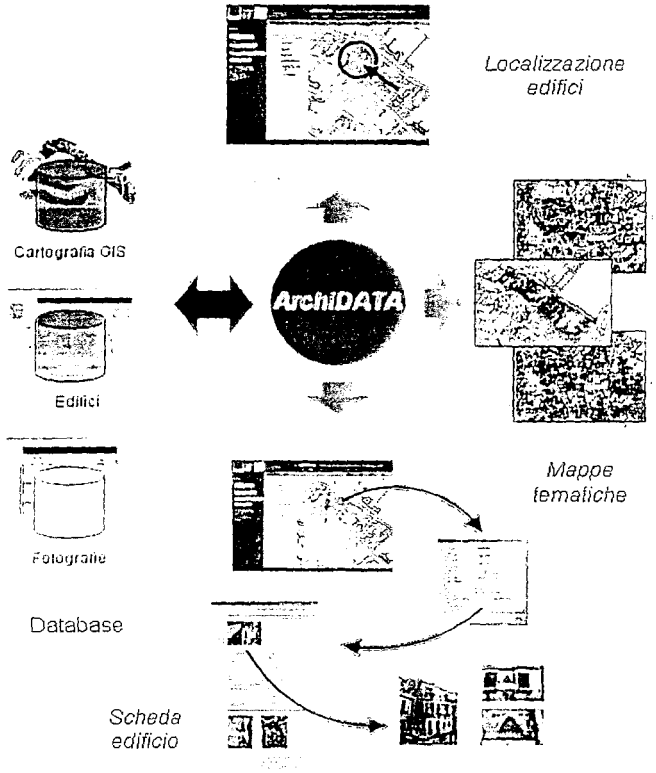


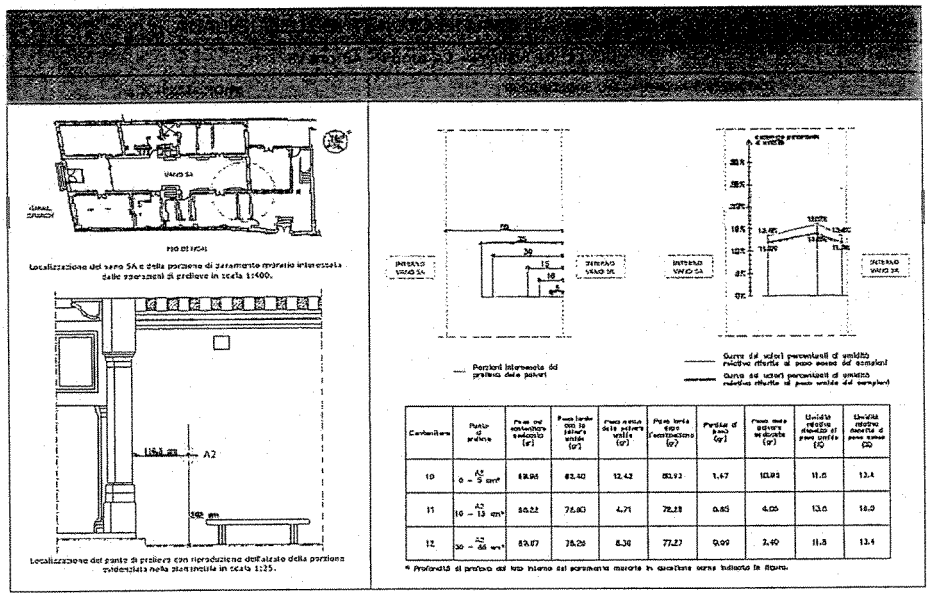
Il sistema GIS-WEB sugli intonaci veneziani

È stata conclusa la campagna di analisi chimico-fisiche su campioni di intonaco, concentrando l'attenzione sui regalzieri e sui marmorini, le classi di intonaco più interessanti tra quelle individuate, al fine di verificare l'eventuale corrispondenza tra la consolidata classificazione storico-estetica e le caratteristiche composizionali e dimensionali delle materie prime impiegate per la confezione delle diverse tipologie di intonaci. Le informazioni ottenute con i metodi d'indagine sopra descritti riguardano la natura mineralogica del legante e quella minero-petrografica dell'aggregato, utile alla definizione della provenienza delle materie prime e della loro tecnologia d'impiego; la determinazione del rapporto legante-aggregato; le caratteristiche morfologiche e dimensionali dei vari componenti dello scheletro sabbioso, nonché la sua maggiore o minore classazione; infine, la natura dei pigmenti utilizzati per le eventuali pitture a fresco.

L'attività di analisi delle tecniche costruttive e conformazione strutturale delle fabbriche lagunari si è conclusa definendo lo stato dell'arte relativamente ai sistemi e alle procedure

tecniche impiegate per contrastare la risalita capillare e li degrado provocato dai cicli di cristallizzazione salina.

