

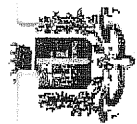


# CITTÀ' di PESCARA

Nuovo Piano Regolatore Portuale di Pescara, - indirizzi di pianificazione

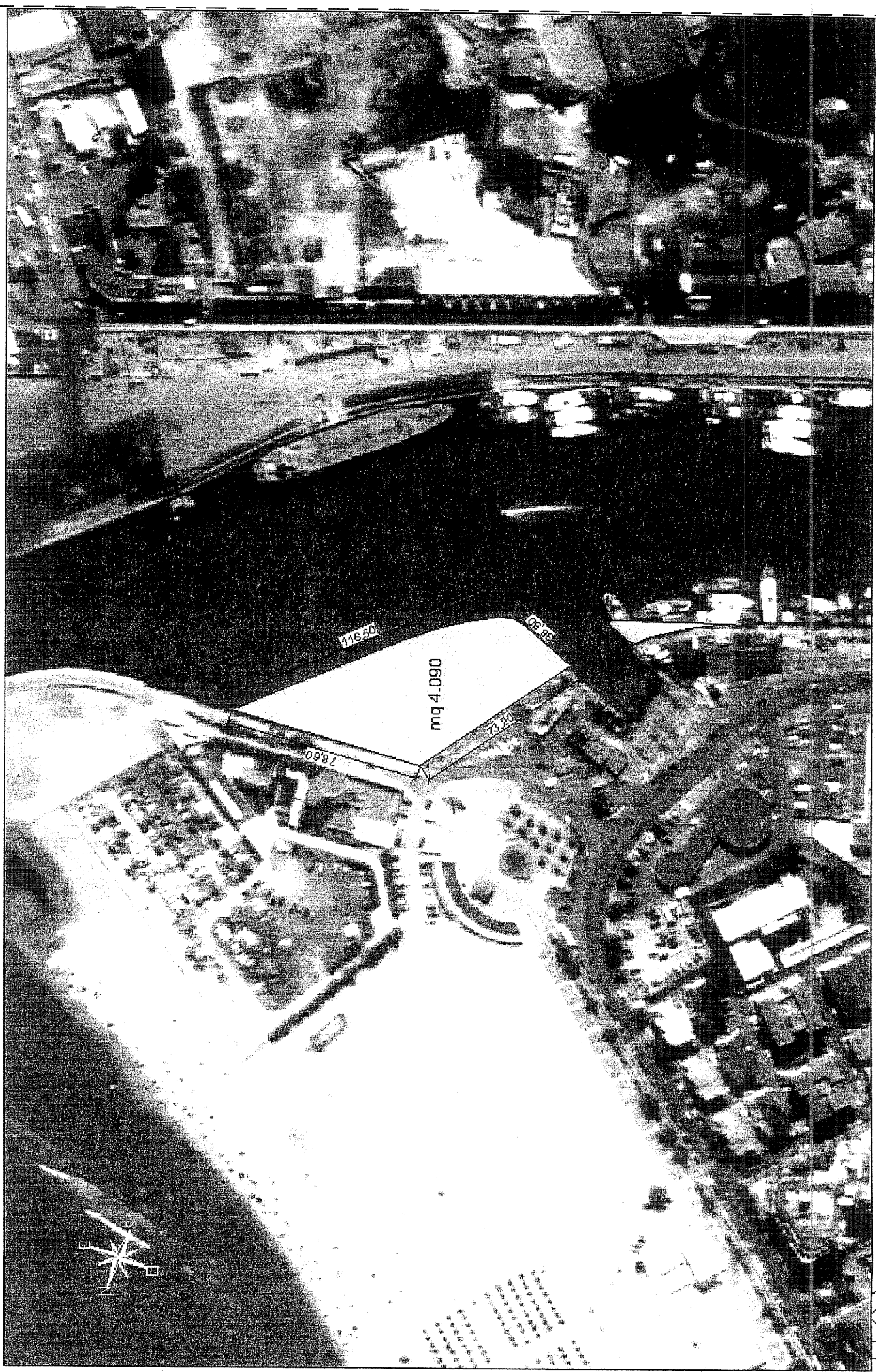
Pescara  
Città Vicina





# CITTÀ di PESCARA

Nuovo Piano Regolatore Portuale di Pescara - indirizzi di pianificazione



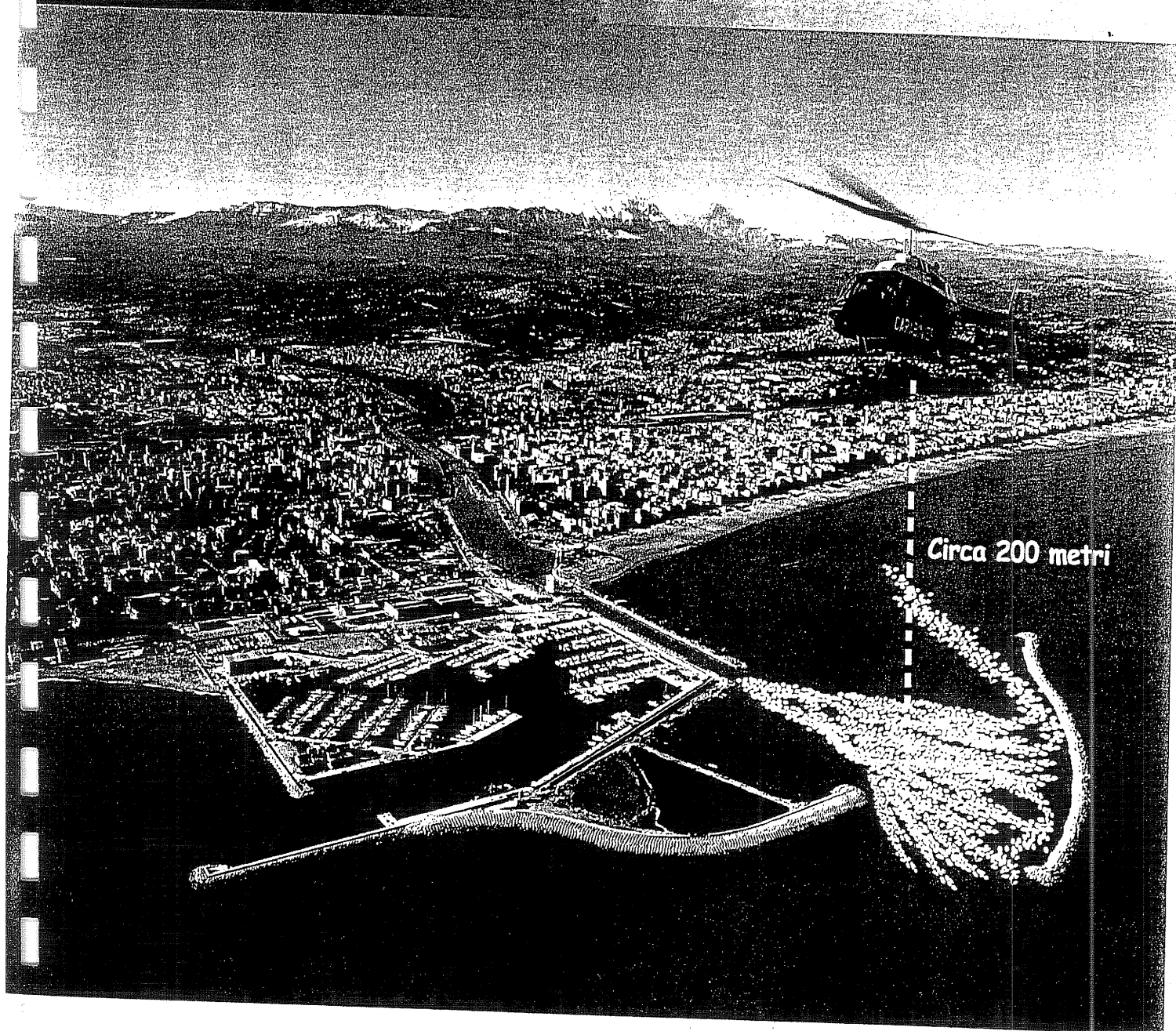
Area Tecnica Urbanistica - Settore Programmazione del Territorio - Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi



**APAT**

Agenzia per la protezione dell'ambiente  
e per i servizi tecnici

rw. (3)  
All. (3)



# ***OTTIMIZZAZIONE DEL DEFLUSSO FLUVIALE NELL'AREA PORTUALE DI PESCARA.***

*Attività diagnostiche e modellistiche dell'APAT*

Rapporto tecnico-scientifico APAT

Dicembre 2005

## **Responsabili**

*Francesco Lalli<sup>1</sup>, Stefano Corsini<sup>2</sup>, Franco Guiducci<sup>3</sup>*

## **Collaboratori**

*Claudio Cerri<sup>2</sup>, Massimo Falchi<sup>1</sup>, Iolanda Lisi<sup>2</sup>, Lorenzo Morra<sup>2</sup>*

## **Esperti esterni**

*Giovanni Paolo Romano<sup>4</sup>, Roberto Verzicco<sup>5</sup>*

## **Fotografia**

## **Elaborazione Grafica**

*Paolo Orlandi<sup>3</sup>*

*Franco Iozzoli<sup>3</sup>*

- 1) APAT, Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale, Servizio di Metrologia Ambientale
- 2) APAT, Dipartimento Tutela delle Acque Interne e marine, Servizio Difesa delle Coste
- 3) APAT
- 4) Dipartimento di Meccanica e Aeronautica, Università di Roma La Sapienza
- 5) Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Gestionale del Politecnico di Bari

## 1. GENERALITA'

Negli ultimi anni l'APAT ha svolto studi approfonditi riguardanti gli aspetti ambientali del porto di Pescara. La presentazione e discussione pubblica del rapporto tecnico-scientifico *"Analisi delle interazioni tra deflusso fluviale e opere marittime nel porto di Pescara: indagini sperimentali, simulazioni numeriche, osservazioni in campo"*, tenuta a Roma il 23/11/2004, ha dato luogo ad ulteriori indagini finalizzate ad individuare ipotesi di intervento, grazie all'apprezzamento e alla fiducia riposta da parte del Ministro dell'Ambiente e Tutela del Territorio On. Altero Matteoli e del Sottosegretario del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti On. Nino Sospiri, presenti alla discussione.

E' stata quindi effettuata una serie di prove presso il laboratorio di fluidodinamica dell'Agenzia su modello fisico del porto di Pescara in scala 1:1000. Gli esperimenti hanno fornito indicazioni qualitative ma determinanti per la definizione preliminare di soluzioni in grado di mitigare o risolvere il problema ambientale del litorale di Pescara. Sono state infatti ipotizzate e provate più soluzioni e sono state individuate quelle più efficienti che sono state quindi ordinate in funzione del tempo di realizzazione, secondo un percorso che prevede la possibilità di interventi progressivi e coerenti.

I risultati degli studi e le soluzioni proposte vengono descritti in dettaglio nel rapporto tecnico-scientifico APAT *"Dispersione del deflusso fluviale nell'area portuale di Pescara: proposte preliminari di intervento"*, presentato a Pescara in data 8/8/2005 nell'ambito di una conferenza stampa organizzata dal Sottosegretario di Stato On. Nino Sospiri.

Gli esperimenti svolti presso il laboratorio di fluidodinamica dell'APAT, pur avendo fornito indicazioni preliminari utili e significative, che hanno consentito una prima selezione nell'ambito delle possibili ipotesi di intervento, non possono essere considerati sufficienti per valutazioni comparative esaurienti e definitive in merito alle ipotesi formulate. Infatti, negli esperimenti realizzati viene simulata l'interazione tra deflusso fluviale e opere marittime, tenendo conto degli effetti della stratificazione salina (ciò costituisce l'aspetto innovativo del lavoro svolto dall'APAT), ma viene fornito un quadro solo qualitativo; ad esempio, le osservazioni effettuate non consentono di calcolare le quote di portata fluviale distribuite tra le due imboccature del porto. Inoltre, gli esperimenti sono stati svolti trascurando la eventuale presenza di forzanti meteo-marine. Questa approssimazione risulta solo in parte giustificata dalla elevata energia cinetica della corrente del fiume in prossimità della foce, anche perché ciò risulta vero nello studio del campo idrodinamico all'interno dell'avamporto, mentre l'efficienza del deflusso attraverso un'apertura della diga, allorché gran parte dell'energia cinetica della foce risulta ormai dissipata, dipende molto dalle condizioni esterne. Non va dimenticato inoltre che le condizioni idrodinamiche di lay-out per gli esperimenti necessitano di conferme tramite misure in campo e, infine, la realizzazione di aperture di notevoli dimensioni nella diga foranea richiede accurate valutazioni sulla penetrazione del moto ondoso all'interno del porto, mediante studi su modello fisico in un laboratorio che consenta la realizzazione di modelli in scala opportuna.

Ai fini di un esame completo delle ipotesi proposte si ritengono pertanto necessari ulteriori studi. Tra le attività di carattere diagnostico che si ritiene opportuno intraprendere, particolare rilevanza assumono le campagne di osservazione e misura in campo e le attività di simulazione, sia con modelli di natura teorico-numerica che sperimentale.

### 1.1 Campagne di osservazione e misura in situ (in collaborazione con ARTA e Regione Abruzzo)

1. correntometria fluviale e marittima con tecniche non intrusive di tipo ottico (Particle Image Velocimetry e Particle Tracking Velocimetry, in collaborazione con il Dipartimento di Meccanica e Aeronautica della Sapienza di Roma)
2. correntometria fluviale e marittima con tecniche standard;
3. stratificazione termica e salina alla foce e nell'area portuale;

4. dati batimetrici;
5. contenuto e distribuzione dei sedimenti in sospensione;
6. qualità delle acque in prossimità della foce;
7. portate del fiume, dati di vento e livelli marini.

In appendice A vengono sinteticamente descritte le misure di cui al punto 1, prevalentemente finalizzate alla validazione del modello teorico numerico 3D di seguito descritto, mentre le rimanenti voci, prevalentemente finalizzate a formare un quadro di riferimento generale delle forzanti meteo-marine presenti, vengono illustrate nell'appendice B. Tali misure consentiranno di individuare le condizioni critiche da impiegare nelle verifiche su modello fisico e teorico-numerico, attraverso revisione e aggiornamento degli studi dei venti, correnti, onde, portata fluviale, batimetria, sedimentologia, materiale in sospensione, diffusione, ecc. (analisi stagionale e annuale).

### 1.2 Simulazioni con modello teorico-numerico 3D (in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Gestionale del Politecnico di Bari)

Tali calcoli verranno svolti tenendo conto:

1. della topografia del fondale marino e della geometria delle opere marittime in prossimità della foce fluviale;
2. delle condizioni di stratificazione misurate;
3. di differenti portate del fiume e della differente diffusione di temperatura, sedimenti, inquinanti, etc.
4. delle condizioni di criticità individuate nell'analisi dei dati, ottenuti dalle campagne di misura in situ, relativi alle forzanti meteo-marine;

e saranno finalizzati alla ulteriore verifica e ottimizzazione delle soluzioni individuate. Le caratteristiche del modello sono brevemente descritte nell'appendice A.

### 1.3 Attività sperimentale in laboratorio marittimo

Tali esperimenti saranno finalizzati alla verifica su modello fisico in scala opportuna del progetto preliminare presso un laboratorio dotato di attrezzature delle dimensioni adeguate e della necessaria esperienza di settore per la generazione e misura di onde e correnti (appendice C).

