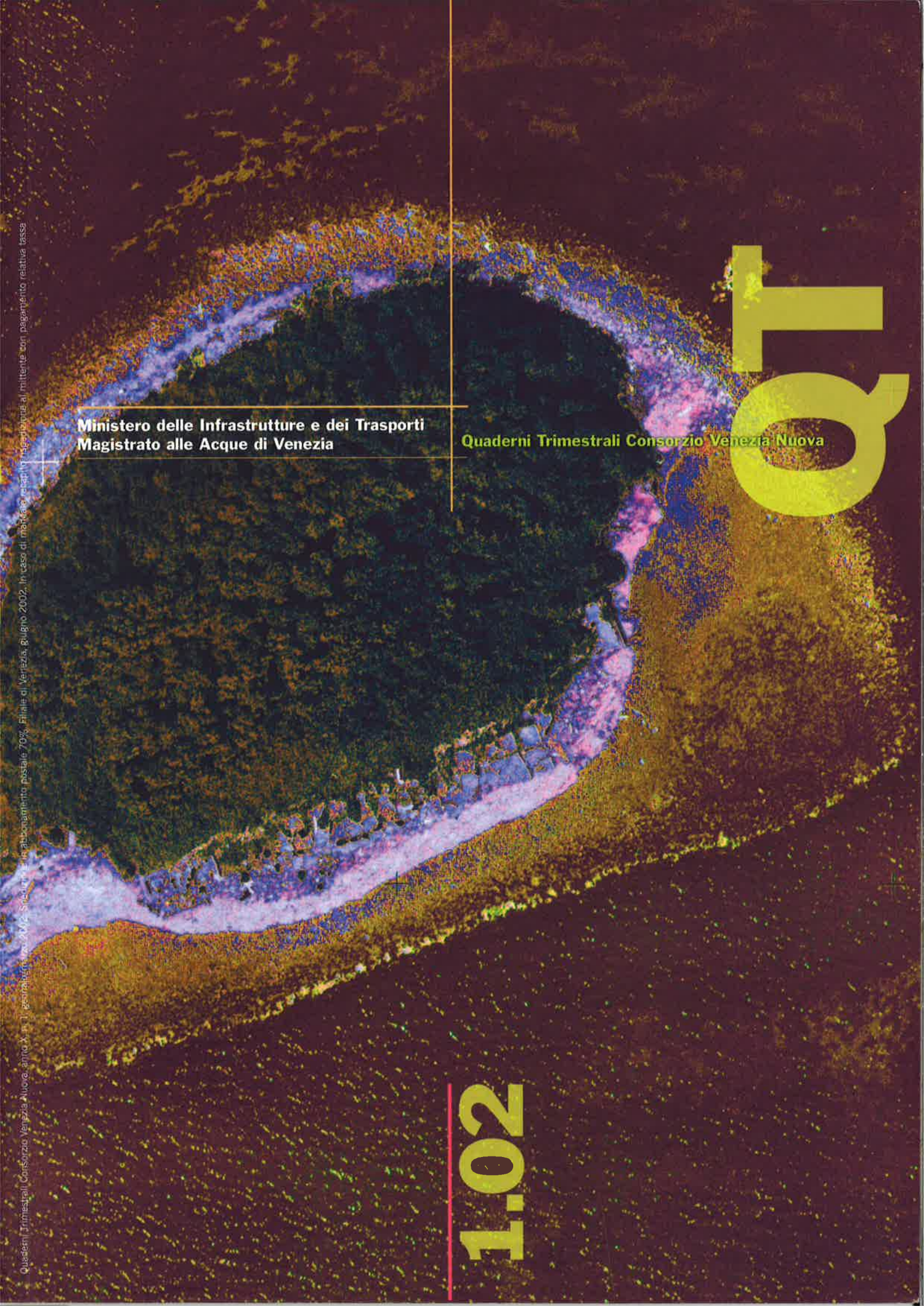


Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Magistrato alle Acque di Venezia

Quaderni Trimestrali Consorzio Venezia Nuova

qt

1.02

Quaderni Trimestrali Consorzio Venezia Nuova. Anno X, n. 1, gennaio-marzo 2002 - Sped. in abbonamento postale 70%. Filiale di Venezia, giugno 2002. In caso di mancato recapito inviare al mittente con pagamento relativa tassa

Il Consorzio Venezia Nuova è il concessionario del Ministero dei Lavori Pubblici - Magistrato alle Acque di Venezia per la realizzazione delle attività di salvaguardia di competenza dello Stato, in attuazione della legge 798/84.
Il Consorzio opera in base a una serie di obiettivi indicati dalla legge, organizzati in un *Piano generale degli interventi* che è stato definito dal Comitato di indirizzo, coordinamento e controllo istituito dalla legge 798/84; adeguato alle indicazioni delle istituzioni rappresentate nel Comitato; approvato dagli organismi competenti (a partire dal Magistrato alle Acque e dallo stesso Comitato); richiamato dalla legge speciale per Venezia 139/92, come riferimento per lo sviluppo e il finanziamento delle attività. Il Piano degli interventi, integrato dal *Piano generale degli studi*, è articolato secondo linee di azione distinte ma in reciproca relazione: difesa dalle acque alte; difesa dalle mareggiate; riequilibrio ambientale. Per svolgere il proprio compito di concessionario di studi, sperimentazioni, progetti e opere, il Consorzio Venezia Nuova si è dotato di una struttura in grado di pianificare, organizzare e gestire le diverse attività nel loro complesso e in tutte le fasi di attuazione. Il Consorzio è costituito da grandi imprese nazionali, da cooperative e da imprese locali. La sua operatività è iniziata nella seconda metà degli anni '80, quando sono stati avviati i primi interventi previsti dalla legislazione speciale per Venezia.

qt

Quaderni Trimestrali Consorzio Venezia Nuova

Editoriale
1 *Questo numero*

Temi / interventi / opinioni
3 Roberto Rosselli, Sonia Silvestri, Angelo Zandonella
Funzioni e strumenti del Servizio Informativo. L'applicazione del telerilevamento per l'analisi e la gestione del territorio lagunare

Documenti
25 Comitato di indirizzo coordinamento e controllo (ex art. 4, legge 798/84)
Delibera della riunione del 6 dicembre 2001

Studi / progetti / opere
29 *Attività avviate, ultimate, approvate. Luglio 2001 / Marzo 2002*
47 *Porto Marghera. Dragaggio selettivo e trattamento di sedimenti inquinati del canale Industriale nord*
61 *Laguna nord, centrale e sud. Aggiornamento dei dati territoriali per la realizzazione della nuova carta idrografica del Magistrato alle Acque*
71 *Venezia / Arsenale. Ripristino di rive e sponde e tutela dei siti archeologici* *
75 *Barene di Tessera. Protezione delle morfologie in erosione e tutela dei siti archeologici* *
79 *Interventi in corso al 31 marzo 2002*

Trimestrale anno X, n. 1, gennaio / marzo 2002
Registrazione presso il Tribunale di Venezia n. 1115 del 15 aprile 1993

Direttore responsabile Cesare De Michelis
Direttore Flavia Faccioli
Ufficio Comunicazione ed editoriale Flavia Faccioli (Responsabile), Monica Ambrosini, Francesca de Pol, Silvia Meloni, Vittoria Ranghieri, Matteo Utimpergher, Elena Zambardi
Redazione "Quaderni trimestrali" Matteo Utimpergher
Progetto grafico Tapiro Camplani + Pescolderung
Realizzazione grafica Studio Pieffe di Pietro Amici
Fotografie G. Arici, A. Chemollo, S. Medas, F. Orsenigo, C. Pizzinato

Direzione e redazione Consorzio Venezia Nuova, S. Marco 2803 - 30124 Venezia
Telefono 0415293512 - Telefax 0415289252 – Sito Internet www.salve.it

Edito a cura Consorzio Venezia Nuova
Stampa Grafiche Veneziane s.r.l. - Industria Grafica Editoriale
Cannaregio 5001/b - 30121 Venezia

Finito di stampare giugno 2002
Spedizione in abbonamento postale 70%, Filiale di Venezia, giugno 2002

Autorizzazione alla pubblicazione delle foto aeree Compagnia riprese aeree di Parma, concessione Aeronautica militare RGS n. 12-296 del 29.7.99

1.02

* Redatto in collaborazione con il Ministero per i Beni e le Attività culturali / NAUSICAA, Venezia. Fotografie di Graziano Arici, Stefano Medas e Claudia Pizzinato per la Soprintendenza Archeologica del Veneto / NAUSICAA

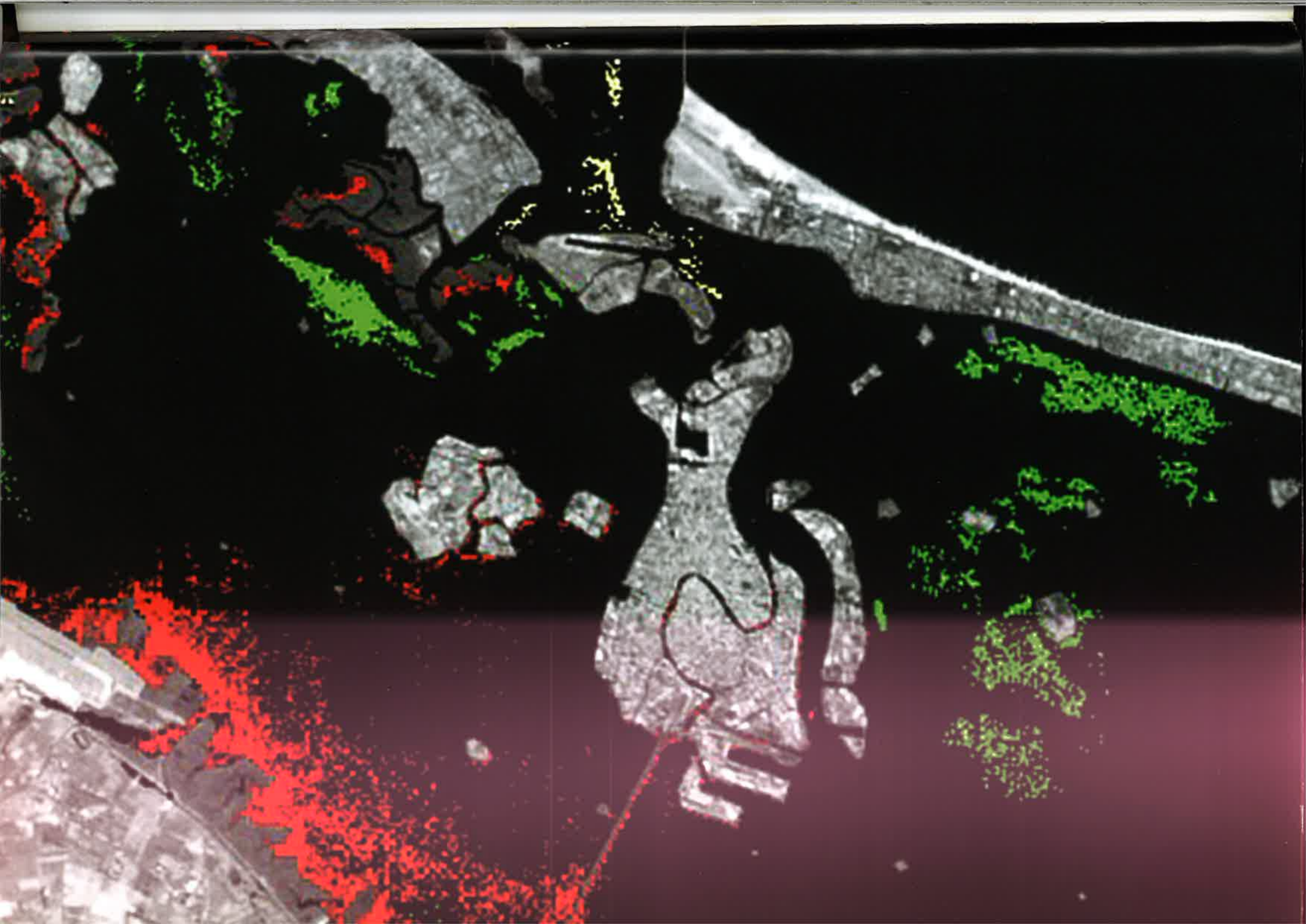
Questo numero

Il lavoro "speciale" della Salvaguardia

Le opere pubbliche studiate, sperimentate, realizzate e in via di realizzazione a Venezia e in laguna hanno tutte cercato di dare risposta a una domanda "speciale": quella di intervenire sul territorio per tutelare e garantire la qualità globale dell'ecosistema lagunare. I soggetti istituzionali coinvolti sono numerosi. Eppure, come in un immenso *puzzle*, i bordi di molte tessere hanno coinciso e hanno ricomposto struttura e immagine di ampie parti dell'ambiente lagunare e dei centri storici che ne fanno parte.

Per valutare i risultati ottenuti occorre nominare strumenti che hanno un ruolo e delle funzioni originali e indispensabili. Uno di essi è il Servizio Informativo del Magistrato alle Acque di Venezia. La conoscenza del territorio è propedeutica a ogni tipo di progettazione e può essere completa ed efficace soltanto se diversi dati sono correlati in un sistema informativo articolato e complesso, continuamente implementabile con nuove informazioni. In questo numero dei "Quaderni Trimestrali" diamo conto in generale della natura e della struttura operativa del Servizio Informativo e in particolare di uno dei suoi fondamentali strumenti di lavoro, il telerilevamento.

Nella sezione "Documenti" viene riportato un importante momento decisivo nell'iter di Salvaguardia: la delibera del 6 dicembre 2001 del Comitato ex art. 4 legge 798/84 che, tenuto conto del risultato degli approfondimenti richiesti dal Consiglio dei Ministri nel marzo 2001, ha dato il via libera al completamento della progettazione delle opere mobili alle bocche di porto per la difesa di Venezia e della laguna dalle acque alte e, contemporaneamente, alla progettazione e alla realizzazione, in via sperimentale, di interventi morfologici alle bocche che riducano la vivacità della corrente e, dunque, anche il numero di chiusure all'anno delle paratoie necessario a evitare gli allagamenti dei centri abitati lagunari.



Roberto Rosselli,
Sonia Silvestri,
Angelo Zandonella*

Funzioni e strumenti del Servizio Informativo. L'applicazione del telerilevamento per l'analisi e la gestione del territorio lagunare

Premessa

L'analisi del territorio, ai fini della sua gestione, può essere completa ed efficace soltanto se i diversi strumenti disponibili per la sua conoscenza sono correlati in un sistema informativo completo e articolato. In sintesi, perché questo avvenga, è necessario che le risorse disponibili (umane, tecniche, scientifiche, economiche) concorrano in modo integrato alla creazione delle diverse percezioni del territorio, delle sue dinamiche e dei fenomeni che in esso si verificano, seguendone l'evoluzione nel breve e nel lungo periodo.

Uno dei primi strumenti di lavoro che il Servizio Informativo del Magistrato alle Acque di Venezia ha utilizzato per assolvere ai compiti di conoscenza del territorio e dell'ecosistema lagunare è stato il telerilevamento che verrà in seguito analizzato e descritto secondo i diversi obiettivi che ci si è posti con la sua adozione e le diverse modalità di applicazione.

In questa premessa viene descritto il percorso funzionale che il Servizio Informativo ha compiuto nel corso della sua operatività, dalla metà degli anni '80 a oggi, che ha portato alla realizzazione del più importante e complesso sistema di banche dati territoriali e ambientali sulla laguna. L'insieme delle informazioni acquisite ed elaborate nel tempo restituisce un quadro conoscitivo generale, costantemente aggiornato, che rappresenta anche un'indispensabile supporto, a disposizione di tutti i soggetti competenti, per la progettazione e la realizzazione delle diverse attività per la salvaguardia di Venezia.

In estrema sintesi, il compito del Servizio Informativo è consistito e consiste nel raccogliere e organizzare in modo strutturato tutte le informazioni sull'ecosistema (incluse quelle per il controllo conoscitivo delle tendenze evolutive); nel cooperare con gli altri Enti e Soggetti che interagiscono sul territorio; nel costruire il necessario supporto conoscitivo per il futuro Centro Operativo della laguna (struttura che avrà il compito di gestire gli interventi di salvaguardia compiuti dallo Stato attraverso Magistrato alle Acque - Consorzio Venezia Nuova); infine, nel monitorare l'evoluzione dello stato dell'ambiente lagunare.

Nel corso della propria attività, il Servizio Informativo ha definito e sviluppato cinque specifici settori che rappresentano le finalità proprie del Servizio stesso:

- *Biblioteche* ovvero raccolta, catalogazione informatica e aggiornamento di dati e

* Roberto Rosselli è responsabile del Servizio Informativo; Sonia Silvestri e Angelo Zandonella sono consulenti tecnico-scientifici per le applicazioni del Remote Sensing

informazioni a carattere tecnico - scientifico, storico, socioeconomico, legislativo, ecc. sulla laguna di Venezia, sul suo bacino scolante, sugli studi, sui progetti, sulle sperimentazioni e sugli interventi realizzati (queste "informazioni di base" sono raccolte e mantenute nel loro formato originario: testi storici, mappe, fotografie, diapositive, filmati, materiale digitale, relazioni tecniche e scientifiche, studi, elaborati progettuali, leggi, ecc.);

- *Banche dati* ovvero trasformazione dei dati cartografici e tecnici in dati informatizzati su computer e rappresentabili mediante i moderni strumenti di analisi e riproduzione del territorio (GIS o Sistemi Informativi Territoriali e strumenti di riproduzione). La base della banca dati territoriale del Servizio Informativo è dotata di circa 30 livelli tematici differenziati (uso del suolo, canali lagunari, reti idrografiche, sezioni di censimento, fanerogame, alghe, sondaggi, reti tecnologiche, ecc.) che vengono costantemente aggiornati mediante l'esecuzione di rilievi da compiersi in proprio o l'acquisizione di dati raccolti dagli Enti competenti;
- *Sistemi di supporto alle decisioni* ovvero utilizzo di sistemi informatici appositamente predisposti per la gestione dei dati cartografici, modellistici e tecnici finalizzati all'interpretazione di fenomeni ambientali, morfologici, socioeconomici in evoluzione e, quindi, alla loro lettura da parte degli organismi deputati alle decisioni sulla progettazione e sulla realizzazione degli interventi;
- *Studi* ovvero approfondimenti sugli aspetti tecnici delle attività connesse con il Servizio Informativo, svolti in modo integrato e contestuale con le attività di studio e monitoraggio realizzate e in corso da parte del Magistrato alle Acque attraverso il Consorzio Venezia Nuova (in particolare gli uffici del Servizio Ingegneria e del Servizio Ambiente);
- *Sistemi di consultazione* ovvero realizzazione di sistemi informatici personalizzati per la fruizione dei dati archiviati dal Servizio Informativo e utilizzabili da più utenti della rete Magistrato alle Acque – Consorzio Venezia Nuova.

I risultati fin qui raggiunti possono essere così sintetizzati:

- è stata costituita una raccolta ordinata di documenti (libri, mappe, nastri, audiovisivi) attinenti l'ecosistema, raggiungendo l'obiettivo istituzionale di raccogliere e conservare in un'unica sede il vastissimo patrimonio di conoscenze sul sistema laguna e sulla cosiddetta "questione Venezia";
- è stata informatizzata (insieme ai principali parametri descrittivi del territorio) la complessa e stratificata geografia dell'ecosistema che rimane a disposizione come

GIS di base (ovvero come sistema informatizzato di gestione e analisi delle rappresentazioni delle componenti territoriali) per le future applicazioni;

- sono stati adottati sistemi informatici basati su una struttura hardware e software che si mantiene all'avanguardia e bilanciata nei suoi componenti anche dopo alcuni anni di lavoro, nonostante l'accelerata dinamica evolutiva che caratterizza questo tipo di mercato. La struttura informatica del Servizio Informativo è stata, inoltre, integrata alla struttura informatica costituita presso il Centro elaborazione dati del Magistrato alle Acque, da cui, infine, è possibile connettersi al Centro di Voltabarozzo, al Laboratorio di analisi chimiche di Venezia e al Genio Civile Opere Marittime di Venezia;
- è stata adottata una tipologia dei dati che semplifica e minimizza i tempi di aggiornamento degli stessi, permette di analizzare e rappresentare la loro evoluzione temporale, quantitativa e qualitativa, e può ridurre i costi e i tempi delle operazioni di verifica e controllo degli scenari territoriali, necessari per la progettazione degli interventi;
- è stata creata un'architettura delle strutture informatiche preposte alla gestione dei dati (banche dati) modulare e flessibile agli ulteriori sviluppi (sistemi di supporto) e adattabile agli obiettivi ampi e complessi che per legge sono assegnati all'intero "progetto Venezia".

Principi e vantaggi del telerilevamento

Il telerilevamento rappresenta oggi uno strumento assolutamente essenziale per lo studio dell'ambiente e la pianificazione del territorio. La sua nascita può essere identificata con lo sviluppo della tecnica fotografica che, dal 1839, ha permesso di "campionare" una scena in un determinato istante. Questa straordinaria possibilità ha completamente trasformato la capacità dell'uomo di osservare gli oggetti, fornendo alle scienze moderne un nuovo strumento di misura quantitativo.

La scoperta dell'esistenza di radiazioni elettromagnetiche non comprese nell'intervallo spettrale del visibile è stata presto utilizzata per sviluppare ulteriormente gli strumenti e le tecniche di interpretazione, sottolineando i limiti dell'occhio umano nella lettura dei fenomeni che ci circondano e incoraggiando la ricerca di nuovi strumenti di osservazione.

La possibilità di osservare la terra dallo spazio si è concretizzata, alla metà del XX secolo, da principio con il lancio del primo satellite adibito a tale scopo (Sputnik 1), poi con la creazione della NASA. Inizialmente il telerilevamento da satellite è stato usato

per studi di meteorologia e climatologia. In seguito, grazie anche alla sensibilizzazione pubblica sulle risorse non rinnovabili, i dati da satellite sono stati applicati all'agronomia e allo studio del territorio.
I vantaggi del telerilevamento sono essenzialmente tre:

- la possibilità di osservare aree molto vaste di territorio in modo quasi istantaneo e a basso costo;
- la possibilità di ripetere le osservazioni nel tempo, creando banche dati utili per i monitoraggi dei fenomeni evolutivi;
- la possibilità di monitorare aree di difficile accesso quali le foreste pluviali, le catene montuose, i deserti, le zone umide (come, ad esempio, la laguna di Venezia).

Nel corso del tempo non solo si è evoluta la tecnologia applicata allo sviluppo dei sensori, ma soprattutto si sono raffinate le tecniche di analisi, consentendo di estrarre dai dati telerilevati informazioni sempre più significative.
Per meglio comprendere l'evoluzione dei sistemi va innanzitutto precisato che uno strumento per il telerilevamento, che sia portatile, montato su piattaforma aerea o su satellite, è uno strumento di misura dell'energia elettromagnetica. Esistono strumenti attivi, in grado cioè di emettere dell'energia che colpisca un bersaglio per poi misurare la radiazione riflessa, e strumenti passivi, che misurano solamente l'energia emessa spontaneamente da un corpo o da esso riflessa[1]. La maggior parte delle osservazioni del territorio e dell'ambiente vengono effettuate con dispositivi passivi "a scansione", capaci di misurare l'energia elettromagnetica riflessa dalle superfici procedendo per righe tra loro parallele, fino alla completa copertura dell'intera area di interesse (Lechi, 1997).

Risoluzione geometrica e risoluzione spettrale

I dati campionati con un sistema a scansione (o *scanner*) sono disposti su una griglia regolare, la cui unità fondamentale (cioè l'area più piccola esplorata dallo strumento) si definisce *pixel* (da *picture element*). La dimensione del pixel coincide anche con il concetto di "risoluzione geometrica" (Lechi, 1997): al diminuire delle dimensioni del pixel aumenta la risoluzione geometrica del dato. Stabilita una certa quota di volo dell'aereo oppure del satellite che ospita il sensore, la dimensione del pixel varia a seconda delle caratteristiche dell'ottica dello strumento.
Negli anni, l'evoluzione tecnologica ha consentito di costruire sensori sempre più sofisticati, in grado di esplorare la superficie terrestre con griglie sempre più fitte. Basti pensare, ad esempio, all'evoluzione della serie di satelliti Landsat: i primi due

[1] Facendo riferimento agli strumenti fotografici, una macchina che opera con il flash è un esempio di strumento attivo, mentre la stessa macchina diventa passiva quando opera utilizzando solo la luce del sole che viene riflessa dalle superfici fotografate. Altri esempi di strumenti attivi sono i sistemi radar o quelli che utilizzano raggi laser

modelli ospitavano il sensore RBV, che restituiva pixel di 80x80 m^2, e il sensore MSS (Multispectral Scanning System), caratterizzato da pixel di 79x79 m^2. Già il Landsat 3 montava un sensore RBV con un pixel di 40x40 m^2, cioè un quarto di quello dei sensori precedenti. I sensori TM (Thematic Mapper) fanno la loro comparsa per la prima volta con il satellite Landsat 4 e consentono una risoluzione ancora maggiore, pari a 30x30 m^2.
Importanti progressi sono stati compiuti, nel tempo, anche rispetto al campionamento della radiazione elettromagnetica. L'energia riflessa dalla superficie terrestre è caratterizzata da uno spettro elettromagnetico[2] con diverse frequenze d'onda: i raggi x o quelli ultravioletti, ad esempio, sono caratterizzati da onde ad alta energia, alta frequenza e piccola lunghezza d'onda (lunghezze minori di 0,35 mm); la luce infrarossa, al contrario, ha lunghezze d'onda elevate (superiori a 0,75 mm) e basse frequenze. Tra queste due regioni si trova quella della luce visibile, che copre un intervallo di lunghezza d'onda compreso tra 0,35 e 0,75 mm. Gli strumenti a scansione campionano lo spettro elettromagnetico suddividendolo in intervalli di lunghezza d'onda e misurando tutta l'energia riflessa da una superficie all'interno di ogni intervallo. Questi intervalli vengono anche definiti "canali" o "bande".
L'intervallo di lughezza d'onda cui è sensibile uno strumento viene definito "risoluzione spettrale" (Lechi, 1997): all'aumentare del numero di canali cresce la risoluzione spettrale dello strumento e aumentano anche le possibilità per l'operatore di distinguere tra diverse superfici terrestri, diversi usi del suolo, diverse caratteristiche dell'acqua, ecc.

Sviluppo di satelliti e sensori

Per venire incontro alle esigenze degli utilizzatori, le case di costruzione hanno investito negli ultimi anni ingenti risorse, sviluppando satelliti sempre più piccoli e di facile controllo, che ospitano sensori sempre più sofisticati, capaci di fornire dati a risoluzioni elevate. Il sensore IKONOS, ad esempio, recentemente lanciato nello spazio a bordo di uno degli ultimi satelliti commerciali, è in grado di fornire dati multispettrali (tre bande nel visibile, rosso, verde e blu, e una che copre l'infrarosso vicino) con pixel di 4x4 m^2. Lo stesso sensore possiede, inoltre, una banda pancromatica (cioè che copre tutto il visibile e il vicino infrarosso) che restituisce una risoluzione di 1x1 m^2, consentendo di distinguere oggetti di dimensioni incredibilmente piccole se si considera che vengono osservati dallo spazio, come ad esempio automobili, edifici, natanti o alberi.