L'analisi critica delle informazioni raccolte ha consentito una prima valutazione dei principali fenomeni che in tal senso il comportamento strutturale delle murature veneziane con la relativa incidenza sul caso di studio e applicazione sperimentale, Palazzo Gussoni a Cannaregio, particolarmente rappresentativo nel quale sono state condotte per un periodo di tempo medio-lungo alcune sperimentazioni di desalinizzazione su alcuni tratti di murature antiche. La presenza di un cantiere di restauro nel palazzo ha consentito di articolare al meglio le fasi sperimentali e di ottenere risultati significativi. Ad una una prima fase di esecuzione di analisi chimico-fisiche e strutturali condotte su una parte non condizionata (murature non manomesse da interventi di varia natura), è seguita una seconda fase, che ha condotto alla scelta della metodologia di condizionamento sulla base di interventi campione, una terza fase di individuazione e descrizione delle tecniche di desalinizzazione e sperimentazione diretta che si intendevano condurre; quarta fase di esecuzione delle prove di desalinizzazione con diversi metodi, una fase finale di verifica nel medio periodo dell'esito degli interventi desalinizzanti, con valutazione comparativa dei dati. L'analisi critica dei risultati ha consentito di individuare una serie di fattori condizionanti propri della struttura muraria e di stabilire la maggiore o minore efficacia delle tecniche adottate. I dati ottenuti hanno consentito la costruzione di procedure di intervento affidabili, in quanto fondate su risultati sperimentalmente determinati. L'ultima parte della ricerca è consistita nella individuazione, mediante misurazioni, prove ed analisi chimico-fisiche dell'efficacia di interventi di deumidificazione e desalinizzazione eseguiti nel passato, per individuarne l'efficacia nel lungo periodo; tali casi e procedure sono infine stati confrontati con quanto sperimentato a Palazzo Gussoni.



Tecniche costruttive e conformazione strutturale delle fabbriche lagunari.
Caso studio di Palazzo Gussoni. Contenuto dei sali nelle murature

Per quanto riguarda l'attività dell'analisi del sottosuolo lagunare, lo studio del materiale estratto da carote di terreni eseguite nell'area lagunare veneziana ha prodotto dati sedimentologici, paleoecologici, pedologici, micromorfologici, mineralogici e geochimici che permettono di meglio comprendere la storia evolutiva tardo-quaternaria del sottosuolo lagunare. La maggior parte delle carote utilizzate proviene dal bacino lagunare centrale, o dall'area urbana; le restanti sono ubicate nell'immediato entroterra della laguna.Le indagini si sono concentrate sul significato di un orizzonte alterato sepolto, localmente definito "caranto" e ben noto per le sue particolari qualità geotecniche.

L'attività di studio del degrado delle malte di allettamento degli elementi murari degli edifici storici ha puntato alla identificazione dei prodotti di neoformazione originatisi a causa dell'interazione tra il manufatto e l'ambiente veneziano con particolare riferimento all'azione dell'acqua salata. Lo studio è diretto ad analizzare malte prelevate da edifici in cui è documentato l'impiego di malte di natura principalmente idraulica (per esempio 'calce nigra' dai Colli Euganei). L'analisi ha cercato di le possibili provenienze delle sabbie e delle calci o altri leganti di natura aerea ed idraulica, impiegati per gli impasti, mediante una serie di analisi mineralogico-petrografiche, al microscopio ottico, di sezioni sottili e lucide, analisi spettrofotometriche all'infrarosso, analisi termiche, analisi in diffrattometria di raggi X, determinazioni della porosità totale aperta e della distribuzione dei pori in funzione del raggio mediante porosimetria a mercurio, osservazioni morfologiche comprensive di analisi

qualitativa degli elementi mediante microscopio a scansione elettronica delle sezioni lucide, determinazioni quantitative degli elementi maggioritari, minoritari ed in tracce mediante spettrometria di fluorescenza di raggi X, analisi granulometriche degli inerti mediante disgregazione e setacciatura del materiale, determinazioni del contenuto di carbonati mediante calcimetria.

L'indagine sui materiali lapidei e sulla durata dei consolidanti usati nei restauri, infine, ha puntato a verificare l'efficacia e la durata nel tempo dei alcuni materiali di consolidamento dei calcari microcristallini esposti all'esterno, in ambiente marino. Il più diffuso trattamento impiegato negli ultimi decenni nel restauro dei materiali lapidei esterni delle architetture cittadine, soprattutto quelle con sculture, rilievi, modanature, lastre di rivestimento intagliate in marmi greci e lunensi, si è fondato sull'applicazione di resine acrilico-siliconiche: procedure oramai molto diffuse, non solo in Laguna, delle quali, tuttavia non si conosce la durata e l'efficacia nel tempo. Sono state eseguite misurazioni ed analisi in situ, su marmi non trattati e trattati, poste in relazione con quelle condotte in laboratorio su campioni di marmo sano e degradato trattati con resine, sottoposti a cicli accelerati di invecchiamento artificiale con nebbie saline, al fine di individuare la durata e la perdita di efficienza di tali trattamenti.

3.3 Area Processi ambientali

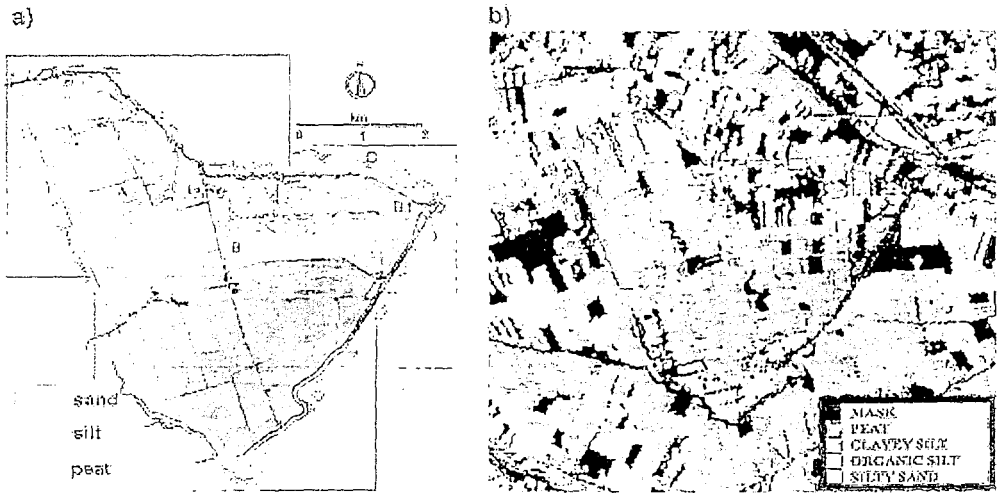
Linea 3.1. Unità operativa 1. Studio modellistico-sperimentale della subsidenza dei terreni torbosi e previsione dell'evoluzione altimetrica della zona Sud-Orientale del bacino scolante della laguna di Venezia in relazione alle variazioni climatiche.