## **2. PROGRAMMA DI LAVORO**

### Fase 1: medio termine (mesi 6-8)

1. Eseguire le campagne di misura in situ .
2. Individuare le condizioni critiche da impiegare nelle verifiche su modelli attraverso la revisione e aggiornamento degli studi dei venti, correnti, onde, portata fluviale, batimetria, sedimentologia, materiale in sospensione, diffusione, ecc.;
3. svolgimento di prove e misure nel laboratorio di idraulica APAT in presenza di stratificazione, allo scopo di testare e validare il modello numerico impiegato anche ai fini della sua acquisizione da parte dell'Agenzia.
4. Verifiche su modello numerico da parte APAT, della/e soluzioni individuate e ottimizzazione della/e stesse.
5. Individuazione e progettazione preliminare della soluzione definitivamente selezionata.

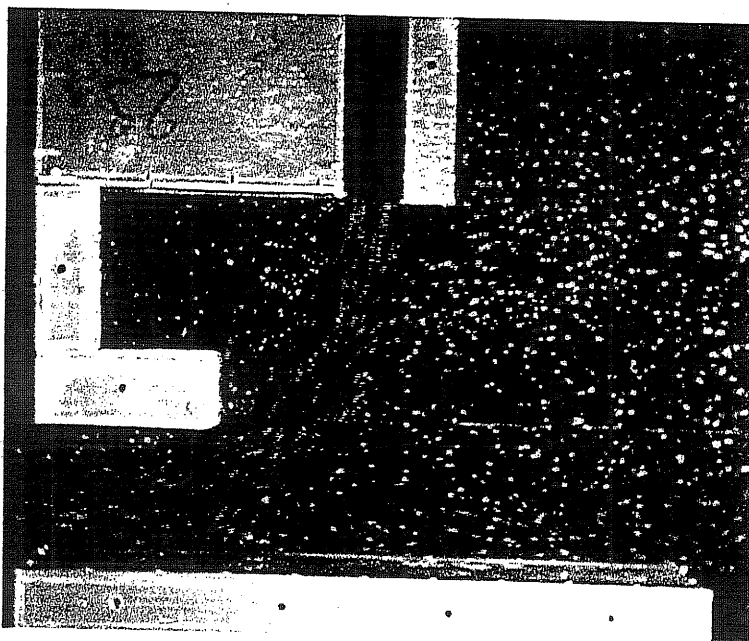
## Fase 2: lungo termine (mesi 12 e oltre)

1. Proseguire le campagne di misura intraprese nella FASE 1 ai fini dell'analisi stagionale e annuale.
2. Ulteriori verifiche su modello numerico (tenendo conto delle eventuali forzanti esterne caratterizzate mediante le campagne di misura in situ).
3. Verifica su modello fisico in scala opportuna del progetto preliminare presso un laboratorio dotato di attrezzature delle dimensioni adeguate e della necessaria esperienza di settore per trattare fenomeni di propagazione ondosa e diffusione in presenza di fluidi a diversa densità.
4. Eventuali correzioni ai progetti preliminari.

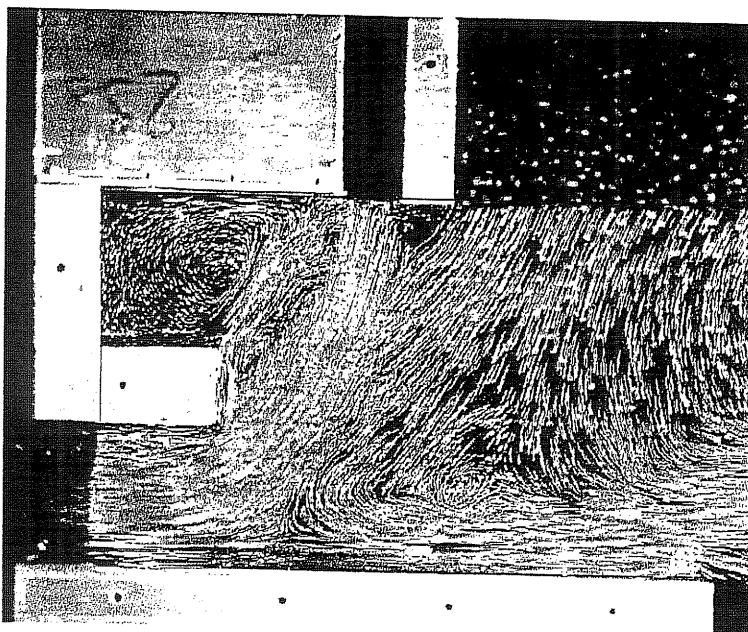
## APPENDICE A

### *MISURE IN CAMPO CON TECNICHE OTTICHE/ SVILUPPO DI UN MODELLO TEORICO-NUMERICO 3D*

La misura in situ del campo di velocità sulla superficie del corpo idrico può essere ottenuta applicando le metodologie già utilizzate presso il laboratorio di fluidodinamica APAT (fig. A1, A2, A3). La figura A1 mostra l'immagine istantanea direttamente ottenuta dalle riprese del moto di particelle di legno, trasportate dal getto fluviale riprodotto in laboratorio.

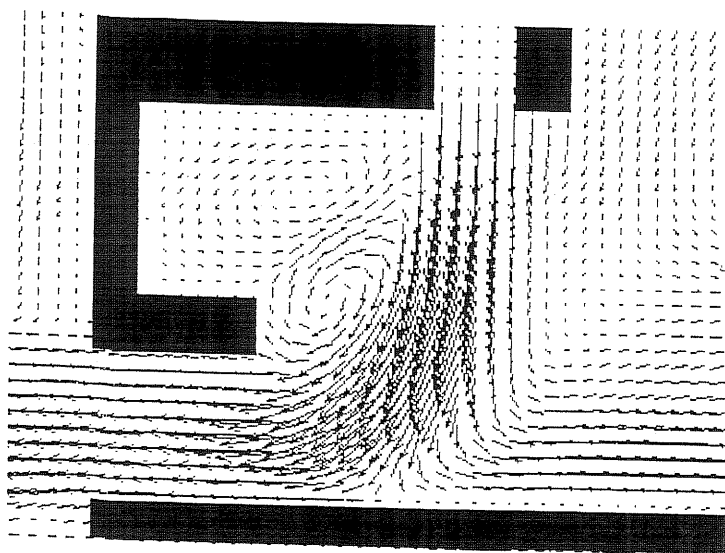


*Figura A1: immagine ottenuta nel laboratorio di fluidodinamica APAT:  
particelle di legno trasportate dal getto fluviale.*



*Figura A2: Particle Tracking Velocimetry: linee di flusso istantanee ottenute  
da elaborazione dell'immagine rappresentata in figura 1.*

L'immagine successiva (figura A2) è frutto di elaborazione mediante tecniche Particle Tracking Velocimetry, e descrive il campo di velocità mediante le traiettorie istantanee.



*Figura A3: Distribuzione del campo medio di velocità, ottenuta da ulteriore elaborazione dell'immagine di figura 1 (Particle Image Velocimetry).*

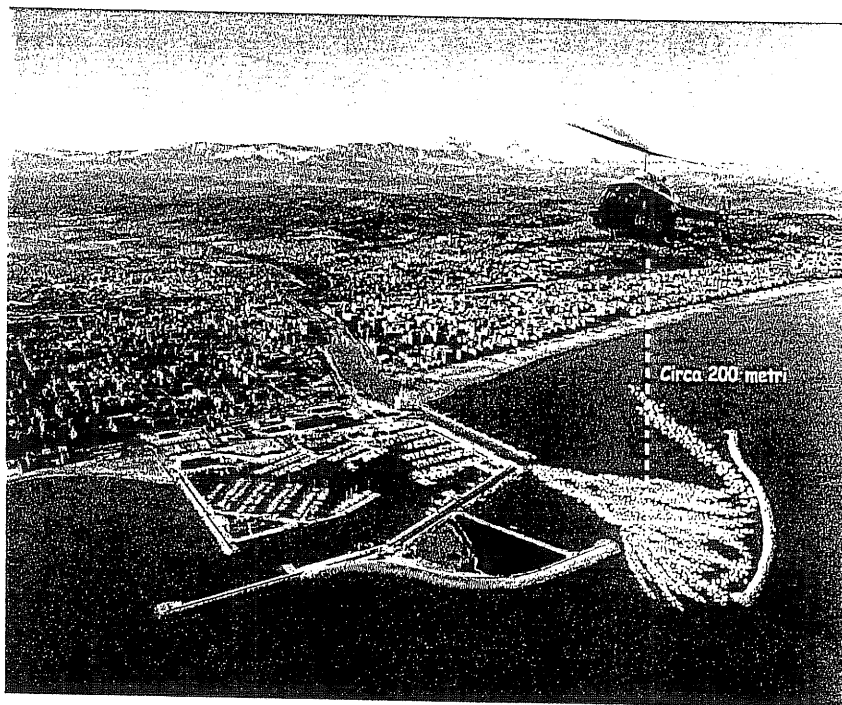
La figura A3 descrive infine il risultato che si ottiene in termini di distribuzione delle velocità medie, mediante ulteriore elaborazione del filmato originale (Particle Image Velocimetry). L'enorme vantaggio di queste tecniche ottiche è quello di consentire la misura di campi di velocità (sul piano orizzontale) in ampie zone mediante una sola ripresa (tecniche multi-point).

E' possibile realizzare questo tipo di misura in campo effettuando riprese da un elicottero. Naturalmente è necessario disporre di un apparecchio in grado di rimanere in posizione di hovering per il tempo necessario (circa 15 min). Per quanto riguarda l'inseminazione del flusso, effettuata in laboratorio mediante particelle di legno, si può pensare all'utilizzo di palloni sonda (opportunamente zavorrati in maniera da rimanere parzialmente immersi) di adatte dimensioni, legate alla scala dello studio che si intende svolgere: nel caso in esame, con un campo di indagine di ampiezza pari a circa 1 km, si può pensare ad un diametro di circa 50 cm.

In generale, misure di questo tipo sono significative in tutti i casi in cui interessa conoscere l'andamento di correnti di superficie di modesto spessore; caso tipico è costituito dalle foci dei fiumi, in cui la presenza del galleggiamento dovuto alla salinità garantisce il mantenimento del carattere superficiale delle correnti relative all'effluente.

Il fotomontaggio di fig. A4 offre una visualizzazione della procedura proposta: i palloni sonda, inseriti nel fiume in prossimità della foce, opportunamente zavorrati in maniera da assicurare un movimento solidale con le correnti superficiali, vengono dispersi nella zona antistante la foce e ripresi nel loro movimento da una telecamera posta sull'elicottero, posto ad una quota tale da assicurare la mancanza di interferenze tra la superficie del mare e i vortici generati dal rotore. Nella figura 4A, per dare maggiore risalto al sistema di visualizzazione delle velocità, è stato utilizzato un numero molto elevato di sonde.

Questi dati riguardanti il campo di velocità superficiale sono interessanti e utili di per sé, in quanto forniscono indicazioni sulla diffusione delle acque fluviali nella zona costiera, e costituiscono altresì un importante strumento per la validazione dei modelli numerici. Tali modelli consentono di verificare con relativa rapidità, e senza dover costruire un modello fisico, la validità o meno di particolari interventi risolutivi, il comportamento del sistema in particolari condizioni meteorologiche, fluviali o marine oltre che l'impatto che alcuni interventi hanno sulla modifica delle correnti marine a livello locale e quindi sugli effetti a lungo termine sulla costa.



*Figura A4: Riprese in campo da un elicottero in posizione di hovering: correnti superficiali evidenziate mediante palloni-sonda.*

I modelli numerici possono essere utilizzati a vari livelli di risoluzione che comportano sia differenti livelli di dettaglio della porzione di costa analizzata (da qualche chilometro nell'intorno della foce del fiume fino all'intero mare Adriatico) sia diverse procedure di modellazione delle fenomenologie idrodinamiche.

In particolare, nel presente studio si intende mettere a punto un modello teorico-numerico 3D in grado di descrivere geometrie comunque complesse nell'ambito della Large Eddy Simulation. Le equazioni di conservazione della massa, dell'energia e di bilancio della quantità di moto vengono espresse in termini di variabili primitive e discretizzate tramite una griglia di tipo "staggered". La descrizione delle geometrie complesse viene effettuata tramite il metodo delle "immersed boundaries", che consente l'utilizzo di un sistema di coordinate cartesiane. Il modello descritto consente di svolgere verifiche quantitative in merito alle ipotesi progettuali proposte, potendone verificare, in particolare, il funzionamento nelle condizioni maggiormente avverse per evidenziare eventuali criticità e aspetti ulteriormente migliorabili.

## APPENDICE B

### MISURE IN CAMPO CON TECNICHE STANDARD

#### 1.1 Metodologia d'indagine

Si ritiene opportuno effettuare N° 6 campagne di misure, una per ogni stagione e due in concomitanza di massime portate fluviali del Pescara.

L'area interessata dalle campagne è stata suddivisa in due zone:

- Zona 1, o zona critica, localizzata in prossimità della foce del fiume Pescara, avente un'area pari a circa 1 Km<sup>2</sup>.
- Zona 2 lungo la direzione Nord-Ovest fino ad una distanza, dalla zona 1, pari a 1,5 Km.

La modalità di effettuazione delle misure sarà a maglia quadrata, 100m X 100m, per la zona critica con stazione di misura presso i nodi di tale maglia (lungo il perimetro i punti di campionamento avranno una distanza pari a 200m anziché 100m) e secondo otto transetti, ognuno con tre stazioni di misura, perpendicolari alla linea di costa per la zona 2.

Sono stati inoltre individuati altri cinque punti di misura dei quali quattro hanno funzione principale di controllo in condizioni indisturbate e uno è localizzato in corrispondenza della foce del fiume Pescara. Per un corretto monitoraggio sono stati individuati tre compartimenti di campionamento:

- ✓ Acqua, variabili da misurare: salinità, clorinità, pH, nutrienti, DOC, tracce di metalli, PAHs, PCBs...
- ✓ Materiale in sospensione (SPM), variabili da misurare: caratteristiche chimico-fisiche, tracce di metalli...
- ✓ Sedimenti, variabili da misurare: caratteristiche chimico-fisiche, tracce di metalli, PAHs, PCBs.

Di seguito viene riportato l'elenco delle variabili di interesse per lo studio:

#### Compartimento acqua: Variabili chimico-fisiche

	Simbolo	Unità di misura
Salinità	S	10 <sup>-3</sup>
Clorinità	Cl	10 <sup>-3</sup>
Temperatura	T	°C
Penetrazione della luce (disco Secchi)	-	m
Torbidità	-	%
Ossigeno disciolto	O <sub>2</sub>	mg/l
pH	-	-
Concentrazione nutrienti		μM
Nitriti	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
Nitrati	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	
Ammoniaca	NH <sub>4</sub>	
Fosfati	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	
PCBs	-	ng/l
PAHs	-	μg/l

### Compartimento Seston: Variabili chimico-fisiche

	Simbolo	Unità di misura
Particolato sospeso	SPM	mg/l
Pigmenti		
clorofilla a	Chl.a	mg/l
clorofilla b	Chl.b	mg/l
Sedimenti (< 63)		
Carbonio organico particolato	POC	mg/kg
Azoto organico particolato	DON	mg/kg
Fosforo organico particolato	POP	mg/kg

### Compartimento Sedimenti: Variabili chimico-fisiche

	Simbolo	Unità di misura
Granulometria	-	%
Composti organoclorurati	DDT	mg/kg
Metalli Pesanti*		mg/kg
Idrocarburi policiclici aromatici	PAHs	µg/kg
Carbonio organico totale	-	mg/kg
PCBs	-	ng/kg

Tabella 2 Variabili oggetto di analisi nei vari comparti ambientali

\* Hg, Cd, Cr, Pb, Zn, Cu, V, As, Ni, Al e Fe+

Le analisi in laboratorio sui campioni dovranno essere effettuate seguendo le "Metodologie analitiche di riferimento" preparate da ICRAM e APAT.