[2] Distribuzione monodimensionale continua dell'energia elettromagnetica ordinata normalmente per lunghezze d'onda crescenti

Sempre rimanendo nel campo dei sensori satellitari, il nuovissimo Quick-Bird, appena messo in orbita, sarà presto in grado di fornire dati multispettrali (cioè immagini satellitari diverse, suddivise per intervalli di frequenze differenziate) con risoluzione di 2,4x2,4 m^2 e dati pancromatici con pixel di appena 0,54x0,54 m^2.
Numerosi investimenti sono anche stati impiegati per la costruzione di sensori aviotrasportati che oggi sono in grado di fornire dati a elevata risoluzione geometrica e spettrale. Il sensore MIVIS (Multispectral Infrared and Visibile Imaging Spectrometer), ad esempio, campiona lo spettro elettromagnetico suddividendolo in ben 102 bande, 20 delle quali coprono l'intervallo del visibile, 8 quello del vicino infrarosso, 64 quello del medio infrarosso e 10, infine, l'intervallo spettrale del termico.
L'evoluzione tecnologica di satelliti e sensori, accoppiata a quella delle tecniche di analisi dei dati, da un lato ha prodotto un'enorme ricchezza di informazioni sull'ambiente, dall'altro lato ha comportato un grosso impegno per coloro che utilizzano questi dati per studi e ricerche.

Modalità di impiego. La scelta del sensore

L'utilizzo del telerilevamento per studi ambientali prevede essenzialmente tre fasi:
- scelta del sensore con cui acquisire i dati (da satellite, da aereo o da terra);
- elaborazione dei dati;
- interpretazione dei risultati.

La prima fase è sicuramente la più delicata, poiché in un certo senso comprende le altre due. Prima di decidere quale tipo di dato acquisire, infatti, è importante concentrarsi sugli obiettivi del lavoro, prevedendo sia il tipo di elaborazioni da effettuare sia i risultati che si vorrebbero ottenere. Prima di procedere alla scelta del sensore più appropriato, quindi, si studiano le caratteristiche spettrali del bersaglio da rilevare, la scala di variabilità spaziale del fenomeno da osservare e la variabilità temporale delle condizioni ambientali.
Quest'ultimo problema è stato ed è essenziale nella scelta degli strumenti che di volta in volta possono essere utilizzati. Va infatti ricordato che in un ambiente complesso come, ad esempio, la laguna di Venezia, i fenomeni osservabili agiscono a scale diverse: vi sono processi climatici che agiscono a scala globale (basti pensare alla relazione tra effetto serra e aumento del livello dei mari), fenomeni a scala regionale (come gli apporti di nutrienti dal bacino scolante), fenomeni a scala locale (come le proliferazioni algali), e così via, fino ad arrivare a fenomeni di micro-scala. Ogni processo va, pertanto, studiato a una scala specifica, e questo concetto va applicato ai

dati telerilevati che, a seconda dello strumento con cui sono stati acquisiti, possiedono, come detto, risoluzioni molto diverse. A titolo di esempio nella figura 1, a pagina 10, è raffigurata una zona di Burano ripresa rispettivamente col Landsat TM, col MIVIS e con IKONOS.
Si potrebbe pensare che maggiore è la risoluzione dei dati, maggiore è il numero di applicazioni per cui possono servire. Va invece sottolineato che lo spazio disponibile per memorizzare i dati è comunque limitato, e pertanto all'aumentare della risoluzione diminuisce l'area di territorio ripresa dagli strumenti. Per studiare alcuni fenomeni che agiscono su meso e macro-scala, per i quali un'eccessiva quantità di informazioni è ridondante, è molto più utile un'immagine acquisita istantaneamente che copre una porzione molto vasta di territorio piuttosto che un insieme di immagini contigue acquisite in tempi diversi.

Analisi e monitoraggio della laguna di Venezia
L'archivio di dati telerilevati del Servizio informativo

La laguna di Venezia è il luogo ideale per l'applicazione del telerilevamento ambientale: essa, infatti, ricopre un territorio di oltre 550 km^2, in gran parte formato da bassifondali, velme e barene; un territorio in continua evoluzione e spesso di difficile accesso dove i processi fisico-chimici sono altamente dinamici, estremamente complessi da monitorare nello spazio e nel tempo.
Dalla metà degli anni '80 a oggi, il Servizio Informativo ha acquistato, per conto del Magistrato alle Acque, numerose immagini satellitari, realizzate con strumenti e metodi sempre più sofisticati, oltre a immagini provenienti da sensori montati su piattaforma aerea che forniscono il dato a un determinato istante predefinito. In questo modo è stato creato un archivio differenziato, a diverse risoluzioni geometriche e temporali, che si arricchisce ogni anno di almeno 4-5 immagini satellitari di "routine", ma comprende anche dati acquisiti con i più recenti e avanzati sistemi di rilevamento, (che permettono di esplorare non solo le nuove tecniche di acquisizione ma anche molti nuovi strumenti di elaborazione) come, per esempio, le immagini di IKONOS.
L'archivio di dati telerilevati organizzato dal Servizio Informativo è oggi il più vasto esistente sulla laguna di Venezia. Esso contiene oltre 90 immagini acquisite dai sensori satellitari multispettrali Landsat 5 (sensore Thematic Mapper) e Landsat 7 (sensore Enhanced Thematic Mapper), dal sensore satellitare pancromatico SPOT e dal sensore radiometrico ERSI-SAR, a cui si aggiungono i dati acquisiti nel 1995 e nel 1998 con il sensore iperspettrale MIVIS da piattaforma aerea e quelli del satellite multispet-

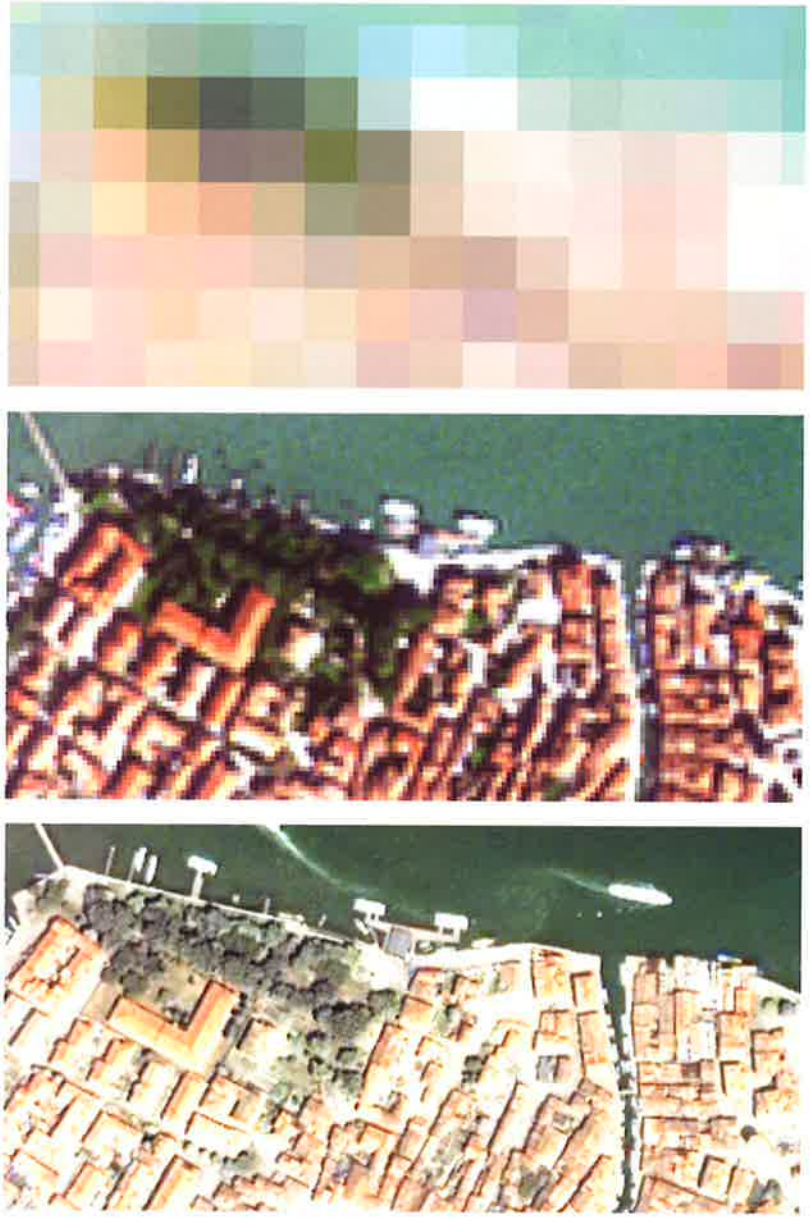


Figura 1 Confronto tra immagini Landsat TM, MIVIS e IKONOS relative alla zona nord di Burano. È evidente la differente risoluzione delle immagini: il TM ha campionato il territorio con pixel di 30x30 m^2; il MIVIS ha restituito, della stessa area, una griglia con pixel di 3x3 m^2 (data la quota di volo dell'aereo su cui era montato); mentre il sensore IKONOS, che possiede un canale pancromatico a 1 m di risoluzione, dopo un opportuno ricampionamento dei dati multispettrali, ha restituito un'immagine a colori con pixel di 1x1 m^2

Figura 2. Immagine a colori quasi naturali della laguna di Venezia (particolare). L'immagine è stata ottenuta con la sintesi additiva delle bande ETM 1 (0,45 ÷ 0,52 _m), ETM 2 (0,53 ÷ 0,61 _m), ETM 3 (0,63 ÷ 0,69 _m) esposte con i filtri del Blu, Verde e Rosso. Elaborazione dati Landsat 7 ETM 8 - settembre 2000

trale IKONOS che ha effettuato la copertura completa del bacino scolante nei mesi di giugno-luglio 2001.
L'analisi dei dati telerilevati ha permesso sia di monitorare fenomeni fisici e morfologici che si evolvono nel tempo, sia di documentare alcune specifiche emergenze ambientali (come, per esempio, l'ossidazione nel 1984 e nel 1988 di macroalghe con produzione di idrogeno solforato).

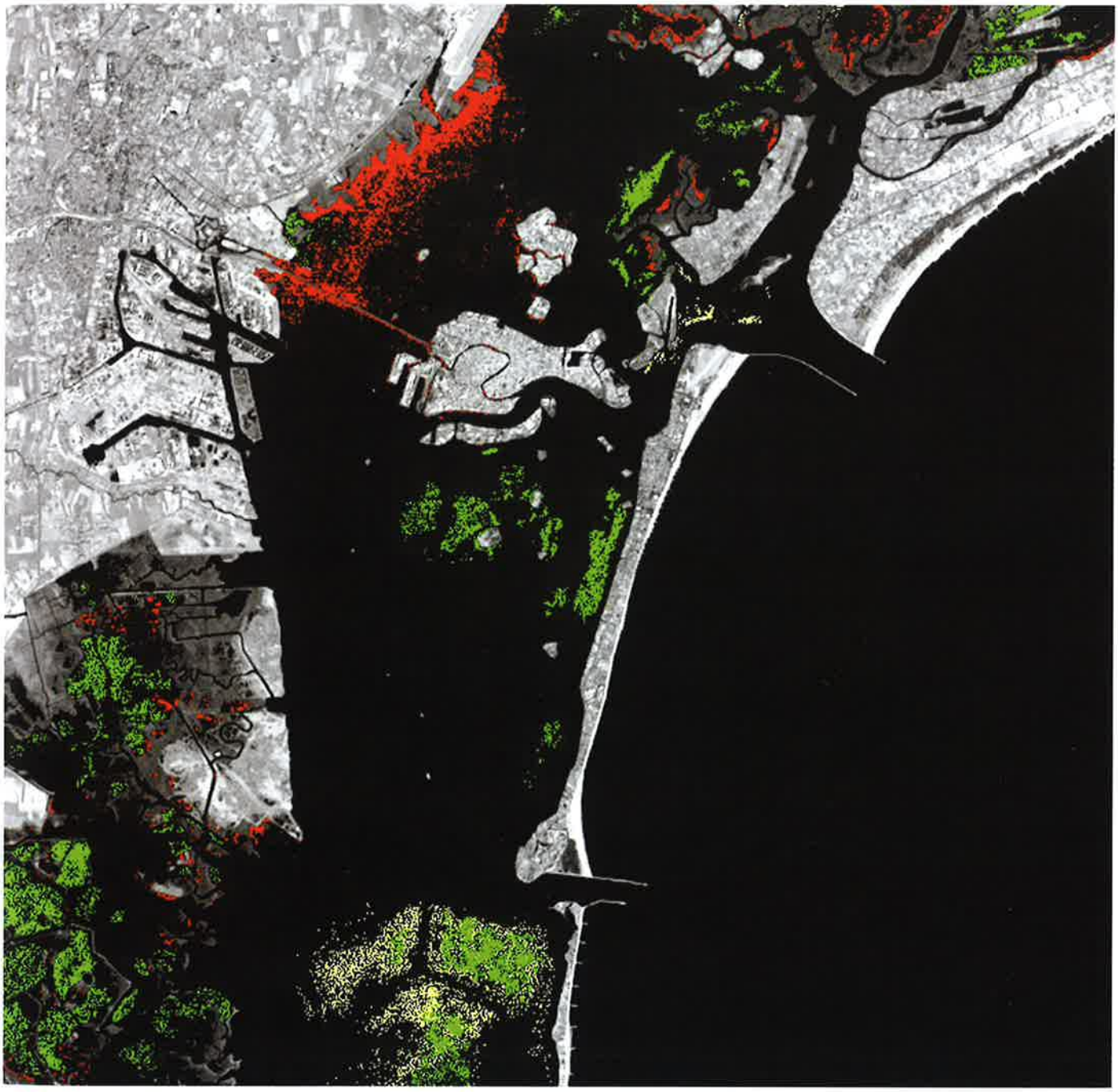
Rappresentazioni del territorio e mappe tematiche

L'archivio degli elaborati contiene attualmente un elevato numero di immagini a colori quasi naturali, che ritraggono il territorio in modo del tutto simile al prodotto di un apparecchio fotografico analogico. Questo risultato si ottiene utilizzando le bande del visibile e uno specifico software adatto alla gestione delle immagini per cui i dati vengono riscalati e visualizzati a colori. Nella figura 2 è riportata, a titolo di esempio, l'immagine della laguna di Venezia acquisita l'8 settembre 2000 col sensore Landsat ETM.
Numerose immagini a colori quasi naturali sono state georeferenziate[3] e vengono comunemente utilizzate in coppia con la cartografia vettoriale. Questi dati sono utilissimi quando si devono sovrapporre le informazioni cartografiche esistenti sul territorio a un'immagine della medesima area.
Alcune immagini dell'archivio sono state ottenute utilizzando sia il Landsat 5 TM (pixel di 30x30 m^2) sia il pancromatico dello SPOT (pixel di 10x10 m^2), ricampionando l'informazione multispettrale del primo sensore per raggiungere immagini a colori con la risoluzione geometrica del secondo. In passato, quando ancora i dati IKONOS non esistevano, questa tecnica ha permesso di raggiungere una buona risoluzione, consentendo di riconoscere numerose caratteristiche geometriche della scena (figura 3, a pagina 12).
L'archivio contiene anche numerose mappe tematiche, fondamentali per la gestione oculata dell'ambiente lagunare, ottenute dalle elaborazioni dei dati satellitari con l'obiettivo di monitorare lo stato ambientale della laguna. Uno dei principali esempi in questo senso sono le elaborazioni sullo stato trofico delle acque lagunari, per le quali gli indicatori ecologici più significativi sono, in particolare, le macroalghe (sintomo di instabilità del sistema) e le fanerogame (indice di stabilità). Il continuo monitoraggio della loro distribuzione (nello spazio e nel tempo) consente un immediato bilancio delle condizioni ambientali della laguna (figura 4, a pagina 13).
Un altro esempio di applicazione del telerilevamento per il monitoraggio ambientale è l'elaborazione di mappe tematiche relative alla temperatura dell'acqua, per le quali

[3] La georeferenziazione è la tecnica che permette di "registrare" le immagini rispetto al sistema geografico di riferimento prescelto, utilizzando alcuni punti di controllo (*GCPs = Ground Control Points*) scelti dall'operatore sull'immagine e corrispondenti a punti di coordinate note

Figura 3 (a lato). Confronto tra un'immagine Landsat 5 TM del 10 agosto 1998 relativa a Venezia (in alto) e un'immagine della stessa scena ricampionata utilizzando i dati SPOT del 24 luglio 1998 (in basso)

Figura 4 (nella pagina seguente). Mappa tematica della distribuzione, in laguna centrale, di macroalghe (in verde), fanerogame (in giallo) e fitoplancton (in rosso). Elaborazione dati Landsat 5 TM - 13 ottobre 1998



sono stati impiegati i sensori TM ed ETM dei satelliti Landsat. Questi infatti possiedono, come pochi altri sensori, una banda che cade nella regione spettrale dell'infrarosso termico (10,4 – 12,5 mm) che può essere utilizzata per individuare la temperatura delle superfici osservate (Mauser W. e Schneider K., 1996), pur con alcuni limiti. Da un lato, infatti, le informazioni estratte da questi dati sono affette da un errore (dell'ordine di ±1/1,5°) derivante dall'interferenza atmosferica; dall'altro lato i dati sono riferiti alla parte superficiale dei "bersagli" scelti, per uno spessore di pochi millimetri. Nella figura 5 sono riportate le temperature dell'acqua in laguna centrale derivanti dai dati TM del 15 febbraio 2001.

Le elaborazioni dei dati TM hanno permesso nel tempo di individuare anche fenomeni occasionali di degrado, in aree localizzate del bacino lagunare, come ad esempio la marcescenza delle macroalghe o la loro ossidazione con relativa produzione di idrogeno solforato (figura 6).

Numerose elaborazioni hanno contribuito, in particolare, all'analisi della morfologia lagunare e all'interpretazione delle dinamiche e dei processi in atto. Un parametro fondamentale adottato per questo tipo di studi è rappresentato dalla concentrazione dei solidi in sospensione nell'acqua. La distribuzione spazio-temporale dei sedimenti in laguna costituisce, infatti, un indicatore essenziale poiché fornisce informazioni e dati preziosi sui processi erosivi o di sedimentazione. In questo caso, il monitoraggio di tali fenomeni (che variano moltissimo in base a numerosi fattori quali la diversificata morfologia lagunare, le correnti di marea, il moto ondoso generato dai venti e dai natanti, ecc.) può essere effettuato utilizzando la risposta spettrale nell'intervallo di lunghezza d'onda che va da 0,6 a 0,8 mm[4] che in base a numerose ricerche (Li Xia, 1993) è risultato il più utile per individuare la presenza di sedimenti sospesi (figura 7, a pagina 16).

Sempre per quanto riguarda la morfologia lagunare, da diversi anni si è sperimentato l'impiego di immagini da satellite anche per caratterizzare l'evoluzione areale delle barene, in conseguenza di fenomeni di erosione o di sedimentazione. I confronti effettuati tra immagini TM acquisite a distanza di vent'anni hanno permesso di individuare, a grandi linee, le zone di barena in arretramento e quelle in accrescimento (figura 8, a pagina 17), integrando e completando i dati raccolti mediante le campagne di rilievo dirette che vengono effettuate nel corso del tempo nelle diverse aree lagunari. Mentre la risoluzione geometrica del sensore TM ha consentito, come si è detto, una stima generale dei processi in atto, più recentemente l'utilizzo dei dati

[4] Corrispondente alla banda 3 dei sensori Landsat TM ed ETM

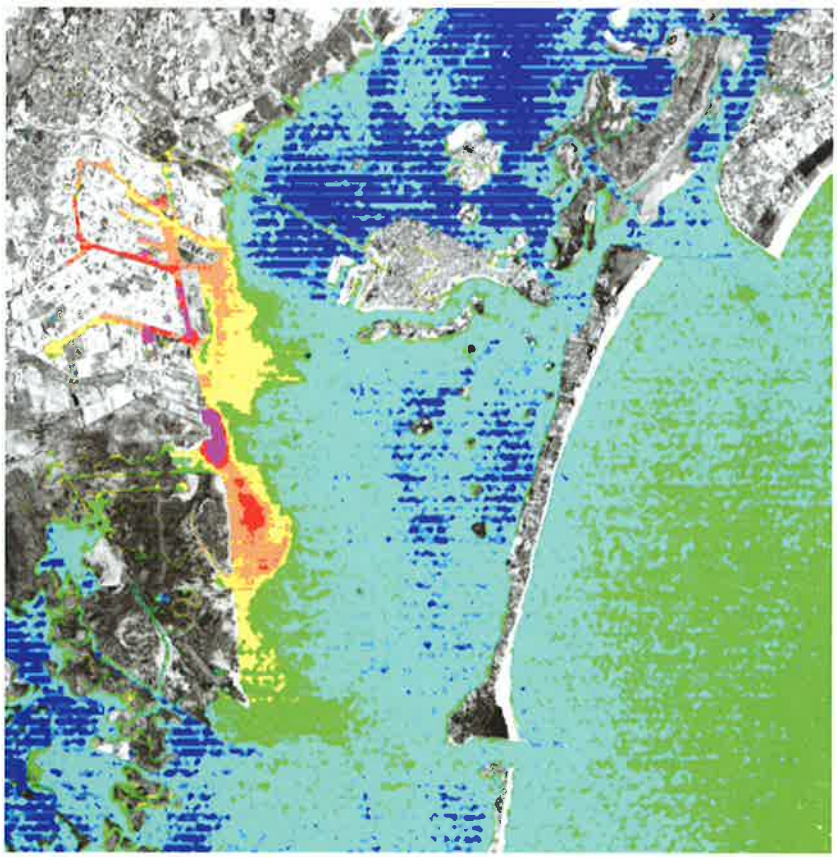


Figura 5. Mappa tematica della temperatura dell'acqua in laguna (particolare). È interessante notare come, in questa immagine invernale, le acque dei canali di Marghera abbiano una temperatura di 3-4° C maggiore della temperatura delle acque lagunari. In molte zone inoltre le acque della laguna risultano più fredde di quelle del mare. Elaborazione dati Landsat 5 TM - 15 febbraio 2001

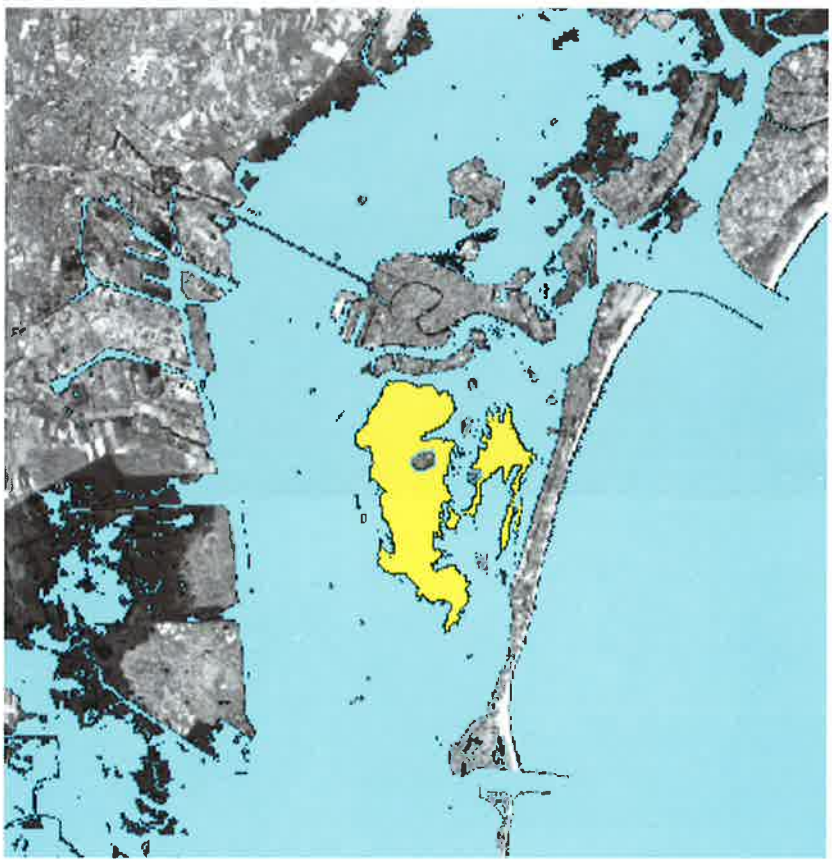


Figura 6. Mappa tematica della distribuzione di macroalghe ossidate con emissione di idrogeno solforato (in giallo). Elaborazione dati Landsat 5 TM - 3 agosto 1984

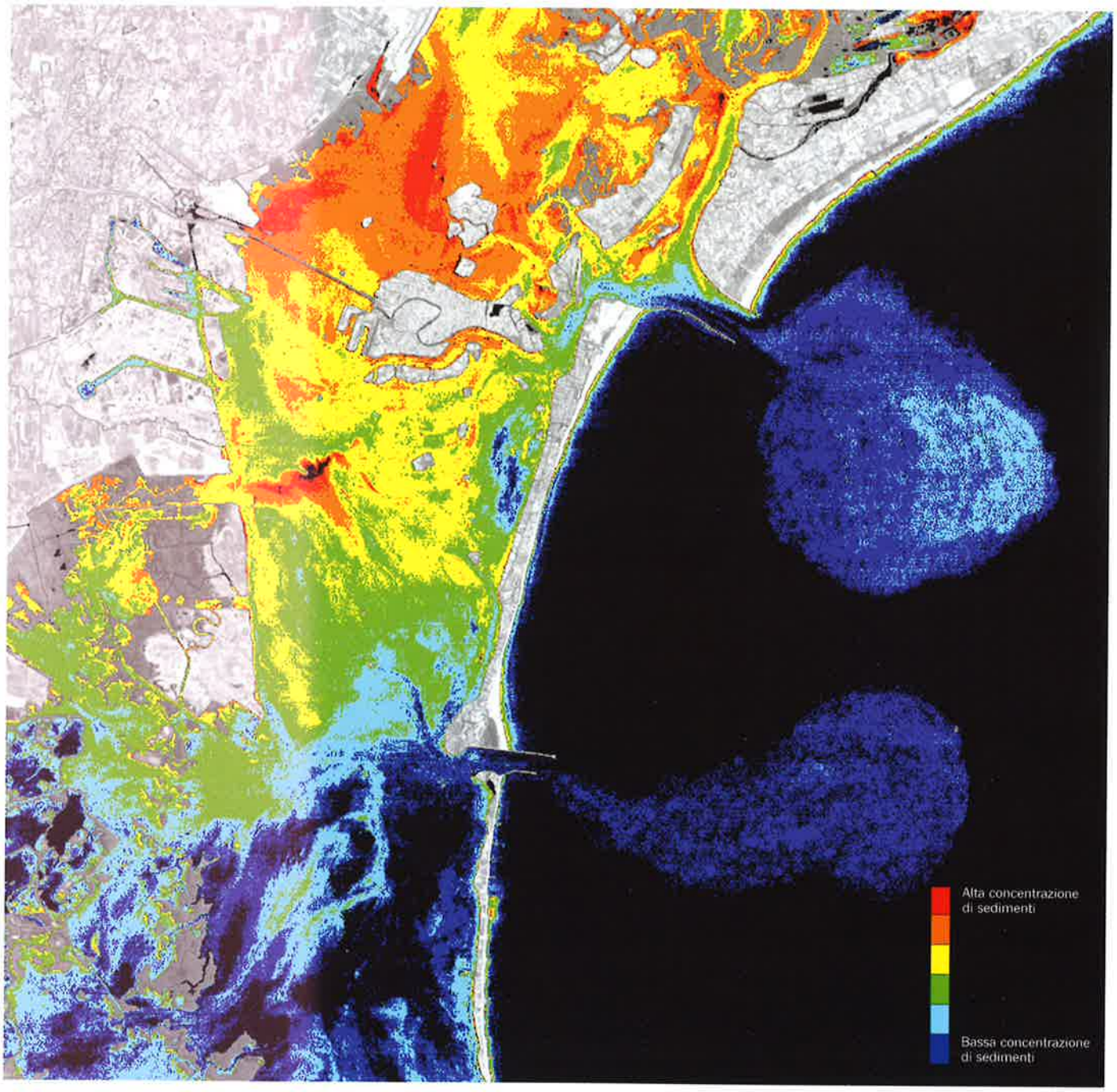

Alta concentrazione
di sedimenti
Bassa concentrazione
di sedimenti

Figura 7 (a sinistra). Mappa tematica della distribuzione dei solidi in sospensione (particolare). La presenza di solidi in sospensione puo' essere causata sia dall'apporto di sedimenti dai fiumi (nel caso della figura la distribuzione visibile in laguna nord dipende soprattutto dai fiumi Osellino e Dese); sia dall'erosione di barene, velme e bassifondali a causa del moto ondoso, delle correnti e, anche, dall'attività di pesca. Nella parte destra dell'immagine sono chiaramente visibili i "plum" di sedimenti che escono dalle bocche di porto di Lido e Malamocco in fase di deflusso mareale. Elaborazione dati Landsat 5 TM - 10 agosto 1998