Contraente principale: DMMMSA-Università di Padova

Obiettivo del progetto è l'analisi qualitativa e quantitativa della subsidenza antropica dovuta ad ossidazione del terreno organico nei comprensori agricoli limitrofi alla Laguna di Venezia e la previsione dell'evoluzione altimetrica di tali aree in relazione al possibile andamento del fenomeno subsidenziale ed ai previsti effetti delle variazioni climatiche. La linea di ricerca è cofinanziata dal Magistrato alle Acque attraverso il suo Servizio Informativo, dal Consorzio di Bonifica Adige-Bacchiglione e dalle ditte Te.Ma S.n.c., A.T.A., Pergeo (GeoTea) S.n.c. e condotto in stretta collaborazione con gli enti che gestiscono direttamente l'area (consorzio di bonifica, comuni) e supportato nella logistica dagli stessi proprietari presenti nel bacino.

Lo studio è focalizzato sul Bacino Zennare, un'area di circa 24 km² ubicata nel Comune di Cona e parzialmente anche Chioggia, pochi chilometri a sud della laguna veneta. Per giacitura, pedologia, uso del suolo, pratiche agronomiche e tipologia di bonifica l'area può ritenersi rappresentativa del territorio rurale nella fascia del bacino scolante più prossima alla laguna. Lo studio ha prodotto i seguenti risultati principali:

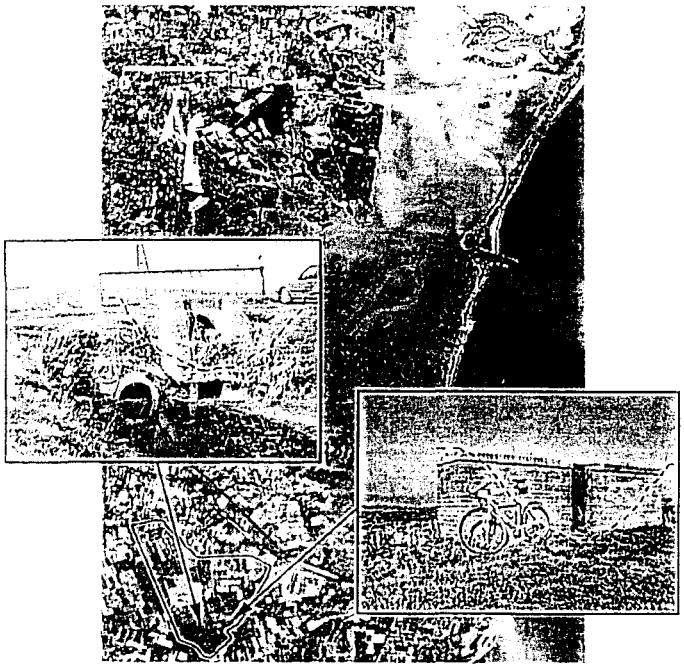
- la mappatura attraverso indagini geologiche in situ, analisi spettrali e telerilevamento della distribuzione areale di suoli torbosi affioranti nell'area di studio e, più in generale, nel bacino scolante nella Laguna di Venezia. Tali terreni sono presenti principalmente nella zona compresa tra i fiumi Bacchiglione ed Adige e all'interno della laguna stessa. Nel Bacino Zennare lo strato torboso superficiale, distribuito in modo pressoché continuo nella zona centrale e meridionale dell'area, non supera attualmente lo spessore di 1.5 m;



(a) Mappa geomorfologica del Bacino Zennare; le diverse tonalità di rosso evidenziano il diverso grado di conservazione dei paleoalvei. (b) Classificazione dei suoli nell'area Zennare con metodo Tasseled Cap applicata alla scena LANDSAT 7 ETM+ del 18-05-2002

- la classificazione della torba, prodotta dalla decomposizione della *Phragmite australis*, e la sua caratterizzazione dal punto di vista geotecnico, mineralogico e chimico. Le analisi di laboratorio sono state condotte per lo strato più superficiale lavorato (torba granulare) e per quello sottostante che si presenta in condizioni naturali indisturbate (torba fibrosa);
- il riconoscimento che lo spostamento della superficie delle torbe è dovuto alla sovrapposizione di due contributi: una deformazione elastica reversibile, con tempi caratteristici che variano da poche ore fino a qualche mese, ed una subsidenza irreversibile che si manifesta su tempi più lunghi. Gli spostamenti elastici, dell'ordine di

