incisioni interne e poco profondo: da noi dipende solo se ci si arriverà in tempi geologici (tra l'altro di non facile previsione) o nell'arco di tempo di poche generazioni

eventuali oneri di dragaggio e manutenzione dei canali (eventualmente) navigabili. Inoltre aumenterebbero senz'altro i problemi di qualità delle acque in ragione del ridotto scambio auspicato fra mare e laguna⁶⁰. Dunque il capillare restauro dell'ecosistema lagunare che verrebbe prodotto con gli interventi morfologici di cui è affascinante ma problematico dal punto di vista tecnico: da una parte perché non elimina - anche a fronte di costi considerevoli - alcuno degli effetti realmente nocivi per la città; dall'altra perché non modifica sostanzialmente i processi degenerativi in atto e si configura come un supplizio di Tantalò, destinato ad un perenne lavoro di ricostruzione e di manutenzione per poter essere protratto nel tempo.

La sola apertura delle valli da pesca alla espansione della marea entrante non causa alcun beneficio idraulico significativo per le maree medio/alte, né causa

⁶⁰Il tema della qualità delle acque lagunari, oggi ed in prospettiva, è toccato solo marginalmente nella relazione, centrata su 'equilibri' di altra natura. Lo stato delle conoscenze sull'ecosistema lagunare e l'attendibilità delle previsioni di medio e lungo termine sono da considerarsi largamente inadeguati. Certamente è condivisibile l'antipatia degli ambientalisti per la cosiddetta 'diluizione' dei carichi inquinanti, una non-soluzione dei problemi ambientali. Peraltro il disinquinamento completo della laguna di Venezia è utopia, secondo me, per ragioni tecniche in particolare connesse con il ruolo e la natura degli inquinanti da sorgenti diffuse (trasportati, cioè, dalle acque di scolo di origine meteorica) per i quali non sono fattibili processi tradizionali di depurazione. A contribuire al mio pessimismo concorrono il coacervo di competenze su materie ambientali (statali, regionali, provinciali e/o comunali), il grande business sotteso dal disinquinamento e l'assenza a tutt'oggi di una vera authority che sia posta in condizione di decidere con consapevolezza tecnica e trasparenza. Non mi pare verosimile, dunque, che possano esistere certezze su questa materia dopo decenni di fallimenti di Piani Direttori generali del disinquinamento della Laguna: l'unica certezza è che se non fosse davvero disinquinata la Laguna e si riducessero i fondali essa diverrebbe rapidamente una cloaca. Mi risulta difficile immaginare un processo di decisione che accetti una tale situazione: un bilancio con 'uscite' certe e con 'entrate' assai malcerte

alcuna riduzione delle alte maree per eventi eccezionali⁶¹. Solo altre ragioni⁶² possono dunque suggerire un loro diverso utilizzo perché la pubblica utilità ai fini idraulici non da considerarsi inesistente. Significativamente, anche per la ottocentesca laguna del **Denaix**, caratterizzata da superfici complessive sensibilmente superiori dei bacini lagunari, le valli da pesca giocano un ruolo del tutto marginale con riferimento al regime delle correnti e dei livelli in Centro Storico⁶³. È di interesse osservare che l'aumento dei tempi di propagazione della marea conseguente all'apertura delle valli comporterebbe una leggera riduzione della portata scambiata attraverso la bocca di Lido, ed un leggero aumento di quella scambiata attraverso le altre due bocche⁶⁴. Conviene anche osservare che certe descrizioni degli effetti della chiusura delle valli alla espansione delle maree⁶⁵ sono di grande effetto ma tecnicamente risibili, e non giovano a tesi invece in larga parte condivisibili sul futuro del modello di sviluppo della città'.

Il controllo delle alte maree eccezionali non può essere fatto senza il controllo alle bocche di porto con opere fisse o mobili. Su questo punto tutti i modelli e tutte le valutazioni (nazionali ed internazionali) sono concordi⁶⁶. La difesa

⁶¹Si veda e.g. Istituto di Idraulica "G. Poleni" dell'Università di Padova, Effetti dell'apertura delle valli da pesca alla libera espansione della marea, Rapporto Tecnico, 1970; L. D'Alpaos e G. Di Silvio, Studio su modello matematico degli effetti idrodinamici che conseguirebbero all'apertura delle valli da pesca nella Laguna di Venezia, Studi e Ricerche, Istituto di Idraulica dell'Università di Padova, n. 293, 1975; A. Adami, Alcuni aspetti idrodinamici legati all'apertura delle valli da pesca rilevati su modello fisico della laguna. In: "Conterminazione Lagunare. Storia, ingegneria, politica e diritto nella Laguna di Venezia", Istituto Veneto di SLLAA, Venezia, 293-306, 1992; L. D'Alpaos, Evoluzione morfologica della Laguna di Venezia dal tempo del Denaix ad oggi e sue conseguenze sul regime idrodinamico, In: "Conterminazione Lagunare. Storia, ingegneria, politica e diritto nella Laguna di Venezia", Istituto Veneto di SLLAA, Venezia, 328-358, 1992

⁶²Con l'aggravante del sospetto di un certo accanimento politico dettato da facile demagogia per il loro assetto proprietario ed il loro utilizzo. Di certo l'apertura delle valli implica la compromissione delle attività produttive odierne a fronte di nessun vantaggio idraulico

⁶³L. D'Alpaos, 1992, op.cit.