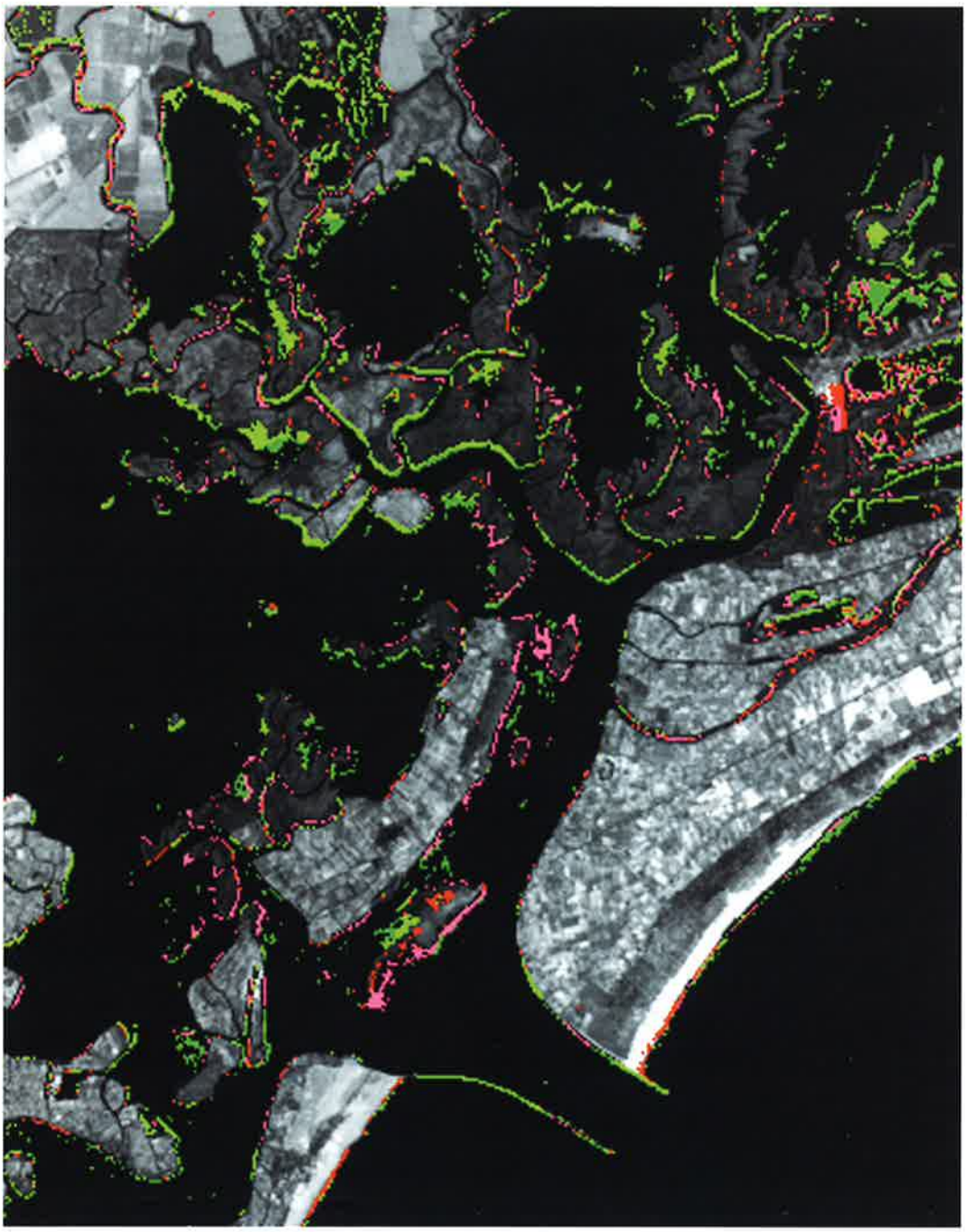


Figura 8 (a destra). Prima mappa tematica delle tendenze dei processi di erosione (verde chiaro e verde scuro) e sedimentazione (rosso e viola) nelle barene e velme della laguna tra il 1984 e il 1993 (particolare). L'elaborazione, a carattere sperimentale, evidenzia le zone naturali per le quali esiste una propensione misurata all'erosione o alla sedimentazione. La misura quantitativa dell'effettivo fenomeno avviene, invece, mediante periodici rilievi morfologici diretti

agosto 1984
aprile 1990

maggio 1990
maggio 1993

agosto 1984
aprile 1990

maggio 1990
maggio 1993

Figura 9 (in alto).
Barena San Felice (zona Treporti), immagine a colori quasi naturali.
Sintesi additiva delle bande 3 (0,473 ÷ 0,493 _m), 7 (0,553 ÷ 0,573 _m), 13 (0,673 ÷ 0,693 _m) esposte con i filtri del Blu, Verde e Rosso.
Elaborazione dati MIVIS - 18 settembre 1998

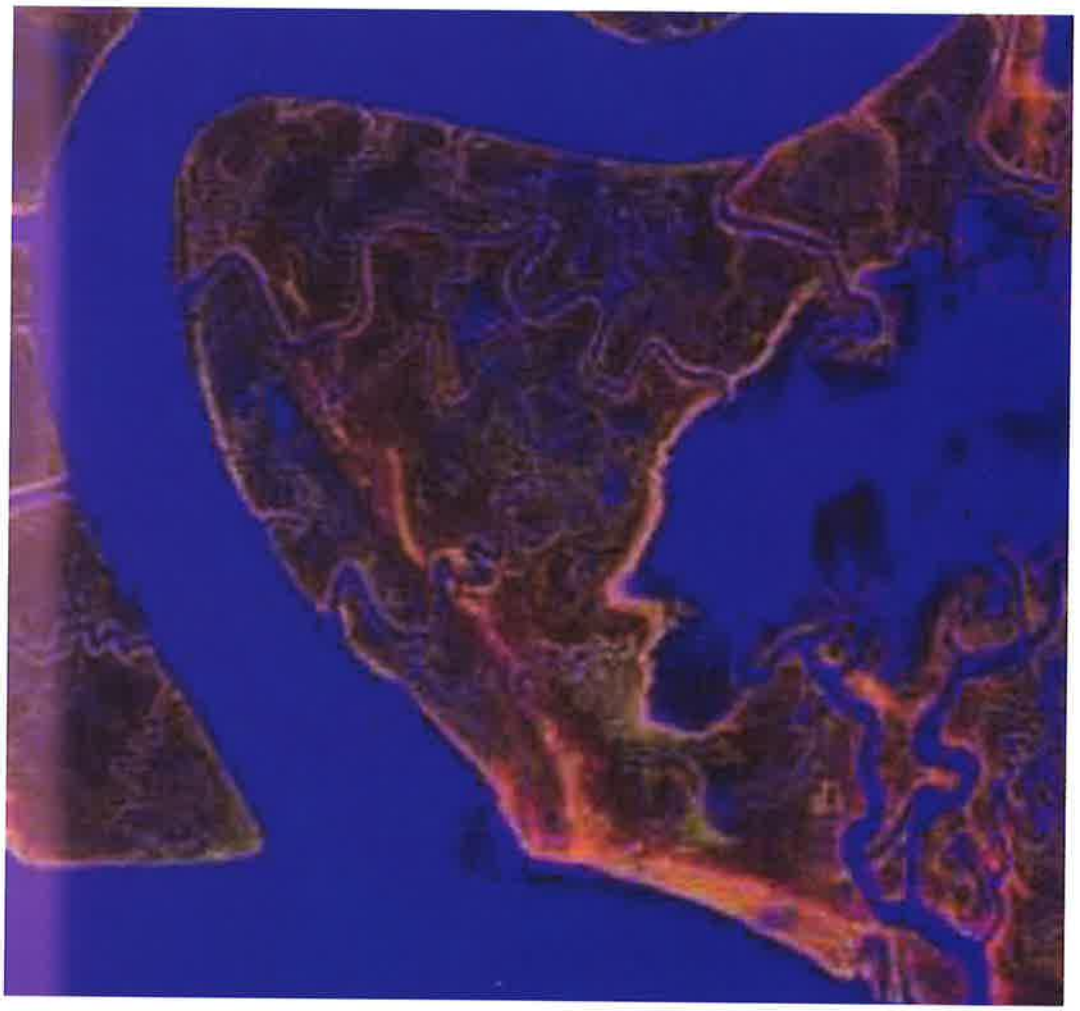


Figura 10 (al centro).
Barena San Felice (zona Treporti), rappresentazione delle zone vegetate (colore rosso).
Sintesi additiva delle bande 3 (0,473 ÷ 0,493 _m), 28 (1,500 ÷ 1,550 _m), 19 (0,793 ÷ 0,813 _m) esposte con i filtri del Blu, Verde e Rosso.
Elaborazione dati MIVIS - 18 settembre 1998

Figura 11 (in basso).
Barena San Felice (zona Treporti), immagine a colori quasi naturali.
Sintesi additiva delle bande MS-1 (0,445 ÷ 0,516 _m), MS-2 (0,506 ÷ 0,595 _m), MS-3 (0,632 ÷ 0,698 _m) esposte con i filtri del Blu, Verde e Rosso.
Elaborazione dati IKONOS - 26 giugno 2001

MIVIS (figura 9), ha semplificato l'individuazione delle barene anche grazie al riconoscimento della vegetazione alofila che ricopre le superfici e che è colorata di rosso nella figura 10. Lo studio dei dati MIVIS ha permesso di individuare in modo quantitativo la presenza delle varie specie vegetali, correlando tale informazione alle caratteristiche morfologiche del territorio barenale (Silvestri, 2000).
Con i nuovi dati IKONOS acquisiti negli ultimi mesi si conta di approfondire lo studio delle dinamiche morfologiche barenali, prendendo come indicatore proprio la vegetazione alofila, facilmente individuabile grazie alla banda che campiona nel vicino infrarosso. Il dettaglio possibile con IKONOS è evidente nella figura 11 dove è visualizzata la stessa porzione di barena rappresentata nella figura 9.

Analisi e monitoraggio della gronda lagunare
Metodi di classificazione degli "oggetti al suolo"

Fra le applicazioni delle tecniche di telerilevamento da piattaforme aero-spaziali, effettuate dal Servizio Informativo, rientrano anche le mappe di uso del suolo (o classificazione delle diverse tipologie tematiche) della gronda lagunare.
I metodi utilizzati dagli esperti per il riconoscimento automatico di un oggetto da un'immagine, come, appunto, le classi di uso del suolo, sono noti con il nome di "metodi di classificazione" o "classificatori".
Nel settore del telerilevamento, questi metodi sono stati studiati e messi a punto a partire dagli inizi degli anni settanta con le immagini del sensore MSS del primo satellite Landsat. Le caratteristiche tecniche di tale sensore satellitare (tre bande spettrali nel visibile e una nell'infrarosso vicino) e la risoluzione a terra del pixel acquisito (79 m x 79 m), risultavano utili per la produzione di cartografie con una scala non superiore a 1:100.000.
Basandosi sulle caratteristiche tecniche del sensore, i classificatori proposti erano essenzialmente "per punti": ogni pixel (singola unità di territorio riconosciuto) veniva assegnato a una classe tematica in modo indipendente dai pixel adiacenti nell'immagine acquisita. Questo avveniva grazie a due specifiche tecniche: una funzione discriminante e una regola di decisione[5].
Con l'aumento della risoluzione spaziale del pixel nei sensori di telerilevamento è migliorata la possibilità di discriminare tra diversi "oggetti al suolo", ma è anche cresciuta la difficoltà di riconoscimento. Potrebbe sembrare paradossale che all'aumentare della risoluzione (e quindi della verosimiglianza fotografica dell'elaborazione satellitare del territorio rilevato) diminuisca la riconoscibilità automatica degli oggetti territoriali. In realtà, poiché con la maggior definizione aumenta anche il numero di pixel

[5] Le funzioni discriminanti più utilizzate all'epoca erano la "multinormata di Gauss-Laplace" e la "distanza Euclidea generalizzata"; le regole di decisione più utilizzate erano quelle della "massima verosimiglianza" e della "minima distanza"

che "rappresentano" un oggetto, se volessimo per esempio evidenziare una piazza, essa ci apparirebbe al video di un computer come un insieme di pixel di diversi colori e non più, come nei sensori meno definiti, come una macchia di pochi pixel di identiche tonalità, più grandi e più immediatamente riconoscibili.
I sensori TM e HRV permettono potenzialmente di riconoscere un numero di "oggetti al suolo" superiore al sensore MSS. Tali oggetti, però, possono non coincidere con specifiche categorie di uso del suolo, ma essere dovuti a "variabilità del suolo" nell'ambito di ciascuna categoria. Questa variabilità, che può essere osservata sia nelle immagini a colori quasi naturali che in quelle nell'infrarosso colore, è dovuta a diversi fattori fisici come, per esempio, le differenze del colore o dell'umidità dei suoli, le variazioni di altezza e di densità delle piante.
Per queste ragioni vi è stato un cambiamento nella strategia di classificazione e si sono introdotte, nei metodi di classificazione, anche informazioni sul "contesto spaziale del pixel", inteso come relazione spaziale di ciascun pixel con quelli adiacenti. Tornando all'esempio della piazza si può dire che poiché è impossibile che tutti i pixel che identificano la piazza siano dello stesso colore e poiché è verosimile che alcuni insiemi di pixel, sia per adiacenza geometrica che per associazione di tonalità, siano riconducibili a un unico elemento geometrico, si assume che la piazza sia identificabile con quell'insieme di pixel e che il metodo sia espandibile su tutta l'immagine acquisita.
Per la complessità nell'implementazione e le successive proposte di utilizzare metodi di intelligenza artificiale nel riconoscimento automatico, pochi classificatori contestuali sono stati implementati sui sistemi tradizionali di analisi delle immagini.
Il classificatore utilizzato per produrre le mappe del Servizio Informativo è quello di Swain P. H. et al., 1980. La strategia si basa sulla stima della funzione di distribuzione multivariata del "contesto spaziale del pixel". Sulla base di numerose esperienze effettuate, il classificatore permette di ridurre la variabilità entro una specifica classe e classi diverse risultano più correttamente differenziate.
Queste mappe sono ottenute con procedure di riconoscimento automatico e restituite sotto forma di immagini, con sfondo in bianco e nero e classi tematiche e tipologiche in colori codificati. Da tali mappe possono essere estratte automaticamente le forme geometriche (le zone di competenza) delle classi tipologiche, usando funzioni di conversione che permettono la trasformazione da formato immagine a formato geometrico nel sistema informativo territoriale del Servizio Informativo.

Per la produzione delle mappe di classificazione vengono utilizzate: immagini del satellite Landsat 5 con sensore TM e rilievi al suolo resisi disponibili in campagne opportunamente svolte. Le mappe sotto forma di immagine e in rappresentazione vettoriale, ottenute dall'elaborazione dell'immagine TM acquisita il 5 luglio 1999, sono riportate nelle figure 12 e 13 a pagina 22.

I programmi futuri
Acquisizione
di informazioni
quantitative

Le numerose mappe tematiche realizzate in questi anni hanno permesso di descrivere molti fenomeni in termini per lo più qualitativi. Il nuovo obiettivo del Servizio Informativo è quello di estrarre dai dati telerilevati informazioni di tipo quantitativo. Dopo aver provato, ad esempio, che è possibile individuare la presenza di macroalghe usando i dati TM, è oggi importante indagare la possibilità di quantificarne la biomassa. Ciò vale anche per altri parametri come la densità vegetativa delle alofite in barena, la concentrazione di solidi in sospensione, ecc. Questo nuovo approccio necessita innanzitutto di informazioni ancillari acquisite a terra, possibilmente in contemporanea alla ripresa del sensore remoto, che vanno utilizzate per tarare i metodi di analisi.

Correzione
e calibrazione dei dati

Un grosso sforzo va inoltre effettuato per correggere i dati dagli effetti atmosferici, che interferiscono con i risultati. Le onde elettromagnetiche che giungono al suolo interagiscono con l'atmosfera terrestre, e in modo particolare con i gas (anidride carbonica, ossigeno, ozono, ecc.), il vapor d'acqua e le polveri fini che in essa si trovano. Questa interazione dipende sia dalla lunghezza del percorso che l'onda compie prima di giungere al sensore, sia dalle condizioni climatiche e meteorologiche del luogo osservato. La correzione atmosferica rende gli spettri dei "bersagli" rilevati in remoto confrontabili con quelli rilevati da altri sensori remoti, e con quelli rilevati in loco da strumenti portatili. L'operazione è pertanto fondamentale se si desidera confrontare immagini rilevate sulla stessa scena ma in tempi diversi, oppure immagini rilevate da due o più sensori. L'operazione può inoltre permettere la creazione di una libreria spettrale che, definite le caratteristiche di ciascun bersaglio, ne raccolga la firma spettrale (corrispondenza tra un elemento e l'intervallo di frequenze che gli è proprio e che ne consente il riconoscimento). Tale libreria può essere usata per il riconoscimento dei bersagli all'interno di immagini raccolte sulla stessa area geografica ma in tempi diversi, oppure su aree geografiche diverse ma dove vi siano bersagli analoghi.
Le nuove collaborazioni instaurate dal Servizio Informativo con l'Università di Padova (Dipartimento IMAGE) e con l'Università di Venezia (Dipartimento di Scienze

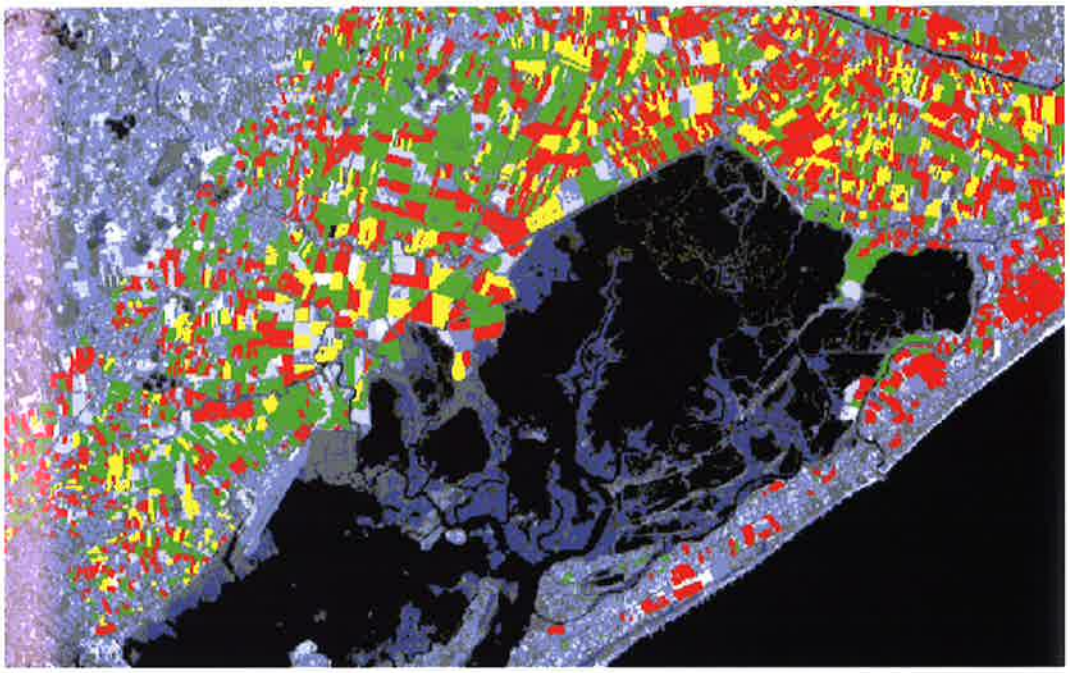


Figura 12. Classificazione tematiche delle specie soia (in giallo), mais (in rosso) e colture foraggiere (in verde) Per i tipi di rilievi effettuati e la risoluzione del sensore utilizzato, che permette di ottenere mappe a scala non superiore a 1:50.000, le classi di uso del suolo estratte nell'immagine si sono limitate alle specie sopra indicate. Al momento dell'acquisizione dell'immagine, il frumento era già stato mietuto. Elaborazione dati Landsat 5 TM - 5 luglio 1999

Figura 13. Trasformazione dei dati immagine in dati geometrici relativi all'uso del suolo: da essi è possibile trarre informazioni sia qualitative che quantitative e correlarli alle altre informazioni cartografiche relative al territorio analizzati

Ambientali) hanno fruttato, negli ultimi mesi, un cospicuo finanziamento da parte della Comunità Europea, da dedicare interamente al telerilevamento. Questi contributi permetteranno di acquistare vari strumenti portatili (radiometri, fotometri, ecc.) che serviranno per la calibrazione dei dati acquisiti dai sensori remoti. Grazie, inoltre, a un accordo effettuato nel luglio 2001 con la direzione dell'Aeroporto Marco Polo e con quella delle Aeronavali, sarà possibile accedere, durante le campagne, a vaste aree aeroportuali utilizzabili per le calibrazioni. Il posizionamento, sempre a Tessera, di un fotometro che acquisisce dati in automatico, strumento fondamentale per le misure di spessore ottico atmosferico, completerà il quadro di dati ancillari da usare nelle calibrazioni dei dati telerilevati.

Grazie agli sforzi impiegati per l'organizzazione di questo grande progetto sul telerilevamento, si prevede che le future campagne di misura effettuate con sensori satellitari e aerotrasportati possano, finalmente, produrre risultati quantitativi, attendibili e confrontabili con le misure in loco.

Nota bibliografica

Benvenuto F., Marani A., Marani M., Settle J., Silvestri S., 2002. "Salt marsh vegetation radiometry: data analysis and scaling". *Remote Sensing of Environment.* In press.

Lechi G., 1997. *Dispense del corso di Telerilevamento*, Facoltà di Ingegneria, Milano, 389p.

Li Xia, 1993. "A united model for quantitative remote sensing of suspended sediment concentration". *Int. J. Remote Sensing*, vol. 14, no. 14, 2665-2676.

Macaluso L., 1999, *Analisi geoambientale di un territorio della bassa pianura veneta: Sezione 127140 'Mira Taglio' – Geomorfologia, geolitologia, geopedologia e idrogeologia*, Tesi di Laurea, Università Ca' Foscari, Facoltà di Scienze Ambientali, Venezia.

Mauser W. e Schneider K., 1996. "Processing and accuracy of Landsat Thematic Mapper data for lake surface temperature measurement". *Int. J. Remote Sensing*, vol. 17, no. 11, 2027-2041

Silvestri S., 2000. *La vegetazione alofila quale indicatore morfologico negli ambienti a marea.* Tesi di Dottorato in Modellistica dei Sistemi Ambientali, Università di Padova.

Siegal H. J., Smith B. W., Swain P. H., 1980, *Contextual classification of multispectral remote sensing data using a multiprocessor system*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. GE-18.

Zandonella A., 1985, *Contextual classification procedures of multispectral image data: a survey.* AICO-GRAPHICS Symp., Milano.

Comitato di indirizzo coordinamento e controllo (ex art. 4, legge 798/84)

Delibera della riunione del 6 dicembre 2001*

Il Comitato

preso atto

- che con delibera assunta nella seduta del 12 luglio 2000, la decisione afferente gli ulteriori avanzamenti della progettazione delle opere di regolazione delle maree è stata rimessa alla valutazione del Consiglio dei Ministri;
- che il Consiglio dei Ministri, con delibera del 15 marzo 2001, ha stabilito che si dovesse procedere ad un ulteriore stadio progettuale, prima di passare alla definitiva progettazione esecutiva delle opere, all'ultimazione del quale lo stesso Comitato di Indirizzo Coordinamento e Controllo avrebbe dovuto esprimere il proprio parere non vincolante;
- che la sentenza n. 1350/00, del 22 giugno 2000, del Tribunale Amministrativo Regionale per il Veneto che ha annullato il D.M. n. 3505 del 24 dicembre 1998, adottato dal Ministro dell'Ambiente di concerto con il Ministro per i Beni e le Attività Culturali, è passata in giudicato;
- che il Magistrato alle Acque di Venezia ha effettuato, attraverso il proprio concessionario Consorzio Venezia Nuova gli approfondimenti e le verifiche richiesti e indicati nella suddetta delibera del 15 marzo 2001;
- che in ordine alle riferite attività di verifica, si è positivamente espresso il Comitato Tecnico di Magistratura nella seduta del 18 ottobre 2001;
- che la Regione del Veneto esprime parere favorevole al passaggio alla progettazione esecutiva delle opere di regolazione delle maree alle bocche di porto lagunari di Venezia;
- che il Consiglio Comunale di Venezia, con delibera del 26 novembre 2001, ha considerato che i predetti approfondimenti e verifiche effettuati in attuazione della delibera del Consiglio dei Ministri del 15 marzo 2001 e valutati dal Comitato Tecnico di Magistratura costituiscono utile indicazione per l'approfondimento degli indirizzi progettuali;
- che il Consiglio Comunale di Chioggia ha già espresso parere favorevole all'avvio della progettazione;

considerato

- che la Regione del Veneto ritiene opportuno effettuare una revisione del sistema di monitoraggio della qualità delle acque lagunari sia per quanto riguarda gli obiettivi, sia per quanto riguarda i sistemi di controllo, anche in ragione del divisato aumento della capacità dissipativa dei canali alle bocche di porto lagunari;
- che il Consiglio Comunale di Venezia ha espresso osservazioni circa la necessità di ulteriori approfondimenti tecnici in ordine agli effetti degli scenari futuri del fenomeno dell'eustatismo, al ripristino della capacità dissipativa dei canali alle bocche di porto lagunari, al fenomeno dell'erosione e della perdita di sedimenti in laguna;

osservato altresì

- che tutti gli interventi afferenti la salvaguardia di Venezia debbano procedere con la massima tempestività compatibile con il rigoroso rispetto delle esigenze di tutela ambientale e con le garanzie richieste in materia, in un contesto sistemico e integrato, in modo da assicurare nei tempi più ridotti la difesa fisica di Venezia, di Chioggia e degli altri centri abitati lagunari da tutti gli eventi di marea, compresi quelli eccezionali;
- che il Comitato di Indirizzo Coordinamento e Controllo si possa avvalere di un Collegio di esperti di elevatissima qualificazione ("Ufficio di Piano"), affinché sia garantita l'integrazione, la congruenza e la massima efficacia di tutte le attività finalizzate alla salvaguardia di Venezia, sia per gli aspetti tecnico-scientifici che per quelli di pianificazione complessiva;
- che occorre dare attuazione all'art. 2, ultimo comma del D.P.C.M. 27 settembre 1997.