0.5-1.0 cm, sono principalmente dovuti alla variazione del volume della torba a seguito della variazione del contenuto d'acqua e, nel periodo invernale, della riduzione della temperatura del suolo al di sotto del punto di congelamento durante le ore notturne quando si registra un significativo rigonfiamento del terreno. La subsidenza per ossidazione della materia organica è stata misurata nell'ordine di 1.5 cm/anno, con una variabilità spazio-temporale rilevante; il processo dipende da parametri idrologici quali l'umidità e la temperatura del suolo e dal contenuto di materia organica presente nel terreno superficiale che è connesso sia ai processi deposizionali naturali sia alle attività agricole di lavorazione del suolo. Assai limitato, dell'ordine di 0.1-0.3 cm/anno, è nell'area di studio il contributo alla subsidenza dell'abbassamento naturale regionale;



l'individuazione di alcuni scenari di gestione ottimale delle aree subsidenti, anche alla luce degli attesi mutamenti climatici che prevedono eventi estremi più frequenti. I dati raccolti nel bacino di studio durante il 2002 e 2003, due anni caratterizzati da condizioni meteorologiche estreme, il primo molto umido ed il secondo molto secco, mostrano come un'accurata gestione idraulica del territorio, in particolar modo del franco di bonifica, e l'utilizzo di pratiche agronomiche mirate possano rallentare il processo di abbassamento delle aree torbose.

I risultati ottenuti, o almeno una parte di essi, devono essere ritenuti ancora qualitativi; una quantificazione più accurata potrà conseguirsi durante l'anno di estensione richiesto al CORILA per l'ultimazione dello studio.

Linea 3.1. Unità operativa 2. Analisi delle tendenze climatiche indotte da cambiamenti globali: ripercussioni sull'area veneziana.

Contraente principale: ISMAR-CNR.

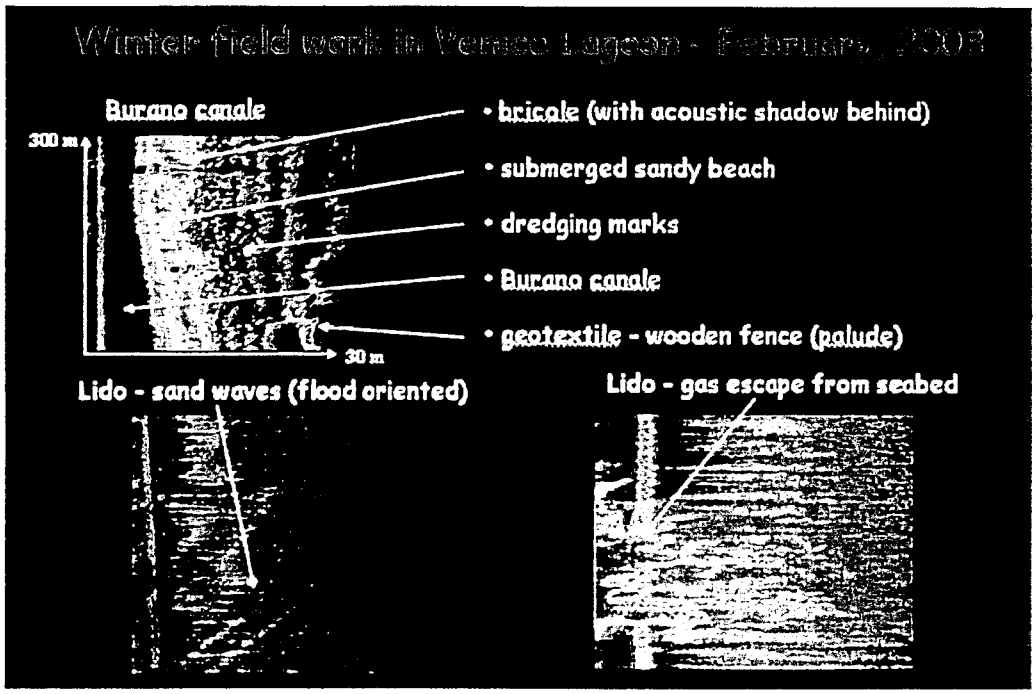
Linea 3.2. Unità operativa 1. Idrodinamica e morfologia della laguna di Venezia.

Contraente principale: ISMAR-CNR.

Le attività di ricerca nel 2003 hanno riguardato il completamento del modello accoppiato onde-sedimenti, le simulazioni a breve termine con tale modello, ulteriori e conclusive indagini sedimentologiche e morfologiche.

Per quanto riguarda la modellistica accoppiata il codice del modello integrato è stato completato ed è stato testato. Il modello è poi stato applicato per stimare i tassi di trasporto dei sedimenti nelle bocche di porto. I risultati sono in linea con i tassi di erosione misurate empiricamente nelle bocche. Per il confronto è stato utilizzato la carta di deposizione ed erosione del Magistrato alle Acque-Consorzio Venezia Nuova.

Simulazioni a breve termine sono state effettuate in situazioni idealizzate in cui sono stati stimati i tassi di trasporto dei sedimenti nelle bocche di porto. I periodi sono stati ristretti, e le forzanti sono state riferite ad una marea sinusoidale. Il modello è stato quindi applicato a vari scenari di forzanti e carichi. Sono state effettuate stime di erosione alle bocche di porto.



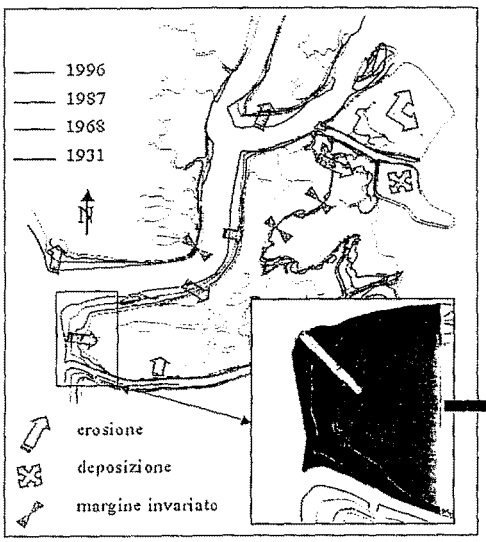
Dinamica dei sedimenti nella laguna di Venezia (Università di Southampton, ISMAR-CNR).