Saranno inoltre effettuate, in ciascuna stazione, misure dei profili verticali delle correnti utilizzando un correntometro del tipo ADSP. Saranno inoltre posizionati due ulteriori correntometri fissi (indicati nella figura 7.1 con i numeri 1 e 2) per la misurazione delle correnti in condizioni undisturbate.

La fase di acquisizione dati comporta l'impiego e l'installazione di un sistema integrato SONAR-GPS ad alta risoluzione e composto dai seguenti elementi:

- Modulo Sonar
- Sonar con sostegno in acciaio e cavo di scambio dati
- Gps

Il sonar dovrà essere in grado di acquisire dati di profondità con la precisione di +/- 5cm, mentre il GPS dovrà associare un preciso posizionamento dei punti stessi con una stima dell'errore dinamico inferiore a +/- 1m.

Le misure raccolte sul campo saranno integrate dalle informazioni meteorologiche (direzione ed intensità del vento; pressione, umidità e temperatura atmosferica; radiazione solare) misurate dalla stazione regionale.

Ciascuna campagna di misure dovrà essere completata in un'unica giornata, o comunque nel minor tempo possibile, in modo da garantire l'omogeneità dei dati acquisiti. A tale scopo, dato il numero elevato delle stazioni da monitorare, è previsto l'impiego di due imbarcazioni.

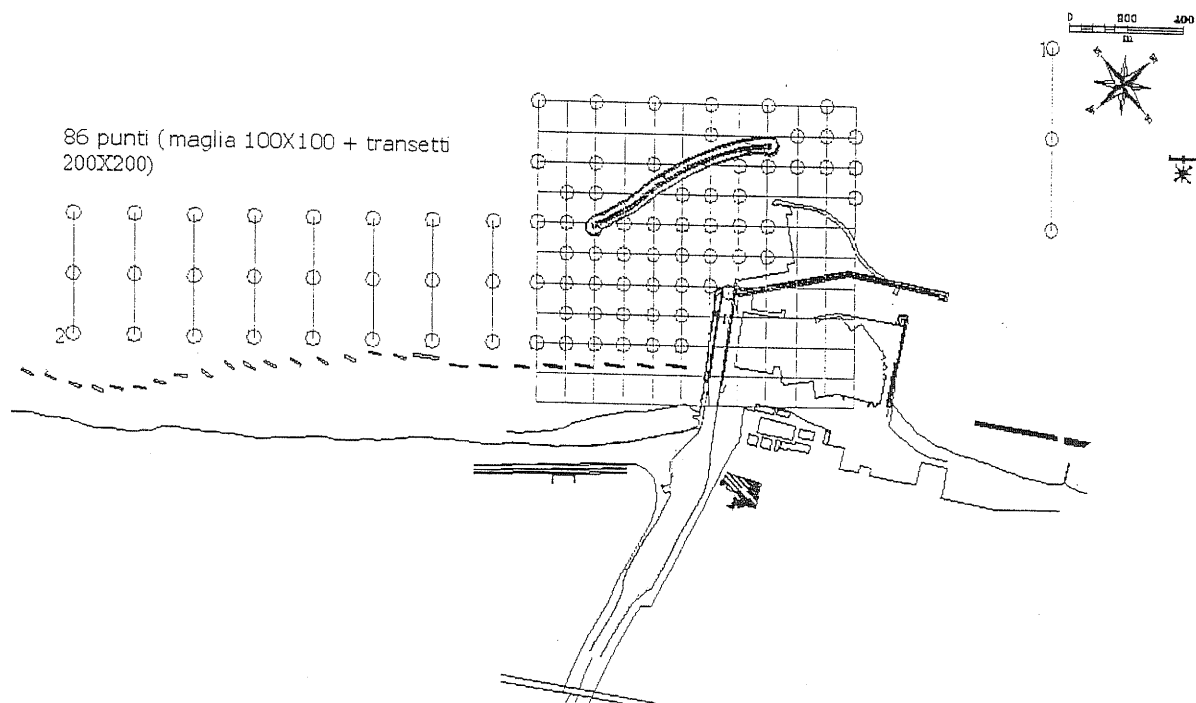


Figura B.1: griglia di campionamento

## B.2 Rilievi batimetrici

I rilievi batimetrici sono da concentrare nel tratto di mare comprendenti le zone critiche 1 e 2, come precedentemente descritte, per un tratto di costa che si estende per circa 2,7 km.

I transetti costa-largo dovranno essere perpendicolari alla linea di riva e distanti tra loro circa 25 m all'interno della zona critica e 50 m all'interno della zona 2. La massima profondità indagata durante i rilievi sarà di 10 m, ritenuta il limite esterno oltre il quale i fondali non risentono più in modo significativo degli effetti del moto ondoso.

Le campagne di misura stagionali consentiranno la successiva rappresentazione dei profili di spiaggia e della variazione stagionale dei fondali. Le campagne da effettuarsi dopo condizioni di massima portata fluviale del fiume Pescara, invece, permetteranno di stimare il rapporto tra l'intensità di eventi di portata significativa ed i cambiamenti morfologici della spiaggia sommersa.

Durante la fase di acquisizione dei profili batimetrici, Sonar e GPS dovranno essere controllati da un modulo elettronico che consenta di correggere istantaneamente gli errori sulla profondità causati dal *pitch* e *roll* dell'imbarcazione dovuto al movimento delle onde in superficie, grazie ad trasduttore di pressione (PT) nel modulo elettronico stesso. Il Modulo Sonar dovrà essere dotato di software di settaggio per impostare i range di acquisizione e la profondità di pescaggio del sonar e l'altezza di marea, in modo tale da fornire dei dati di output già pronti al filtraggio ed all'elaborazione. Dovranno essere acquisiti in tempo reale:

### Data

Ora, legale e di Greenwich espressa in ore 0-24 e decimali

Latitudine e Longitudine, in coordinate geografiche ed UTM

Profondità, profondità rilevata dal sonar, profondità corretta di *pitch & roll*, profondità corretta dal pescaggio del sonar e profondità corretta con la marea.

I rilievi batimetrici, da utilizzare per l'analisi statistica delle variazioni morfologiche dei fondali, sono concentrati nel tratto di mare comprendenti le zone critiche 1 e 2, come precedentemente descritte, per un tratto di costa che si estende per circa 2,7 km.

I transetti costa-largo dovranno essere perpendicolari alla linea di riva e distanti tra loro circa 25 m all'interno della zona critica e circa 50 m all'interno della zona 2. La massima profondità indagata durante i rilievi sarà di 10 m, ritenuta il limite esterno oltre il quale i fondali non risentono più in modo significativo degli effetti del moto ondoso.

Le sezioni di scandagliamento dovranno essere effettuate con imbarcazione che si muova a velocità costante, lungo rotte rettilinee, ad una velocità non superiore ai 3 nodi. Il fuori rotta massimo consentito è di 5 metri e la strisciata di scandagliamento lungo la rotta stabilita dovrà essere continua. In fase di elaborazione, i punti fuori rotta dovranno essere proiettati sulla rotta correggendone le distanze progressive.

Il rilievo dovrà essere eseguito a mare completamente calmo ed in assenza di vento.

Durante la fase di acquisizione dei profili batimetrici, Sonar e GPS dovranno essere controllati da un modulo elettronico che consenta di correggere istantaneamente gli errori sulla profondità causati dal *pitch* e *roll* dell'imbarcazione dovuto al movimento delle onde in superficie, grazie ad un trasduttore di pressione (PT) nel modulo elettronico stesso. Il Modulo Sonar dovrà essere dotato di software di settaggio per impostare i ranges di acquisizione e la profondità di pescaggio del sonar e l'altezza di marea, in modo tale da fornire dei dati di output già pronti al filtraggio ed all'elaborazione.

La taratura degli strumenti dovrà essere effettuata almeno all'inizio, nella fase centrale ed alla fine di ogni giorno di rilievo. I protocolli relativi alle fasi di taratura, con la data e l'ora delle operazioni, dovranno essere consegnati.

Le registrazioni grafiche delle strisciate di scandagliamento dovranno riportare le seguenti indicazioni:

- Numero della sezione
- Data e ora di inizio e fine sezione
- Marker di posizionamento numerati almeno uno ogni 2 minuti.
- Scala grafica usata
- Eventuali variazioni della velocità della barca
- Eventuali passaggi su scie o onde provocate da natanti in zona
- Velocità della carta adottata
- Immersione del trasduttore e sue eventuali variazioni
- Velocità strumentale adottata (velocità del suono)

Dovrà inoltre essere consegnato l'elenco in coordinate e la restituzione planimetrica dei punti nave rilevati, con numerazione corrispondente a quella dei marker di posizionamento sulla striscia. Le stazioni di misura sono quelle indicate in figura B.1.

### B.3 Comparto sedimento: prelievo dei campioni

Lo studio e l'analisi delle caratteristiche chimiche e fisiche dei sedimenti riveste una notevole importanza nella valutazione dell'ambiente marino. I sedimenti, infatti, possono svolgere un ruolo di trasporto diretto dei contaminanti e possono inoltre fungere da ricettacolo transitorio e definitivo degli stessi. Inoltre l'analisi granulometrica costituisce una ulteriore prova delle velocità delle correnti nel punto indagato.

I sedimenti superficiali di fondo verranno prelevati mediante l'utilizzo di una benna Van-Veen calata mediante un verricello.

La formazione dei campioni avverrà prelevandoli dalla benna con una spatola di acciaio al fine di evitare un'eventuale contaminazione. I campioni dovranno poi essere omogeneizzati e successivamente conservati in appositi barattoli, etichettati, datati e conservati, in funzione delle successive analisi secondo quanto descritto nella tabella 2, secondo le seguenti modalità:

- Granulometria: I campioni, contenenti un volume di sedimento di circa 50 cm<sup>3</sup>, devono essere conservati in contenitori di plastica o vetro a temperatura ambiente fino all'arrivo in laboratorio, dove devono essere conservati a +4°C.
- Composti organoclorurati: Si prelevano campioni omogenei, che devono essere conservati entro fogli di alluminio decontaminati alla temperatura di -20°C.
- Metalli pesanti: I campioni (circa 20g) devono essere conservati ad una temperatura inferiore a 4°C in barattoli di polietilene decontaminati.
- Idrocarburi policiclici aromatici: I campioni (circa 50g) devono essere conservati alla temperatura di -20°C in barattoli di polietilene decontaminati.
- Carbonio organico particolato: I campioni, raccolti in barattoli di polietilene puliti e pre-pesati, devono essere immediatamente congelati a -20°C.
- Policlorobifenili: I campioni (circa 50g) devono essere conservati alla temperatura di -20°C in barattoli di polietilene decontaminati. Nella formazione del campione è preferibile prendere la parte centrale del materiale raccolto con la benna perché tale parte non viene a contatto con l'aria.

Sui valori dei parametri così ottenuti dovrà poi essere effettuata un'analisi statistica, un successivo trattamento dei dati e una rappresentazione della distribuzione stagionale dei parametri.

#### B.4 Comparto acqua

##### B.4.1 Misure CTD e fluorescenza

In ogni stazione di misura verranno effettuate misure di temperatura, conducibilità e profondità (CTD) utilizzando una sonda multiparametrica Idronaut che azionata da un verricello, verrà calata sulla verticale. La velocità di discesa dovrà essere adeguata alla capacità temporale di acquisizione dei parametri ideologici ed alla trasmissione in tempo reale dei dati. Per un corretto calcolo dei valori di salinità bisogna assicurarsi che i sensori di temperatura e conducibilità abbiano lo stesso tempo di reazione, che siano posizionati nello stesso punto e che la sonda venga calata ad una velocità non superiore a 50 cm/s. In superficie e sul fondo la sonda dovrà essere lasciata per un tempo maggiore al fine di stabilizzare la misura di pH e ossigeno. Dalle misurazioni di temperatura e salinità (ricavata dai valori di conducibilità), conoscendo le profondità, sarà così possibile ottenere una stima della densità lungo tutta la colonna d'acqua.

Abbinati alla sonda multiparametrica Idronaut verranno utilizzati un fluorimetro per la misura della concentrazione di clorofilla "a" mediante metodo fluorimetrico in vivo ed un trasmissometro per la misura della torbidità lungo la colonna d'acqua.

I dati trasmessi via cavo dovranno essere visualizzati su computer sia in forma numerica che grafica, registrati su disco e tabulati su stampante.

La taratura della strumentazione verrà fatta mediante l'analisi dei parametri nei campioni prelevati *in situ* seguendo la metodologie descritte nei paragrafi successivi.

##### B.4.2 Prelievo di campioni d'acqua

I campioni di acqua, dove verranno effettuate le analisi proposte in tabella 2, dovranno venire prelevati per ognuno dei punti di campionamento indicati in figura 1, a tre diverse profondità lungo la colonna d'acqua:

- Acque di superficie, ponendo attenzione ad effettuare il prelievo del campione d'acqua all'interno dello strato mescolato (sopra il termoclino);
- Acque di profondità intermedia;
- Nelle acque di fondo (a circa 0.5 m dal fondo).

Il campionamento dovrà essere effettuato con bottiglia Niskin (capacità 5 L) dotata di un sistema di apertura e chiusura attivabile alla profondità richiesta.

I campioni andranno prelevati nel minor tempo possibile secondo le modalità proposte in tabella 3, per l'analisi dei parametri chimici elencati nella stessa tabella (salinità, temperatura, penetrazione della luce e torbidità sono misurati seguendo altre metodologie). Tutti i recipienti di conservazione dovranno essere risciacquati almeno due volte con l'acqua della bottiglia Niskin prima di essere riempiti.

Parametri	Volume dei campioni - tipo di contenitore	Modalità di formazione dei campioni	Conservazione dei campioni
Clorinità	1 l-	Nessuna	I campioni devono essere conservati ad una temperatura di 4°C
Ossigeno disciolto	50 ml - 55 ml - contenitore di vetro	I campioni devono essere preparati subito dopo aver estratto la bottiglia Niskin e bisogna fare attenzione affinché l'acqua non venga a contatto con l'aria. A tal fine è necessario utilizzare un tubo di plastica chiaro per il travaso dell'acqua dalla bottiglia Niskin al contenitore del sottocampione.	I campioni devono essere conservati ad una temperatura di 4°C, al buio. Bisogna inoltre assicurarsi che i campioni siano perfettamente sigillati al fine di impedire all'aria di penetrarvi. Le analisi dovrebbero essere effettuate entro 10-12 h dalla formazione del campione.
PH	50 ml - 100 ml - contenitore di vetro	I campioni devono essere preparati subito dopo aver estratto la bottiglia Niskin perché il contatto dell'acqua con la CO <sub>2</sub> può falsificare le successive analisi. A tal fine è necessario utilizzare un tubo di plastica chiaro per il travaso dell'acqua dalla bottiglia Niskin al contenitore del sottocampione.	
Nitriti	Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile da 150 cm <sup>3</sup>	Il prelievo va effettuato direttamente dalla bottiglia di campionamento. Predispone l'apparato di filtrazione ponendo in esso un filtro in acetato di cellulosa da 0,45 µm, previamente lavato con 150-200 ml di acqua ultrapura; sciacquare l'apparato di filtrazione con 50-100 ml di acqua del campione; filtrare l'acqua per la formazione del campione.	Se l'analisi viene effettuata entro 2-3 ore dal prelievo il campione può essere conservato al fresco (circa 4°C) e al buio; viceversa, nel caso intercorra più tempo tra il prelievo e l'analisi, è necessario congelare il campione a -20°C. Per preservarlo da alterazioni chimiche è consigliabile conservare i campioni al buio.