* Il Comitato ex art. 4, legge 798/84 è presieduto dal Presidente del Consiglio dei Ministri. È composto da: Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti; Ministro dell'Ambiente; Ministro dei Beni Culturali e Ambientali; Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica; Presidente della Regione del Veneto; Sindaco di Venezia; Sindaco di Chioggia; Sindaci di due degli otto Comuni della gronda lagunare (Mira e Jesolo). Il Segretario del Comitato è il Presidente del Magistrato alle Acque di Venezia. Recentemente è stata avanzata richiesta affinché possa far parte del Comitato anche il Sindaco del nuovo Comune di Cavallino - Treporti.

La riunione del 6 dicembre 2001 era presieduta dal Presidente del Consiglio dei Ministri, on. Silvio Berlusconi. I componenti erano: il Ministro Pietro Lunardi; il Ministro Altero Matteoli; il Ministro Letizia Moratti; il Ministro Giuliano Urbani; il Presidente della Regione del Veneto Giancarlo Galan; il Sindaco di Venezia Paolo Costa; il Sindaco di Chioggia Fortunato Guarnieri; il Sindaco di Mira Luigi Solimini; il Sindaco di Jesolo Renato Martin. Il Segretario era il Presidente del Magistrato alle Acque Maria Giovanna Piva

Veduta aerea di Venezia. Sullo sfondo le isole della laguna centrale e il litorale del Lido

Tutto ciò premesso e considerato
è del parere

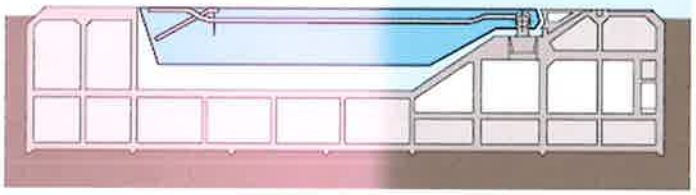
1. che si dia corso, secondo quanto considerato e osservato, al completamento della progettazione delle opere di regolazione delle maree alle bocche di porto della laguna di Venezia;
2. che debbano essere progettate le opere finalizzate ad aumentare la capacità dissipativa dei canali alle bocche di porto lagunari, da realizzarsi anche in momenti diversi non solo in base a priorità funzionali, ma anche allo scopo di tenere conto delle risultanze sperimentali e dei dati relativi all'impatto ambientale e paesistico, così come definite nella relazione sulle attività di verifica e adeguamento richieste dal Consiglio dei Ministri; positivamente esaminata dal Comitato del Magistrato alle Acque di Venezia nella seduta del 18 ottobre 2001;
3. che si debbano progettare ed eseguire le opere tendenti al ripristino geomorfologico della laguna;
4. che vengano effettuate ulteriori verifiche in ordine alle questioni prospettate dalla Regione del Veneto e dal Comune di Venezia, nel rispetto delle direttive di cui alla delibera del Consiglio dei Ministri adottata nella seduta del 15 marzo 2001;
5. che si continuino gli interventi di rialzo delle pavimentazioni fino alle quote massime compatibili con il contesto storico, architettonico, monumentale e paesaggistico, comunque tendendo alla quota 120 cm;
6. che si proceda, sulla base delle attuali conoscenze e dello stato di avanzamento a cui si è già pervenuti, ad una revisione del piano generale degli interventi finalizzati al conseguimento degli obiettivi di cui alla legge n. 798/84 e a determinare, conseguentemente, gli ulteriori fabbisogni finanziari necessari per il completamento dell'opera, con la relativa scansione temporale di erogazione degli stessi;

- che anche a tale fine debba darsi impulso alla costituzione di un Ufficio di Piano istituito con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri sentite le Amministrazioni rappresentate in questo Comitato;
- che l'Ufficio di Piano, una volta costituito, dovrà supportare il Comitato di Indirizzo Coordinamento e Controllo affinché sia garantito lo sviluppo sistemico delle attività di salvaguardia;
- che tale azione sarà assicurata mediante un'azione costante di verifica e valutazione ai fini di garantire i flussi finanziari dei Piani di intervento di tutte le Amministrazioni competenti in modo da provvedere alla massima integrazione degli interventi programmati, così da evitare duplicazioni ed ottimizzare l'impegno delle risorse e dei risultati acquisibili;
- che l'Ufficio di Piano dovrà verificare, ai fini del risultato complessivo di salvaguardia e difesa fisica della città di Venezia nel rispetto della tutela del patrimonio ambientale ed architettonico che questa rappresenta, l'adeguatezza degli interventi programmati dalle singole Amministrazioni competenti, ivi compreso un costante monitoraggio dei campanili veneziani.

Veduta aerea del centro urbano di Chioggia

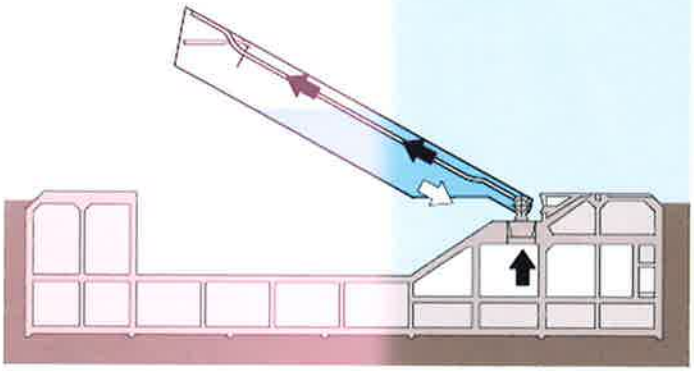
laguna

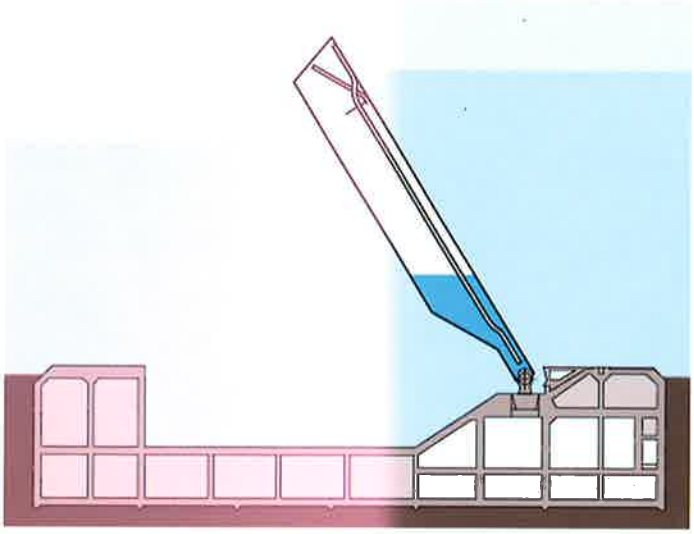
mare

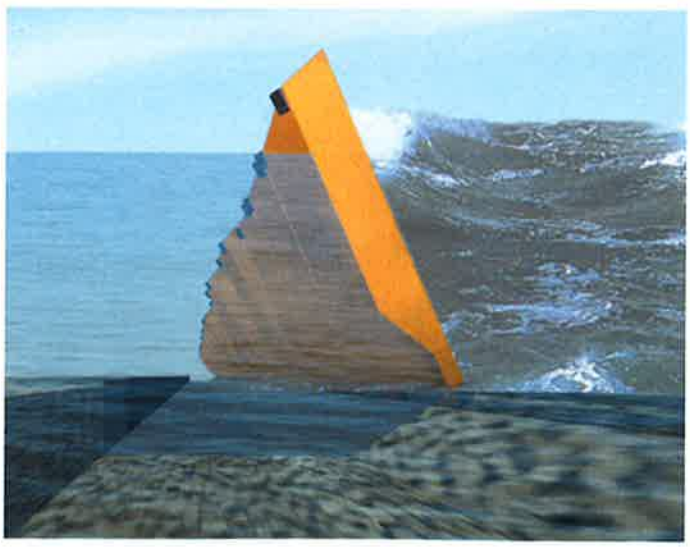


immissione di aria compressa

espulsione dell'acqua







Attività avviate, ultimate, approvate. Luglio 2001 / Marzo 2002*

Difesa dalle acque alte
Opere mobili
alle bocche di porto

Studi, approfondimenti progettuali, sperimentazioni

• Relazione generale degli studi eseguiti per l'adeguamento del Progetto delle opere mobili e del Piano degli interventi morfologici secondo gli approfondimenti e gli indirizzi indicati nella delibera del Consiglio dei Ministri del 15 marzo 2001[1] (convenzione 7868). Attività ultimate e presentate al Comitato Tecnico del Magistrato alle Acque di Venezia (CTM) che le ha approvate nelle sedute del 17 luglio e del 18 ottobre 2001:

- Studio per la definizione di nuove configurazioni alle bocche lagunari finalizzate a ripristinare le "capacità dissipative" esistenti nella prima metà del XIX secolo – Analisi di diverse alternative di opere complementari alle barriere mobili, in grado di raggiungere l'obiettivo sopra indicato, e individuazione di soluzioni che consistono nella costruzione di una diga curvilinea in roccia a sud-est di ciascuna bocca; nella protezione di alcuni tratti dei fondali dei canali di bocca e, per la sola bocca di Malamocco, nel rialzo del fondale e nella realizzazione di una conca di navigazione per consentire il passaggio delle navi (escluse le petroliere) anche durante la fase di esercizio delle paratoie;
- Studio degli effetti delle nuove configurazioni alle bocche di porto sull'ambiente lagunare e sulla gestione delle paratoie - Valutazione della riduzione dei ricambi mare/laguna (volumi di acqua scambiati, modifica dei tempi di residenza); valutazione degli effetti sulle tendenze evolutive della morfologia lagunare; analisi delle procedure di gestione delle opere mobili rispetto alle nuove condizioni operative (con scenario di chiusura a +110 cm, anziché +100 cm) e analisi delle interferenze con il traffico navale alle bocche (interruzioni del transito in ingresso e in uscita delle navi)[2].
- Studio per l'aggiornamento del Piano generale degli interventi per il recupero morfologico della laguna anche in funzione di un aumento delle capacità dissipative dei canali di bocca.

• Piano programma delle attività relative alle opere da realizzare alle bocche di porto, conseguenti alla delibera del 6 dicembre 2001 del Comitato ex art. 4 legge 798/84[3] – Completamento della progettazione delle opere mobili e realizzazione dei relativi approfondimenti (studi, prove con modelli matematici e fisici, sperimentazioni); progettazione delle opere complementari finalizzate ad aumentare la capacità

* Per la stesura del testo sono stati consultati i seguenti Servizi e Uffici: Servizio Ambiente, Servizio Informativo, Servizio Ingegneria, Servizio Ispettorato e controllo, Servizio Opere alle bocche, Servizio Produzione, Servizio Progetti speciali, Ufficio Programmazione e controllo

Opere mobili alle bocche di porto. Movimento delle paratoie

[1] Il 15 marzo 2001, il Consiglio dei Ministri si era espresso affinché, prima di passare alla "definitiva progettazione esecutiva delle opere mobili", venisse eseguita una serie di approfondimenti progettuali, tra cui l'analisi di interventi complementari finalizzati ad aumentare "le capacità dissipative dei canali delle bocche di porto", in grado cioè di ridurre la vivacità delle correnti di marea nei canali stessi e di attenuare i livelli in laguna delle maree più frequenti. Dopo l'approvazione da parte del CTM dell'ottobre 2001, gli esiti degli approfondimenti richiesti dal Consiglio dei Ministri sono stati consegnati a tutti i soggetti competenti e successivamente esaminati dal Comitato ex art. 4 legge 798/84 nella riunione del 6 dicembre 2001

[2] Le analisi sono state svolte considerando anni statisticamente rappresentativi, diversi tipi di maree e due possibili scenari rispetto al livello del mare (senza eustatismo e con eustatismo)

[3] Nella riunione del 6 dicembre 2001 il Comitato ex art. 4 legge 798/84, all'unanimità, ha dato il proprio benestare al completamento della progettazione del sistema di difesa dalle acque alte da realizzare alle bocche di porto. Il testo integrale della delibera elaborata al ter-

dissipativa dei canali alle bocche di porto, da realizzare secondo i criteri indicati nella delibera del 6 dicembre 2001, e realizzazione dei relativi approfondimenti (studi, prove con modelli matematici e fisici, sperimentazioni), (convenzione 7191). Approvazione da parte del CTM: 22 febbraio 2002, in corso (ultimazione prevista: fine settembre 2002).

- Studio dei dati meteomarini per la gestione della laguna – Sviluppo di un sistema per l'archiviazione e la gestione dei dati climatici e meteomarini e degli strumenti per la loro elaborazione al fine di caratterizzare a livello operativo le condizioni meteomarine[4] (convenzione 7760). Approvazione da parte del CTM: 22 febbraio 2002, prossimo avvio.
- Progetto per la realizzazione di un rilevato sperimentale funzionale all'elaborazione di un modello geotecnico del sottosuolo della laguna di Venezia (in collaborazione con l'Università di Padova) – Realizzazione di una struttura di sabbia, protetta e rinforzata, in un sito nell'area di Treporti di cui è stata valutata la rappresentatività in termini di formazioni tipiche dei terreni lagunari ed esecuzione di un programma di monitoraggi per valutare il comportamento geotecnico del terreno di fondazione[5] (convenzione 7894). Approvazione da parte del CTM: 22 febbraio 2002, prossimo avvio.
- Studio del sistema di previsione dell'acqua alta e delle condizioni meteomarine, terza fase - Continuazione della sperimentazione operativa degli attuali sistemi di previsione, mediante il proseguimento dell'acquisizione dei dati meteomarini, dell'analisi degli errori di previsione, della gestione dei sistemi, delle attività di manutenzione (convenzione 7637). Ultimazione: dicembre 2001.

Difese locali, "insulae" e marginamenti

Studi, indagini e monitoraggi

- Verifica in campo dei sistemi di assorbimento del moto ondoso – Predisposizione di una struttura sperimentale di legno in località Sant'Alvise a Venezia e monitoraggio degli effetti[6] (convenzione 7760). Approvazione da parte del CTM: 24 gennaio 2002, prossimo avvio.
- Indagini integrative sullo stato di fatto dei marginamenti e delle mura perimetrali dell'arsenale, propedeutiche alla progettazione degli interventi di consolidamento e messa in sicurezza[7] - Rilievi topografici e architettonici; indagini sui fondali (ispezioni subacquee, rilievi batimetrici, analisi con tecniche acustiche, caratterizzazione dei sedimenti); indagini geognostiche e geotecniche sui terreni di fondazione; realizzazione di caposaldi profondi; caratterizzazione dei materiali; integrazione delle analisi sto-

mine della riunione è pubblicato alle pagg. 25 e 26 di questo stesso numero dei Quaderni)

[4] lo studio distingue tra regime meteomarino (ossia condizioni climatiche medie di un periodo dell'ordine dei 20/30 anni) e cambiamenti climatici di lungo periodo (dell'ordine del secolo)

[5] Il rilevato avrà un'altezza di 6,5 m in modo da applicare al terreno un carico dell'ordine di 100 kPa

[6] Per la messa a punto della soluzione oggetto della sperimentazione a Sant'Alvise ci si è avvalsi anche dei risultati di specifiche prove su modello fisico (allestito presso il centro sperimentale di Voltabarozzo) attraverso il quale si sono verificate e confrontate diverse alternative di intervento. Lo studio, compreso nella convenzione 7818, è stato ultimato nel luglio 2001

[7] Il Magistrato alle Acque, attraverso il Consorzio Venezia Nuova, ha avviato un programma di interventi nell'area dell'Arsenale per il restauro e il consolidamento delle rive interne ed esterne e la messa in sicurezza delle mura perimetrali, compresi i tratti costituiti dalle parti murarie di edifici che si affacciano sulla laguna o sui canali (Galeazze, Fonderie, ecc.). Si tratta di strutture architettoniche realizzate in periodi diversi, in un intervallo di tempo

riche con approfondimenti mirati[8] (convenzione 7760). Approvazione da parte del CTM: 22 febbraio 2002, prossimo avvio.

- Indagini per la caratterizzazione tecnico/storica dei marginamenti e delle mura perimetrali dell'arsenale - Studio di inquadramento storico; analisi dello stato di fatto (mappatura del degrado, rilievo delle caratteristiche costruttive delle opere e caratterizzazione dei materiali, indagini geognostiche e geotecniche sui terreni di fondazione, rilievi batimetrici, ecc.); analisi di programmi e piani relativi all'area dell'arsenale, per quanto riguarda gli interventi del Magistrato alle Acque (acquisizione delle informazioni disponibili dalle Amministrazioni competenti o dai soggetti concessionari di spazi demaniali), (convenzione 7760). Avvio: luglio 2001, in corso.
- Indagini propedeutiche alla progettazione, quinta fase - Indagini, analisi e rilievi funzionali alla progettazione di interventi per la difesa dagli allagamenti, per il consolidamento di rive, sponde e argini, per il controllo idraulico dei corsi d'acqua dal bacino scolante (Venezia - Sant'Elena, San Pietro di Castello, prima fase, sacca Fisola, seconda fase; Lido, prima fase; Chioggia - quartiere Tombola; Treporti - forte Treporti, prima fase; Pellestrina, prima fase; canal Salso e forte Marghera, seconda fase; argini del Brenta; nodi idraulici di Castelfranco, Camposampiero e Torre dei Burri, seconda fase), (convenzione 7818). Avvio: agosto 2001, in corso.
- Indagini propedeutiche alla progettazione, sesta fase - Indagini, analisi e rilievi funzionali alla progettazione di interventi per la difesa dagli allagamenti, per il consolidamento di rive, sponde e argini, per il controllo idraulico dei corsi d'acqua dal bacino scolante (Venezia - isole di San Giorgio, Sant'Elena e San Pietro di Castello, seconda fase; Lido seconda fase; Chioggia - ponte Vigo, isola dei cantieri, canale San Domenico; Treporti - forte Treporti, seconda fase; isola di Sant'Erasmo, terza fase; Pellestrina, seconda fase; Torcello; isole di Mazzorbo e Mazzorbetto; sfioratore del fiume Sile in località le Trezze, seconda fase), (convenzione 7844). Avvio: ottobre 2001, in corso.
- Piano di caratterizzazione dei sedimenti, a supporto degli interventi di difesa spondale e ricalibratura di canali a San Giuliano (convenzione 7760). Avvio febbraio 2002, in corso.
- Indagini propedeutiche alla progettazione, seconda fase - Indagini, analisi e rilievi funzionali alla progettazione di interventi per la difesa dagli allagamenti, per il consolidamento di rive, sponde e argini, per il controllo idraulico dei corsi d'acqua dal bacino scolante (Venezia – insula di Rialto, Giudecca sud, fondamente Nuove e isola di San Gior-

che va dal 1100 al secolo scorso. La configurazione attuale delle opere, pur essendo il risultato di ampliamenti, sovrapposizioni e rifacimenti successivi, mantiene comunque un "unicum" strutturale indivisibile e chiaramente riconoscibile di rilevante valore storico. La progettazione degli interventi ha richiesto la realizzazione di una serie di rilievi e analisi, suddivisi in fasi diverse, allo scopo di individuare, caso per caso, le opportune soluzioni esecutive, anche alla luce di due precisi criteri generali: assicurare il rispetto delle caratteristiche architettoniche dei diversi tratti in cui si opera e mantenere, per aree omogenee, un disegno architettonico e funzionale unitario e coerente con le proposte di recupero e riuso degli spazi, previsti per l'area

[8] Le analisi con tecniche acustiche consistono in indagini con "ecoson-de" per individuare eventuali livelli antropizzati, preesistenze archeologiche e paleostrutture morfologiche del sottosuolo lagunare; la realizzazione di caposaldi profondi dovrà consentire di monitorare nel tempo fenomeni di cedimento degli edifici nell'area nord-est dell'arsenale

gio, prima fase; Chioggia – corso del Popolo; Murano; Treporti-Lio Piccolo; Malamocco-Alberoni; Sant'Erasmo; canal Salso e forte Marghera, prima fase; sfioratore del fiume Sile in località le Trezze, prima fase), (convenzione 7695). Ultimazione: marzo 2002.

Progetti

Progetto per il restauro e il consolidamento delle rive dell'isola di San Pietro di Castello e del fronte est dell'isola di Sant'Elena, a Venezia (convenzione 7725). Avvio: ottobre 2001, in corso.

- Progetto per la difesa dalle acque alte e la riqualificazione urbana e ambientale dell'isola di Sant'Erasmo, secondo stralcio - Restauro e realizzazione di rive attrezzate lungo la sponda nord ovest dell'isola; ripristino delle darsene e predisposizione di spazi organizzati di interscambio terra/acqua; adeguamento della rete viaria e riordino dei sottoservizi; riqualificazione ambientale del paesaggio e ricalibratura dei canali interni (convenzione 7818). Approvazione da parte del CTM: 18 ottobre 2001, interventi di prossimo avvio.
- Progetto per il restauro e la ristrutturazione di rive lungo il bordo sud della Giudecca e il bordo nord di sacca Fisola, a Venezia (convenzione 7695). Approvazione da parte del CTM: 22 novembre 2001, interventi di prossimo avvio.

Opere

- Interventi per il rialzo, il restauro e il consolidamento delle rive delle Zattere e della Giudecca a Venezia, quinto stralcio – Rive delle Zattere tra i canali di S. Trovaso e di S. Vio, a punta della Salute, in corrispondenza dello sbocco di rio di S. Basilio (convenzione 7725). Avvio: luglio 2001, in corso.
- Interventi per il restauro e il consolidamento delle rive di San Giobbe, sul canale di Cannaregio a Venezia (convenzione 7395). Avvio: dicembre 2001, in corso.
- Interventi per la difesa dell'abitato di Treporti dalle acque alte, quinto stralcio, prima e seconda fase – Marginamento della sponda nord del canale Portosecco, in corrispondenza di via Vivaldi; sistemazione e ripristino di chiaviche di regolazione idraulica (convenzione 7725). Avvio: dicembre 2001, in corso.
- Interventi per la messa in sicurezza e il restauro delle "Galeazze" e delle "Fonderie" dell'Arsenale di Venezia[9] - Lavori sugli edifici Galeazza 2 (eventuale ricostruzione del timpano crollato nell'agosto 2001); Galeazza 3 (restauro della copertura, già avviato nel 2001 con procedura d'urgenza, in accordo con la Soprintendenza per i Beni

[9] Il progetto integra e sviluppa le attività svolte nell'ambito di una precedente perizia che comprendeva una serie di lavori preliminari e propedeutici agli interventi di restauro delle coperture degli edifici (lavori di pulizia degli spazi e realizzazione di opere di protezione provvisorie per garantire l'accessibilità all'interno degli edifici stessi e la transitabilità nelle aree adiacenti, inclusa la passerella di accesso situata all'esterno del muro nord dell'Arsenale)

Sant'Erasmo.
Una fase dei lavori
per la ristrutturazione
delle rive lungo la sponda
sud-ovest dell'isola,
in corrispondenza
della cosiddetta "testa
di ponte"

Chioggia, interventi sul ponte di Vigo. I lavori, resi necessari dal cedimento della struttura e dal deterioramento dei materiali, comportano il consolidamento statico della volta, il rinforzo delle fondazioni, interventi puntuali di restauro conservativo. Le attività sono attuate in "accordo di programma" con il Comune di Chioggia e sotto il controllo della Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici

Ambientali e Architettonici di Venezia in considerazione dell'avanzato stato di degrado); Fonderie 89, 90, 91 (restauro delle coperture, interventi di consolidamento delle strutture murarie, parziale recupero dei serramenti); esecuzione di analisi e rilievi nell'area di intervento (indagini geognostiche e prove geotecniche, indagini sui materiali e sulle strutture, rilievi topografici e fotometrici con mappatura del degrado), (convenzione 7844). Avvio: febbraio 2002, in corso.

- Interventi per la difesa dalle acque alte e la riqualificazione urbana dell'insula di Chioggia – Restauro, consolidamento e rialzo della fondamenta San Domenico (parte sud) e adeguamento delle soglie al piano terra (convenzione 7818). Avvio: febbraio 2002, in corso.
- Interventi per la difesa dalle acque alte e la riqualificazione urbana dell'insula di Chioggia – Restauro, consolidamento e rialzo della fondamenta Lombardo interno e adeguamento delle soglie al piano terra (convenzione 7695). Avvio: marzo 2002, in corso.
- Interventi per la sistemazione del ponte lungo a Chioggia[10] – Rifacimento della sede stradale, rifacimento dei marciapiedi, realizzazione di piste ciclabili esterne, ricostruzione e allargamento delle attuali strutture in aggetto poste a sostegno dei marciapiedi, anche in funzione delle nuove piste ciclabili, predisposizione dell'impianto di illuminazione, risistemazione della condotta fognaria, riordino e potenziamento dei sottoservizi (convenzione 7637). Avvio: marzo 2002, in corso.
- Interventi per la difesa dell'abitato di Treporti dalle acque alte, quarta fase – Ristrutturazione e consolidamento di rive lungo il canale Portosecco, rinforzo degli argini di valle Sacchetta (sul lato verso il canale San Felice) e adeguamento della sede stradale; ricostruzione di chiaviche di regolazione idraulica (convenzione 7637). Ultimazione: novembre 2001.

Studi, indagini e monitoraggi

- Studio a supporto della progettazione degli interventi per la sistemazione della foce del Piave e del litorale di Cortellazzo - Analisi su modello del trasporto solido costiero (convenzione 7894). Avvio: dicembre 2001, in corso.
- Prove su modelli matematici e fisici, rilievi ondametrici per l'individuazione della migliore strategia di gestione delle spiagge ricostruite, in base a un'analisi del rischio in grado di prevedere le necessità di manutenzione - Esecuzione di prove su modello matematico per l'analisi dell'evoluzione della linea di riva determinata dal trasporto

[10] Si tratta del primo ponte realizzato per collegare il centro storico di Chioggia alla terraferma. Lungo circa 220 m e costituito da 49 arcate a volta in mattoni, il ponte fu costruito nella seconda metà del XVIII secolo, subendo successivamente una serie di modifiche che hanno in parte alterato il suo aspetto originario. In particolare, negli anni '50 del '900 la sede stradale fu affiancata da due marciapiedi, raccordati al "belvedere" centrale e poggianti su una serie di mensole in calcestruzzo poste in corrispondenza delle pile di sostegno. Nonostante la successiva costruzione di un nuovo ponte che, proseguendo la S.S. Romea, dà accesso alla parte ovest del centro storico, il ponte lungo è stato sempre soggetto a un intenso traffico, notevolmente aumentato nel corso degli ultimi decenni

solido longitudinale; esecuzione di prove su modello matematico (tarato su un modello fisico[11]) per valutare le variazioni delle spiagge indotte dal trasporto solido trasversale; acquisizione e l'analisi dei principali parametri meteomarini rilevati alla piattaforma oceanografica del CNR (altezza e periodo dell'onda; velocità e direzione della corrente; livello della superficie del mare; velocità e direzione del vento), (convenzione 7695). Ultimazione: luglio 2001.