Riguardo alle problematiche sedimentologiche sono state concluse le misurazioni di parametri quali dati di batimetria e forme di fondo per i canali della laguna nord, misure di wave attenuation lungo le barene, misure correntometriche.

L'attività di ricerca sulla morfologia ha riguardato la valutazione del contributo dei tassi dei movimenti verticali del suolo nei processi di erosione e sedimentazione, in relazione anche a quanto rilevato attraverso l'interferometria differenziale da satellite.

Le indagini sedimentologiche hanno permesso di valutare di valutare ed interpretare i processi evolutivi attuali e recenti della laguna di Venezia. Il prelievo delle carote di sedimenti e la loro successiva descrizione stratigrafica hanno permesso di individuare le facies tipo che vengono studiate dal punto di vista tessiturale, composizionale e microfaunistico.

BARENA VECCHIA E BARENA NUOVA:
VARIAZIONI AREALI DAL 1931 al 1996



Evoluzione del margine delle barene dal 1931 al 1996

Periodo	Anni	Arretramento massimo del margine di Barena Vecchia (m)	Tassi massimi di erosione (m/anno)
1931-1968	37	23	0,6
1968-1987	19	24	1,3
1987-1996	9	11	1,2
07/1996-12/1997	1,5	5,9	4,0

Periodo	Anni	Progradazione massima del margine di Barena Nuova (m)	Tassi di Progradazione (m/anno)
1931-1968	37	0	0
1968-1987	19	56	2,9
1987-1996	9	24	2,6
1931-1996	65	80	5,5

Evoluzione morfologica delle barene.

Le misure geodetiche di dettaglio hanno permesso di valutare le variazioni areali di un'area tipo su scala annuale e stagionale attraverso le misure di campagna in via di completamento.

In sintesi, sono stati prodotti i seguenti risultati.

È stato completato il set-up del modello integrato per la laguna di Venezia. È stata stimata l'erosione alle bocche di porto. Sono state mappate le caratteristiche del fondale delle aree lagunari oggetto di studio ed è stata determinata la loro granulometria. È stata descritta la stratigrafia del sottosuolo delle aree studio al fine di documentare i processi evolutivi lagunari. Sono state completate le analisi granulometriche, mineralogiche e geochimiche dei campioni di sedimenti di fondo prelevati. È stato completato lo studio dei biotopi.

Sono state completate le radiodatazioni C14 dei campioni selezionati. È terminata la valutazione delle variazioni areali di un'area campione su scala annuale e stagionale con misure di campagna.

Linea 3.2. Unità operativa 2. Analisi e monitoraggio dei processi morfologici nel sistema lagunare.

Contraente principale: IMAGE-Università di Padova.

Le attività del 2003 hanno riguardato il completamento dello studio sui meccanismi morfodinamici delle lagune a marea, l'elaborazione di modelli concettuali, lo sviluppo di tecniche per il calcolo dei coefficienti di dispersione intermareale, l'analisi forme morfologiche e delle caratteristiche geotecniche delle barene.

È stata effettuata una ulteriore raccolta ed elaborazione di dati relativi a situazioni analoghe a quelle della laguna di Venezia. I dati sono stati impiegati per la verifica dei modelli concettuali di bilancio zero- e uni-dimensionali, sono state approfondite la modellistica sul sollevamento dei sedimenti da parte delle onde e lo studio degli effetti integrati su lunghi periodi di tempo, individuate le interazioni fra grandezze meteorologiche (intensità e direzione del vento) e grandezze morfologiche (profondità locale, lunghezza e direzione del fetch, profondità media lungo il fetch).

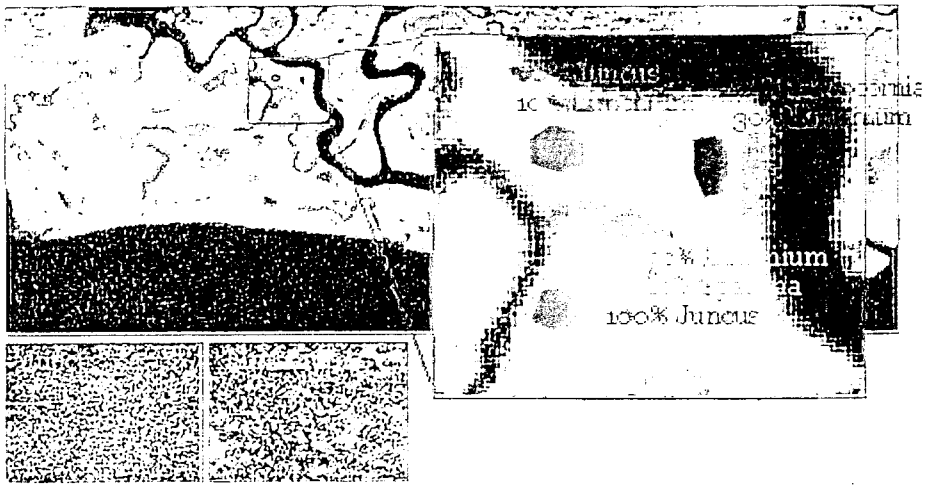
È stata effettuata una analisi comparativa dei meccanismi morfodinamici dominanti nei vari ambienti di estuario, nei canali a dominanza di flusso o di riflusso nella Scheda (Olanda): studio della stabilità della rete e confronti fra diversi modelli concettuali. È stata effettuata una analisi comparativa delle componenti miste "costiero-lagunari", in presenza o meno di dighe foranee.