⁶⁴G. Di Silvio, 1992, op.cit.

⁶⁵".. Un'enorme massa d'acqua viene così respinta dalle valli verso la città, come pure dalle zone interrate ed industriali. La pressione su Venezia aumenta così smisuratamente...", G. Bettin, 1993, op. cit.

⁶⁶Si veda, per una raccolta di varia documentazione, Consorzio Venezia Nuova,

si basa sul presupposto di isolare temporaneamente la Laguna dal mare in periodo di acque alte. Molte diverse soluzioni sono state studiate, con configurazioni ad opere mobili, con opere fisse, o combinazioni delle une e delle altre⁶⁷, che pongono diversi problemi tecnici, economici o di gestione. La scelta progettuale finale del concessionario⁶⁸, prodotta per avvenimenti successivi, prevede sbarramenti mobili a completa scomparsa ed è in questi mesi sottoposta a valutazione di impatto ambientale: un vaglio di grande significato. Non è questa la sede per una discussione dei meriti o delle debolezze del colossale progetto delle opere mobili alle bocche: ma certo l'ingegneria mobilitata dal **Consorzio Venezia Nuova**, concessionario dello Stato, non può essere ignorata (come mi sembra accada, specie in città) o sottovalutata. Né posso dirmi d'accordo con chi sostiene che le opere alle bocche sono funzionali alla struttura ed alla profondità degli attuali canali lagunari e ad un modello portuale ed industriale superato e pericoloso⁶⁹: infatti l'uso e la funzione delle opere mobili si giustificano per qualunque morfologia lagunare⁷⁰. Il problema non può dunque più dirsi tecnico da questo punto in avanti, ma è dominio della politica delle scelte strategiche per la città. Lo ripeto: se le maree eccezionali sono un problema rilevante per la città, l'unica sua soluzione possibile è un temporaneo isolamento della Laguna dal mare con un intervento sulle bocche portuali.

Altro, e complesso, problema è quello della regolazione delle eventuali opere mobili. La regolarizzazione statistica dà modo di valutare il tempo di ritorno di livelli di marea superiori a quote pressate. Nelle attuali condizioni altimetriche, per quote superiori a + 1.00 m s.m.m. (per il quale si allaga il 5 % del territorio cittadino) la frequenza media è di 7 casi in un anno (per una durata stimata da 16 a 46 ore in media); quella massima osservata (nel 1979) è di circa 60 volte⁷¹. Il tempo di ritorno di altezze superiori a + 1.40 m s.m.m. è di circa 6 anni, e a + 1.60 di circa 20 anni. Altezze superiori

1989, op.cit.

⁶⁷Consorzio Venezia Nuova, 1989, op. cit., Vol. 1-3

⁶⁸Consorzio Venezia Nuova, 1989, 1997, opp. cit.

⁶⁹P. Rosa Salva, op. cit., 1997

⁷⁰Si è detto in precedenza che non è tenibile l'assunto secondo cui esistono misure strutturali, quali discese riduzioni dei fondali, che possano proteggere contro le acque alte eccezionali

⁷¹A. Ghetti, 1984, op. cit.

a +0.80 m si verificano circa 40 volte in un anno⁷². Questi valori, relativi come s'è detto alla quota attuale del medio mare, danno modo di valutare alcune delle complesse questioni che presiedono alla possibile regolazione del temporaneo isolamento della laguna dal mare.

4. Le cause prime dell'aumento della frequenza delle alte maree in Centro Storico, e un pericolo mortale per la sorte della città, sono i fenomeni concorrenti di subsidenza e di aumento del livello medio marino (eustatismo). Tali fenomeni sono oggi solo legati a processi naturali (bradisismo ed eustatismo) ma in passato sono stati esaltati da disastrosi interventi dell'Uomo - ma non eseguiti a Venezia né nella sua Laguna⁷³. È facile cogliere la correlazione fra la perdita di quota media della città e l'aumento delle acque alte, stimandosi autorevolmente in circa 23 cm la perdita netta di questo secolo⁷⁴, corrispondenti a tassi eustatici di circa 1.1 mm/anno che, accoppiati alla subsidenza, hanno prodotto per Venezia una velocità complessiva di progressiva soggiacenza di circa 2.5 mm/anno. Un unico dato confortante va rilevato: quando una campagna seria di informazione scientifica segnalò la sicura correlazione

⁷²A. Ghetti, 1976, op. cit.