Nitrati	Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile da 150 cm <sup>3</sup>	Stessa dei nitriti.	Se l'analisi viene effettuata entro 5-6 ore dal prelievo il campione può essere conservato al fresco (circa 4°C) e al buio; viceversa, nel caso intercorra più tempo tra il prelievo e l'analisi, è necessario congelare il campione a -20°C. Per preservarlo da alterazioni chimiche è consigliabile conservare i campioni al buio.
Ammoniaca	Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile da 150 cm <sup>3</sup>	Il prelievo va effettuato direttamente dalla bottiglia di campionamento come descritto per gli altri nutrienti. Adoperare la stessa metodica suggerita per gli altri nutrienti, stando bene attenti ad effettuare la filtrazione in ambiente pulito e lontano da fumi o altre sorgenti inquinanti.	I campioni dovrebbero essere analizzati il più presto possibile. Possono essere conservati in frigo a 4°C per circa 3 ore. Se le analisi vengono effettuate dopo tale tempo, è necessario congelare il campione a -20°C.
Fosfati	Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile da 150 cm <sup>3</sup>	Il prelievo va effettuato direttamente dalla bottiglia di campionamento senza filtrazione.	I campioni dovrebbero essere analizzati dopo la loro formazione, entro 2 ore ma se necessario possono essere conservati a 4°C, al buio. Per una conservazione di più lungo termine è necessario congelare il campione a -20°C.
PAHs	Bottiglia di vetro scura da 1l	Prelevare il campione direttamente dalla bottiglia di campionamento. Al fine di evitare di perdere i PAHs più volatili, i contenitori dei campioni dovrebbero essere riempiti completamente.	I campioni vanno conservati a 4°C, al buio. Preferibilmente i campioni dovrebbero essere analizzati entro le 24 ore dopo il campionamento.
PCBs	Bottiglia di vetro scura da 1l	Prelevare il campione direttamente dalla bottiglia di campionamento.	I campioni vanno conservati a 4°C, al buio. Preferibilmente i campioni dovrebbero essere analizzati entro le 24 ore dopo il campionamento.

Tabella 3. Variabili oggetto di analisi nel comparto acqua

#### B.4.3 Misure di torbidità

La torbidità è un utile indicatore della presenza di particolato sospeso, sia di origine organica che inorganica, nella colonna d'acqua. E' noto, inoltre, che gli inquinanti sono preferenzialmente associati a sospensioni sia organiche che inorganiche, le quali ne determinano il destino all'interno dell'ecosistema. È per questo che l'intorbidamento dell' acqua causato dalla presenza di solidi sospesi quali *sabbia, argilla, materiali organici e di rifiuto* può avere conseguenze piuttosto

rilevanti in natura: le particelle presenti in superficie possono assorbire calore causando un aumento di temperatura del corso d'acqua con la conseguente riduzione del livello di ossigeno disciolto; inoltre, la diminuita trasparenza delle acque ostacola il passaggio della luce limitando così l'attività fotosintetica degli organismi vegetali con ulteriore riduzione dell'ossigeno disciolto. La misura della torbidità è perciò di grande importanza nello studio e nel controllo dei processi di inquinamento nel sistema marino in generale.

Il metodo pratico di misura della torbidità indicato ai fini del presente studio è una sonda ottica subacquea su base fotometrica. La metodologia si basa sulla misura dell'intensità luminosa deviata da un campione d'acqua in funzione dell'angolo tra raggio di luce incidente e asse del rivelatore. In tal modo viene determinata la VSF (Volume Scattering Function). Questo è il metodo più completo che permette di ricavare sia la componente deviata che quella assorbita, quest'ultima come differenza tra l'intensità incidente e l'integrale sulla superficie sferica della componente deviata

### B.5 Comparto materiale in sospensione

La formazione dei campioni, per le analisi di cui alla tabella 2, verrà effettuata direttamente dalla bottiglia Niskin utilizzata per la formazione dei campioni d'acqua. Le modalità di formazione dei campioni che dovranno essere seguite sono quelle elencate nella seguente tabella.

Parametri	Volume dei campioni – tipo di contenitore	Modalità di formazione dei campioni	Conservazione dei campioni
SPM	1-2 l	I campioni devono essere preparati subito dopo aver estratto la bottiglia Niskin per evitare che vi sia deposizione del materiale che porti ad una sovrastima delle analisi e bisogna fare attenzione affinché l'acqua non venga a contatto con l'aria. A tal fine è necessario utilizzare un tubo di plastica chiaro (dotato di apposito filtro) per il travaso dell'acqua dalla bottiglia Niskin al contenitore del sottocampione.	I campioni devono essere conservati al buio ed a bassa temperatura.
Clorofilla a, b, c ed altri pigmenti	Almeno 1 l Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile	I campioni devono essere preparati subito dopo aver estratto la bottiglia Niskin e bisogna fare attenzione affinché l'acqua non venga a contatto con l'aria. A tal fine è necessario utilizzare un tubo di plastica chiaro (dotato di apposito filtro) per il travaso dell'acqua dalla bottiglia Niskin al contenitore del sottocampione. Prima di essere filtrato il campione deve essere prefiltrato attraverso un retino con maglia di 200 µm per rimuovere lo zooplancton ed il materiale più grossolano. La filtrazione deve essere fatta al più presto (< 4 ore dal prelievo del campione) con filtri a 0.45 µm.	I campioni devono essere conservati a -20 °C in assenza di luce. Bisogna inoltre assicurarsi che i campioni siano perfettamente sigillati al fine di impedire all'aria di penetrarvi. Alla fine della filtrazione i filtri dovranno essere prelevati con cura e messi in una soluzione di acqua ed acetone.

Sedimenti ( $< 63$ )	1-2 l  Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile	I campioni devono essere preparati subito dopo aver estratto la bottiglia Niskin per evitare che vi sia deposizione del materiale che porti ad una sovrastima delle analisi. Il prelievo va effettuato direttamente dalla bottiglia di campionamento senza filtrazione.	I campioni dovrebbero essere analizzati entro 6-12h. Devono essere conservati a basse temperature ed in assenza di luce.
POC	Almeno 1 l  Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile	Il campione va filtrato con un filtro da $0.45 \mu\text{m}$ (tipo GF/F). Il filtro va manipolato con cura per ridurne al minimo la contaminazione. Dopo la filtrazione del campione il sale deve essere rimosso rapidamente dal filtro facendovi passare 20 ml di acqua distillata.	Per una conservazione di più lungo termine è necessario congelare il campione a $-20^{\circ}\text{C}$ . Dopo il filtraggio il filtro va avvolto in un foglio di alluminio e conservato alla temperatura di $-20^{\circ}\text{C}$ o in azoto liquido.
PON	Almeno 1 l  Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile	Il campione va filtrato con un filtro da $0.45 \mu\text{m}$ (tipo GF/F). Il filtro va manipolato con cura per ridurne al minimo la contaminazione. Dopo la filtrazione del campione il sale deve essere rimosso rapidamente dal filtro facendovi passare 20 ml di acqua distillata.	Per una conservazione di più lungo termine è necessario congelare il campione a $-20^{\circ}\text{C}$ . Dopo il filtraggio il filtro va avvolto in un foglio di alluminio e conservato alla temperatura di $-20^{\circ}\text{C}$ o in azoto liquido.
POP	Almeno 1 l  Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile	Il campione va filtrato con un filtro da $0.8 \mu\text{m}$ (tipo GF/F). Il filtro va manipolato con cura per ridurne al minimo la contaminazione. Dopo la filtrazione del campione il sale deve essere rimosso rapidamente dal filtro facendovi passare 20 ml di acqua distillata.	Per una conservazione di più lungo termine è necessario congelare il campione a $-20^{\circ}\text{C}$ . Dopo il filtraggio il filtro va avvolto da un foglio di alluminio e conservato alla temperatura di $-20^{\circ}\text{C}$ o in azoto liquido.

Tabella 4 Variabili oggetto di analisi nel comparto seston

#### B.6 Profili verticali e longitudinali di corrente

Al fine di caratterizzare il deflusso del plume del fiume Pescara sull'acqua marina dovranno essere individuate le correnti superficiali e profonde. La dinamica della corrente superficiale, oltre che dal vento, può essere influenzata dal deflusso del fiume stesso. La corrente superficiale, infatti, in situazioni di rilevante deflusso d'acqua dolce, può essere molto diversa, per intensità e struttura spaziale, da quella dell'acqua generalmente salata immediatamente sottostante.

Per la misura degli spostamenti delle masse d'acqua si dovranno applicare i seguenti due approcci: quello "lagrangiano", basato sul concetto che si deve seguire, nello spazio e nel tempo, lo spostamento di una singola massa d'acqua; e quello "euleriano" che prevede la misura di movimenti, localizzata in stazioni fisse, indipendentemente da quanto avviene a valle e a monte. Marcature del tipo cosiddetto "continuo" verranno effettuate sulla base della presenza nelle masse d'acqua di traccianti naturali e di quelli legati ad alcune forme di inquinamento, sia di tipo civile che industriale (il Pescara trasporta infatti un notevole carico di inquinanti di varia origine: fecali,

acque di lavaggio, solventi industriali, minerali pesanti, ecc...). Questo tipo di indagine consentirà di evidenziare le caratteristiche idrodinamiche generali delle masse d'acqua e di identificare i meccanismi di stagnazione estiva e di circolazione invernale, con particolare riferimento alla profondità raggiunta dal mescolamento, nonché di chiarire le modalità di scambio tra i singoli comparti fisici del sito oggetto di studio delimitati dalle strutture che caratterizzano il porto canale di Pescara.

Le misure di correntometria effettuata in stazioni fisse, conformemente al disposto euleriano, verranno effettuate mediante due correntometri in grado di effettuare misure istantanee e continue di velocità e direzione corrente. Tali correntometri verranno ubicati uno a monte ed uno a valle del porto, come indicato dai punti segnati in figura 1. Per ottenere un quadro sinottico delle interferenze indotte dalle strutture portuali sul campo di corrente, e quindi sulle dinamiche di dispersione del plume fluviale, verranno effettuate inoltre misure dei profili verticali di corrente in ogni punto di campionamento mediante l'utilizzo di un correntometro del tipo ADSP.

#### *B.7 Restituzione dei dati*

Al termine della fase di monitoraggio verranno predisposti gli elaborati che costituiscono gli elementi del rapporto delle campagne di misura. I dati e le informazioni saranno consegnati su supporto cartaceo e su supporto informatico secondo i formati software più idonei. I valori dei parametri chimico-fisico-biologici registrati nei punti di campionamento stabiliti sul piano di campionamento verranno utilizzati per la realizzazione di mappe di distribuzione, su base cartografica opportunamente georeferenziata. Tali mappe daranno informazioni sulla variabilità sia spaziale (distribuzione verticale e longitudinale) che temporale di tali parametri. A tal fine le misure di salinità saranno fondamentali per una corretta stima della stratificazione del flusso di masse d'acqua a diversa densità, del fiume Pescara sull'acqua marina. Da questo sarà possibile quantificare quanto e come la variabilità della distribuzione delle variabili analizzate sia dipendente dall'efflusso fluviale e come incida sulla qualità ambientale.

# APPENDICE C

## VERIFICA SU MODELLO FISICO DELLE INTERAZIONI TRA LE OPERE PORTUALI, IL LITORALE ADIACENTE E LA FOCE DEL FIUME PESCARA

### SPECIFICHE DELLA MODELLAZIONE

#### *Introduzione*

La foce del Fiume Pescara è utilizzata come porto e a tale scopo la sua conformazione è stata trasformata nel tempo. Attualmente la foce è spostata verso mare con due sporgenti pieni ed è protetta dal moto ondoso da una scogliera foranea frangiflutti lunga circa 700 m, disposta con andamento curvo a circa 400 m dallo sbocco del fiume. A destra della foce, appoggiate al molo del porto turistico, sono state realizzate delle opere (Molo di Levante) che consentono l'attracco di navi da trasporto. La diga foranea limita la libera diffusione verso il largo delle acque fluviali, che vanno quindi a modificare le caratteristiche ambientali del litorale a nord del porto, sia dal punto di vista della salinità delle acque costiere che del contenuto di sostanze inquinanti.

L'APAT ha svolto studi sulla diffusione alla foce delle acque del Fiume Pescara nell'ambiente costiero, realizzando un modello fisico idrodinamico in scala 1:1000, che ha consentito l'effettuazione di prove di tipo qualitativo, tenendo conto della differenza di densità tra le acque fluviali e marine, ed individuando soluzioni planimetriche delle opere portuali volte a ridurre ed eliminare il fenomeno della propagazione delle acque fluviali lungo il litorale pescarese.

Attraverso studi sulle condizioni meteomarine del paraggio ed un piano di monitoraggio ambientale dell'area (cfr app. B) è prevista la definizione delle condizioni critiche da considerare per la verifica e la ottimizzazione delle soluzioni individuate. Le soluzioni individuate devono quindi essere riprodotte su di un modello fisico in scala opportuna, non distorta, per ottenere:

- \* i campi di velocità e di diffusione delle acque fluviali in mare (validazione del modello numerico tridimensionale, cfr app. A) ;
- \* i campi di agitazione ondosa nelle condizioni critiche per ciascun fenomeno interessato.

Nel seguito si forniscono le indicazioni per la realizzazione del modello, le soluzioni che dovranno essere riprodotte, le condizioni che dovranno essere esaminate e il tipo di misure richieste. Le indicazioni sono riferite alle soluzioni attualmente ipotizzate per gli interventi e alle condizioni meteomarine oggi note e potranno subire delle modifiche durante l'iter progettuale.

#### *Il bacino di prova e le attrezzature di laboratorio*

Il modello e le prove dovranno essere condotte in un bacino coperto e dotato di un sistema controllato e misurato per la circolazione dell'acqua con densità diversa da quella della vasca, attrezzato per la generazione di correnti e per il controllo del livello; con una postazione fotografica posta al disopra del modello con piazzola per l'operatore o con sistemi di controllo remoto del sistema di ripresa; equipaggiato con generatori di moto ondoso irregolare con controllo del set-up in grado di generare, in un punto di riferimento, onde con caratteristiche assegnate; fornito di strumentazioni per il rilevamento delle onde e delle correnti che tengano conto delle variazioni di densità dell'acqua.

#### *Il modello fisico tridimensionale della foce, del porto e del litorale adiacente*

Lo studio dell'agitazione nel porto sarà condotto attraverso la sperimentazione con modello in scala opportuna in similitudine di Froude. Il modello sarà realizzato con fondo fisso e riprodurrà un'area adeguata, con modellazione del fondo estesa almeno fino alla isobata -10 m. Il fondale di generazione delle onde dovrà essere corrispondente almeno alla profondità di -24.0 m s. l. m. m. e raccordato all'ultima linea batimetrica riprodotta. L'area portuale sarà integralmente riprodotta; i moli e le opere interne saranno realizzate secondo la tipologia prevista o comunque in modo tale da rispettarne le caratteristiche riflettenti.

Sulla base dello stato attuale delle ipotesi progettuali si prevede che sul modello dovrà essere svolto il programma di prove di seguito indicato.