Per quanto riguarda l'elaborazione di modelli concettuali sono state concluse la modellazione del trasporto in sospensione nei canali a marea: modelli 1D; lo studio dell'effetto delle variazioni spazio-temporali dell'idrodinamica sulla concentrazione; l'esame delle condizioni al contorno verso mare e loro realistica simulazione attraverso modelli idrodinamici appropriati, lo studio dell'insorgere di barre libere nei canali lagunari. Sono state sviluppate tecniche per il calcolo dei coefficienti di dispersione intermareale.



Modello matematico bidimensionale della laguna di Venezia: bocca di porto di Malamocco

Per quanto riguarda il monitoraggio della vegetazione, e misura di parametri biochimici del suolo si sono acquisiti dati relativi alle condizioni di aerazione dei suoli di barena con riferimento alla posizione rispetto ai canali, alla topografia e alla vegetazione alofila presente. Si è realizzato e testato un sistema di ripresa da pallone frenato ad altissima risoluzione (2 cm) per la accurata mappatura dei canali nelle zone di rilievo dello stato di aerazione del terreno.



Analisi della vegetazione: perimetrazione delle aree omogenee di vegetazione monospecifica o mista

Riguardo all'analisi delle forme morfologiche si sono completate le acquisizioni di dati sulla barena San Felice e si è proceduto ad estrarre i dati sui canali.

Per quanto riguarda la geotecnica delle barene, sono stati elaborati dati geotecnici sulle barene: granulometria, mineralogia, contenuto organico; comportamento meccanico-

idraulico dei terreni in laboratorio e in situ. Si è completata la caratterizzazione geotecnica delle zone di interesse, collegandola alle caratteristiche morfologiche e di copertura vegetale.

Tra i risultati conclusivi si segnalano la messa a punto di strumenti analitici e numerici a diverso grado di dettaglio per descrivere numerosi processi lagunari e le loro interazioni; confronto di alcuni modelli semplificati con dati sperimentali; sviluppo di relazioni empiriche fra grandezze morfologiche lagunari; sviluppo di alcune relazioni tra vegetazione e morfologia di barena; sviluppo di sistema di ripresa in remoto per la realizzazione di immagini ad alta risoluzione della barena; caratterizzazione di alcuni parametri biochimici per diverse vegetazioni di barena; caratteristiche geotecniche di alcune zone di interesse delle barene.

Linea 3.3. Processi metabolici: produttività, cicli di nutrienti ed effetti dei contaminanti sul biota. Integrazione fra approccio sperimentale e modellistica ambientale e di rischio ecologico.

Contraente principale: DSA-Università Ca' Foscari di Venezia.

Il progetto di ricerca ha permesso, grazie al suo sviluppo multidisciplinare, di acquisire nuove informazioni sullo "stato di salute" dell'ecosistema lagunare e sull'efficienza del suo metabolismo nei confronti della materia organica che viene immessa in laguna ad opera di sorgenti naturali e antropiche. Una parte del progetto ha permesso di aggiornare, in modo dettagliato, le conoscenze sul livello trofico lagunare e sulle sue variazioni nell'ultimo decennio, integrando dati già acquisiti in precedenza con nuovi dati, tra cui quelli sulla composizione tassonomica, densità e ruolo trofico dei principali produttori primari (macroalghe, fanerogame marine, fitoplancton, microfitobenthos) della laguna di Venezia.

I dati relativi alla sedimentazione hanno messo in luce flussi medi ben superiori a quelli rilevati in passato, confermando che globalmente in questi ultimi 12 anni i flussi di sedimentazione sono aumentati di circa un ordine di grandezza, causando un'elevata risospensione di materiale fine soprattutto dalle aree presso la gronda lagunare. Queste aree mostrano un incremento della frazione a granulometria maggiore dei sedimenti superficiali, con una riduzione delle concentrazioni di nutrienti ed inquinanti. Al contrario, presso le bocche di porto si assiste alla progressiva sedimentazione di materiale fine, con un arricchimento di nutrienti ed inquinanti. Il risultato di tale incremento ha portato ad

un'omogeneizzazione delle concentrazioni dei nutrienti e di molti inquinanti in laguna centrale.

L'azoto e il fosforo organico hanno ridotto drasticamente le loro concentrazioni medie nei sedimenti superficiali di tutta la laguna centrale. Nonostante ciò, in gran parte della laguna le concentrazioni di fosforo reattivo (RP) e azoto inorganico disciolto (DIN), superano i valori imperativi degli obiettivi di qualità imposti per le acque lagunari dal decreto Ronchi-Costa del 23 Aprile 1998. Ciò è dovuto all'azione di risospensione di sedimenti, che liberano nella colonna d'acqua elevate quantità di azoto e fosforo contenuti nelle acque interstiziali.

I rapporti tassonomici ed in particolare il rapporto *Rhodophyceae/Chlorophyceae* hanno permesso di definire il livello di qualità ambientale delle aree di studio, identificato nell'intervallo tra "pessimo" e "mediocre" (per confronto il massimo livello di qualità ambientale individuato nei litorali marini antistanti la laguna di Venezia è appena superiore ed identificato come "buono").