⁷³La relazione fra subsidenza ed estrazioni dal sottosuolo è stata teoricamente stabilita relativamente da poco. Nel caso di Venezia, l'Istituto del CNR veneziano è centrale dalla sua origine negli studi della subsidenza, cfr. A. Tomasin, L'attività scientifica sui problemi lagunari condotta dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, Atti del Convegno "Conferma e sviluppo della ricerca sulla subsidenza nella Laguna di Venezia", Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venezia, 259-270, 1992; G. Gambolati e P. Gatto, Simulazione della subsidenza di Venezia. In: "Venezia ed i problemi dell'ambiente", Il Mulino ed., Bologna, 299-360, 1975; L. Carbognin, P. Gatto, G. Mozzi, La riduzione altimetrica del territorio veneziano e le sue cause, Rapporti e Studi, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Vol. VIII, 55-83, 1981; L. Carbognin e G. Taroni, Linearità fra due variabili: piezometria e subsidenza nell'area veneziana, Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Tomo CLIV, 33-52, 1996. Importanti risultati teorici sono anche in: G. Gambolati, P. Gatto, R.A. Freeze, Mathematical simulation of the subsidence of Venice, Water Resources Research, Vol. 10, 563-577, 1974; G. Gambolati, P. Gatto, R.A. Freeze, Predictive simulation of the subsidence of Venice, Science, 183, 1023-1024, 1974

⁷⁴Anche un questo specifico tema esiste una vasta letteratura. Per un risultato recente di grande interesse, si veda il confronto di L. Carbognin e di G. Taroni delle misure mareografiche dell'ultimo secolo a Punta della Salute (instabile per traslazioni verticali) e Trieste (stabile) che evidenziano per differenza il contributo della subsidenza, in: Eustatismo a Venezia e Trieste nell'ultimo secolo, Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Tomo CLIV, 281-298, 1996

teorica e sperimentale fra subsidenza ed estrazioni di acque dal sottosuolo della gronda lagunare e del bacino scolante⁷⁵ vennero rapidamente chiusi i pozzi industriali, principali responsabili degli emungimenti, sostituiti da un acquedotto industriale dal Sile a Porto Marghera. La risposta sperimentale fu l'eliminazione della componente, detta antropica, della subsidenza da emungimenti che si è nuovamente assestata sui valori caratteristici della compattazione geologica (3 a 7 cm/secolo). Non cesso di sperare che quel tipo di consenso e di elasticità siano ripetibili per la questione idraulica e morfologica.

Ma le previsioni dell'eustatismo per il terzo millennio sono sconfortanti⁷⁶: la stima media dei modelli di circolazione generale, lo stato dell'arte delle conoscenze in materia di global change (il mutamento climatico su scala mondiale), e di modelli di area limitata, prevede un aumento da 20 a 50 cm per l'anno 2100⁷⁷. Ovvero Venezia sarebbe perduta nel volgere di due o tre generazioni, cioè che le impedirà di essere salvata nelle acque perché se prevarrà

⁷⁵cfr. P. Gatto, L. Carbognin et al., opp. cit.

⁷⁶Un recente confronto, di grande respiro, fra diverse ipotesi è in D. Schneider, *The rising seas*, *Scientific American*, 3, 112-118, 1997. Gli 'scenari' possibili sono diversi: i) il disastroso scioglimento dei ghiacci del polo (West Antarctic ice sheet), che alzerebbe globalmente il mare anche di qualche metro; ii) il mantenimento del trend eustatico generale degli ultimi 20 anni (stabilito, dopo molte discussioni tecniche e teoriche, in + 2 mm/anno soprattutto sulla base delle misure del satellite TOPEX/Poseidon); iii) la possibilità di aumenti irregolari, suggerita dall'osservazione sperimentale (dai carotaggi di ghiacci in profondità o dai campioni profondi di sedimenti oceanici su cui si misurano surrogati della temperatura media annuale) secondo la quale nelle ere geologiche l'eustatismo non si è mai manifestato come un trend regolare, ma piuttosto come una variazione fortemente irregolare - grandi modi - che occorre rapidamente dopo lunghi o lunghissimi periodi di stasi. Dal confronto emerge la preoccupazione per l'entità verosimile del fenomeno, stimata nel campo da +20 a +50 cm in 100 anni, e per la capacità dei governi locali di prevederle in anticipo le conseguenze per le aree costiere ("... Responsible international authorities must take the full range of possibilities into account in planning for the future...")

⁷⁷Un testo recente di riferimento è: *International Panel on Climate Change, Second Assessment Report* (J.Houghton ed.), Cambridge University Press, 1995. Il bilancio delle evidenze disponibili, pur nella previsione di variazioni locali, suggerisce una discernibile influenza delle attività dell'uomo sul clima, e immagina un incremento della temperatura media globale tra 1.5° e 4° C per l'anno 2100. Pur nelle notevoli incertezze cui la previsione è legata, una grande preoccupazione deve farsi strada, anche perché talune stime cautelative indicano aumenti maggiori anche senza invocare fenomeni disastrosi quali gli scioglimenti dei ghiacci antartici. La città sarebbe, dunque, perduta nel giro di un secolo

la scelta del non intervento (la cosiddetta opzione zero), fra cinquant'anni sarà tardi per interventi non radicali e l'unica strada percorribile sarà di isolarla permanentemente dal mare⁷⁸. E dunque, per dirla con Chastel⁷⁹, l'episodio centrale della crisi del mondo moderno, la s^oda veneziana, sarà perduta.