- Rilievi e attività specialistiche per il consolidamento e il miglioramento ambientale dei litorali. Ambienti sommersi di Pellestrina, prima fase - Miglioramento delle caratteristiche ambientali e di abitabilità biologica del substrato sabbioso mediante l'inserimento di molluschi eduli e fanerogame marine di specie diverse allo scopo di verificare le loro capacità di sviluppo nel nuovo ambiente e la loro efficacia nel modificarlo nel senso di un arricchimento trofico e di una maggiore stabilizzazione dei fondali (convenzione 7601). Ultimazione: novembre 2001.
- Indagini propedeutiche alla progettazione, seconda fase - Indagini, analisi e rilievi funzionali alla progettazione di interventi per il ripristino delle spiagge e il rinforzo delle difese a mare (litorale di Jesolo e litorale di Pellestrina – murazzo di Caroman), (convenzione 7695). Ultimazione: marzo 2002.

Opere

- Interventi per il rinforzo del litorale di Jesolo, secondo stralcio – Realizzazione di una gradonata di difesa dal moto ondoso tra il camping International e Piazza Aurora (convenzione 7818). Avvio: ottobre 2001, in corso.
- Interventi per il rinforzo del murazzo di Caroman (lato laguna), sul litorale di Pellestrina - Restauro, consolidamento o ristrutturazione della banchina e del camminamento; protezione al piede mediante scogliera sommersa lungo la scarpata del canale antistante il murazzo; rinforzo del margine ovest dell'oasi di Caroman, in corrispondenza degli edifici esistenti (convenzione 7725). Avvio: gennaio 2002, in corso.
- Interventi per la difesa dalle mareggiate e la riqualificazione urbana del litorale di Sottomarina (in accordo di programma con il Comune di Chioggia) – Interventi nella parte sud con il ripascimento della spiaggia e la sistemazione della foce del Brenta; interventi nella parte nord con il prolungamento del lungomare preesistente mediante un argine "paraonde" affiancato da una nuova strada di collegamento con il centro urbano completata da un marciapiede, una pista ciclabile, un ampio parcheggio[12], (convenzione 7601). Ultimazione: febbraio 2002.

[11] Le prove sul modello fisico sono state effettuate sul canale di grandi dimensioni realizzato presso il Centro sperimentale di Voltabarozzo (Padova) allo scopo di determinare la perdita di sabbia verso il largo in presenza di moto ondoso con caratteristiche predeterminate e sabbia di diverso tipo

[12] Gli interventi hanno comportato anche la realizzazione di una serie di lavori complementari quali la riorganizzazione dei sottoservizi e la predisposizione di elementi di arredo urbano come aiuole alberate e panchine

Jesolo. Un tratto del litorale dopo gli interventi per l'ampliamento della spiaggia. I lavori hanno avuto uno sviluppo di circa 10 km e hanno comportato anche la costruzione di nuovi pontili o l'adeguamento di quelli preesistenti. Per non alterare il colore e le caratteristiche della sabbia del litorale si sono adottate particolari procedure operative, prelevando la sabbia "d'oro" da grandi fosse scavate lungo l'arenile, riempiendo le fosse con sabbia prelevata in mare e, infine, coprendo e "allargando" la spiaggia con la sabbia "d'oro" precedentemente accumulata

Studi, indagini, monitoraggi

Indagini propedeutiche alla progettazione, quinta fase – Indagini, analisi e rilievi funzionali alla progettazione di interventi per la riqualificazione ambientale e morfologica della laguna (Chioggia - laguna del Lusenzo, prima fase; valle Millecampi, prima fase, canale Malamocco-Marghera), (convenzione 7818). Avvio: agosto 2001, in corso.

- Indagini propedeutiche alla progettazione, sesta fase – Indagini, analisi e rilievi funzionali alla progettazione di interventi per la riqualificazione ambientale e morfologica della laguna (Chioggia - laguna del Lusenzo, seconda fase; Treporti - canali dei Bari e Pordelio; area tra Murano, Burano, Mazzorbo e San Pieretto; isola di San Giorgio in alga; canale di San Secondo; valle Millecampi, seconda fase), (convenzione 7844). Avvio: ottobre 2001, in corso.
- Monitoraggio dell'erosione dei bassifondi e delle barene lagunari - Rilievo sistematico delle variazioni volumetriche dei sedimenti su bassifondi e barene in aree tipiche, rappresentative delle dinamiche che avvengono nell'intero bacino lagunare; bilancio dei sedimenti mediante il confronto dei dati raccolti nel corso dei tre anni di attività; prelievo e analisi di campioni di sedimento (convenzione 7649). Ultimazione: novembre 2001.
- Analisi e monitoraggi di controllo sugli effetti dei sovralzi di sabbia sommersi realizzati in laguna centrale a protezione delle barene in erosione (convenzione 7601). Ultimazione: gennaio 2002.
- Indagini propedeutiche alla progettazione, seconda fase - Indagini, analisi e rilievi funzionali alla progettazione di interventi per la riqualificazione ambientale e morfologica della laguna (Casse di colmata D/E; isola del Lazzaretto vecchio; canale Malamocco – Marghera, prima fase), (convenzione 7695). Ultimazione: marzo 2002.

Progetti

- Progetto per la naturalizzazione e la riqualificazione ambientale delle strutture morfologiche artificiali a velma e barena, prima fase – Interventi su dodici barene in laguna nord, centro e sud (scavo di "ghebi", creazione di "chiari", inserimento di nuclei vegetativi di *Spartina marittima* e *Puccinellia palustris*; rinforzo del bordo barenale mediante riporto di sedimenti o altri sistemi di protezione, ripascimento a strato sottile delle superficie in deficit di quota), (convenzione 7818). Ultimazione: aprile 2001.
- Progetto per il restauro e il ripristino delle rive dell'isola di San Lazzaro degli Armeni (convenzione 7695). Approvazione da parte del CTM: 18 ottobre 2001, interventi di prossimo avvio.

Isola di Poveglia, Un tratto del muro dell'ottagono a ridosso dell'isola

• Progetto per la protezione dall'erosione della sponda est della cassa di colmata D/E e del canale Fossetta dei Barambani[13] (convenzione 7725). Approvazione da parte del CTM: 22 febbraio 2002, interventi di prossimo avvio.
• Progetto per la vivificazione dell'area lagunare a sud-ovest dell'isola del Tronchetto a Venezia (convenzione 7395). Approvazione da parte del CTM: 26 marzo 2002, interventi di prossimo avvio.

Opere

Interventi per il recupero dell'isola di San Giacomo in paludo – Restauro o ripristino del muro di cinta, recupero dell'edificio posto sull'angolo sud-ovest dell'isola, realizzazione di una battigia a protezione del lato ovest dal moto ondoso (convenzione 7695). Avvio: novembre 2001, in corso.
• Interventi per il recupero dell'isola di Poveglia – Ripristino delle sponde (rinforzo degli argini di terra, restauro e consolidamento delle rive "costruite"); restauro dei muri perimetrali dell'ottagono a ridosso dell'isola; realizzazione di ponteggi a protezione dei fabbricati prospicienti le sponde; protezione delle rive del canale interno; ripristino e adeguamento accessi (restauro cavana e scalinata esistenti, realizzazione di nuovi pontili di approdo), (convenzione 7395). Avvio: dicembre 2001, in corso.
• Interventi per la vivificazione dell'area lagunare compresa tra Tessera, Campalto e canale Osellino – Ricalibratura di canali e ripristino di barene (convenzione 7649). Ultimazione : agosto 2001.
• Interventi per la vivificazione dell'area lagunare compresa tra le isole di Burano, Madonna del monte e San Francesco del deserto – Ricalibratura di canali e ripristino di barene (convenzione 7649). Ultimazione: novembre 2001.

Arresto e inversione del processo di degrado della laguna

Studi, indagini, monitoraggi

• Studi e rilievi per la valutazione degli apporti dal bacino scolante, seconda fase – Aggiornamento del modello idrologico e misure di portata acqua dolce (convenzione 7894). Approvazione da parte del CTM: 18 ottobre 2001.
• Valutazione degli effetti dei sistemi di pesca sulla morfologia lagunare – monitoraggio delle attività per la raccolta delle vongole (convenzione 7760). Approvazione da parte del CTM: 19 dicembre 2001, prossimo avvio.
• Indagini integrative a supporto della progettazione degli interventi sulle sponde di canali di Porto Marghera – Rilievi topografici, indagini geotecniche e idrogeologiche,

[13] Il progetto comprende particolari accorgimenti per non interferire con le preesistenze archeologiche presenti nel sito di San Leonardo in Fossa mala

analisi chimiche dei terreni e delle acque di falda (sponda sud della darsena terminale del canale Industriale sud; sponda ovest del canale S. Leonardo-Marghera tra il canale Industriale ovest e il canale Industriale sud; sponda ovest del canale S. Leonardo Marghera tra il canale Industriale sud e Fusina; sponda sud del canale Industriale ovest; sponda est del canale Industriale ovest; sponde sud e nord della darsena della Rana; sponde del canale Brentella; sponde del canale Lusore-Brentelle; sponde dell'area demaniale ex Esso tra la zona dei Pili e il canale Vittorio Emanuele III; area dei Pili, fronte laguna), (convenzione 7760). Avvio: luglio 2001, in corso.

- Attività di monitoraggio ambientale della laguna di Venezia, seconda fase - Mappatura del biota e di alcune sue dinamiche (rilievo delle fanerogame marine in laguna di Venezia con taratura di un sistema di telerilevamento e completamento delle conoscenze sulle macroalghe; rilievo e monitoraggio della vegetazione delle barene e dei canneti della laguna di Venezia; rilievo della distribuzione delle comunità bentoniche lagunari di substrato molle; rilievo della distribuzione dei microvertebrati terrestri); estensione e approfondimento dei monitoraggi sulla qualità delle acque previsti nella prima fase delle attività; sviluppo e aggiornamento dell'analisi sui carichi inquinanti immessi e scambiati in laguna (convenzione 7818). Avvio: ottobre 2001, in corso.
- Integrazione del monitoraggio della qualità dell'acqua in canali del centro storico di Venezia e in canali lagunari ("Sistema Waters"), (convenzione 7844). Avvio: novembre 2001, in corso.
- Sviluppo, calibrazione e validazione del modello idrodinamico a maglia curvilinea per lo studio di interventi ambientali – Predisposizione del modello (schematizzazione del bacino lagunare, dei tratti terminali dei corsi d'acqua del bacino scolante, del tratto di mare Adriatico compreso tra le foci del Piave e dell'Adige, dei canali del centro storico di Venezia); taratura del modello con dati di livello, portata, correnti e salinità ottenuti da apposite campagne di rilievo in otto nodi dei principali canali lagunari; validazione del modello mediante la verifica dei dati riprodotti rispetto alle misure reali (convenzione 7894). Avvio: dicembre 2001, in corso.
- Monitoraggio "in continuo" per la verifica delle portate d'acqua dolce in laguna - Prosecuzione e integrazione delle analisi finora svolte in studi e rilievi già completati o in corso di esecuzione per l'approfondimento della stima degli apporti idrici dal bacino scolante, attraverso misure dirette (portate dei corsi d'acqua, ricavate in base alla registrazione delle velocità e dei livelli in tredici foci situate lungo la gronda

lagunare e in altri punti di interesse come, per esempio, le conche di Brondolo e di Portegrandi[14]) e l'utilizzo del modello idrologico denominato "SALVE", in grado di fornire una stima delle portate giornaliere dei corsi d'acqua sfocianti in laguna a partire dalle precipitazioni sul bacino scolante (convenzione 7725). Ultimazione: settembre 2001.

Progetti

Progetto per la messa in sicurezza della sponda sud del canale Industriale ovest di Porto Marghera (convenzione 7760). Approvazione da parte del CTM: 22 novembre 2001, interventi di prossimo avvio.

Opere

Interventi complementari per il marginamento e la messa in sicurezza di sponde in Val da Rio, tra l'ex discarica e il ponte di accesso alla zona portuale di Chioggia (convenzione 7818). Avvio: settembre 2001, in corso.

- Interventi per il dragaggio selettivo del fondale del canale Industriale nord a Porto Marghera, secondo stralcio – Asportazione di sedimenti inquinati da avviare a trattamento presso gli impianti di Malcontenta (ALLES) e di Fusina (VESTA), (convenzione 7818). Avvio: ottobre 2001, in corso.
- Interventi per il dragaggio selettivo del fondale del canale Industriale nord a Porto Marghera, primo stralcio – Asportazione di sedimenti inquinati da avviare a trattamento presso gli impianti di Malcontenta (ALLES) e di Fusina (VESTA), (convenzione 7695). Ultimazione: settembre 2001.

Servizio informativo

Sezioni di lavoro n. 1 (biblioteche e Remote Sensing) undicesimo stralcio (aggiornamento dati cartografici); n. 52 (adeguamento della rete informatica, dell'hardware e del software di base del centro di calcolo del Servizio Informativo e del Centro sperimentale di Voltabarozzo) quinto stralcio; n. 54 (sistema di supporto per la consultazione della linea delle terre emerse) secondo stralcio; n. 57 (banca dati monitoraggi ambientali) secondo stralcio (convenzione 7923). Approvazione da parte del CTM: 18 ottobre 2001, prossimo avvio.

- Sezione di lavoro n. 70 (Centro servizi del Servizio Informativo) secondo stralcio, (convenzione 7923). Approvazione da parte del CTM: 19 dicembre 2001, prossimo avvio.
- Sezioni di lavoro n. 18 (competenze territoriali) settimo stralcio, n. 39 (elaborazio-

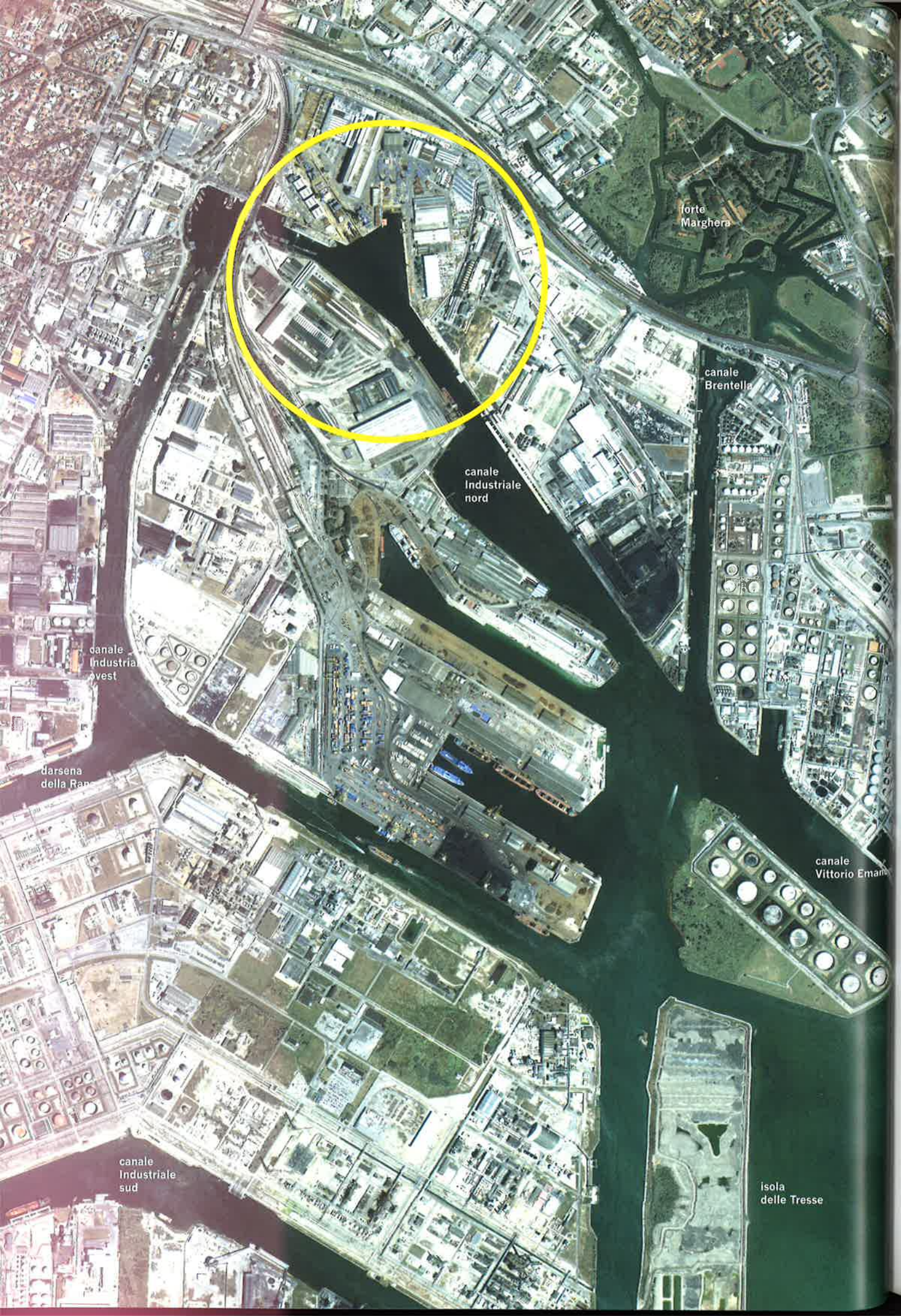
[14] Le foci sono state individuate secondo criteri che consentissero misure il più possibile precise: per esempio, la presenza di alvei regolari, non molto larghi e delimitati da sponde rivestite o la presenza di manufatti idraulici, quali botti a sifone, che rendono le sezioni chiaramente definite. I dati sono stati rilevati mediante sensori di velocità e di livello ("flussometri acustici"). Per la taratura del sistema di calcolo sono anche stati eseguiti, in corrispondenza delle singole stazioni di misura, campagne batimetriche e rilievi preliminari della velocità, della salinità e dei sedimenti sospesi, cioè di quei fattori che influenzano il rapporto tra la velocità media nella sezione e le velocità misurate in continuo

ni da Remote Sensing) dodicesimo stralcio; n. 52 (adeguamento della rete informatica, dell'hardware e del software di base del Centro di calcolo del Servizio Informativo e del Centro sperimentale di Voltabarozzo) sesto stralcio; n. 58 (livellazione e misure di precisione del territorio del bacino scolante e della laguna di Venezia) terzo stralcio; n. 60 (sistema di consultazione di dati materiali e documenti sulle attività del Magistrato alle Acque / Consorzio Venezia Nuova – "Punto Laguna") secondo stralcio (convenzione 7923). Approvazione da parte del CTM: 22 febbraio 2002, prossimo avvio.

- Sezione di lavoro n. 70 (Centro servizi del Servizio Informativo) terzo stralcio, (convenzione 7923). Approvazione da parte del CTM: 26 marzo 2002, prossimo avvio.
- Sezioni di lavoro n. 62 (piano di sicurezza del patrimonio informativo), primo stralcio; n. 63 (progetto di certificazione e di validazione dei processi produttivi e dei dati archiviati presso il Servizio informativo), primo stralcio; n. 64 (banca dati della cartografia storica della laguna di Venezia), primo stralcio; n. 65 (banca dati degli interventi morfologici realizzati da Magistrato alle Acque – Consorzio Venezia Nuova), primo stralcio (convenzione 7818). Avvio: luglio 2001, in corso.
- Sezioni di lavoro n. 18 (competenze territoriali), sesto stralcio (rilievo e aggiornamento dati del Demanio); n. 34 (aggiornamento banca dati), quarto stralcio; n. 39 (elaborazioni da Remote Sensing), undicesimo stralcio; n. 49 (sito Internet dedicato al Magistrato alle Acque – Consorzio Venezia Nuova), quarto stralcio (implementazione dell'aggiornamento di dati e materiali e aggiornamento del software di visualizzazione del sito), (convenzione 7868). Avvio: agosto 2001, in corso.
- Sezioni di lavoro n. 48 (avviamento del sistema di gestione della laguna di Venezia), sesto stralcio (aggiornamento hardware e software); n. 68 (sistema di accesso ai dati del Servizio informativo attraverso la rete Intranet mediante software WEB), primo stralcio (convenzione 7868). Avvio: agosto 2001, in corso.
- Sezioni di lavoro n. 14 (sistema di supporto per le concessioni allo scarico dei reflui da unità produttive) nono stralcio; n. 70 (Centro servizi del Servizio Informativo) primo stralcio, (convenzione 7844). Avvio: settembre 2001, in corso.
- Sezione di lavoro n. 31 (indagine cartografica) settimo stralcio (integrazione dei rilievi sui canali, fondali, valli da pesca e barene della laguna nord), (convenzione 7894). Avvio: ottobre 2001, in corso.
- Sezione di lavoro n. 48 (avviamento del sistema di gestione della laguna di Venezia) settimo stralcio, (convenzione 7725). Avvio: dicembre 2001, in corso.

- Sezione di lavoro n. 48 (avviamento del sistema di gestione della laguna di Venezia) ottavo stralcio, (convenzione 7818). Avvio: febbraio 2002, in corso.
- Sezione di lavoro n. 27 (sistema di gestione dei dati generati dagli studi) sesto stralcio, (convenzione 7923). Avvio: marzo 2002, in corso.
- Sezione di lavoro n. 66 (sistema di gestione di stazioni fisse per il monitoraggio della qualità dell'acqua nella laguna di Venezia) primo stralcio, (convenzione 7867). Avvio: marzo 2002, in corso.
- Sezioni di lavoro n. 1 (biblioteche e Remote Sensing) decimo stralcio; n. 6 (reti idrografiche) terzo stralcio; n. 34 (aggiornamento della banca dati) terzo stralcio; n. 39 (elaborazioni da Remote Sensing) ottavo stralcio; n. 48 (avviamento del sistema di gestione della laguna di Venezia) quarto stralcio; n. 49 (sito Internet dedicato al Magistrato alle Acque di Venezia – Consorzio Venezia Nuova) terzo stralcio, (convenzione 7637). Ultimazione: gennaio 2002.
- Sezione di lavoro n. 31 (indagine cartografica) quinto stralcio, (convenzione 7649). Ultimazione: gennaio 2002. *(u.m.)*

Venezia/Arsenale,
Gli edifici delle "Galeazze"
1 e 2 sui quali sono stati
avviati lavori di messa
in sicurezza


forte
Marghera
canale
Brentella
canale
Industriale
nord
canale
Industriale
ovest
darsena
della Ran
canale
Vittorio Eman
canale
Industriale
sud
isola
delle Tresse

Porto Marghera Dragaggio selettivo e trattamento di sedimenti inquinati del canale Industriale nord

Obiettivo generale
Arresto e inversione dei processi di degrado

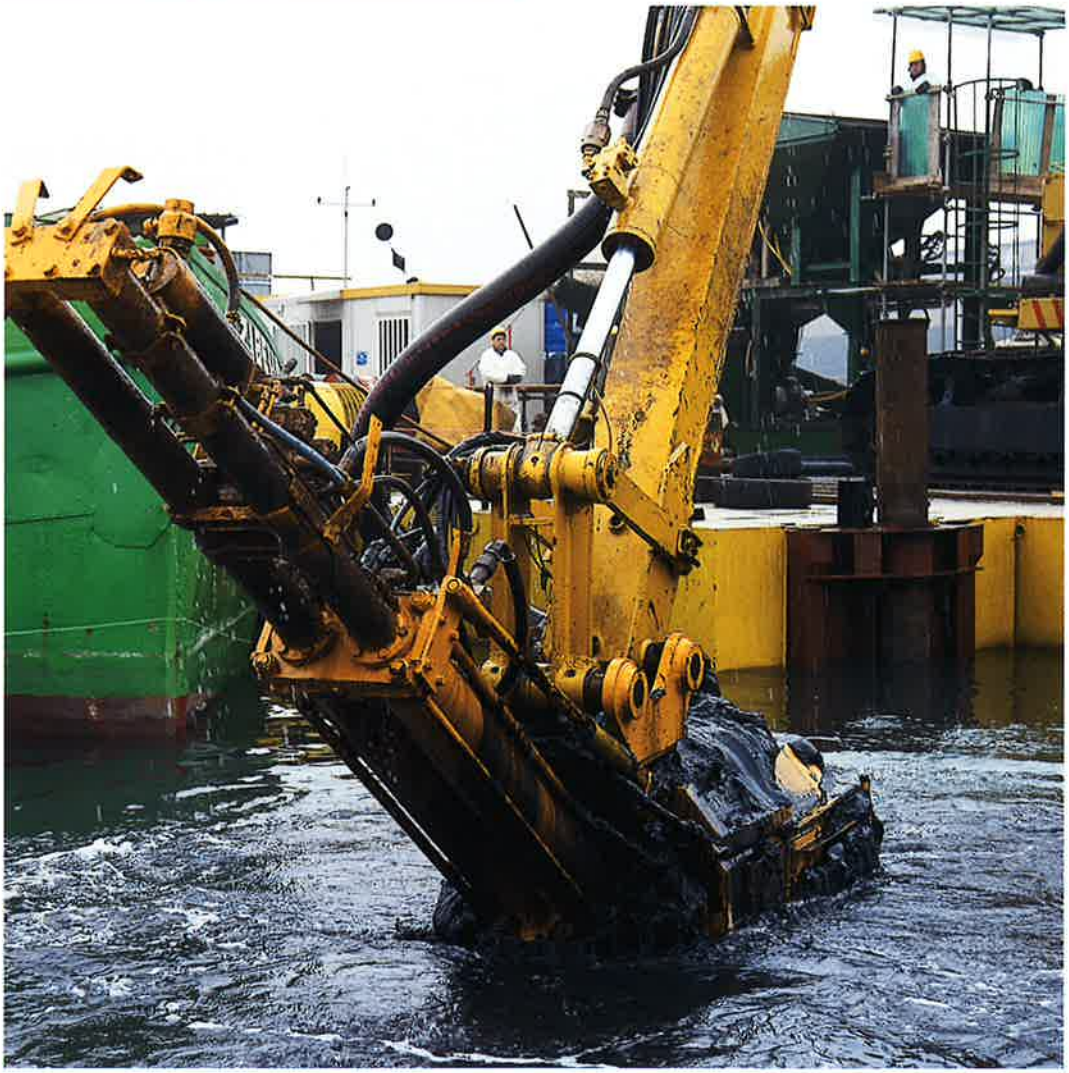
Obiettivi specifici
contrastare la diffusione di inquinanti nell'ambiente lagunare

Interventi principali
Asportazione dei sedimenti inquinati (280.000 m^3); condizionamento volumetrico disidratazione e inertizzazione dei materiali; trasferimento in discarica autorizzata