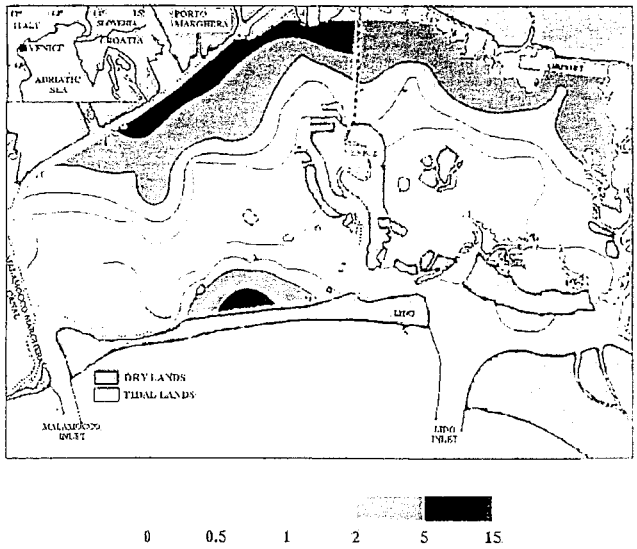
La determinazione tassonomica dei taxa rilevati considerando anche le bocche di porto fornisce una lista totale di ca. 210 taxa. Oltre il 20% di queste sono specie mai segnalate prima del 1980. Molte altre sono specie che erano scomparse ma hanno ripopolato i fondali a pari passo con la diminuzione delle biomasse di *Ulva rigida* e degli effetti distrofici creati dal loro ciclo annuale. I dati di copertura evidenziano un forte incremento di *Cymodocea nodosa* che praticamente ricopre quasi completamente i fondali del bacino meridionale di fronte l'isola di Pellestrina.

Globalmente, le fanerogame marine ricoprono ca. 56 km^2 con biomasse molto variabili. Lo *standing crop* (biomassa istantanea) globale è di ca. 209 Kton WWT, di cui oltre il 50% è dovuto a *Cymodocea nodosa*. La produzione netta è di ca. 406 Kton WWT per *C. nodosa*, di ca. 369 Kton per *Z. marina*.

Globalmente, in laguna di Venezia abbiamo una biomassa istantanea per le macrofite totali, equivalente a ca. 298 Kton WWT, e una produzione netta di ca. 1298 Kton WWT. La biomassa istantanea totale e la produzione netta totale sono solo ca. il 53% e l'86% di quelle rilevata per le sole macroalghe in laguna centrale negli anni '80 (558 e 1502 kton WWT, rispettivamente). Gran parte della biomassa di macrofite è localizzata in laguna meridionale a Sud del canale Malamocco-Marghera.

Relativamente all'abbondanza ed alla ricchezza di specie fitoplanctoniche, il confronto con dati precedenti per la laguna centrale conferma il continuo trend decrescente. Infatti, la concentrazione media della clorofilla *a* è quasi la metà di quello rilevata nel 1998. L'analisi

tassonomica delle specie fornisce una lista di specie molto elevata con molte specie rare. Inoltre una buona percentuale di specie è di origine bentonica e deriva dalla risospensione dei sedimenti superficiali, mentre le specie di origine marina o pelagica sono più limitate e presenti soprattutto nelle aree ad elevato ricambio mareale.



Abbondanza fitoplanctonica (10^6 cell. dm^{-3})

È stata condotta una stima indiretta della produzione secondaria, e definiti biocriteri che hanno consentito di formulare delle ipotesi operative per l'elaborazione di indici di integrità biotica per la laguna di Venezia. La ricerca è stata indirizzata sia verso la comprensione della distribuzione della sostanza organica tra gli ambienti che compongono il mosaico lagunare sia verso lo sviluppo di un protocollo speditivo per la determinazione della quantità e qualità della Sostanza Organica presente nei sedimenti. I risultati evidenziano delle relazioni dirette tra accumulo della sostanza organica, la sua labilità termica ed il grado di confinamento degli ambienti lagunari suggerendo una interdipendenza funzionale tra i differenti distretti lagunari. Considerando le sue implicazioni ecosistemiche, la compartimentazione della sostanza organica tra ambienti lagunari deve essere interpretata a scale spaziali appropriate, come qualsiasi altra proprietà del landscape [Farina, 2001].

Una ulteriore sottoattività si è occupata dell'applicazione di biomarker biochimici, cellulari, fisiologici e comportamentali sui bivalvi, quali il mitilo (*Mytilus galloprovincialis*) e la vongola (*Tapes philipinarum*). Gli studi condotti hanno permesso di discriminare le variazioni della risposta biologica attribuibili agli stress naturali da quelle indotte da fattori antropici, indicando la forte influenza dei parametri ambientali (soprattutto la temperatura) sulla

risposta biologica, e hanno permesso di identificare un'omogeneità delle risposte biologiche indicativa di un livello medio di contaminazione, non significativamente differente nelle aree indagate.

Una parte del progetto si è concentrata sull'influenza di "vecchie" (metalli, IPA, PCB, pesticidi clorurati) e "nuove" classi (sostanze endocrine) di inquinanti sull'ecosistema lagunare. Lo studio specifico dei metalli nei sedimenti ha messo in evidenza l'influenza che l'abbondanza relativa delle diverse componenti del sedimento in grado di legare i metalli può avere sulla biodisponibilità degli stessi, mentre nuove procedure per la speciazione dell'arsenico hanno permesso di ottenere informazioni, prima non disponibili, riguardo alla presenza e distribuzione delle diverse specie di arsenico negli organismi lagunari.