5. Un'altra questione nodale, il rapporto fra morfologia lagunare e intervento dell'uomo, deve essere esaminata con attenzione, sia per alcune implicazioni sull' 'equilibrio' fisico dell'ambiente veneziano che per l'esame delle tendenze evolutive in atto o prevedibili a politiche mutate.

L'ambiente naturale che chiamano laguna è il prodotto di una azione concertata di più agenti fisici che determinano il movimento di sedimenti per dinamiche fluviali, propriamente lagunari (legate alle correnti di marea) o marine: gli apporti di materiale solido da corsi d'acqua e da parte delle correnti di mare; il moto ondoso e le correnti litoranee da mare; il moto ondoso e le correnti di marea in laguna; i fenomeni di bradisismo (la subsidenza per compattazione delle alluvioni stratiformi che costituiscono la base su cui poggia il retroterra emerso e le isole lagunari) ed eustatismo (la fluttuazione nel livello medio marino). La forma istantanea e le tendenze evolutive di una laguna dipendono dalla importanza relativa dei fenomeni citati, e in particolare dalle loro fluttuazioni temporali nelle scale di tempo geologiche e climatiche o di breve periodo, indotte da interventi dell'uomo, o naturali. Le tendenze evolutive dipendono, in relazione ad un particolare regime idrodinamico, da meccanismi di trasporto: il trasporto netto di sedimenti ai canali lagunari; il trasporto netto di sedimenti dai canali al mare ed eventualmente dal mare all'interno della laguna; la complessa interazione fra meccanismi di trasporto all'interfaccia mare/laguna; l'immissione di sedimenti di origine fluviale; e

⁷⁸A.P. Pirazzoli, Possible defenses against a sea-level rise in the Venice area, Italy, J. Coastal Res., 7, 231-248, 1991. Va inoltre osservato (cfr. D. Schneider, 1997, op.cit.) che una ulteriore preoccupazione connessa con l'aumento della temperatura media è la progressiva tropicalizzazione del clima, che implica l'aumento della frequenza di eventi atmosferici di grande intensità. Questi, causati dai maggiori gradienti termici, generano forti anomalie locali, violente perturbazioni e maree meteorologiche esaltate (storm surges). Proprio l'aumento delle mareggiate e dei livelli massimi, non medi, costituisce, ad esempio, la maggiore preoccupazione degli ingegneri olandesi

⁷⁹Si veda, ad esempio, la bella raccolta di scritti A. Chastel, L'arcipelago di San Marco, Venezia, 1990

l'esclusione artificiale di sedimenti con escavi e dragaggi.

Il problema tecnico della relazione di equilibrio dinamico fra forme lagunari e idrodinamica è complesso⁸⁰. In primo luogo la nozione di equilibrio deve intendersi come bilancio di produzione e trasporto di sedimenti: in un ambiente coninato, quale la laguna, dal quale sono stati estromessi i flumi apportatori di sedimenti con le loro piene e torbide, non può esistere 'equilibrio' che non sia quello di trasporto nullo. Ovvero, o la laguna è morta idrodinamicamente non potendo trasportare materiale anche solo sospeso dall'azione del moto ondoso interno, o l'attività erosiva non può intendersi bilanciata mancando l'apporto in ingresso⁸¹. Dunque l'assetto idrodinamico che si intende dare alla laguna decide solo del timing della demolizione completa delle forme lagunari.

La capacità di trasporto dei canali lagunari dipende da molti fattori, ma in primo luogo, in analogia con meccanismi di erosione fluviali⁸², dalle portate d'acqua tipiche nelle condizioni che dettano il mantenimento di una sezione liquida adeguata. La relazione empirica di uso comune mette in relazione la sezione liquida di un canale lagunare stabile (non in rapida evoluzione) con il volume medio di marea scambiato durante l'anno⁸³. Il volume di marea surroga la massima portata istantanea che a sua volta determina la massima capacità di trasporto. Alcune cautele sono senz'altro da porsi per un uso generalizzato di schemi di un tale tipo: i) non è immediato il confronto fra bocche a marea e canali interni della laguna, dovendosi caratterizzare importanti diversità nella natura e nella distribuzione spaziale dei sedimenti al fondo, e degli apporti di sedimenti di origine litoranea o forniti dalle zone adiacenti i

⁸⁰e.g. P. Bruun, *Stability of Tidal Inlets*, Elsevier, New York, 1978; J.T. Jarret, *Tidal prism - inlet area relationships*, G.I.T.I. Report no. 3, US Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Fort Belvoir (VA), 136 pp., 1976; E. Marchi, *Sulla stabilità delle bocche lagunari a marea*, Rend. Fis. Acc. Lincei, 9, 137-150, 1990; G. Di Silvio, 1992, op. cit.; M.P. O'Brien, *Equilibrium flow areas of inlets of sandy coasts*, ASCE J. Waterways Harb. Div., 95 (6405), 1306-1315, 1969