Stato di avanzamento
In corso

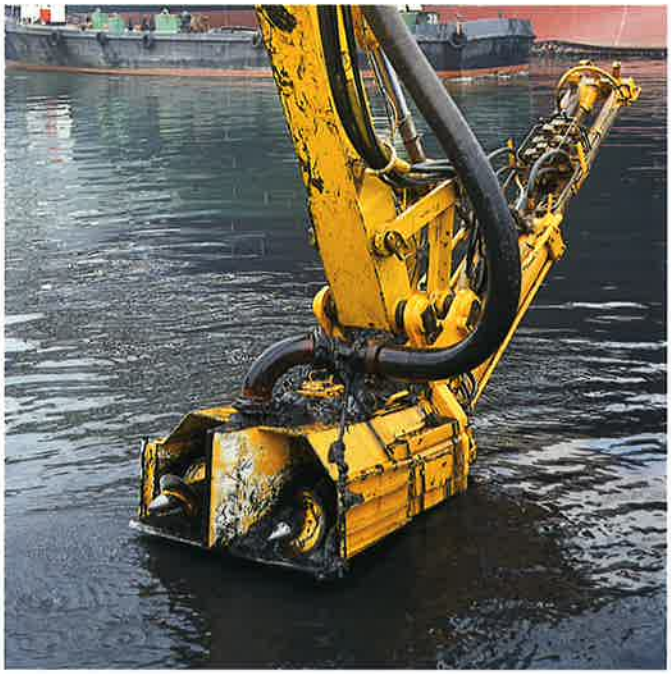
Una delle cause di inquinamento dell'ambiente lagunare è il rilascio, da parte dei sedimenti, di inquinanti depositatisi in passato nei fondali. Questo fenomeno interessa in particolare Porto Marghera, dove fino agli anni settanta del '900, in assenza di normative specifiche, venivano immessi in laguna anche residui delle produzioni industriali. La presenza di inquinanti organici e inorganici di diversa origine che vengono rimessi in sospensione nell'acqua per effetto delle correnti e del moto ondoso rappresenta uno dei maggiori rischi per l'ecosistema. Per contrastare questo problema, il Magistrato alle Acque, attraverso il Consorzio Venezia Nuova e d'intesa con l'Autorità portuale di Venezia, ha avviato un programma di lavori per l'asportazioni dei sedimenti maggiormente contaminati. Quale area prioritaria di intervento è stata individuata quella del canale Industriale nord. I lavori sono stati suddivisi in due fasi. La prima, avviata nel 1997, è ultimata, la seconda è in corso

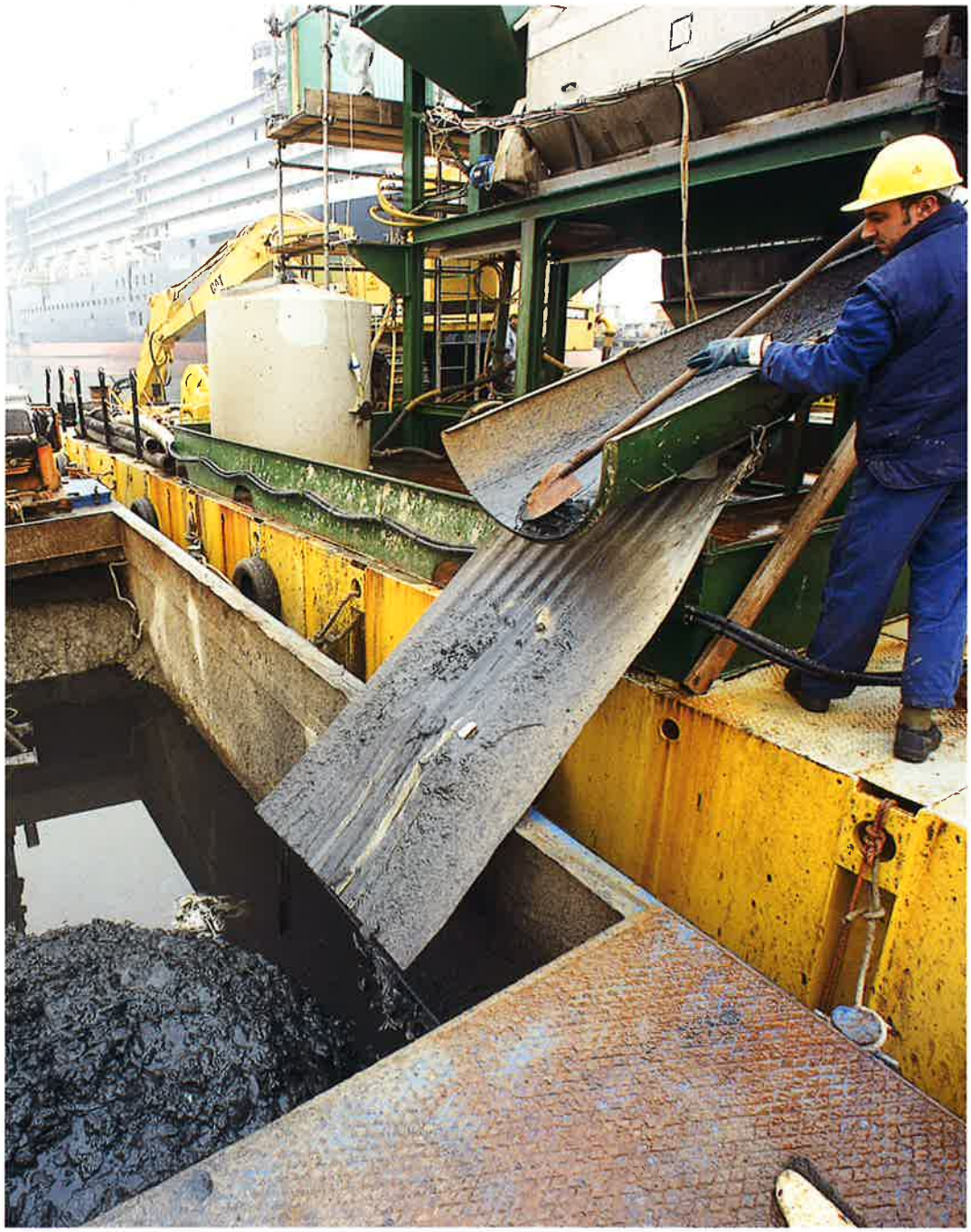
A destra
La draga in funzione



Una fase dei lavori nella parte terminale del canale Industriale nord, in corrispondenza della darsena dei cantieri navali "Fincantieri" (foto a lato). Il dragaggio viene eseguito mediante una speciale testa dragante montata sul braccio idraulico di un escavatore a bordo di un pontone di appoggio. La testa dragante (foto piccola in alto) è costituita da una coppia di coclee che spingono il materiale da asportare entro una pompa a due pistoni a sua volta collegata a un tubo aspirante a tenuta. Attraverso il tubo, il materiale viene refluito in una tramoggia, posta sul pontone, che alimenta il sistema di vagliatura.
Tutte le operazioni avvengono facendo ricorso alle migliori tecnologie disponibili e secondo particolari sistemi di sicurezza e procedure cautelative tali da evitare la diffusione degli inquinanti durante i lavori. Lo specchio d'acqua interessato viene delimitato da una serie di "panne" (foto piccola in basso) e appositi monitoraggi garantiscono che la torbidità sia sempre contenuta nei limiti previsti. I sistemi operativi adottati, inoltre, assicurano un ridotto contenuto di acqua "parassita". Le operazioni sono guidate da un sistema computerizzato di controllo.
Gli interventi sono stati preceduti da campagne di rilievo per stabilire le caratteristiche dei sedimenti, dal punto di vista geotecnico e della classificazione chimica (individuazione delle tipologie di inquinanti presenti).
In seguito ai risultati delle analisi è stato possibile determinare le zone in cui operare, la quantità e la destinazione dei materiali da rimuovere. Gran parte dei sedimenti è risultata assimilabile a "rifiuti tossico-nocivi" per cui è necessario procedere al loro trattamento e allo smaltimento in discarica autorizzata

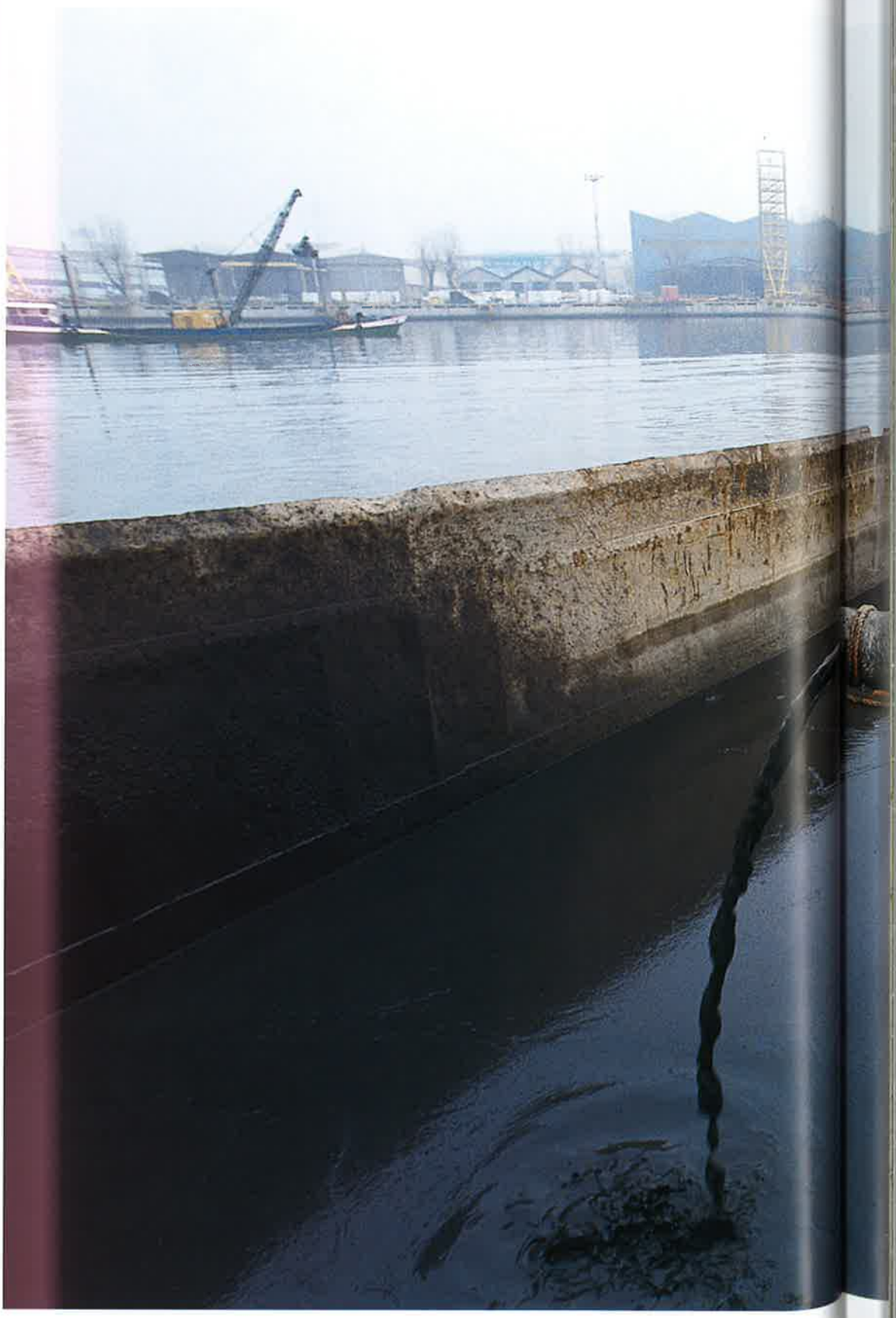
ZUIDERDAM



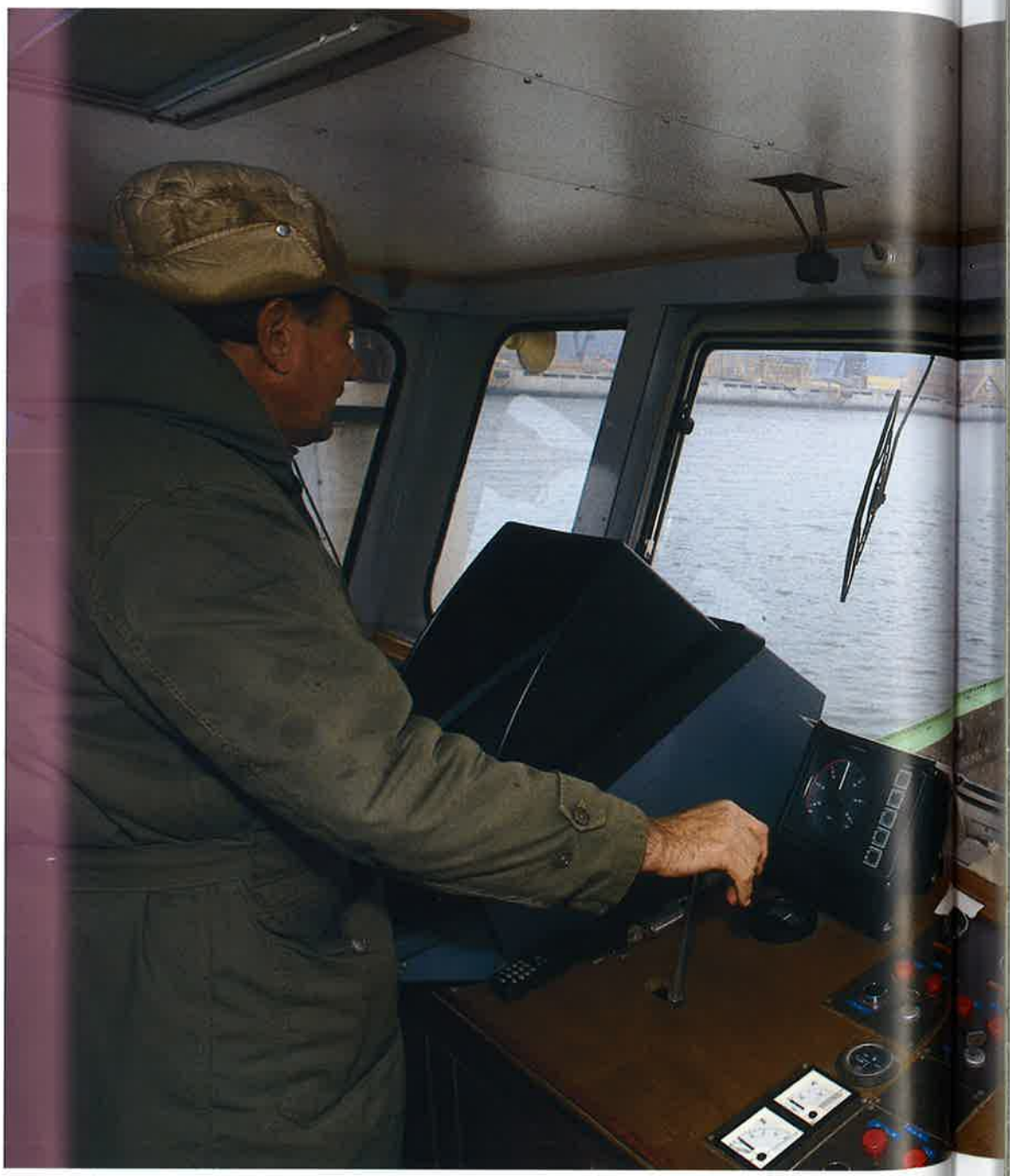


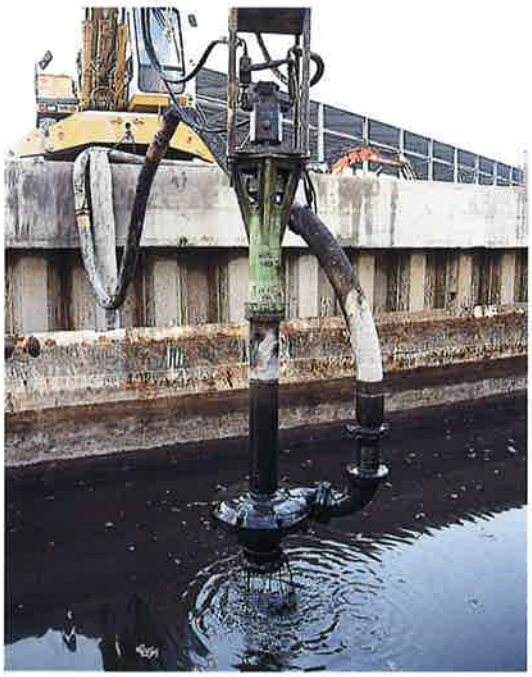
Prima vagliatura del materiale rifiuto dalla benna.
Il materiale viene selezionato attraverso appositi dispositivi ("rotostacci"), situati sul pontone di appoggio, che servono per separare il fango inquinato dai solidi da smaltire come inerti (sassi, pezzi di ferro o plastica, ecc.)

Dopo la prima vagliatura, il fango viene ripreso da apposite pompe e trasferito a una bettolina, affiancata al pontone di appoggio, per essere trasportato all'impianto per il successivo trattamento (condizionamento volumetrico e disidratazione). Il caricamento della bettolina mediante pompe garantisce la sicurezza delle operazioni di trasferimento dei fanghi rispetto a possibili dispersioni del materiale inquinato. Nel caricamento della bettolina viene sempre lasciato un franco abbondante tra la superficie del fango e il bordo superiore del pozzo dell'imbarcazione

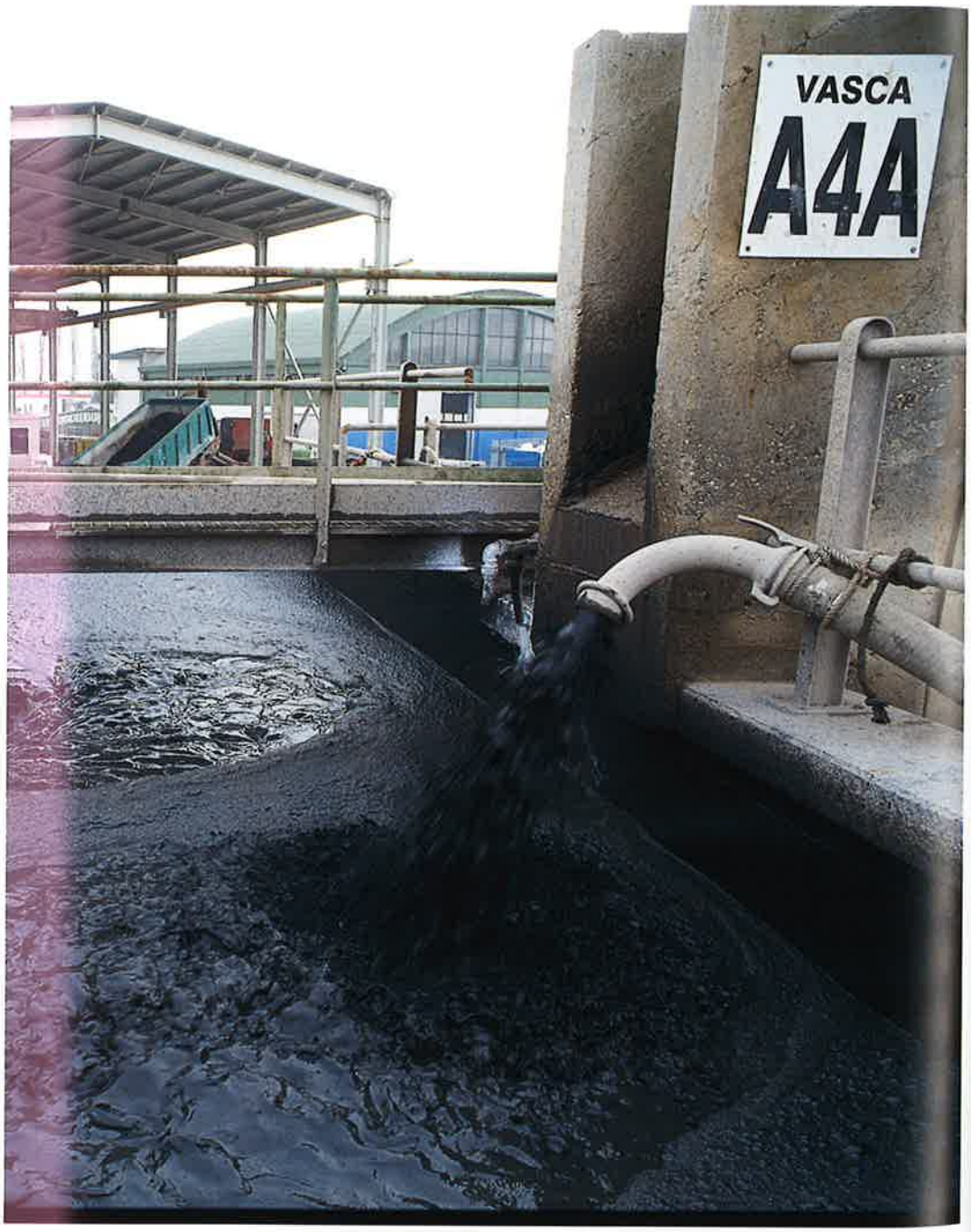


Trasporto dei fanghi inquinati all'impianto di condizionamento e disidratazione. L'impianto è situato alla fine del canale Industriale sud, in località Malcontenta (foto piccola in alto). La zona su cui sorge l'impianto è stata scelta, tra l'altro, in considerazione della sua posizione strategica rispetto all'area industriale e della facilità di accesso via acqua e da terra. L'impianto, realizzato nel 1997, è di Alles spa (società formata da VESTA spa e da Ing. Mantovani spa, consorziata del Consorzio Venezia Nuova) ed è abilitato a ricevere anche rifiuti tossico nocivi. All'arrivo presso l'impianto, i fanghi vengono trasferiti dalla bettolina alle vasche di stoccaggio, mediante un sistema di pompe (foto piccola in basso)





Dispositivi, attrezzature e sistemi di trattamento dell'impianto Alles. L'impianto è dotato di quattro ampie vasche di stoccaggio (foto a destra), per una capacità complesiva di oltre 6.000 m^3. Dopo lo stoccaggio nelle vasche e la setacciatura per eliminare il materiale grossolano >5 mm, i sedimenti (350/500 m^3 al giorno) vengono sottoposti al trattamento vero e proprio. Si tratta, come detto, di un processo di condizionamento volumetrico e disidratazione, per ridurne il contenuto di acqua, che avviene mediante batterie di filtropresse o nastropresse. Le filtropresse (foto nella pagina seguente) sono costituite da una serie di piastre, mosse longitudinalmente da dispositivi oleodinamici, formate da teli di materiali sintetici filtranti, montati su telai verticali di acciaio. L'alimentazione delle filtropresse avviene attraverso un distributore che introduce i fanghi da trattare. La compressione delle piastre, provoca la separazione dell'acqua dai fanghi stessi, nella misura voluta



Batterie di nastropresse (foto a lato). Le nastropresse sono costituite da due nastri trasportatori sovrapposti, portanti teli di materiali sintetici filtranti.
La separazione dell'acqua dai fanghi avviene in questo caso per la compressione del materiale tra i due nastri trasportatori controrotanti.
Le acque che derivano dal processo di disidratazione meccanica con le filtropresse e con le nastropresse sono avviate a un serbatoio di accumulo intermedio.
Da qui, se idonee, sono avviate direttamente alle rete fognaria, altrimenti sono convogliate all'impianto di depurazione predisposto come parte integrante dell'impianto. Terminato il condizionamento e la disidratazione dei fanghi presso l'impianto Alles, se necessario i materiali vengono trasportati nel vicino impianto di inertizzazione di rifiuti tossico nocivi, realizzato a Fusina dalla Regione del Veneto e gestito da VESTA (foto nella pagina seguente).
A conclusione dell'intero ciclo di trattamento, i materiali vengono smaltiti in discariche a terra (di tipo 2b), già esistenti e autorizzate dalle Autorità competenti

SL 004
L 005

Venezia
Porto Marghera
bocca di Lido
bocca di Malamocco
bocca di Chioggia
Chioggia

Laguna nord, centrale e sud. Aggiornamento dei dati territoriali per la realizzazione della nuova carta idrografica del Magistrato alle Acque

Obiettivo generale
Attività del Servizio Informativo

Obiettivi specifici
Raccolta di dati fisico - morfologici; elaborazione delle informazioni raccolte; predisposizione della nuova base cartografica cartacea e digitale

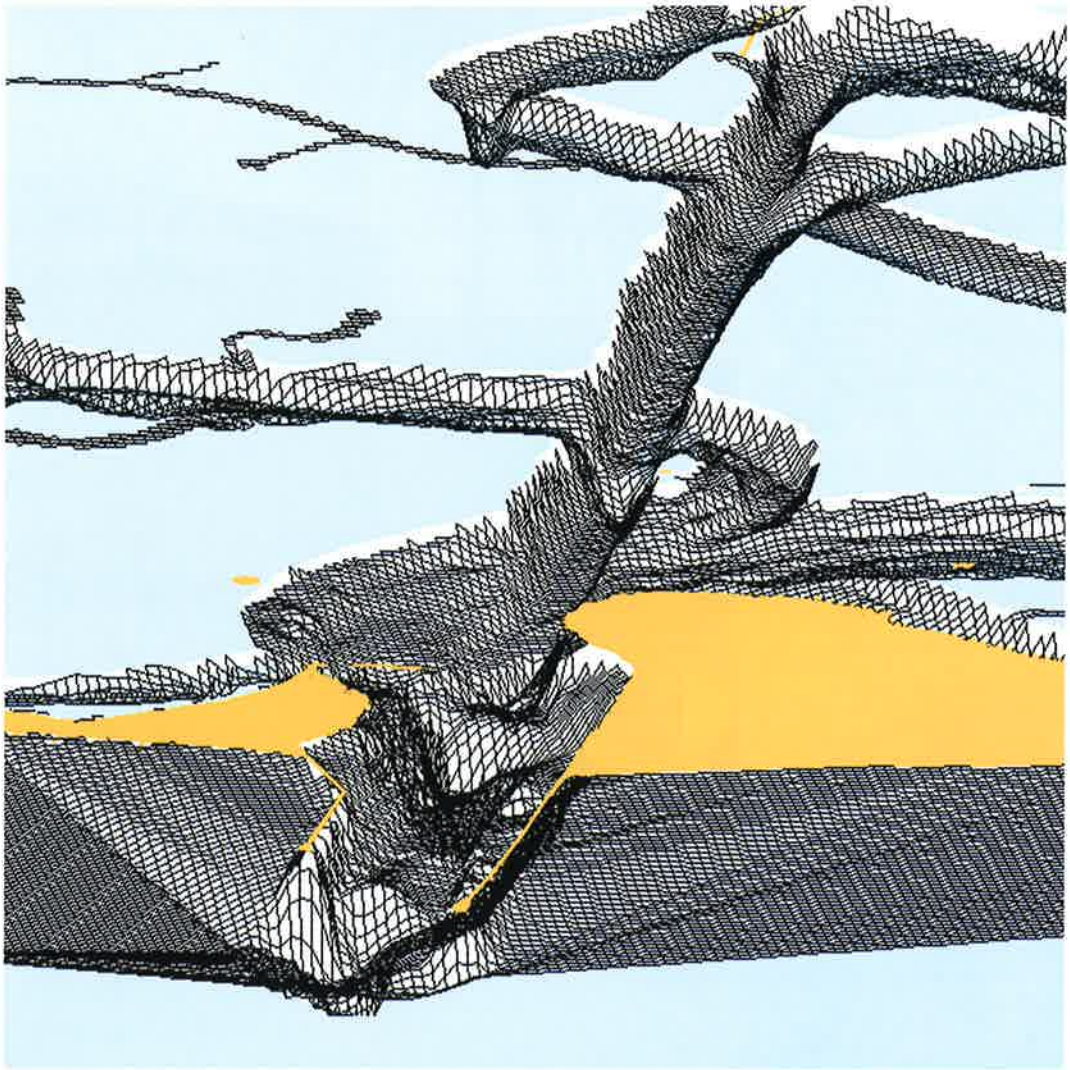
Interventi principali
Esecuzione di rilievi aerofotogrammetrici, batimetrici e altimetrici su canali, bocche di porto, bassifondali, barene, valli da pesca