# **SCHEMA DEL PROGRAMMA DI PROVE PREVISTO**

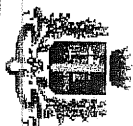
Cod.	Soluzione	Prove					
		Ondazioni		Correnti	Moti ondosi e correnti	Trasporto solido	
		Dir.	Onde				
I	Soluzione schematica di base per il raffronto e la calibrazione della modellistica matematica	2	4	4	4	-	
II	Soluzione antecedente la realizzazione della scogliera frangiflutti foranea - condizioni di riferimento	2	4	4	2	2	
III	Soluzione attuale	2	4	4	2	2	
IV	Soluzione attuale con panna rimovibile (Sol. 1)			4		2	
V	Soluzione intermedia con pennello (Sol. 4)	2	4	4	2	2	
VI	Soluzione intermedia con pennello (Sol. 5)	1	2	4	-	-	
VII	Soluzione intermedia con pennello (Sol. 6)	2	4	4	2	2	
VIII	Soluzione a completamento intervento (Sol. 11)	2	4	4	2	2	
IX	Soluzione variante a	1	2	-	-	-	
X	Soluzione variante b	1	2	-	-	-	
XI	Soluzione ottimizzata	2	4	4	2	2	
TOTALI		-	34	36	16	14	



# CITTA' di PESCARA

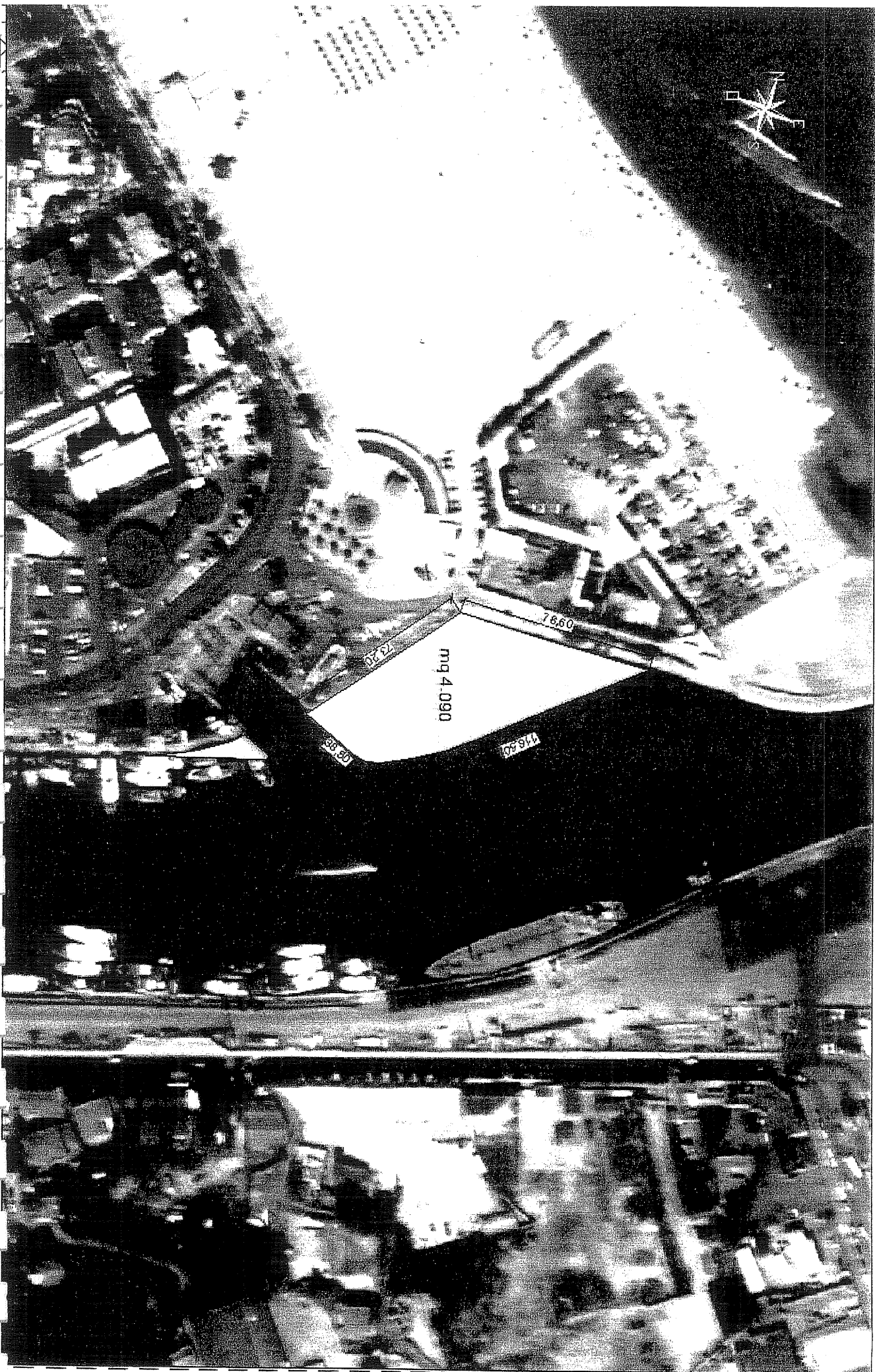
Nuovo Piano Regolatore Portuale di Pescara, - indirizzi di pianificazione





# CITTA' di PESCARA

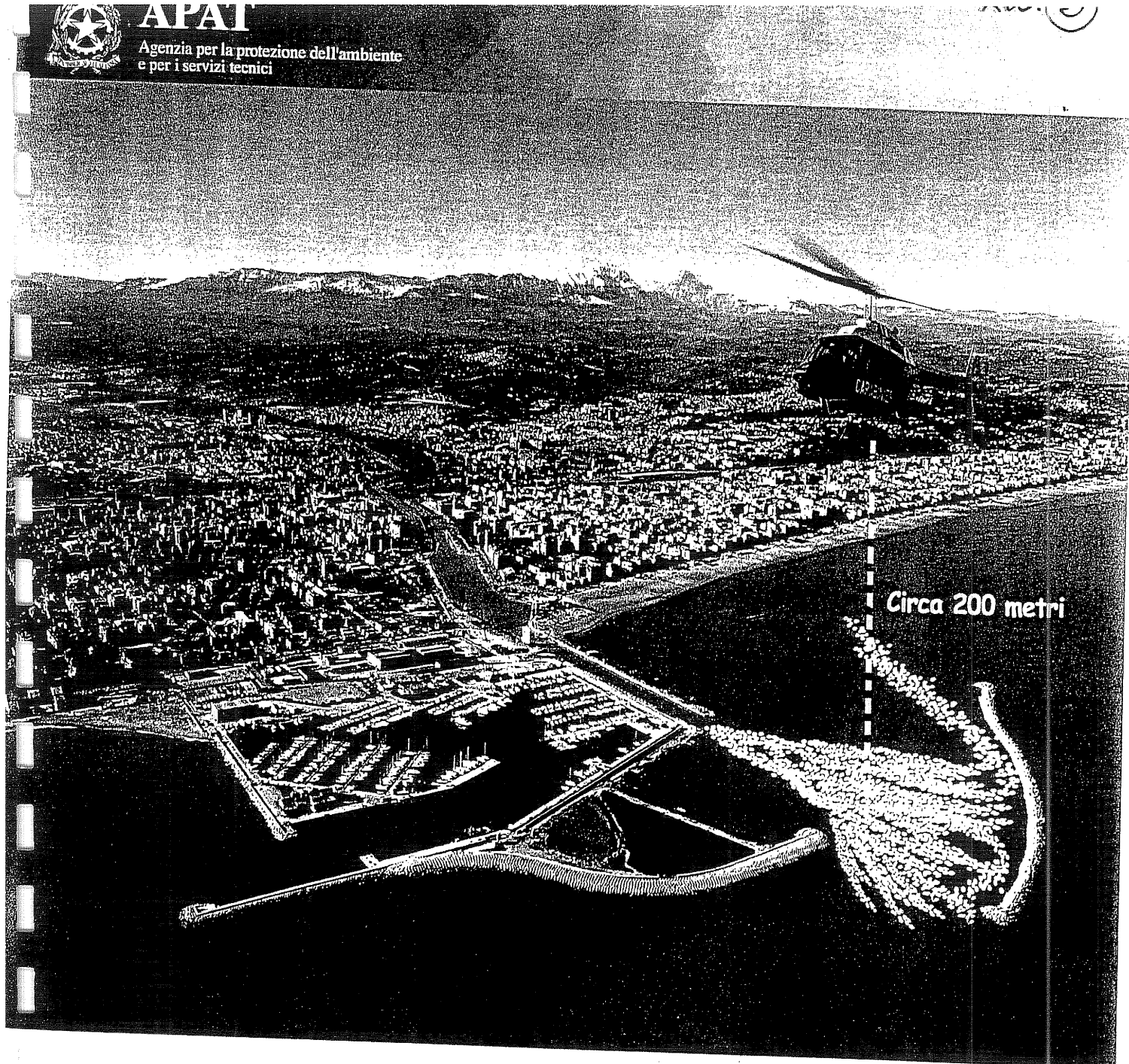
Nuovo Piano Regolatore Portuale di Pescara - indirizzi di pianificazione





**APAT**

Agenzia per la protezione dell'ambiente  
e per i servizi tecnici



## *OTTIMIZZAZIONE DEL DEFLUSSO FLUVIALE NELL'AREA PORTUALE DI PESCARA.*

*Attività diagnostiche e modellistiche dell'APAT*

Rapporto tecnico-scientifico APAT

Dicembre 2005

## **Responsabili**

*Francesco Lalli<sup>1</sup>, Stefano Corsini<sup>2</sup>, Franco Guiducci<sup>3</sup>*

## **Collaboratori**

*Claudio Cerri<sup>2</sup>, Massimo Falchi<sup>1</sup>, Iolanda Lisi<sup>2</sup>, Lorenzo Morra<sup>2</sup>*

## **Esperti esterni**

*Giovanni Paolo Romano<sup>4</sup>, Roberto Verzicco<sup>5</sup>*

## **Fotografia**

## **Elaborazione Grafica**

*Paolo Orlandi<sup>3</sup>*

*Franco Iozzoli<sup>3</sup>*

- 1) APAT, Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale, Servizio di Metrologia Ambientale
- 2) APAT, Dipartimento Tutela delle Acque Interne e marine, Servizio Difesa delle Coste
- 3) APAT
- 4) Dipartimento di Meccanica e Aeronautica, Università di Roma La Sapienza
- 5) Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Gestionale del Politecnico di Bari

## 1. GENERALITA'

Negli ultimi anni l'APAT ha svolto studi approfonditi riguardanti gli aspetti ambientali del porto di Pescara. La presentazione e discussione pubblica del rapporto tecnico-scientifico *"Analisi delle interazioni tra deflusso fluviale e opere marittime nel porto di Pescara: indagini sperimentali, simulazioni numeriche, osservazioni in campo"*, tenuta a Roma il 23/11/2004, ha dato luogo ad ulteriori indagini finalizzate ad individuare ipotesi di intervento, grazie all'apprezzamento e alla fiducia riposta da parte del Ministro dell'Ambiente e Tutela del Territorio On. Altero Matteoli e del Sottosegretario del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti On. Nino Sospiri, presenti alla discussione.

E' stata quindi effettuata una serie di prove presso il laboratorio di fluidodinamica dell'Agenzia su modello fisico del porto di Pescara in scala 1:1000. Gli esperimenti hanno fornito indicazioni qualitative ma determinanti per la definizione preliminare di soluzioni in grado di mitigare o risolvere il problema ambientale del litorale di Pescara. Sono state infatti ipotizzate e provate più soluzioni e sono state individuate quelle più efficienti che sono state quindi ordinate in funzione del tempo di realizzazione, secondo un percorso che prevede la possibilità di interventi progressivi e coerenti.

I risultati degli studi e le soluzioni proposte vengono descritti in dettaglio nel rapporto tecnico-scientifico APAT *"Dispersione del deflusso fluviale nell'area portuale di Pescara: proposte preliminari di intervento"*, presentato a Pescara in data 8/8/2005 nell'ambito di una conferenza stampa organizzata dal Sottosegretario di Stato On. Nino Sospiri.

Gli esperimenti svolti presso il laboratorio di fluidodinamica dell'APAT, pur avendo fornito indicazioni preliminari utili e significative, che hanno consentito una prima selezione nell'ambito delle possibili ipotesi di intervento, non possono essere considerati sufficienti per valutazioni comparative esaurienti e definitive in merito alle ipotesi formulate. Infatti, negli esperimenti realizzati viene simulata l'interazione tra deflusso fluviale e opere marittime, tenendo conto degli effetti della stratificazione salina (ciò costituisce l'aspetto innovativo del lavoro svolto dall'APAT), ma viene fornito un quadro solo qualitativo; ad esempio, le osservazioni effettuate non consentono di calcolare le quote di portata fluviale distribuite tra le due imboccature del porto. Inoltre, gli esperimenti sono stati svolti trascurando la eventuale presenza di forzanti meteo-marine. Questa approssimazione risulta solo in parte giustificata dalla elevata energia cinetica della corrente del fiume in prossimità della foce, anche perché ciò risulta vero nello studio del campo idrodinamico all'interno dell'avamposto, mentre l'efficienza del deflusso attraverso un'apertura della diga, allorché gran parte dell'energia cinetica della foce risulta ormai dissipata, dipende molto dalle condizioni esterne. Non va dimenticato inoltre che le condizioni idrodinamiche di lay-out per gli esperimenti necessitano di conferme tramite misure in campo e, infine, la realizzazione di aperture di notevoli dimensioni nella diga foranea richiede accurate valutazioni sulla penetrazione del moto ondoso all'interno del porto, mediante studi su modello fisico in un laboratorio che consenta la realizzazione di modelli in scala opportuna.

Ai fini di un esame completo delle ipotesi proposte si ritengono pertanto necessari ulteriori studi. Tra le attività di carattere diagnostico che si ritiene opportuno intraprendere, particolare rilevanza assumono le campagne di osservazione e misura in campo e le attività di simulazione, sia con modelli di natura teorico-numerica che sperimentale.

### 1.1 Campagne di osservazione e misura in situ (in collaborazione con ARTA e Regione Abruzzo)

1. correntometria fluviale e marittima con tecniche non intrusive di tipo ottico (Particle Image Velocimetry e Particle Tracking Velocimetry, in collaborazione con il Dipartimento di Meccanica e Aeronautica della Sapienza di Roma)
2. correntometria fluviale e marittima con tecniche standard;
3. stratificazione termica e salina alla foce e nell'area portuale;

4. dati batimetrici;
5. contenuto e distribuzione dei sedimenti in sospensione;
6. qualità delle acque in prossimità della foce;
7. portate del fiume, dati di vento e livelli marini.

In appendice A vengono sinteticamente descritte le misure di cui al punto 1, prevalentemente finalizzate alla validazione del modello teorico numerico 3D di seguito descritto, mentre le rimanenti voci, prevalentemente finalizzate a formare un quadro di riferimento generale delle forzanti meteo-marine presenti, vengono illustrate nell'appendice B. Tali misure consentiranno di individuare le condizioni critiche da impiegare nelle verifiche su modello fisico e teorico-numerico, attraverso revisione e aggiornamento degli studi dei venti, correnti, onde, portata fluviale, batimetria, sedimentologia, materiale in sospensione, diffusione, ecc. (analisi stagionale e annuale).

### 1.2 Simulazioni con modello teorico-numerico 3D (in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Gestionale del Politecnico di Bari)

Tali calcoli verranno svolti tenendo conto:

1. della topografia del fondale marino e della geometria delle opere marittime in prossimità della foce fluviale;
2. delle condizioni di stratificazione misurate;
3. di differenti portate del fiume e della differente diffusione di temperatura, sedimenti, inquinanti, etc.
4. delle condizioni di criticità individuate nell'analisi dei dati, ottenuti dalle campagne di misura in situ, relativi alle forzanti meteo-marine;

e saranno finalizzati alla ulteriore verifica e ottimizzazione delle soluzioni individuate. Le caratteristiche del modello sono brevemente descritte nell'appendice A.