⁸¹Con l'eventuale eccezione del contributo di sedimenti immessi in laguna dalle bocche per interazione con i processi di trasporto litoraneo. Un contributo, questo, che può essere di qualche significato localmente nell'intorno delle bocche, ma che in generale ritengo irrilevante per la morfologia lagunare nel suo complesso

⁸²A. Rinaldo, I. Rodriguez Iturbe, R. Rigon, E. Ijjasz Vasquez and R.L. Bras, *Self-organized fractal river networks*, Phys. Rev. Lett., 70, 822-826, 1993

⁸³La relazione detta di Jarret, cfr. J.T. Jarret, 1976, op.cit.

canali⁸⁴; ii) i segni morfologici delle modificazioni climatiche sono in genere presenti e visibili, e si manifestano con una espansione o una contrazione della rete di canali⁸⁵ e delle zone concave (i ciari) da cui prendono origine le prime incisioni; iii) non è noto in generale il meccanismo di trasporto che discrimina fra la formazione e la propagazione della incisione che forma un reticolo di canali per biforcazioni successive, e l'appiattimento uniforme di zone poco profonde. Dunque non può dirsi con certezza allo stato attuale delle conoscenze se una modificazione al regime idrodinamico possa creare o meno una rete di canali lagunari. È tuttavia ragionevole immaginare che si possa valutare una soglia inferiore di sforzi idrodinamici al fondo che non mobilitino sedimento⁸⁶ e che dunque stabilizzi il fondo relativamente a determinati eventi di marea. Nel caso della morfologia lagunare veneziana si è convenuto di valutare la forma di equilibrio relativamente a volumi scambiati (e dunque massime portate) per eventi di marea caratterizzati da gradienti massimi di 26 cm/ora la cui frequenza è dell' 1 %⁸⁷. I risultati del confronto fra sezioni del 1970 e sezioni rilevate nel 1990 mostrano che il modello semplificato alla Jarret evidenzia correttamente le tendenze evolutive delle singole sezioni, ma ovviamente non può individuare la tendenza complessiva del sistema che necessita di modelli morfologici più dettagliati⁸⁸. In ogni modo le capacità predittive del metodo semplificato, proprio in ragione della sua semplicità, sono notevoli.

La costruzione novecentesca dei grandi canali navigabili (terminata nel 1968) ha accelerato notevolmente la demolizione dell'ambiente lagunare residuo, inducendo, con l'accresciuta vivacità delle correnti di marea e la conseguente capacità di trasporto di sedimenti, un significativo approfondimento dei bassifondi in fregio al canale dei petroli e lo spianamento drastico dei fondali lagunari, la sparizione dei ghebbi e la demolizione di ampie zone barenose⁸⁹.

⁸⁴Per i quali anche solo in ragione della diversità delle condizioni di vegetazione con la profondità (nelle velme e nelle barene; o anche in relazione alla prevalenza relativa di acque dolci o salmastre) è da aspettarsi una notevole eterogeneità spaziale

⁸⁵A. Rinaldo, W.E. Dietrich, I. Rodriguez-Iturbe, R. Rigon, G.K. Vogel, Geomorphic signatures of varying climate, *Nature*, 374, 632-635, 1995

⁸⁶E. Marchi, 1990, op.cit.

⁸⁷Consorzio Venezia Nuova, 1989, op.cit.

⁸⁸Consorzio Venezia Nuova, 1997, op.cit.

⁸⁹Si veda, ad esempio la Tavola di confronto fra le batimetrie del 1970 e del 1993 in Adami e Baschieri, 1995, op. cit.

Inoltre, una importante sedimentazione e' stata indotta nei canali naturali del bacino di Malamocco (canali Spignon, Fisolo, Melison ed altri minori) perche' l'effetto complessivo di una accresciuta dinamica non e' necessariamente una approfondita incisione dei canali lagunari, ma anche lo spianamento e l'approfondimento (di cui concausa sono subsidenza ed eustatismo) dei bassifondi e l'interrimento dei canali contermini. Il confronto fra i rilievi batimetrici del 1970 e quelli del 1992 e' desolante, confermando la demolizione della struttura morfologica lagunare in modo irreversibile (nel senso di un processo naturale). Non sussistono dubbi, sperimentali o teorici, sulla natura e l'estensione delle modifiche morfologiche indotte dal canale dei Petroli: il processo di trasformazione della laguna di mezzo in un braccio di mare aperto e' stato enormemente accelerato dall'opera dell'uomo moderno.

Qualche attenuante va concessa ai tempi in cui l'opera fu concepita ed ai suoi difensori di allora: vuoi per l'inesistenza a quei tempi di modelli predittivi della risposta morfologica della laguna, vuoi perche' i canali navigabili erano immaginati come strumento del rilancio della portualita' della citta' e, con esso, della restituzione a Venezia di un ruolo di grande emporio di traffici e commerci che l'aveva resa grande nei secoli passati. Inoltre il canale dei Petroli garantiva l'estromissione del traffico dei petroli dal bacino di S.Marco. Ennesima (non prima) manomissione, dunque, mirata alla grandezza della citta'.