Stato di avanzamento
In corso

Il Servizio Informativo sta eseguendo un complesso programma di campagne di misure funzionali all'elaborazione della nuova carta idrografica del Magistrato alle Acque (1:5000) e utili per la progettazione di interventi di salvaguardia della laguna. Le attività consentono di ricostruire l'attuale configurazione del territorio lagunare, documentando anche le modifiche avvenute negli ultimi anni ad opera di processi naturali (come per esempio le dinamiche erosive) o a seguito della realizzazione di opere di difesa fisica o ambientale (come per esempio la ricostruzione delle spiagge)

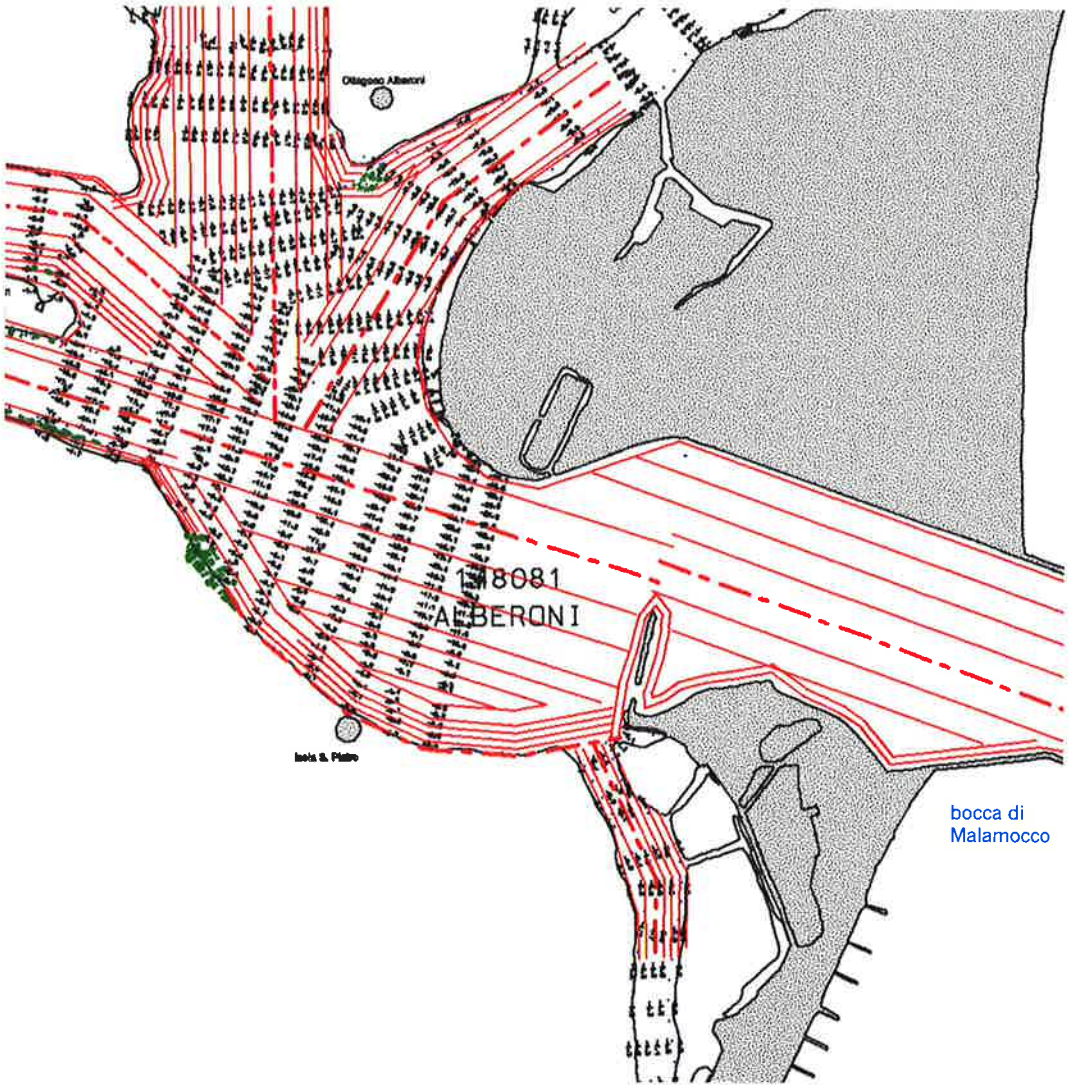
A sinistra
Laguna di Venezia. Le aree in verde individuano le bocche di porto e i principali canali di navigazione che sono stati rilevati mediante un nuovo tipo di ecoscandaglio a testata multipla ("Multibeam")

A destra
Vista tridimensionale dei fondali dei canali del bacino di Malamocco. Profili a griglia regolare dei rilievi con Multibeam



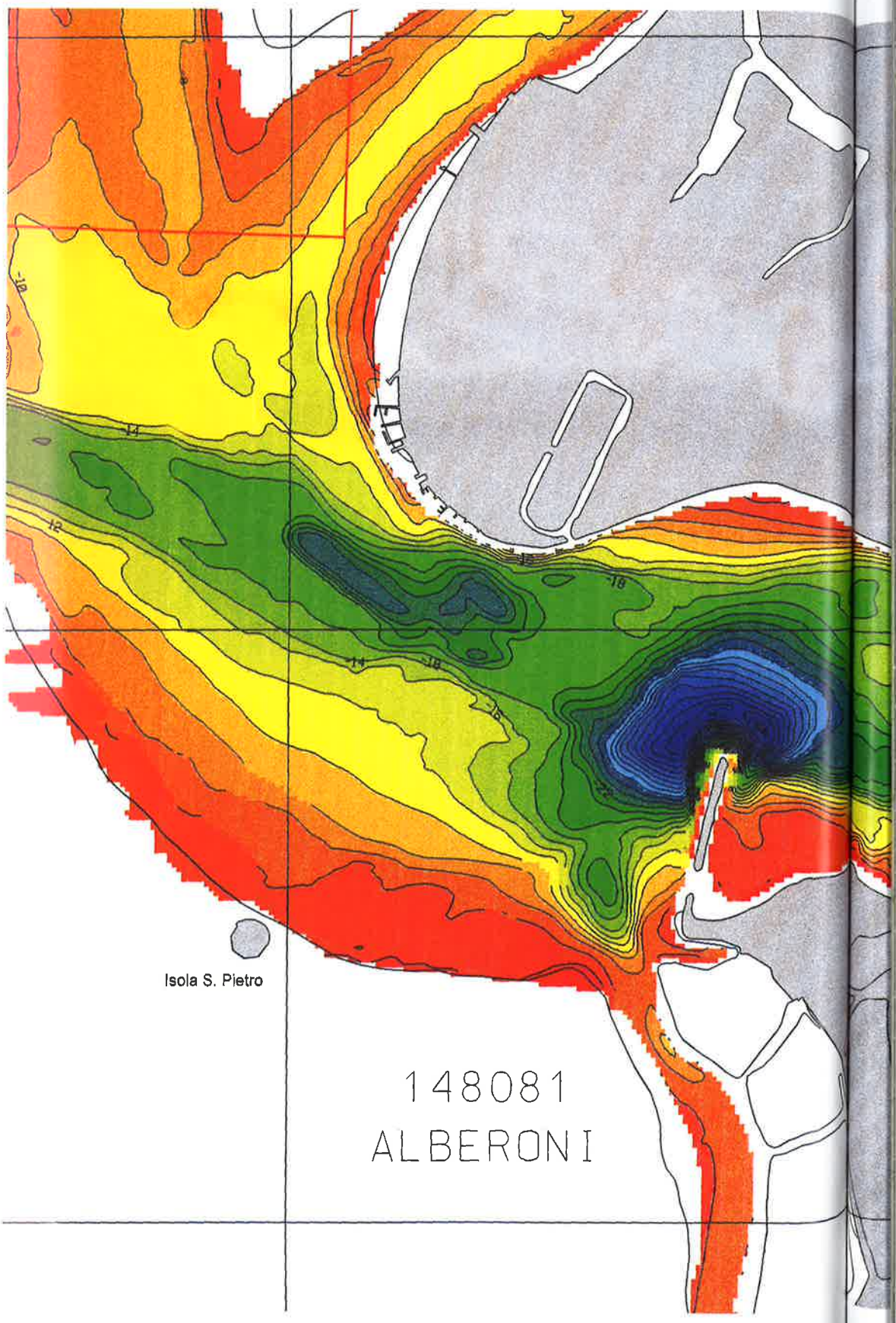
Gli strumenti di rilievo. i rilievi sono stati suddivisi in fasi successive, in parte concluse, in parte in corso, e vengono eseguiti con strumenti diversi, a seconda delle caratteristiche fisico-morfologiche delle aree interessate. Le attività comprendono da un lato rilievi aerei fotogrammetrici (per acquisire le forme geometriche degli elementi territoriali e le quote del terreno in un contesto geografico georeferenziato e adeguato per la scala 1:5000) e, dall'altro lato, rilievi batimetrici effettuati con strumenti e modalità di acquisizione differenziati, in funzione del tipo di fondali. Per fondali e canali poco profondi è utilizzato un ecoscandaglio a testata singola ("Singlebeam"); per i principali canali di navigazione e le bocche di porto un ecoscandaglio a testata multipla ("Multibeam"), utilizzato per la prima volta nella laguna di Venezia. Si tratta di un dispositivo in grado di scandagliare un corridoio di fondale anziché una semplice linea come avviene nel caso dei sistemi tradizionali. Tale apparecchio amplifica di oltre 100 volte le potenzialità di un singolo ecoscandaglio riuscendo a rilevare, in tempo reale, una fascia di fondale la cui ampiezza risulta funzione delle caratteristiche tecniche dello strumento (angolo di apertura dei trasduttori) e della profondità. Il Multibeam è in grado di emettere, con un'elevata frequenza di ripetizione (30 volte al secondo) un insieme simultaneo di impulsi acustici che consente di ottenere la copertura praticamente totale del fondale e, quindi, un'acquisizione in continuo della batimetria e della morfologia subacquea

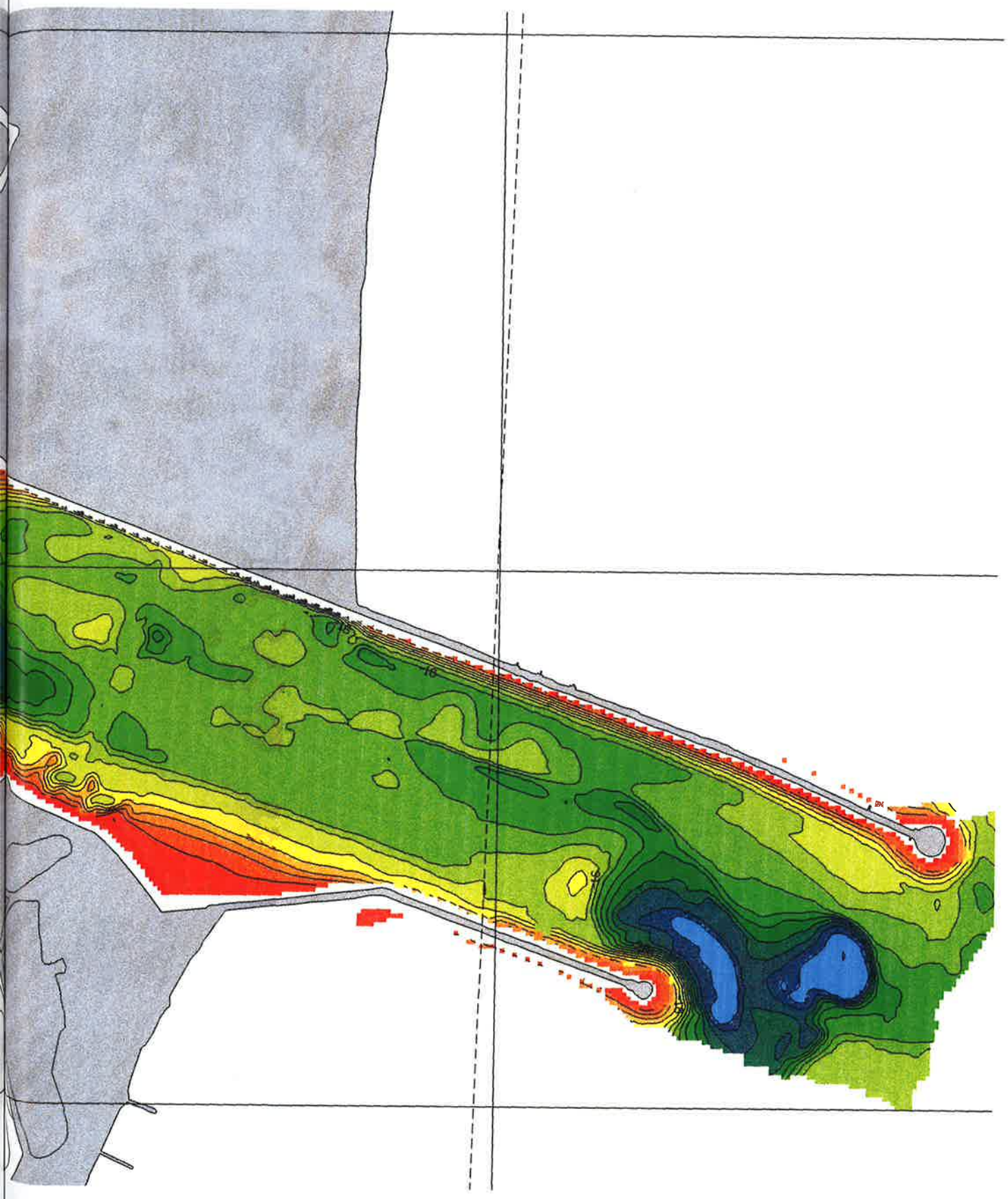
Proprio la notevole quantità dei dati raccolti, il livello di precisione e le molteplici possibilità di trattamento degli stessi, finalizzate a differenti rappresentazioni cartografiche, costituiscono i principali vantaggi dei moderni sistemi "Multibeam" rispetto ai tradizionali sistemi "Singlebeam".
Le immmagini in queste pagine si riferiscono alle attività condotte con il "Multibeam" alle bocche di porto. L'imbarcazione su cui è installato il "Multibeam" è dotata di particolari strumentazioni per il controllo e la gestione delle diverse fasi del rilievo, in grado di monitorare in tempo reale l'andamento delle operazioni e di assicurare l'acquisizione dei dati secondo standard qualitativi ottimali.
Le strumentazioni di bordo comprendono un sistema informatizzato di acquisizione e memorizzazione dei dati che fornisce, istante per istante, la visualizzazione a video dei fondali con rappresentazione planimetrica o tridimensionale del tratto indagato (foto a sinistra); un sistema di posizionamento satellitare GPS differenziale in modalità "Real Time Kinemathic" (RTK); un sistema di navigazione computerizzato (foto a destra in basso) per ottenere la più precisa corrispondenza delle rotte seguite con quelle pianificate per la completa copertura dell'area interessata (foto a destra in alto); un sistema per la correzione dei dati rispetto alle oscillazioni del natante (rullio e beccheggio) e ai livelli di marea



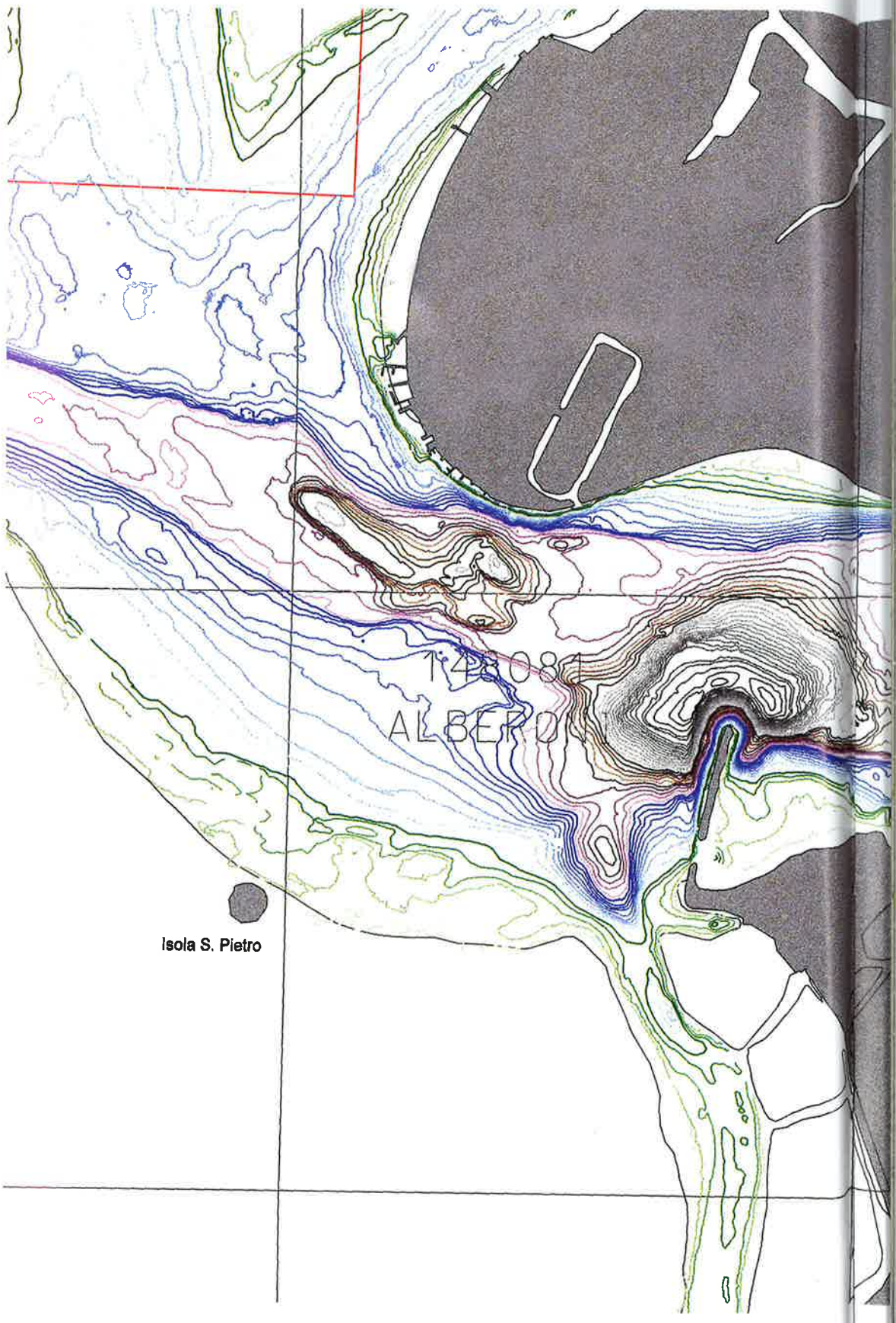
I dati acquisiti con il Multibeam vengono elaborati con uno specifico software allo scopo di creare il modello tridimensionale del fondale che viene realizzato su un insieme di punti quotati e georeferenziati, con una densità di un dato per m^2. Operando su questa vastissima disponibilità di dati di grande dettaglio si possono ottenere diverse rappresentazioni della morfologia del fondale. È inoltre possibile ricostruire i profili di sezioni trasversali, longitudinali o comunque orientate nello spazio, per l'intera area oggetto dei rilievi. Ciò offre l'opportunità di disegnare il profilo attuale di sezioni rilevate nel corso di precedenti campagne batimetriche (per esempio quelle del 1970 o del 1990) che risultano pertanto tra loro sovrapponibili e confrontabili così da permettere di cogliere le variazioni morfologiche avvenute nel tempo. Le batimetrie acquisite con il Multibeam vengono utilizzate per la formazione della nuova carta idrografica nella quale vengono riportati anche i dati ottenuti dai rilievi con "Singlebeam" e dai rilievi aerofotogrammetrici, oltre a quelli relativi a centri urbani lagunari e del litorale, isole minori e gronda lagunare forniti dall'Ufficio cartografico della Regione del Veneto

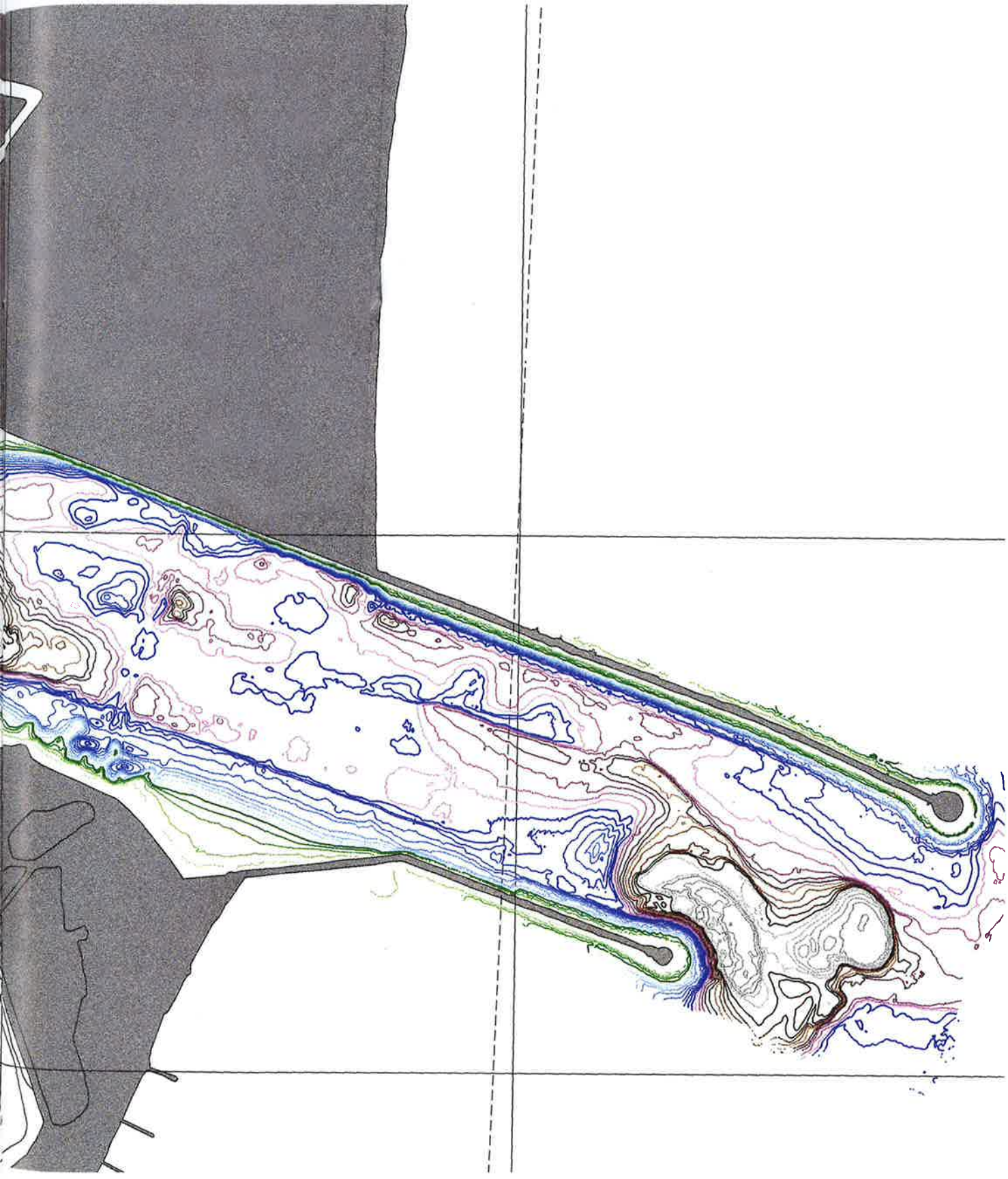
A destra
Bocca di porto di Malamocco. Rappresentazione della morfologia del fondale mediante individuazione di fasce contigue di profondità





Bocca di porto di Malamocco. Rappresentazione della morfologia del fondale mediante visualizzazione delle curve di livello





Bocca di porto di Malamocco. Rappresentazione della morfologia del fondale mediante visualizzazione in chiaroscuro ("Shaded Relief") del mantello del fondo

Celestia
Arsenale
San Pietro di Castello
Sant'Elena
Giardini Napoleonici

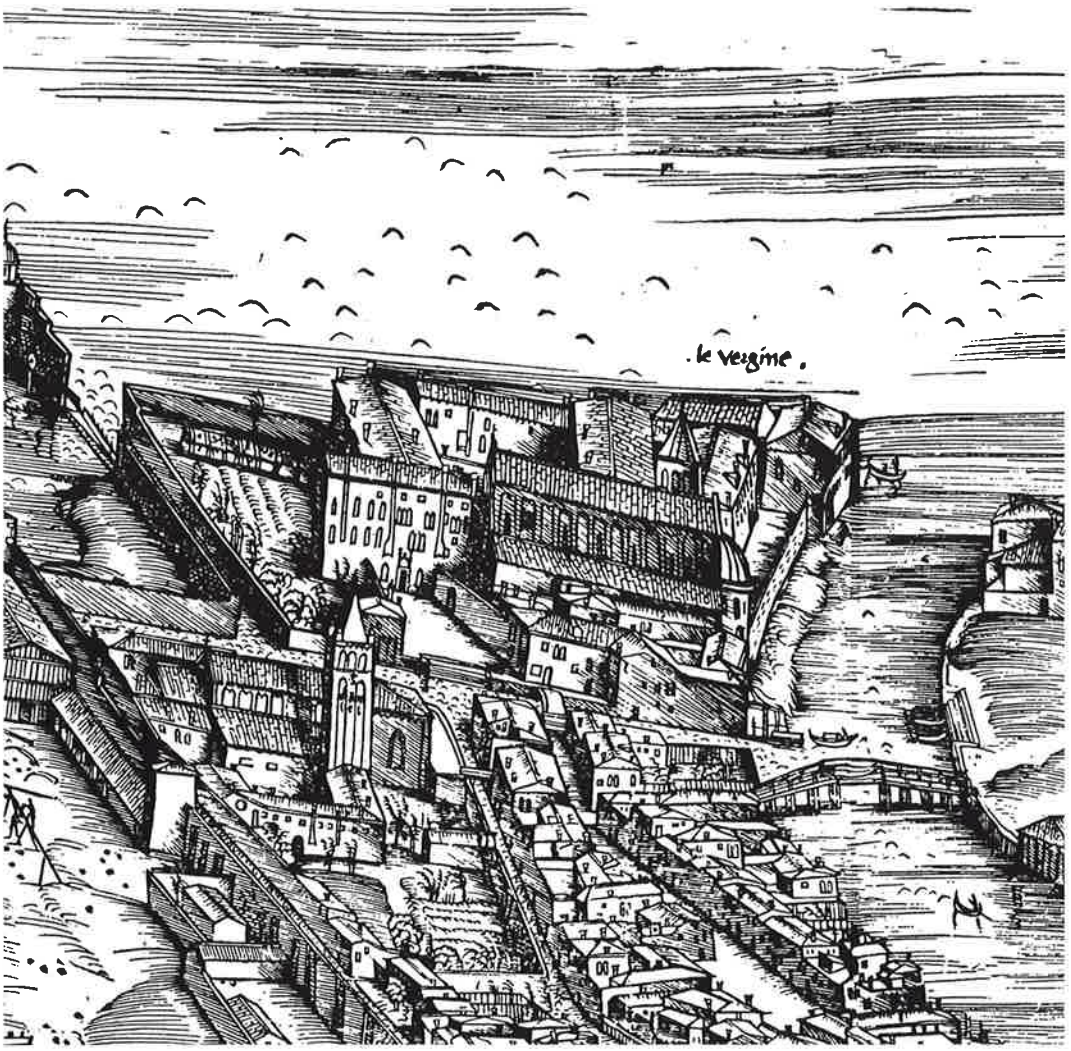
Venezia / Arsenale
Ripristino di rive e sponde e tutela dei siti archeologici