### 1.3 Attività sperimentale in laboratorio marittimo

Tali esperimenti saranno finalizzati alla verifica su modello fisico in scala opportuna del progetto preliminare presso un laboratorio dotato di attrezzature delle dimensioni adeguate e della necessaria esperienza di settore per la generazione e misura di onde e correnti (appendice C).

## **2. PROGRAMMA DI LAVORO**

### Fase 1: medio termine (mesi 6-8)

1. Eseguire le campagne di misura in situ .
2. Individuare le condizioni critiche da impiegare nelle verifiche su modelli attraverso la revisione e aggiornamento degli studi dei venti, correnti, onde, portata fluviale, batimetria, sedimentologia, materiale in sospensione, diffusione, ecc.;
3. svolgimento di prove e misure nel laboratorio di idraulica APAT in presenza di stratificazione, allo scopo di testare e validare il modello numerico impiegato anche ai fini della sua acquisizione da parte dell'Agenzia.
4. Verifiche su modello numerico da parte APAT, della/e soluzioni individuate e ottimizzazione della/e stesse.
5. Individuazione e progettazione preliminare della soluzione definitivamente selezionata.

## Fase 2: lungo termine (mesi 12 e oltre)

1. Proseguire le campagne di misura intraprese nella FASE 1 ai fini dell'analisi stagionale e annuale.
2. Ulteriori verifiche su modello numerico (tenendo conto delle eventuali forzanti esterne caratterizzate mediante le campagne di misura in situ).
3. Verifica su modello fisico in scala opportuna del progetto preliminare presso un laboratorio dotato di attrezzature delle dimensioni adeguate e della necessaria esperienza di settore per trattare fenomeni di propagazione ondosa e diffusione in presenza di fluidi a diversa densità.
4. Eventuali correzioni ai progetti preliminari.

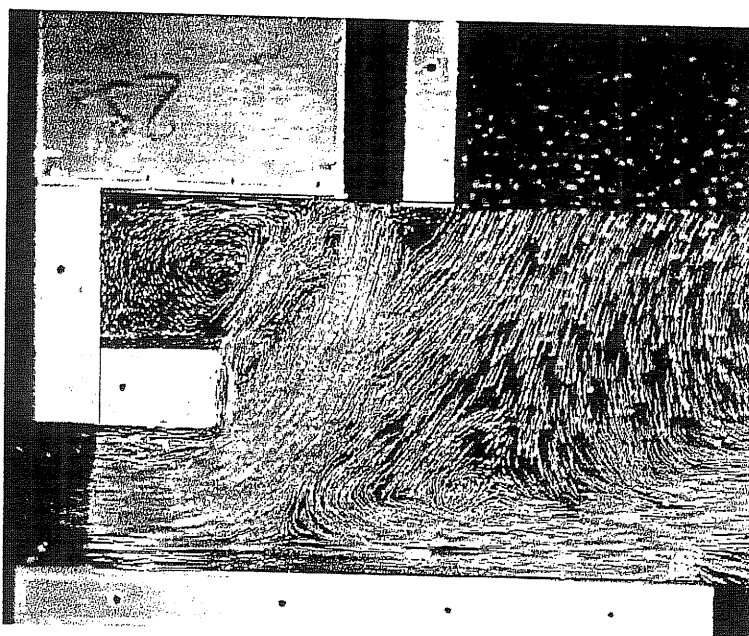
## APPENDICE A

### *MISURE IN CAMPO CON TECNICHE OTTICHE/ SVILUPPO DI UN MODELLO TEORICO-NUMERICO 3D*

La misura in situ del campo di velocità sulla superficie del corpo idrico può essere ottenuta applicando le metodologie già utilizzate presso il laboratorio di fluidodinamica APAT (fig. A1, A2, A3). La figura A1 mostra l'immagine istantanea direttamente ottenuta dalle riprese del moto di particelle di legno, trasportate dal getto fluviale riprodotto in laboratorio.

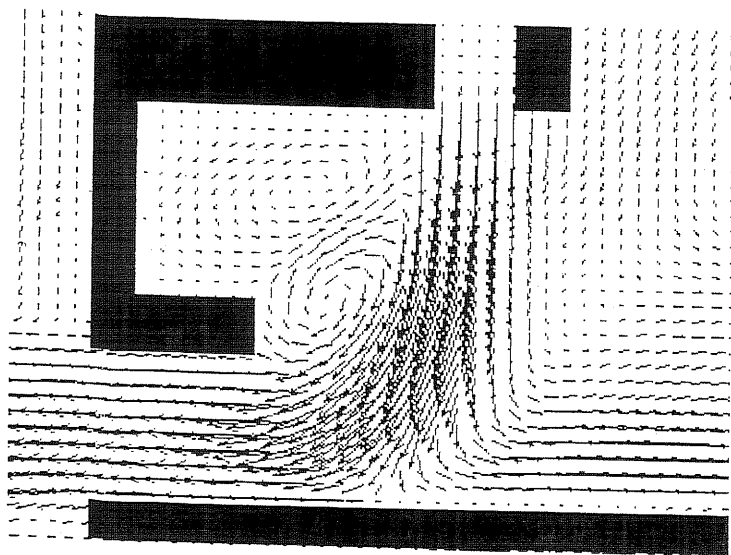


*Figura A1: immagine ottenuta nel laboratorio di fluidodinamica APAT: particelle di legno trasportate dal getto fluviale.*



*Figura A2: Particle Tracking Velocimetry: linee di flusso istantanee ottenute da elaborazione dell'immagine rappresentata in figura 1.*

L'immagine successiva (figura A2) è frutto di elaborazione mediante tecniche Particle Tracking Velocimetry, e descrive il campo di velocità mediante le traiettorie istantanee.



*Figura A3: Distribuzione del campo medio di velocità, ottenuta da ulteriore elaborazione dell'immagine di figura 1 (Particle Image Velocimetry).*

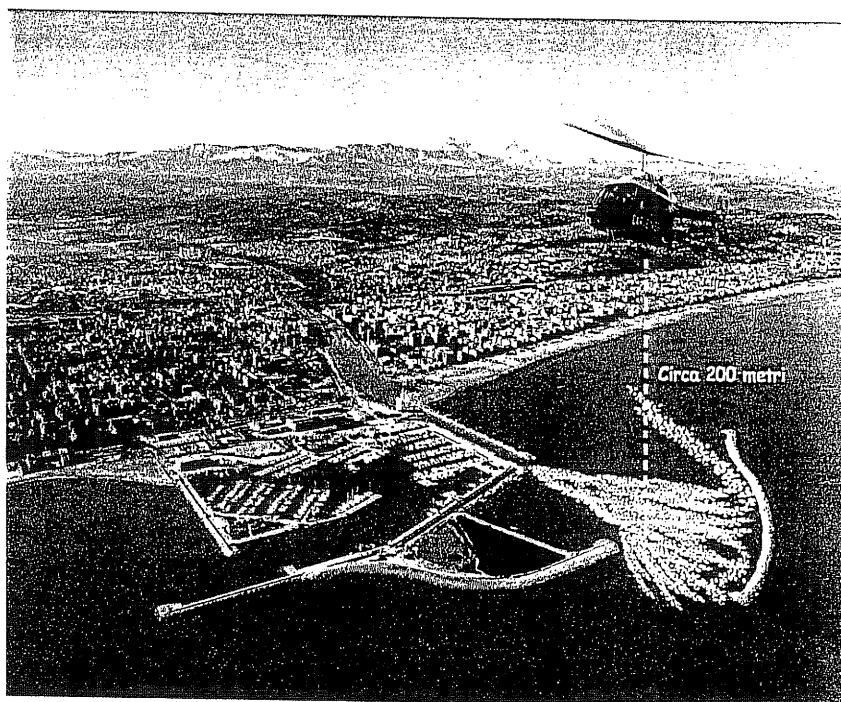
La figura A3 descrive infine il risultato che si ottiene in termini di distribuzione delle velocità medie, mediante ulteriore elaborazione del filmato originale (Particle Image Velocimetry). L'enorme vantaggio di queste tecniche ottiche è quello di consentire la misura di campi di velocità (sul piano orizzontale) in ampie zone mediante una sola ripresa (tecniche multi-point).

E' possibile realizzare questo tipo di misura in campo effettuando riprese da un elicottero. Naturalmente è necessario disporre di un apparecchio in grado di rimanere in posizione di hovering per il tempo necessario (circa 15 min). Per quanto riguarda l'inseminazione del flusso, effettuata in laboratorio mediante particelle di legno, si può pensare all'utilizzo di palloni sonda (opportunamente zavorrati in maniera da rimanere parzialmente immersi) di adatte dimensioni, legate alla scala dello studio che si intende svolgere: nel caso in esame, con un campo di indagine di ampiezza pari a circa 1 km, si può pensare ad un diametro di circa 50 cm.

In generale, misure di questo tipo sono significative in tutti i casi in cui interessa conoscere l'andamento di correnti di superficie di modesto spessore; caso tipico è costituito dalle foci dei fiumi, in cui la presenza del galleggiamento dovuto alla salinità garantisce il mantenimento del carattere superficiale delle correnti relative all'effluente.

Il fotomontaggio di fig. A4 offre una visualizzazione della procedura proposta: i palloni sonda, inseriti nel fiume in prossimità della foce, opportunamente zavorrati in maniera da assicurare un movimento solidale con le correnti superficiali, vengono dispersi nella zona antistante la foce e ripresi nel loro movimento da una telecamera posta sull'elicottero, posto ad una quota tale da assicurare la mancanza di interferenze tra la superficie del mare e i vortici generati dal rotore. Nella figura 4A, per dare maggiore risalto al sistema di visualizzazione delle velocità, è stato utilizzato un numero molto elevato di sonde.

Questi dati riguardanti il campo di velocità superficiale sono interessanti e utili di per sé, in quanto forniscono indicazioni sulla diffusione delle acque fluviali nella zona costiera, e costituiscono altresì un importante strumento per la validazione dei modelli numerici. Tali modelli consentono di verificare con relativa rapidità, e senza dover costruire un modello fisico, la validità o meno di particolari interventi risolutivi, il comportamento del sistema in particolari condizioni meteorologiche, fluviali o marine oltre che l'impatto che alcuni interventi hanno sulla modifica delle correnti marine a livello locale e quindi sugli effetti a lungo termine sulla costa.



*Figura A4: Riprese in campo da un elicottero in posizione di hovering: correnti superficiali evidenziate mediante palloni-sonda.*

I modelli numerici possono essere utilizzati a vari livelli di risoluzione che comportano sia differenti livelli di dettaglio della porzione di costa analizzata (da qualche chilometro nell'intorno della foce del fiume fino all'intero mare Adriatico) sia diverse procedure di modellazione delle fenomenologie idrodinamiche.

In particolare, nel presente studio si intende mettere a punto un modello teorico-numerico 3D in grado di descrivere geometrie comunque complesse nell'ambito della Large Eddy Simulation. Le equazioni di conservazione della massa, dell'energia e di bilancio della quantità di moto vengono espresse in termini di variabili primitive e discretizzate tramite una griglia di tipo "staggered". La descrizione delle geometrie complesse viene effettuata tramite il metodo delle "immersed boundaries", che consente l'utilizzo di un sistema di coordinate cartesiane. Il modello descritto consente di svolgere verifiche quantitative in merito alle ipotesi progettuali proposte, potendone verificare, in particolare, il funzionamento nelle condizioni maggiormente avverse per evidenziare eventuali criticità e aspetti ulteriormente migliorabili.

## APPENDICE B

### MISURE IN CAMPO CON TECNICHE STANDARD

#### 1.1 Metodologia d'indagine

Si ritiene opportuno effettuare N° 6 campagne di misure, una per ogni stagione e due in concomitanza di massime portate fluviali del Pescara.

L'area interessata dalle campagne è stata suddivisa in due zone:

- Zona 1, o zona critica, localizzata in prossimità della foce del fiume Pescara, avente un'area pari a circa 1 Km<sup>2</sup>.
- Zona 2 lungo la direzione Nord-Ovest fino ad una distanza, dalla zona 1, pari a 1,5 Km.

La modalità di effettuazione delle misure sarà a maglia quadrata, 100m X 100m, per la zona critica con stazione di misura presso i nodi di tale maglia (lungo il perimetro i punti di campionamento avranno una distanza pari a 200m anziché 100m) e secondo otto transetti, ognuno con tre stazioni di misura, perpendicolari alla linea di costa per la zona 2.

Sono stati inoltre individuati altri cinque punti di misura dei quali quattro hanno funzione principale di controllo in condizioni indisturbate e uno è localizzato in corrispondenza della foce del fiume Pescara. Per un corretto monitoraggio sono stati individuati tre compartimenti di campionamento:

- ✓ Acqua, variabili da misurare: salinità, clorinità, pH, nutrienti, DOC, tracce di metalli, PAHs, PCBs...
- ✓ Materiale in sospensione (SPM), variabili da misurare: caratteristiche chimico-fisiche, tracce di metalli...
- ✓ Sedimenti, variabili da misurare: caratteristiche chimico-fisiche, tracce di metalli, PAHs, PCBs.

Di seguito viene riportato l'elenco delle variabili di interesse per lo studio:

#### Compartimento acqua: Variabili chimico-fisiche

	Simbolo	Unità di misura
Salinità	S	10 <sup>-3</sup>
Clorinità	Cl	10 <sup>-3</sup>
Temperatura	T	°C
Penetrazione della luce (disco Secchi)	-	m
Torbidità	-	%
Ossigeno disciolto	O <sub>2</sub>	mg/l
pH	-	-
Concentrazione nutrienti		μM
Nitriti	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
Nitrati	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	
Ammoniaca	NH <sub>4</sub>	
Fosfati	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	
PCBs	-	ng/l
PAHs	-	μg/l

### Compartimento Seston: Variabili chimico-fisiche

	Simbolo	Unità di misura
Particolato sospeso pigmenti	SPM	mg/l
clorofilla a	Chl.a	mg/l
clorofilla b	Chl.b	mg/l
Sedimenti (< 63)		
Carbonio organico particolato	POC	mg/kg
Azoto organico particolato	DON	mg/kg
Fosforo organico particolato	POP	mg/kg

### Compartimento Sedimenti: Variabili chimico-fisiche

	Simbolo	Unità di misura
Granulometria	-	%
Composti organoclorurati	DDT	mg/kg
Metalli Pesanti*		mg/kg
Idrocarburi policiclici aromatici	PAHs	µg/kg
Carbonio organico totale	-	mg/kg
PCBs	-	ng/kg

Tabella 2 Variabili oggetto di analisi nei vari comparti ambientali

Hg, Cd, Cr, Pb, Zn, Cu, V, As, Ni, Al e Fe+

Le analisi in laboratorio sui campioni dovranno essere effettuate seguendo le "Metodologie analitiche di riferimento" preparate da ICRAM e APAT.

Saranno inoltre effettuate, in ciascuna stazione, misure dei profili verticali delle correnti utilizzando un correntometro del tipo ADSP. Saranno inoltre posizionati due ulteriori correntometri fissi (indicati nella figura 7.1 con i numeri 1 e 2) per la misurazione delle correnti in condizioni indisturbate.

La fase di acquisizione dati comporta l'impiego e l'installazione di un sistema integrato SONAR-GPS ad alta risoluzione e composto dai seguenti elementi:

- Modulo Sonar
- Sonar con sostegno in acciaio e cavo di scambio dati
- Gps

Il sonar dovrà essere in grado di acquisire dati di profondità con la precisione di +/- 5cm, mentre il GPS dovrà associare un preciso posizionamento dei punti stessi con una stima dell'errore dinamico inferiore a +/- 1m.