Il Comune di Venezia si chiede, anche recentemente, se si possa porre un qualche rimedio⁹⁰ al degrado della morfologia lagunare immaginando di poter assicurare altrimenti (i.e. cancellando il tracciato rettilineo del canale Malamocco-Marghera) il transito a navi con pescaggio fino a 33 piedi ripristinando la navigabilita' nel Canale Fisolo. E' un tema ricorrente: il desiderio di una citta' prospera, di un porto attivo e di una economia fiorente - e di un ambiente incontaminato e naturale. Difficilmente fondali 'naturali', non dragati e mantenuti e in percorsi meandriciformi, sono compatibili con la navigazione moderna⁹¹. Se questa e' da mantenersi per considerazioni sociali ed economiche, la morfologia lagunare adatta va progettata a tavolino e mantenuta

⁹⁰Comune di Venezia, Nota presentata al Comitato Interministeriale il 15 marzo 1995

⁹¹Si vedano le considerazioni in risposta al quesito dell'Amministrazione Comunale, in: Consorzio Venezia Nuova, 1997, op.cit

negli anni con grandi sforzi economici e poco riguardo per i processi evolutivi spontanei⁹².

Invece è da osservarsi che si ritiene comunemente che l'ampiezza della superficie lagunare o la profondità dei fondali determinino univocamente, e semplicemente, il volume di marea scambiato fra mare e laguna⁹³. In realtà la questione morfologica ed idrodinamica è complessa. Le variazioni di profondità di incisioni e bassifondi modificano in modo rilevante la resistenza al moto, la cui risposta sulla propagazione della marea è dunque sulla morfologia delle reti a marea non è triviale; inoltre variazioni della superficie del bacino lagunare determinano variazioni nel tempo caratteristico della propagazione della marea. Quando il tempo di propagazione diviene confrontabile con la durata della marea entrante, i flussi in uscita interagiscono con quelli in entrata determinando una complessiva riduzione del volume di marea entrante in laguna. Si è osservato⁹⁴ che esiste una ampiezza ottima di una laguna (misurata dalla bocca al conterminale lungo i canali principali, di dimensione massima) dal punto di vista del volume scambiato, e che la laguna di Venezia approssima in questa configurazione tale valore. Parrebbe dunque che le dimensioni assegnate alla laguna dalla conterminazione lagunare del 1791 siano vicine a quelli che garantiscono la massima sezione delle bocche di porto. Ma sarebbe forse eccessivo attribuire alla saggezza dei reggitori alle acque della Serenissima una tale scelta provvidenziale. È piuttosto verosimile che la conterminazione abbia fissato materialmente una situazione relativamente stabile che la laguna aveva raggiunto dopo le diversioni fluviali dei due secoli

⁹²Si è detto in precedenza della notevolissima quantità di materiale necessario al tombamento del canale dei Petroli, e sui problemi prevedibili connessi con la sua realizzazione.

⁹³Osservo che in altra parte di questa nota ho osservato la problematica e non banale esistenza di relazioni fra massimi livelli di marea e superficie lagunare. Un interessante studio sistematico (Consorzio Venezia Nuova, 1997, op.cit.) sulla propagazione di maree di ampiezza pari a 1.40 m e periodo variabile mostra con chiarezza l'aumento marginale dell'amplificazione dei livelli in laguna (mediamente 5-6 cm su 140) nel passaggio dalle condizioni del 1930 a quelle attuali, ma un aumento sostanziale (fino al 63 % per maree di periodo 6 ore) della massima portata istantanea convogliata dalle bocche. Non è lecito, giova ripeterlo, correlare direttamente le massime portate con i massimi livelli in laguna. Le maggiori portate istantanee hanno rapidamente causato alterazioni morfologiche rilevanti senza peraltro drammatizzare la situazione dei massimi livelli, solo marginalmente aumentata.

⁹⁴G. Di Silvio, 1992, op.cit.

precedenti. In ogni caso e' evidente che l'analisi morfologica delle lagune non deve limitarsi allo studio di una improbabile condizione di equilibrio da raggiungersi in tempi geologici, ma deve essere condotta attraverso modelli evolutivi caratterizzati da lunghe scale temporali, capaci di distinguere gli accidenti contingenti dalle tendenze del lungo periodo.

6. Il progetto delle insulae⁹⁵ deve essere guardato, a mio giudizio, con grande attenzione. Infatti provvedere alla difesa locale del centro e delle isole "alzando" il livello della citta' in modo permanente e compatibilmente con le condizioni altimetriche, architettoniche e ambientali ha radici storiche e senso pratico. Certo non mancano problemi realizzativi, per le diverse collocazioni altimetriche delle diverse zone depresse da difendere e per la disuniforme distribuzione spaziale dei beni ambientali ed architettonici da conservare: e l'isola piú depressa (quella di S. Marco) e' anche quella per la quale la maggiore attenzione deve essere usata per l'incalcolabile valore storico ed artistico. La definizione della quota di difesa (la quota al di sotto della quale non si produce allagamento all'interno dell'area di progetto) dipende da molti fattori locali e consente un prudente e capillare lavoro di restauro del tessuto connettivo della citta'.