Obiettivo generale
Interventi di marginamento

Interventi principali
Messa in sicurezza e consolidamento delle rive interne ed esterne e delle mura perimetrali dell'arsenale; documentazione, rilievo e protezione delle preesistenze archeologiche

Stato di avanzamento
In corso

Il Magistrato alle Acque, attraverso il Consorzio Venezia Nuova, ha in programma una serie di interventi per il restauro e il consolidamento delle rive e delle mura perimetrali dell'arsenale. Nel corso dei sondaggi e dei rilievi preliminari alla progettazione, in corrispondenza dell'ex isola delle Vergini sono stati rinvenuti i resti di un'antica porta d'acqua. La scoperta riveste un particolare interesse storico - archeologico poiché si tratta dell'unica traccia rinvenuta fino a oggi dell'antica chiesa di Santa Maria Nova in Gerusalemme (o delle Vergini). La chiesa, con l'annesso monastero, fu edificata all'inizio del XIII secolo, abbandonata dopo la soppressione degli ordini religiosi stabilita da Napoleone all'inizio dell'800 e demolita nel 1869 proprio per ampliare gli spazi destinati all'arsenale. Contemporaneamente l'intera isola venne unita all'area stessa dell'arsenale interrando il rio che le divideva



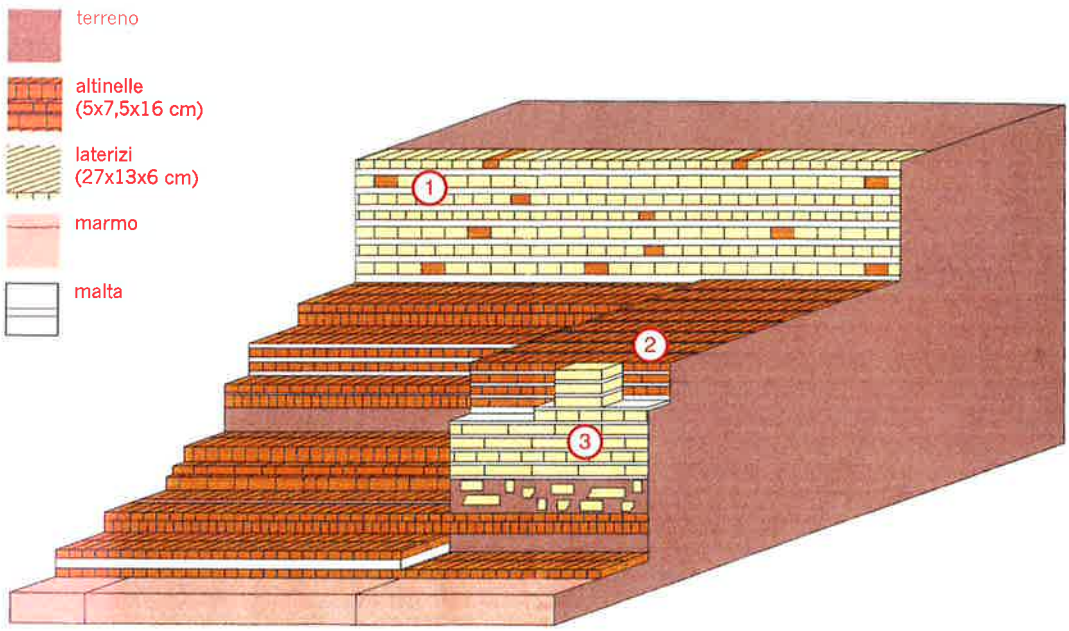
A sinistra
Localizzazione dell'ex isola delle Vergini nell'attuale area dell'arsenale

A destra
La chiesa delle Vergini nella pianta di Jacopo De Barbari (1500)

I resti della porta d'acqua sono costituiti da una scalinata larga oltre 2 m, rinvenuta a circa -70 cm s.l.m.m. di profondità.
La scalinata è formata da otto scalini, tutti costruiti in altinelle (5x7,5x16 cm) a eccezione di quello superiore, composto di laterizi per lo più franti e con misure riconducibili allo standard del XV secolo (27x13x6 cm).
Le stesse misure si registrano su un alzato di laterizi, di un periodo successivo rispetto alla scalinata, costruito probabilmente a chiusura o a difesa della stessa e collocato sopra il sesto scalino. Si può ipotizzare che il primo scalino e questo alzato risalgano a un periodo compreso tra XV e XVI secolo. In origine, la scalinata doveva avere anche una copertura in lastre di marmo e pietra d'Istria.
Il marmo, del tipo rosso di Verona, è ancora presente nell'ultimo gradino, mentre i resti dei lastroni in pietra d'Istria visibili nei livelli inferiori scompaiono salendo verso i gradini superiori.
È probabile che al momento dell'abbandono del complesso religioso, i conci di copertura degli scalini superiori siano stati asportati per un eventuale riutilizzo e che quelli più in basso, difficili da recuperare, siano rimasti sul posto

In alto
Scavo eseguito lungo le rive dell'arsenale per la verifica delle caratteristiche costruttive delle opere di sponda e l'analisi dei terreni di fondazione

In basso
Rilievo della scala.
1. Scalino superiore
2. Spalla nord (la spalla sud è stata in parte demolita nel corso del novecento per la costruzione di un pozzetto fognario)
3. "Alzato"



In alto
Scavo del sito. Lo scavo è stato avviato mediante scavatrice ed è continuato con mezzi manuali. Le attività sono state seguite dall'archeologo specializzato presente durante le attività di rilievo condotte dal Magistrato alle Acque nell'area dell'arsenale

In basso
La scalinata come appariva al termine delle operazioni di scavo e pulizia. Una volta ultimate queste lavorazioni si è proceduto al rilievo del manufatto e, successivamente, alla sua protezione con un telo di geotessuto

CANAL DEL OSELLINO
Canal di Tessera
Sacca delle Case
Palua del Monte
Canale di S. Secondo
Canal di Zeniolo
Canal degli Angeli
Canale delle Navi
RURANO
La Carbonera
Il Canal Sornel
Palua di S. Nicolò
Palua di Gospero
Canal delli Marani
Porto S. Nicolò
FORTE S. NICOLÒ DI LIDO

Barene di Tessera
Protezione delle morfologie in erosione e tutela dei siti archeologici

Obiettivo generale
Recupero morfologico

Obiettivi specifici
Protezione delle barene e delle preesistenze archeologice dal moto ondoso e dall'erosione

Interventi principali
Predisposizione di palificate di legno e di burghe a ridosso del fronte di barene; rilievo delle aree di interesse archeologico; documentazione video e fotografica dei ritrovamenti

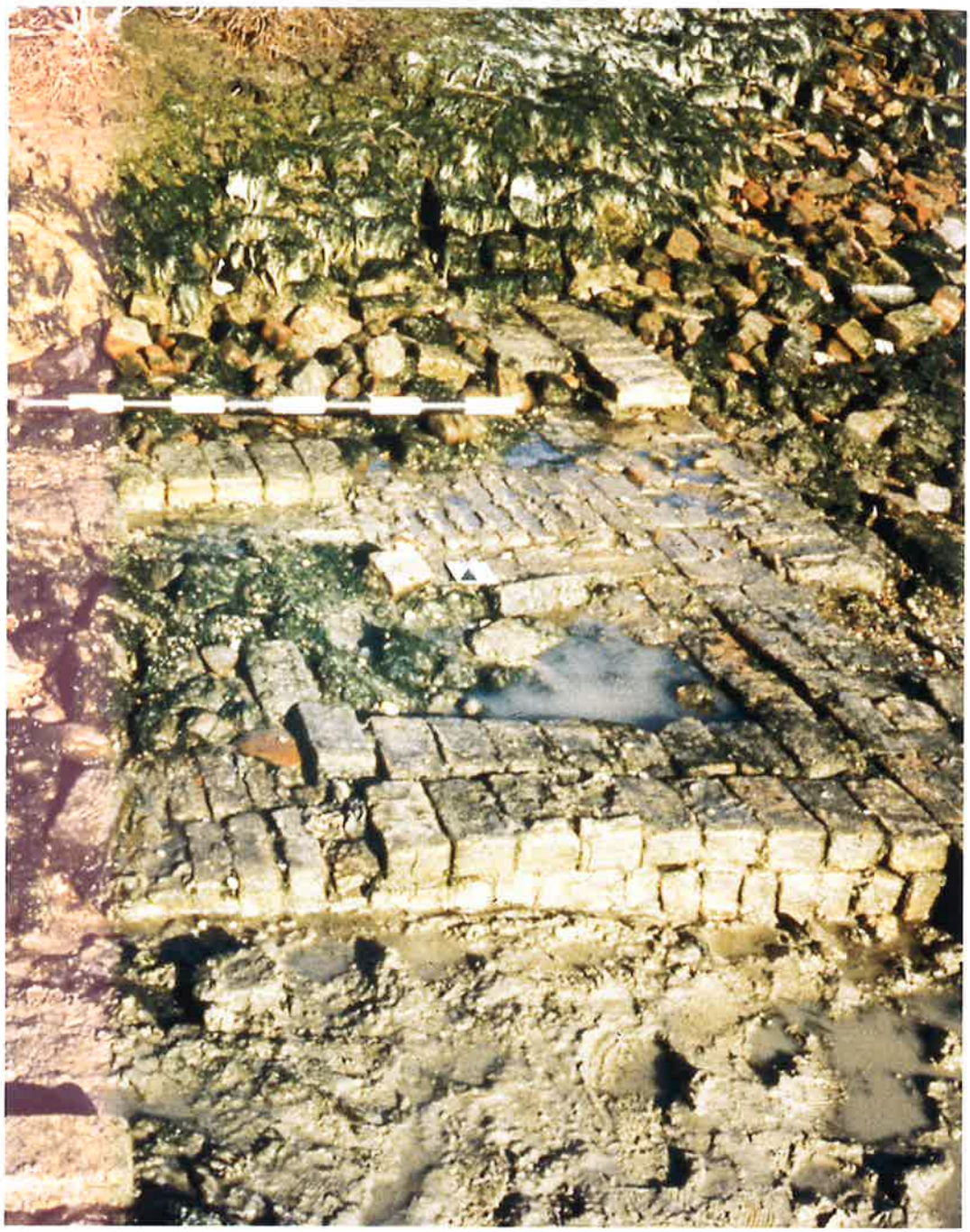
Stato di avanzamento
In corso

Il Magistrato alle Acque attraverso il Consorzio Venezia Nuova, sta eseguendo una serie di interventi morfologici lungo il canale di Tessera, realizzato nella seconda metà del '900 per collegare l'aeroporto Marco Polo con Venezia. Il canale, è percorso da un intensissimo traffico acqueo e il moto ondoso prodotto dalle imbarcazioni provoca la continua erosione delle barene circostanti. La progettazione dei lavori ha richiesto la realizzazione di analisi morfologiche e idrodinamiche e di rilievi archeologici per tutelare le "evidenze" già note o eventualmente presenti. La zona lagunare intorno all'aeroporto, infatti, costituisce un'area di grande valenza storica, interessata da importanti fenomeni insediativi in epoca romana e successivamente in quelle medioevale e moderna. A testimonianza di questo passato sono i ritrovamenti, documentati fin dal 1978 da Ernesto Canal, Ispettore onorario della Soprintendenza Archeologica del Veneto

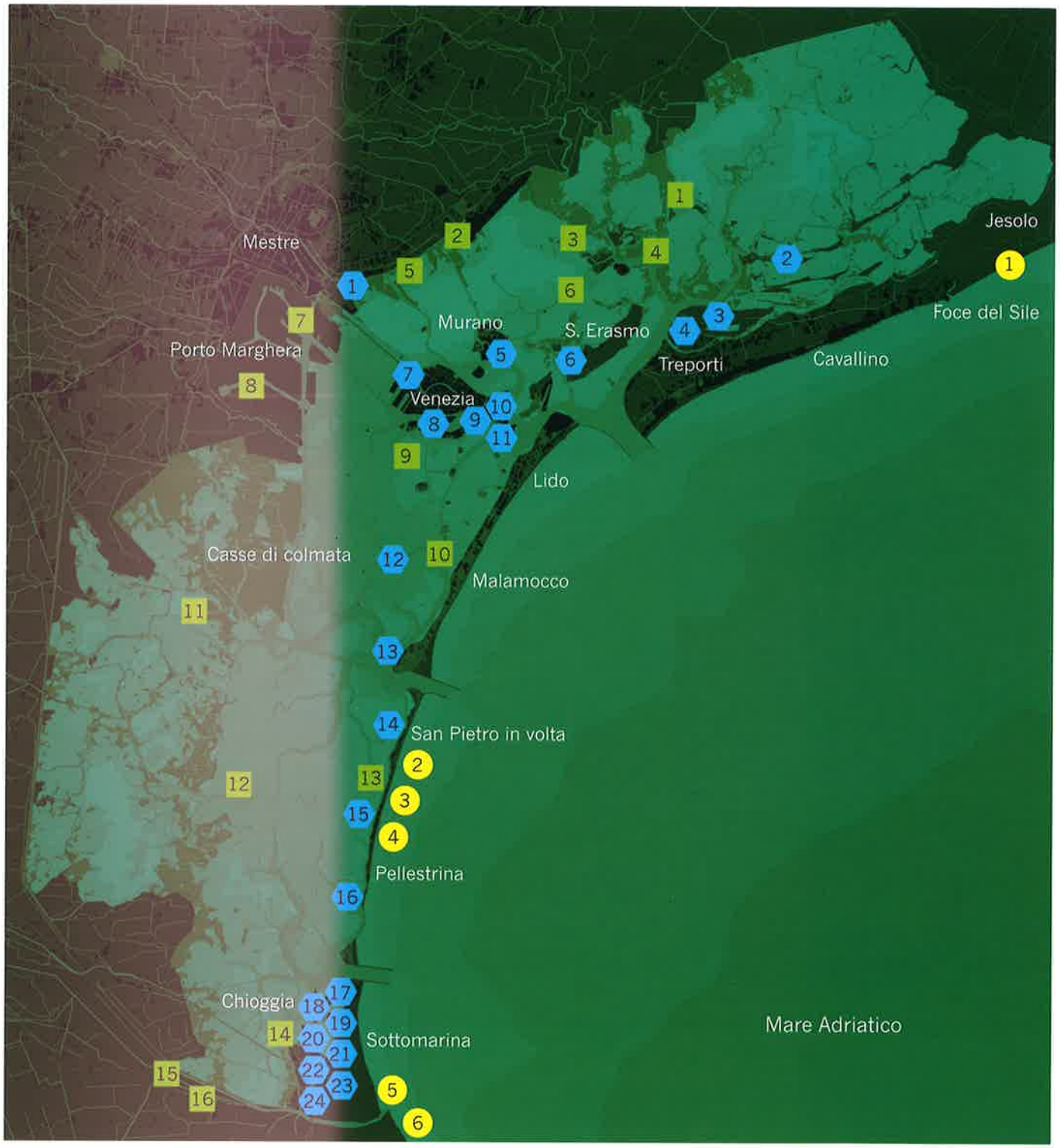
L'area di intervento nella mappa di De Bernardi (1844)

Veduta aerea delle barene di Tessera

I nuovi rilievi hanno riguardato circa 1400 m del canale di Tessera e sono stati eseguiti tra dicembre 2001 e gennaio 2002 da un'impresa di lavori subacquei incaricata dal Magistrato alle Acque, sotto la direzione scientifica della competente Soprintendenza e con il controllo di personale specializzato del Consorzio Venezia Nuova. Le attività sono state eseguite prevalentemente in ambiente subacqueo, anche se le basse maree del periodo hanno permesso, in molti casi, una visione diretta delle zone in cui si concentra il materiale archeologico.
Le indagini hanno portato all'individuazione di un sito di grande rilevanza, con i resti di una struttura architettonica medievale (foto a destra) di notevole importanza e piuttosto estesa, venuta parzialmente alla luce proprio a causa dell'erosione delle barene lungo la sponda sinistra del canale.
L'opera è costituita dai basamenti di una struttura muraria, articolata in un muro rettilineo con orientamento nord-sud a cui si lega una seconda struttura muraria quadrilatera. I basamenti sono visibili per una lunghezza di circa 2,5 m e sono realizzati con "altinelle" tardo-bizantine di misura veneta (17,5/18 x 8 x 4,5/5 cm), databili tra il XIII e il XIV sec. Lungo la sponda sinistra del canale sono stati individuati anche i resti di almeno due parti di elevato murario crollate, ancora riconoscibili per la disposizione dei mattoni. L'approfondimento delle analisi potrebbe permettere di ricavare dati utili sulla tipologia e la destinazione d'uso della struttura, fornendo un indubbio contributo per la conoscenza della storia della laguna nel medioevo e dei suoi insediamenti



Oltre a questo sito, i rilievi hanno messo in evidenza undici aree di interesse dove sono stati rinvenuti soprattutto frammenti ceramici e di laterizi, anche in forte concentrazione (foto a destra). Le ceramiche dovrebbero risalire all'epoca tardo-medievale e post-medievale, entro un arco cronologico che per la maggior parte dei pezzi può restringersi tra il XVI e il XVII sec. Nel complesso, tuttavia, si riscontra una certa omogeneità della tipologia dei materiali rinvenuti nelle diverse aree, con particolare riferimento alla ceramica invetriata monocroma, riferibile in notevole quantità a forme del tipo olla o simili. Di particolare interesse il ritrovamento di numerosi frammenti di "forme da zucchero", del XVII secolo. Si tratta di contenitori di forma conica con un foro all'estremità, realizzati in ceramica acroma senza rivestimento, e destinati alla lavorazione dello zucchero. La presenza di questi reperti potrebbe riferirsi a opere di colmata e di potenziamento di una zona di terreno bassa o in erosione. La presenza di questi particolari manufatti, inoltre, si relaziona con un'attività industriale specializzata. Allo stato attuale, però, non possiamo sapere se questa sia in rapporto diretto con centri di lavorazione dello zucchero o con *figlinae* che producevano questo tipo di contenitori, dislocate nella zona del canale di Tessera, o se si tratta di "butti" contenenti materiale che proveniva anche da zone più distanti



Localizzazione degli interventi in corso al 31 marzo 2002. Complessivamente sono in attività 46 cantieri, cui si aggiungono numerose campagne di monitoraggio e indagine, diffuse in tutto il territorio lagunare

Interventi in corso al 31 marzo 2002

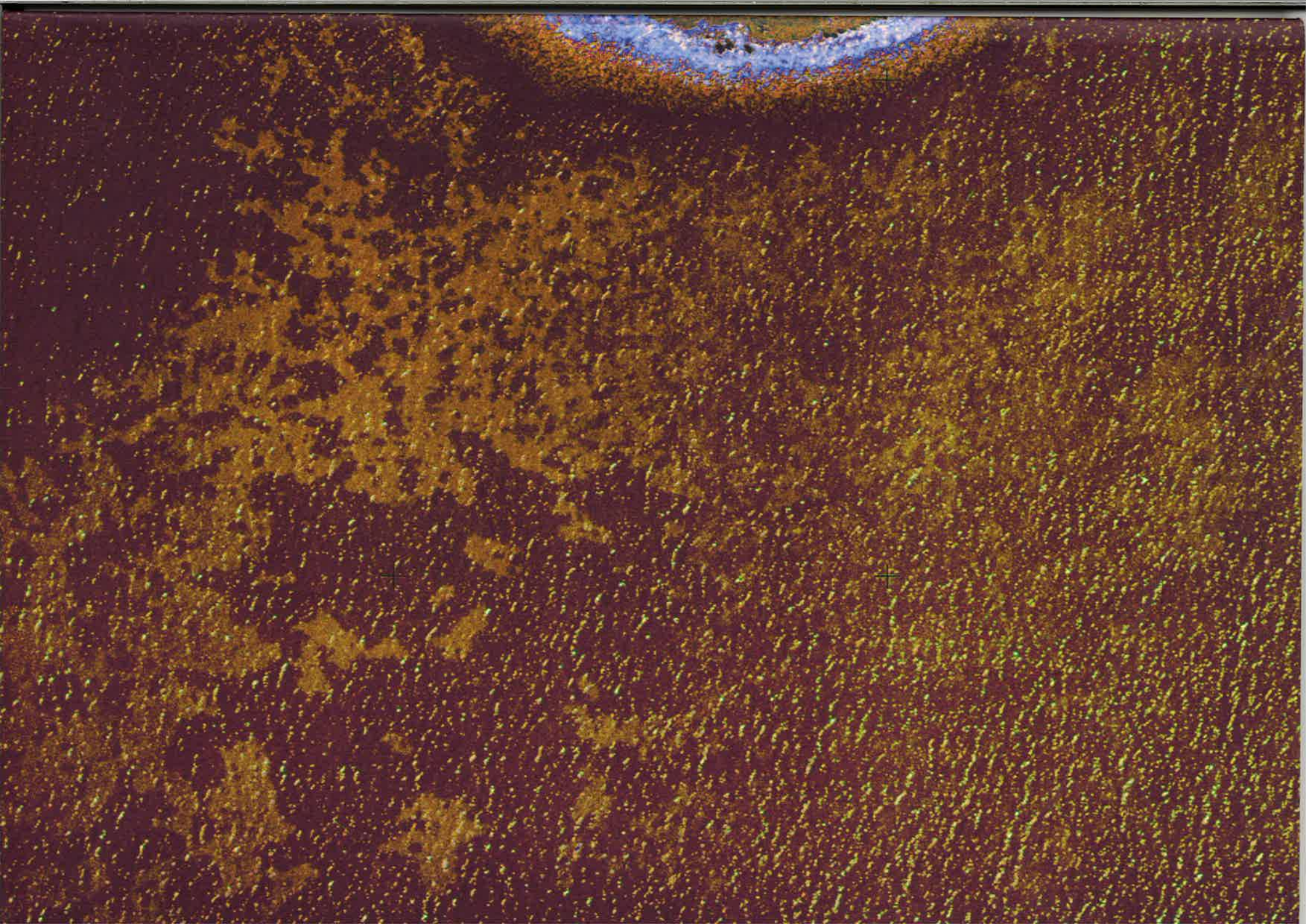
Difesa dalle acque alte

1. S. Giuliano. Interventi di marginamento (prima fase, lato nord est);
2. Lio Piccolo. Interventi di marginamento;
3. Treporti. interventi integrativi di marginamento e sistemazione chiaviche di regolazione idraulica;
4. Treporti. Realizzazione di un rilevato sperimentale funzionale all'elaborazione di un modello geotecnico del sottosuolo della laguna di Venezia
5. Murano. Difesa dell'isola (prima fase);
6. S. Erasmo. Difesa dalle acque alte e riqualificazione urbana e ambientale;
7. Venezia Restauro e consolidamento di rive a San Giobbe, lungo il rio di Cannaregio;
8. Venezia. Restauro e consolidamento rive delle Zattere e della Giudecca;
9. Venezia. Messa in sicurezza del molo e delle lanterne dell'isola di S. Giorgio
10. Venezia. Messa in sicurezza e restauro capannoni delle Galeazze e delle Fonderie dell'ar senale di Venezia;
11. Venezia. Restauro e consolidamento rive dei Giardini napoleonici;
12. Adeguamento e messa in sicurezza delle stazioni mareografiche del servizio mareografico e idrografico di Venezia;
13. Alberoni. Difesa dalle acque alte e riqualificazione urbana (zona sud);
14. S. Pietro in volta: Difesa del centro urbano (seconda fase, zona nord);
15. Pellestrina. Opere complementari di marginamento (zona cantiere De Poli);
16. Pellestrina (estremità sud). Interventi di banchinamento (lato laguna);
17. Chioggia. Ristrutturazione delle rive delle isole dell'Unione e Buon castello;
18. "Insula" di Chioggia - Rialzo di fondamenta S. Domenico;
19. "Insula" di Chioggia. Rialzo delle rive e della pavimentazione in piazza Vigo e in piazzetta S. Croce; restauro conservativo e consolidamento del ponte di Vigo;
20. "Insula" di Chioggia – Restauro, consolidamento e rialzo della fondamenta Lombardo interno e adeguamento delle soglie al piano terra;
21. "Insula" di Chioggia". Ricostruzione di rive nel quartiere Borgo San Giovanni e interventi di riqualificazione urbana nel quartiere Tombola – Sacca San Francesco;
22. Chioggia. Sistemazione del Ponte Lungo;
23. Chioggia. Interventi di riqualificazione urbana nell'area del bacino interno del Lusenzo;
24. Chioggia. Ristrutturazione sponde canale Fossetta.

Difesa dalle mareggiate

1. Litorale di Jesolo. Interventi di rinforzo e riqualificazione urbana;
2. Litorale di Pellestrina. Attività specialistiche per il miglioramento ambientale della parte sommersa e della parte emersa della nuova spiaggia;
3. Litorale di Pellestrina. Realizzazione di accessi attrezzati alla nuova spiaggia;
4. Litorale di Pellestrina. Interventi per il restauro del murazzo di Caroman (lato laguna);
5. Armaura delle foci dei fiumi Brenta e Adige (interventi stagionali);
6. Litorale di Isola Verde. Interventi di rinforzo e opere complementari.

Riequilibrio ambientale

1. Laguna nord. Interventi per il recupero morfologico e la vivificazione dell'area lagunare presso l'isola di Santa Cristina;
2. Laguna nord. Protezione, tutela e recupero di barene in località Tessera;
3. Laguna nord. Protezione, tutela e recupero di barene in palude dei Laghi (progetto "Life");

4. Laguna nord. Ripristino e protezione di barene e bassi fondali in erosione (secondo ciclo);
5. Laguna centrale. Messa in sicurezza e sistemazione ambientale dell'ex discarica delle barene del Passo a Campalto;
6. Laguna nord. Interventi per il recupero dell'isola di San Giacomo in paludo;
7. Porto Marghera. Dragaggio selettivo di sedimenti inquinati dal canale Industriale nord (seconda fase);
8. Porto Marghera. Sistemazione e messa in sicurezza sponde del canale Industriale sud;
9. Laguna centrale. Ricalibratura dei canali S. Spirito, Rezzo e Fasiol;
10. Laguna centrale. Interventi per il recupero dell'isola di Poveglia;
11. Laguna centrale. Ricostruzione di ulteriori barene a sud della cassa di colmata D/E;
12. Laguna sud. Realizzazione di cordoni sabbiosi tra punta Vecia e valle Millecampi, a protezione delle barene in erosione (primo stralcio);
13. Laguna sud. Dragaggio del canale S. Antonio a Pellestrina, dalla bocca di Malamocco a Caroman;
14. Chioggia. Interventi complementari per la messa in sicurezza ex discarica di Val da Rio;
15. Chioggia. Opere per la regolazione delle acque scolanti in laguna attraverso la botte delle Tresse;
16. Chioggia. Realizzazione di un sistema sperimentale di fitobiodepurazione sul canale Novissimo, ramo abbandonato.