Le misure raccolte sul campo saranno integrate dalle informazioni meteorologiche (direzione ed intensità del vento; pressione, umidità e temperatura atmosferica; radiazione solare) misurate dalla stazione regionale.

Ogni campagna di misure dovrà essere completata in un'unica giornata, o comunque nel minor tempo possibile, in modo da garantire l'omogeneità dei dati acquisiti. A tale scopo, dato il numero elevato delle stazioni da monitorare, è previsto l'impiego di due imbarcazioni.

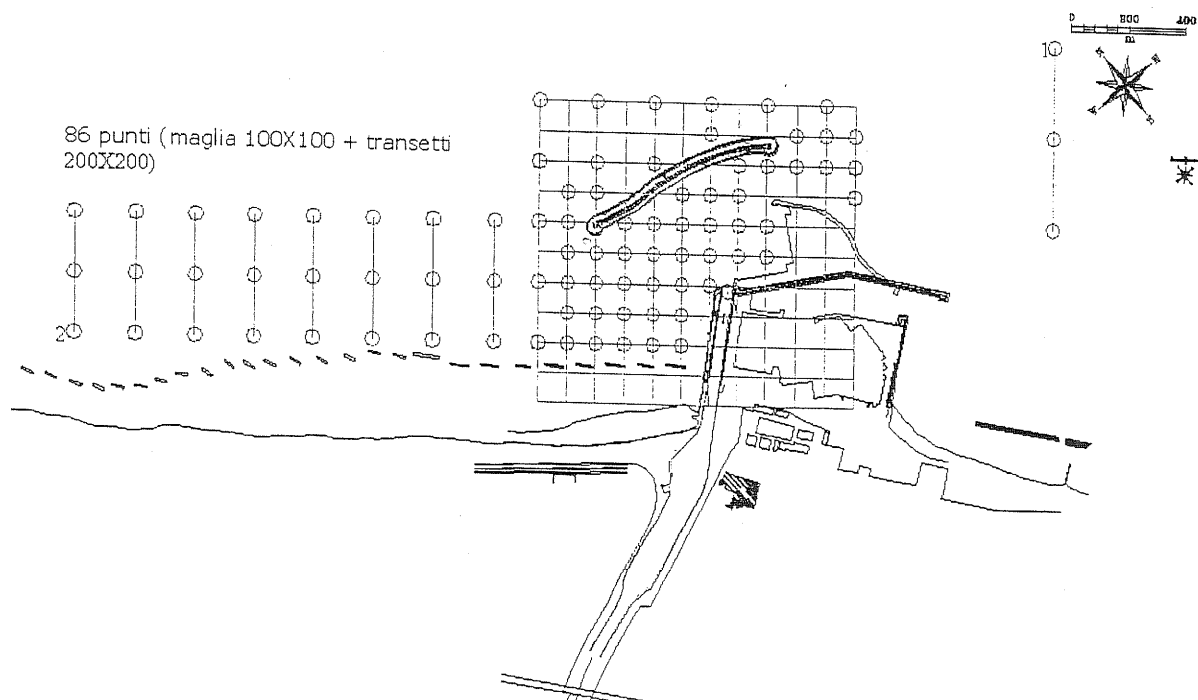


Figura B.1: griglia di campionamento

## B.2 Rilievi batimetrici

I rilievi batimetrici sono da concentrare nel tratto di mare comprendenti le zone critiche 1 e 2, come precedentemente descritte, per un tratto di costa che si estende per circa 2,7 km.

I transetti costa-largo dovranno essere perpendicolari alla linea di riva e distanti tra loro circa 25 m all'interno della zona critica e 50 m all'interno della zona 2. La massima profondità indagata durante i rilievi sarà di 10 m, ritenuta il limite esterno oltre il quale i fondali non risentono più in modo significativo degli effetti del moto ondoso.

Le campagne di misura stagionali consentiranno la successiva rappresentazione dei profili di spiaggia e della variazione stagionale dei fondali. Le campagne da effettuarsi dopo condizioni di massima portata fluviale del fiume Pescara, invece, permetteranno di stimare il rapporto tra l'intensità di eventi di portata significativa ed i cambiamenti morfologici della spiaggia sommersa.

Durante la fase di acquisizione dei profili batimetrici, Sonar e GPS dovranno essere controllati da un modulo elettronico che consenta di correggere istantaneamente gli errori sulla profondità causati dal *pitch* e *roll* dell'imbarcazione dovuto al movimento delle onde in superficie, grazie ad trasduttore di pressione (PT) nel modulo elettronico stesso. Il Modulo Sonar dovrà essere dotato di software di settaggio per impostare i range di acquisizione e la profondità di pescaggio del sonar e l'altezza di marea, in modo tale da fornire dei dati di output già pronti al filtraggio ed all'elaborazione. Dovranno essere acquisiti in tempo reale:

### *Data*

*Ora*, legale e di Greenwich espressa in ore 0-24 e decimali

*Latitudine e Longitudine*, in coordinate geografiche ed UTM

*Profondità*, profondità rilevata dal sonar, profondità corretta di *pitch & roll*, profondità corretta dal pescaggio del sonar e profondità corretta con la marea.

I rilievi batimetrici, da utilizzare per l'analisi statistica delle variazioni morfologiche dei fondali, sono concentrati nel tratto di mare comprendenti le zone critiche 1 e 2, come precedentemente descritte, per un tratto di costa che si estende per circa 2,7 km.

I transetti costa-largo dovranno essere perpendicolari alla linea di riva e distanti tra loro circa 25 m all'interno della zona critica e circa 50 m all'interno della zona 2. La massima profondità indagata durante i rilievi sarà di 10 m, ritenuta il limite esterno oltre il quale i fondali non risentono più in modo significativo degli effetti del moto ondoso.

Le sezioni di scandagliamento dovranno essere effettuate con imbarcazione che si muova a velocità costante, lungo rotte rettilinee, ad una velocità non superiore ai 3 nodi. Il fuori rotta massimo consentito è di 5 metri e la strisciata di scandagliamento lungo la rotta stabilita dovrà essere continua. In fase di elaborazione, i punti fuori rotta dovranno essere proiettati sulla rotta correggendone le distanze progressive.

Il rilievo dovrà essere eseguito a mare completamente calmo ed in assenza di vento.

Durante la fase di acquisizione dei profili batimetrici, Sonar e GPS dovranno essere controllati da un modulo elettronico che consenta di correggere istantaneamente gli errori sulla profondità causati dal *pitch* e *roll* dell'imbarcazione dovuto al movimento delle onde in superficie, grazie al trasduttore di pressione (PT) nel modulo elettronico stesso. Il Modulo Sonar dovrà essere dotato di software di settaggio per impostare i ranges di acquisizione e la profondità di pescaggio del sonar e l'altezza di marea, in modo tale da fornire dei dati di output già pronti al filtraggio ed all'elaborazione.

La taratura degli strumenti dovrà essere effettuata almeno all'inizio, nella fase centrale ed alla fine di ogni giorno di rilievo. I protocolli relativi alle fasi di taratura, con la data e l'ora delle operazioni, dovranno essere consegnati.

Le registrazioni grafiche delle strisciate di scandagliamento dovranno riportare le seguenti indicazioni:

- Numero della sezione
- Data e ora di inizio e fine sezione
- Marker di posizionamento numerati almeno uno ogni 2 minuti.
- Scala grafica usata
- Eventuali variazioni della velocità della barca
- Eventuali passaggi su scie o onde provocate da natanti in zona
- Velocità della carta adottata
- Immersione del trasduttore e sue eventuali variazioni
- Velocità strumentale adottata (velocità del suono)

Dovrà inoltre essere consegnato l'elenco in coordinate e la restituzione planimetrica dei punti nave rilevati, con numerazione corrispondente a quella dei marker di posizionamento sulla striscia. Le stazioni di misura sono quelle indicate in figura B.1.

### B.3 Comparto sedimento: prelievo dei campioni

Lo studio e l'analisi delle caratteristiche chimiche e fisiche dei sedimenti riveste una notevole importanza nella valutazione dell'ambiente marino. I sedimenti, infatti, possono svolgere un ruolo di trasporto diretto dei contaminanti e possono inoltre fungere da ricettacolo transitorio e definitivo degli stessi. Inoltre l'analisi granulometrica costituisce una ulteriore prova delle velocità delle correnti nel punto indagato.

I sedimenti superficiali di fondo verranno prelevati mediante l'utilizzo di una benna Van-Veen calata mediante un verricello.

La formazione dei campioni avverrà prelevandoli dalla benna con una spatola di acciaio al fine di evitare un'eventuale contaminazione. I campioni dovranno poi essere omogeneizzati e successivamente conservati in appositi barattoli, etichettati, datati e conservati, in funzione delle successive analisi secondo quanto descritto nella tabella 2, secondo le seguenti modalità:

- Granulometria: I campioni, contenenti un volume di sedimento di circa 50 cm<sup>3</sup>, devono essere conservati in contenitori di plastica o vetro a temperatura ambiente fino all'arrivo in laboratorio, dove devono essere conservati a +4°C.
- Composti organoclorurati: Si prelevano campioni omogenei, che devono essere conservati entro fogli di alluminio decontaminati alla temperatura di -20°C.
- Metalli pesanti: I campioni (circa 20g) devono essere conservati ad una temperatura inferiore a 4°C in barattoli di polietilene decontaminati.
- Idrocarburi policiclici aromatici: I campioni (circa 50g) devono essere conservati alla temperatura di -20°C in barattoli di polietilene decontaminati.
- Carbonio organico particolato: I campioni, raccolti in barattoli di polietilene puliti e pre-pesati, devono essere immediatamente congelati a -20°.
- Policlorobifenili: I campioni (circa 50g) devono essere conservati alla temperatura di -20°C in barattoli di polietilene decontaminati. Nella formazione del campione è preferibile prendere la parte centrale del materiale raccolto con la benna perché tale parte non viene a contatto con l'aria.

Sui valori dei parametri così ottenuti dovrà poi essere effettuata un'analisi statistica, un successivo trattamento dei dati e una rappresentazione della distribuzione stagionale dei parametri.

#### B.4 Comparto acqua

##### B.4.1 *Misure CTD e fluorescenza*

In ogni stazione di misura verranno effettuate misure di temperatura, conducibilità e profondità (CTD) utilizzando una sonda multiparametrica Idronaut che azionata da un verricello, verrà calata sulla verticale. La velocità di discesa dovrà essere adeguata alla capacità temporale di acquisizione dei parametri ideologici ed alla trasmissione in tempo reale dei dati. Per un corretto calcolo dei valori di salinità bisogna assicurarsi che i sensori di temperatura e conducibilità abbiano lo stesso tempo di reazione, che siano posizionati nello stesso punto e che la sonda venga calata ad una velocità non superiore a 50 cm/s. In superficie e sul fondo la sonda dovrà essere lasciata per un tempo maggiore al fine di stabilizzare la misura di pH e ossigeno. Dalle misurazioni di temperatura e salinità (ricavata dai valori di conducibilità), conoscendo le profondità, sarà così possibile ottenere una stima della densità lungo tutta la colonna d'acqua.

Abbinati alla sonda multiparametrica Idronaut verranno utilizzati un fluorimetro per la misura della concentrazione di clorofilla "a" mediante metodo fluorimetrico in vivo ed un trasmissometro per la misura della torbidità lungo la colonna d'acqua.

I dati trasmessi via cavo dovranno essere visualizzati su computer sia in forma numerica che grafica, registrati su disco e tabulati su stampante.

La taratura della strumentazione verrà fatta mediante l'analisi dei parametri nei campioni prelevati *in situ* seguendo la metodologie descritte nei paragrafi successivi.

##### B.4.2 *Prelievo di campioni d'acqua*

I campioni di acqua, dove verranno effettuate le analisi proposte in tabella 2, dovranno venire prelevati per ognuno dei punti di campionamento indicati in figura 1, a tre diverse profondità lungo la colonna d'acqua:

- Acque di superficie, ponendo attenzione ad effettuare il prelievo del campione d'acqua all'interno dello strato mescolato (sopra il termoclino);
- Acque di profondità intermedia;
- Nelle acque di fondo (a circa 0.5 m dal fondo).

Il campionamento dovrà essere effettuato con bottiglia Niskin (capacità 5 L) dotata di un sistema di apertura e chiusura attivabile alla profondità richiesta.

I campioni andranno prelevati nel minor tempo possibile secondo le modalità proposte in tabella 3, per l'analisi dei parametri chimici elencati nella stessa tabella (salinità, temperatura, penetrazione della luce e torbidità sono misurati seguendo altre metodologie). Tutti i recipienti di conservazione dovranno essere risciacquati almeno due volte con l'acqua della bottiglia Niskin prima di essere riempiti.

Parametri	Volume dei campioni - tipo di contenitore	Modalità di formazione dei campioni	Conservazione dei campioni
Clorinità	1 l	Nessuna	I campioni devono essere conservati ad una temperatura di 4°C
Ossigeno disciolto	50 ml - 55 ml - contenitore di vetro	I campioni devono essere preparati subito dopo aver estratto la bottiglia Niskin e bisogna fare attenzione affinché l'acqua non venga a contatto con l'aria. A tal fine è necessario utilizzare un tubo di plastica chiaro per il travaso dell'acqua dalla bottiglia Niskin al contenitore del sottocampione.	I campioni devono essere conservati ad una temperatura di 4°C, al buio. Bisogna inoltre assicurarsi che i campioni siano perfettamente sigillati al fine di impedire all'aria di penetrarvi. Le analisi dovrebbero essere effettuate entro 10-12 h dalla formazione del campione.
PH	50 ml - 100 ml - contenitore di vetro	I campioni devono essere preparati subito dopo aver estratto la bottiglia Niskin perché il contatto dell'acqua con la CO <sub>2</sub> può falsificare le successive analisi. A tal fine è necessario utilizzare un tubo di plastica chiaro per il travaso dell'acqua dalla bottiglia Niskin al contenitore del sottocampione.	
Nitriti	Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile da 150 cm <sup>3</sup>	Il prelievo va effettuato direttamente dalla bottiglia di campionamento. Predisporre l'apparato di filtrazione ponendo in esso un filtro in acetato di cellulosa da 0,45 µm, previamente lavato con 150-200 ml di acqua ultrapura; sciacquare l'apparato di filtrazione con 50-100 ml di acqua del campione; filtrare l'acqua per la formazione del campione.	Se l'analisi viene effettuata entro 2-3 ore dal prelievo il campione può essere conservato al fresco (circa 4°C) e al buio; viceversa, nel caso intercorra più tempo tra il prelievo e l'analisi, è necessario congelare il campione a -20°C. Per preservarlo da alterazioni chimiche è consigliabile conservare i campioni al buio.