Un tale progetto va comunque perseguito, come nel passato, per contrastare - con velocita' paragonabili - la perdita di quota dovuta all'effetto combinato di subsidenza ed eustatismo⁹⁶: ma esso prende vita e rilevanza particolari se combinato con la possibilita' di controllo con la chiusura delle bocche di porto. Non ha senso, infatti, immaginare un rialzo senza limiti della citta' senza proteggerla da eventi, sempre piu' frequenti per le citta' ragioni, superiori a circa +1.00 m s.m.m.(attuale) - una stima, questa, ragionevole della quota tecnica di protezione delle insulae⁹⁷.

⁹⁵Consorzio Venezia Nuova, REA, Vol. 3, 1989, op. cit.

⁹⁶C. Datei, The problems of Venice: an introduction, Atti di ICOLD XXXII General Congress, Firenze, Maggio 1997, in stampa

⁹⁷Fino alla quota di +1.00 m s.m.m. (nel 1976) era situato circa il 4 % della superficie del centro storico. Fino a +1.20 m, il 35 %; da quota + 1.40 in poi praticamente l'intera citta' e' allagata (R. Frassetto, Altimetria del Centro Storico di Venezia, Boll. Geof. Teor. Appl., 18 (71), 3-16, 1976). La situazione attuale e' solo marginalmente cambiata (Consorzio Venezia Nuova, 1989, op.cit.)

7. E' inscindibile il destino sociale ed economico della citta' da quello della sua salvaguardia. Non esiste, infatti, salvaguardia che prescindendo dall'uso che della citta' si prefigura. Ad esempio, una citta' attiva portualmente che punta sul rilancio dei commerci vuole (vorrebbe: non fosse questa apologia di reato⁹⁸) una divisione dei bacini lagunari con la protezione delle lagune contenenti Venezia e Chioggia, l'accettazione dello status di mare per la laguna di mezzo, gia' divorata dal canale dei Petroli e che potrebbe utilmente servire per la diversione di contributi indesiderati di acque "dolci" dal suo bacino scolante⁹⁹. La divisione dei bacini lagunari non e' probabilmente la soluzione dei problemi della citta' e della sua laguna: e', pero', inaccettabile il ricorso ad argomentazioni fasulle, quali ad esempio l'unita' o l'equilibrio fisico della laguna, per sostenerne l'infattibilita'. E' evidente che il porto dei petroli e' percepito come nemico mortale dell'ambiente lagunare¹⁰⁰: personalmente credo che se il prezzo da pagare per il consenso sociale intorno alla conservazione della citta' sia il suo sacrificio, then be it (per quanto possano rivoltarsi nella tomba i veneziani di ieri, che hanno mantenuto e manomesso la laguna sempre in funzione della vocazione portuale della citta').

Ne pare doversi avvertire una incompatibilita' radicale tra la conservazione della citta' storica e della Laguna e la prosecuzione di un suo qualche significativo uso portuale e insediamento industriale, non ad un autentico incolto, settario e falso¹⁰¹. Un lavoro capillare di ricucitura delle aree depresse

⁹⁸L'unita' ed indivisibilita' fisica dalla Laguna sono esplicitamente menzionate nelle citate Leggi per Venezia, 171/1973 e 798/1984. Non sono cosi' convinto dell'esistenza di principi indiscutibili di unita' ed indivisibilita' in una Laguna che fino alla fine del secolo scorso, ad esempio, aveva cinque bocche di porto

⁹⁹La stima corrente del contributo di piena del bacino scolante di 1000 m³/s (S. Cavazzoni, Acque dolci nella laguna di Venezia, Laboratorio per lo studio della Dinamica delle grandi masse del CNR, Rapporto Tecnico n. 64, 1973) e' inverosimile dal punto di vista idrologico per il metodo e le ipotesi con cui e' calcolato. Ma come spesso accade, un dato che e' poco piú di un esercizio diviene elemento portante di discussione sopra, ad esempio, un inverosimile allagamento della laguna sbarrata a causa di acque dolci scaricate dal suo bacino scolante: essendo poi inopportuno esteso il contributo di piena all'intera durata di una eventuale opera di chiusura alle bocche di porto. In ogni caso, a me sembra di assoluta necessita' uno studio idrologico approfondito che valuti i contributi di acqua dolce su base scientificamente solida e non schematica - anche in relazione a questioni ambientali di cui non si e' trattato in questa nota

¹⁰⁰P. Rosa Salva, op. cit.

¹⁰¹Cito testualmente W. Dorigo, 1973, op. cit., Capitolo 6, della cui lucidita' e del cui

del centro storico e delle isole ed il controllo delle alte maree eccezionali con opere alle bocche consentirebbe la conservazione della città con tollerabili interferenze con gli usi portuali ed industriali¹⁰².