Per quanto concerne, invece, PCB, IPA e pesticidi clorurati, l'analisi di sedimenti prelevati in anni diversi (1987, 1993 e 2001) ha indicato una significativa diminuzione delle concentrazioni di PCB e pesticidi clorurati, mentre per gli IPA non è stata riscontrata alcuna differenza significativa negli anni.

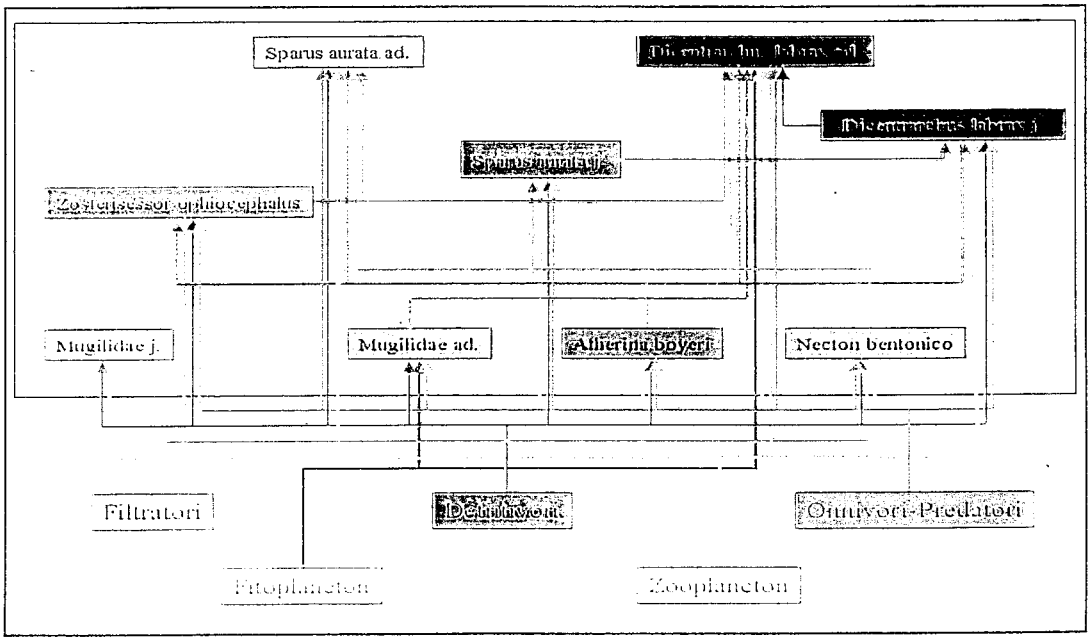
Oltre a questi composti, sono stati presi in esame, per la prima volta, i distruttori endocrini, (Endocrine Disrupter Compounds, EDC), ovvero composti in grado di interferire con il sistema endocrino. Sono state svolte indagini atte ad identificare sorgenti, presenza e distribuzione di un'ampia varietà di EDC nella laguna di Venezia. I risultati indicano come tali sostanze siano inquinanti ubiquitari nelle acque e nei sedimenti lagunari di Venezia, in grado di accumularsi nel biota, e in grado, sulla base delle concentrazioni rilevate, di influire sugli organismi acquatici. In particolare, per una sostanza, il tributilstagno, di cui è noto l'effetto di imposex sugli organismi sessili, è stata individuata l'esistenza di una relazione tra la concentrazione di esposizione e la lunghezza del pene delle femmine affette da imposex; inoltre, è stata evidenziata una probabile azione sinergica nello sviluppo del pene da parte di organostannici, PCB e pesticidi clorurati.

Buona parte dei dati prodotti dalle varie sottottività sono stati stati utlizzati per il miglioramento di modelli già esistenti per la simulazione dell'evoluzione stagionale della comunità fitoplanctonica e della biomassa di *Zostera marina*, alla elaborazione di un modello preliminare per la simulazione dell'evoluzione stagionale di *Cymodocea nodosa* ed alla identificazione di un modello per la simulazione dei processi di degradazione della materia organica nel sedimento. I risultati di questi modelli hanno consentito di ottenere stime delle quantità di carbonio, azoto e fosforo convertite in biomassa nei siti lagunari ai quali è stato possibile applicarli. Per quanto riguarda *Zostera marina*, le stime modellistiche sono in ottimo

accordo con quelle basate su relazioni empiriche tra massima densità annuale, B, e produzione netta, P, determinate sperimentalmente.

L'insieme del set di dati raccolto per alcune sostanze ha permesso infine una stima del rischio ecologico per la rete trofica lagunare associato al bioaccumulo di alcuni congeneri di policloro bifenili e policloro dibenzodiossine e furani (PCDD/F). L'analisi è stata condotta su tutta la laguna di Venezia, suddivisa in 6 compartimenti, omogenei per contaminazione ed idrodinamica.

In fase preliminare, è stato definito un modello di rete trofica semplificato, ma rappresentativo della laguna di Venezia, adattando un modello proposto da Pranovi et al. nel 2003. Sulla base di questo modello di rete trofica, ed in accordo con procedura di analisi di rischio ecologico proposta dall'US-EPA nel 1998, è stata sviluppata la fase di analisi, nella quale sono state stimate esposizione ed effetti. L'esposizione è stata stimata applicando il modello di bioaccumulo *Food Chain* (Gobas, 1993), un modello allo stato stazionario basato sulla ripartizione dei contaminanti. I risultati del modello sono poi stati validati confrontando il bioaccumulo stimato con osservazioni sperimentali su alcune specie rappresentative della rete trofica lagunare. Il modello di bioaccumulo è risultato in sostanziale accordo con le concentrazioni determinate sperimentalmente per i PCB.



Selezione del modello di rete trofica