Gli effetti degli escavi dei grandi canali e delle manomissioni ottocentesche sono certamente stati devastanti per la morfologia della laguna di mezzo, ridotta ora ad un cavo informe. Quelle opere, però, erano mirate a ridare a Venezia una forte vocazione portuale e farla nuovamente centro di traffici e di commerci, e dunque privilegiavano le esigenze della città rispetto a quelle del suo ambiente (innaturale): pur con attenuanti culturali per la città incapace, propria dei tempi, di prevedere lucidamente gli effetti e le trasformazioni che gli interventi avrebbero comportato. Inoltre, la 'colpa' degli escavi di aver accelerato, non generato, un processo naturalmente iniziato con la diversione dei fiumi che con i loro apporti hanno generato la laguna. Oggi i problemi del porto sono di natura politica ed economica, non necessariamente legati alla salvaguardia della città, così come il passaggio dall'industria pesante all'industria pensante a Porto Marghera (uno slogan fascinoso dei Verdi veneziani) è irrilevante, secondo me, per i grandi temi della conservazione della città e della sua Laguna.

Invece la grande querelle su cause ed effetti delle acque alte a Venezia mi sembra un falso problema: può dirsi anzi risolta, essendo assai contenuta la distanza fra risultati contrapposti se mediati da letture attente. Mi pare piuttosto necessario che intervenga una sorta di processo di peer review internazionale per ogni tema che si consideri controverso, per coinvolgere culture e pareri non logorati da decenni di polemiche¹⁰³. In sintesi: le acque alte eccezionali possono essere contenute solamente isolando la città temporaneamente dal mare; le manomissioni ottocentesche e di questo secolo

rigore s'è già detto

¹⁰²Almeno per i prossimi, critici cent'anni. Cento anni sono infatti il periodo previsto di vita per opere mobili, e non fisse, alle bocche; rappresentano anche il lasso di tempo entro il quale, verosimilmente, l'effetto combinato di eustatismo e subsidenza (e dell'aumento della frequenza di eventi estremi di marea) renderebbe proibitivo per una attività portuale il susseguirsi di chiusure ed aperture. A quel punto la scelta sarà necessariamente - e dolorosamente - fra la città e la laguna

¹⁰³Si veda, al proposito, J. e W. Munk, Venice Hologram, Proceedings of the American Philosophical Society, 116 (5), 415-442, 1972

hanno causato incrementi, modesti ma significativi, nelle ampiezze delle alte maree (la cui causa principale è da ricercarsi nell'effetto di subsidenza ed eustatismo) e notevoli alterazioni morfologiche; interventi morfologici di uso possono ridare una frequenza di acque alte paragonabile a quella della laguna ottocentesca, a costo di interventi onerosi, di possibili crisi ambientali e della necessità di ridisegnare il modello di porto industriale; il lavoro di ricostituzione capillare dell'altimetria del centro storico è fattibile fino a quote dell'ordine del metro sul medio mare attuale; l'effetto serra e l'eustatismo (l'aumento previsto del medio mare) per il prossimo secolo incombono come spade di Damocle sul destino della città. Ora non resta che assegnare una priorità ai problemi, assumendosene la responsabilità politica e storica.

Una specie di Disneyland stracciona¹⁰⁴ va intanto imponendosi inevitabilmente come modello di sviluppo di Venezia, per la mancanza di progetti forti e lungimiranti, condivisi e sorretti da schieramenti ampi¹⁰⁵, sulla vocazione della città per il terzo millennio. Di tale modello temo la superficialità, le motivazioni consumistiche (il vero, grande business a Venezia) e l'immagine solo di facciata di sicurezza e pulizia che vuole venderci.

Venezia o la sua Laguna? Nei secoli, è sempre prevalso l'interesse della città. Come è giusto sia, secondo me: la Laguna prende vita e rilevanza solo dalla presenza della città in essa. Agli adoratori della Laguna come era, dove era dobbiamo ricordare che continuamente nei secoli essa è stata manomessa e risistemata per consentire le esigenze della vita e della prosperità di Venezia¹⁰⁶. Ovvio è dunque la considerazione che Venezia sparisce rapidamente - in senso fisico, e socialmente - e che questa generazione di Veneziani (perché nostra è la maggiore responsabilità) non sarà capace di creare le premesse per tramandare la città ai posteri. Ma chi è dunque il referente per i grandi temi della salvaguardia della città? Forse questa generazione di veneziani? O forse tutto il mondo e le future generazioni?

¹⁰⁴"The emphasis shifts towards superficiality, tending to a Disneyland-like artifact..." J. e W. Munk, 1972, op.cit.

¹⁰⁵Sono profondamente convinto della validità dell'analisi di G. Bettin su questo tema

¹⁰⁶Cito testualmente una frase che mi ha sempre colpito di A. Ghetti, ne La salvaguardia di Venezia, Atti del Convegno Una cultura per Venezia, Venezia, 26 maggio 1984, Istituto Veneto di SSLAA, 9-23, 1985. Anche in: Riflessioni su Venezia espresse agli amici, pro manuscripto, Gra che Zoppelli, Treviso, 23 pp., 1984