Nitrati	Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile da 150 cm <sup>3</sup>	Stessa dei nitriti.	Se l'analisi viene effettuata entro 5-6 ore dal prelievo il campione può essere conservato al fresco (circa 4°C) e al buio; viceversa, nel caso intercorra più tempo tra il prelievo e l'analisi, è necessario congelare il campione a -20°C. Per preservarlo da alterazioni chimiche è consigliabile conservare i campioni al buio.
Ammoniaca	Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile da 150 cm <sup>3</sup>	Il prelievo va effettuato direttamente dalla bottiglia di campionamento come descritto per gli altri nutrienti. Adoperare la stessa metodica suggerita per gli altri nutrienti, stando bene attenti ad effettuare la filtrazione in ambiente pulito e lontano da fumi o altre sorgenti inquinanti.	I campioni dovrebbero essere analizzati il più presto possibile. Possono essere conservati in frigo a 4°C per circa 3 ore. Se le analisi vengono effettuate dopo tale tempo, è necessario congelare il campione a -20°C.
Fosfati	Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile da 150 cm <sup>3</sup>	Il prelievo va effettuato direttamente dalla bottiglia di campionamento senza filtrazione.	I campioni dovrebbero essere analizzati dopo la loro formazione, entro 2 ore ma se necessario possono essere conservati a 4°C, al buio. Per una conservazione di più lungo termine è necessario congelare il campione a -20°C.
PAHs	Bottiglia di vetro scura da 1l	Prelevare il campione direttamente dalla bottiglia di campionamento. Al fine di evitare di perdere i PAHs più volatili, i contenitori dei campioni dovrebbero essere riempiti completamente.	I campioni vanno conservati a 4°C, al buio. Preferibilmente i campioni dovrebbero essere analizzati entro le 24 ore dopo il campionamento.
PCBs	Bottiglia di vetro scura da 1l	Prelevare il campione direttamente dalla bottiglia di campionamento.	I campioni vanno conservati a 4°C, al buio. Preferibilmente i campioni dovrebbero essere analizzati entro le 24 ore dopo il campionamento.

Tabella 3. Variabili oggetto di analisi nel comparto acqua

#### B.4.3 Misure di torbidità

La torbidità è un'utile indicatore della presenza di particellato sospeso, sia di origine organica che inorganica, nella colonna d'acqua. E' noto, inoltre, che gli inquinanti sono preferenzialmente associati a sospensioni sia organiche che inorganiche, le quali ne determinano il destino all'interno dell'ecosistema. È per questo che l'intorbidamento dell' acqua causato dalla presenza di solidi sospesi quali *sabbia, argilla, materiali organici e di rifiuto* può avere conseguenze piuttosto

rilevanti in natura: le particelle presenti in superficie possono assorbire calore causando un aumento di temperatura del corso d'acqua con la conseguente riduzione del livello di ossigeno disciolto; inoltre, la diminuita trasparenza delle acque ostacola il passaggio della luce limitando così l'attività fotosintetica degli organismi vegetali con ulteriore riduzione dell'ossigeno disciolto. La misura della torbidità è perciò di grande importanza nello studio e nel controllo dei processi di inquinamento nel sistema marino in generale.

Il metodo pratico di misura della torbidità indicato ai fini del presente studio è una sonda ottica subacquea su base fotometrica. La metodologia si basa sulla misura dell'intensità luminosa deviata da un campione d'acqua in funzione dell'angolo tra raggio di luce incidente e asse del rivelatore. In tal modo viene determinata la VSF (Volume Scattering Function). Questo è il metodo più completo che permette di ricavare sia la componente deviata che quella assorbita, quest'ultima come differenza tra l'intensità incidente e l'integrale sulla superficie sferica della componente deviata.

### B.5 Comparto materiale in sospensione

La formazione dei campioni, per le analisi di cui alla tabella 2, verrà effettuata direttamente dalla bottiglia Niskin utilizzata per la formazione dei campioni d'acqua. Le modalità di formazione dei campioni che dovranno essere seguite sono quelle elencate nella seguente tabella.

Parametri	Volume dei campioni – tipo di contenitore	Modalità di formazione dei campioni	Conservazione dei campioni
SPM	1-2 l	I campioni devono essere preparati subito dopo aver estratto la bottiglia Niskin per evitare che vi sia deposizione del materiale che porti ad una sovrastima delle analisi e bisogna fare attenzione affinché l'acqua non venga a contatto con l'aria. A tal fine è necessario utilizzare un tubo di plastica chiaro (dotato di apposito filtro) per il travaso dell'acqua dalla bottiglia Niskin al contenitore del sottocampione.	I campioni devono essere conservati al buio ed a bassa temperatura.
Clorofilla a, b, c ed altri pigmenti	Almeno 1 l Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile	I campioni devono essere preparati subito dopo aver estratto la bottiglia Niskin e bisogna fare attenzione affinché l'acqua non venga a contatto con l'aria. A tal fine è necessario utilizzare un tubo di plastica chiaro (dotato di apposito filtro) per il travaso dell'acqua dalla bottiglia Niskin al contenitore del sottocampione. Prima di essere filtrato il campione deve essere prefiltrato attraverso un retino con maglia di 200 µm per rimuovere lo zooplancton ed il materiale più grossolano. La filtrazione deve essere fatta al più presto (< 4 ore dal prelievo del campione) con filtri a 0.45 µm.	I campioni devono essere conservati a -20 °C in assenza di luce. Bisogna inoltre assicurarsi che i campioni siano perfettamente sigillati al fine di impedire all'aria di penetrarvi. Alla fine della filtrazione i filtri dovranno essere prelevati con cura e messi in una soluzione di acqua ed acetone.

Sedimenti ( $< 63$ )	1-2 l  Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile	I campioni devono essere preparati subito dopo aver estratto la bottiglia Niskin per evitare che vi sia deposizione del materiale che porti ad una sovrastima delle analisi. Il prelievo va effettuato direttamente dalla bottiglia di campionamento senza filtrazione.	I campioni dovrebbero essere analizzati entro 6-12h. Devono essere conservati a basse temperature ed in assenza di luce.
POC	Almeno 1 l  Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile	Il campione va filtrato con un filtro da $0.45 \mu\text{m}$ (tipo GF/F). Il filtro va manipolato con cura per ridurne al minimo la contaminazione. Dopo la filtrazione del campione il sale deve essere rimosso rapidamente dal filtro facendovi passare 20 ml di acqua distillata.	Per una conservazione di più lungo termine è necessario congelare il campione a $-20^{\circ}\text{C}$ . Dopo il filtraggio il filtro va avvolto in un foglio di alluminio e conservato alla temperatura di $-20^{\circ}\text{C}$ o in azoto liquido.
PON	Almeno 1 l  Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile	Il campione va filtrato con un filtro da $0.45 \mu\text{m}$ (tipo GF/F). Il filtro va manipolato con cura per ridurne al minimo la contaminazione. Dopo la filtrazione del campione il sale deve essere rimosso rapidamente dal filtro facendovi passare 20 ml di acqua distillata	Per una conservazione di più lungo termine è necessario congelare il campione a $-20^{\circ}\text{C}$ . Dopo il filtraggio il filtro va avvolto in un foglio di alluminio e conservato alla temperatura di $-20^{\circ}\text{C}$ o in azoto liquido.
POP	Almeno 1 l  Bottiglia a chiusura ermetica in polietilene o altro materiale congelabile	Il campione va filtrato con un filtro da $0.8 \mu\text{m}$ (tipo GF/F). Il filtro va manipolato con cura per ridurne al minimo la contaminazione. Dopo la filtrazione del campione il sale deve essere rimosso rapidamente dal filtro facendovi passare 20 ml di acqua distillata.	Per una conservazione di più lungo termine è necessario congelare il campione a $-20^{\circ}\text{C}$ . Dopo il filtraggio il filtro va avvolto da un foglio di alluminio e conservato alla temperatura di $-20^{\circ}\text{C}$ o in azoto liquido.

*Tabella 4* Variabili oggetto di analisi nel comparto seston

### *B.6 Profili verticali e longitudinali di corrente*

Al fine di caratterizzare il deflusso del plume del fiume Pescara sull'acqua marina dovranno essere individuate le correnti superficiali e profonde. La dinamica della corrente superficiale, oltre che dal vento, può essere influenzata dal deflusso del fiume stesso. La corrente superficiale, infatti, in situazioni di rilevante deflusso d'acqua dolce, può essere molto diversa, per intensità e struttura spaziale, da quella dell'acqua generalmente salata immediatamente sottostante.

Per la misura degli spostamenti delle masse d'acqua si dovranno applicare i seguenti due approcci: quello "lagrangiano", basato sul concetto che si deve seguire, nello spazio e nel tempo, lo spostamento di una singola massa d'acqua; e quello "euleriano" che prevede la misura di movimenti, localizzata in stazioni fisse, indipendentemente da quanto avviene a valle e a monte. Marcature del tipo cosiddetto "continuo" verranno effettuate sulla base della presenza nelle masse d'acqua di traccianti naturali e di quelli legati ad alcune forme di inquinamento, sia di tipo civile che industriale (il Pescara trasporta infatti un notevole carico di inquinanti di varia origine: fecali,

acque di lavaggio, solventi industriali, minerali pesanti, ecc...). Questo tipo di indagine consentirà di evidenziare le caratteristiche idrodinamiche generali delle masse d'acqua e di identificare i meccanismi di stagnazione estiva e di circolazione invernale, con particolare riferimento alla profondità raggiunta dal mescolamento, nonché di chiarire le modalità di scambio tra i singoli comparti fisici del sito oggetto di studio delimitati dalle strutture che caratterizzano il porto canale di Pescara.

Le misure di correntometria effettuata in stazioni fisse, conformemente al disposto euleriano, verranno effettuate mediante due correntometri in grado di effettuare misure istantanee e continue di velocità e direzione corrente. Tali correntometri verranno ubicati uno a monte ed uno a valle del porto, come indicato dai punti segnati in figura 1. Per ottenere un quadro sinottico delle interferenze indotte dalle strutture portuali sul campo di corrente, e quindi sulle dinamiche di dispersione del plume fluviale, verranno effettuate inoltre misure dei profili verticali di corrente in ogni punto di campionamento mediante l'utilizzo di un correntometro del tipo ADSP.

#### *B.7 Restituzione dei dati*

Al termine della fase di monitoraggio verranno predisposti gli elaborati che costituiscono gli elementi del rapporto delle campagne di misura. I dati e le informazioni saranno consegnati su supporto cartaceo e su supporto informatico secondo i formati software più idonei. I valori dei parametri chimico-fisico-biologici registrati nei punti di campionamento stabiliti sul piano di campionamento verranno utilizzati per la realizzazione di mappe di distribuzione, su base cartografica opportunamente georeferenziata. Tali mappe daranno informazioni sulla variabilità sia spaziale (distribuzione verticale e longitudinale) che temporale di tali parametri. A tal fine le misure di salinità saranno fondamentali per una corretta stima della stratificazione del flusso di masse d'acqua a diversa densità, del fiume Pescara sull'acqua marina. Da questo sarà possibile quantificare quanto e come la variabilità della distribuzione delle variabili analizzate sia dipendente dall'efflusso fluviale e come incida sulla qualità ambientale.

## APPENDICE C

### VERIFICA SU MODELLO FISICO DELLE INTERAZIONI TRA LE OPERE PORTUALI, IL LITORALE ADIACENTE E LA FOCE DEL FIUME PESCARA

#### SPECIFICHE DELLA MODELLAZIONE

##### *Introduzione*

La foce del Fiume Pescara è utilizzata come porto e a tale scopo la sua conformazione è stata trasformata nel tempo. Attualmente la foce è spostata verso mare con due sporgenti pieni ed è protetta dal moto ondoso da una scogliera foranea frangiflutti lunga circa 700 m, disposta con andamento curvo a circa 400 m dallo sbocco del fiume. A destra della foce, appoggiate al molo del porto turistico, sono state realizzate delle opere (Molo di Levante) che consentono l'attracco di navi da trasporto. La diga foranea limita la libera diffusione verso il largo delle acque fluviali, che vanno quindi a modificare le caratteristiche ambientali del litorale a nord del porto, sia dal punto di vista della salinità delle acque costiere che del contenuto di sostanze inquinanti.

L'APAT ha svolto studi sulla diffusione alla foce delle acque del Fiume Pescara nell'ambiente costiero, realizzando un modello fisico idrodinamico in scala 1:1000, che ha consentito l'effettuazione di prove di tipo qualitativo, tenendo conto della differenza di densità tra le acque fluviali e marine, ed individuando soluzioni planimetriche delle opere portuali volte a ridurre ed eliminare il fenomeno della propagazione delle acque fluviali lungo il litorale pescarese.

Attraverso studi sulle condizioni meteomarine del paraggio ed un piano di monitoraggio ambientale dell'area (cfr app. B) è prevista la definizione delle condizioni critiche da considerare per la verifica e la ottimizzazione delle soluzioni individuate. Le soluzioni individuate devono quindi essere riprodotte su di un modello fisico in scala opportuna, non distorta, per ottenere:

- \* i campi di velocità e di diffusione delle acque fluviali in mare (validazione del modello numerico tridimensionale, cfr app. A) ;
- \* i campi di agitazione ondosa nelle condizioni critiche per ciascun fenomeno interessato.

Nel seguito si forniscono le indicazioni per la realizzazione del modello, le soluzioni che dovranno essere riprodotte, le condizioni che dovranno essere esaminate e il tipo di misure richieste. Le indicazioni sono riferite alle soluzioni attualmente ipotizzate per gli interventi e alle condizioni meteomarine oggi note e potranno subire delle modifiche durante l'iter progettuale.

##### *Il bacino di prova e le attrezzature di laboratorio*

Il modello e le prove dovranno essere condotte in un bacino coperto e dotato di un sistema controllato e misurato per la circolazione dell'acqua con densità diversa da quella della vasca, attrezzato per la generazione di correnti e per il controllo del livello; con una postazione fotografica posta al disopra del modello con piazzola per l'operatore o con sistemi di controllo remoto del sistema di ripresa; equipaggiato con generatori di moto ondoso irregolare con controllo del set-up in grado di generare, in un punto di riferimento, onde con caratteristiche assegnate; fornito di strumentazioni per il rilevamento delle onde e delle correnti che tengano conto delle variazioni di densità dell'acqua.

##### *Il modello fisico tridimensionale della foce, del porto e del litorale adiacente*

Lo studio dell'agitazione nel porto sarà condotto attraverso la sperimentazione con modello in scala opportuna in similitudine di Froude. Il modello sarà realizzato con fondo fisso e riprodurrà un'area adeguata, con modellazione del fondo estesa almeno fino alla isobata -10 m. Il fondale di generazione delle onde dovrà essere corrispondente almeno alla profondità di -24.0 m s. l. m. m. e raccordato all'ultima linea batimetrica riprodotta. L'area portuale sarà integralmente riprodotta; i moli e le opere interne saranno realizzate secondo la tipologia prevista o comunque in modo tale da rispettarne le caratteristiche riflettenti.

Sulla base dello stato attuale delle ipotesi progettuali si prevede che sul modello dovrà essere svolto il programma di prove di seguito indicato.

# SCHEMA DEL PROGRAMMA DI PROVE PREVISTO

Cod.	Soluzione	Prove							Moti ondosi e correnti	Trasporto solido
		Ondazioni		Correnti	Dir.	Onde				
I	Soluzione schematica di base per il raffronto e la calibrazione della modellistica matematica	2	4	4	4	4	4	4	-	
II	Soluzione antecedente la realizzazione della scogliera frangiflutti foranea - condizioni di riferimento	2	4	4	4	4	4	2	2	
III	Soluzione attuale	2	4	4	4	4	4	2	2	
IV	Soluzione attuale con panna rimovibile (Sol. 1)									
V	Soluzione intermedia con pennello (Sol. 4)	2	4	4	4	4	4	2	2	
VI	Soluzione intermedia con pennello (Sol. 5)	1	2	4	4	4	4	-	-	
VII	Soluzione intermedia con pennello (Sol. 6)	2	4	4	4	4	4	2	2	
VIII	Soluzione a completamento intervento (Sol. 11)	2	4	4	4	4	4	2	2	
IX	Soluzione variante a	1	2	-	-	-	-	-	-	
X	Soluzione variante b	1	2	-	-	-	-	-	-	
XI	Soluzione ottimizzata	2	4	4	4	4	4	2	2	
TOTALI		-	34	36	16	14				

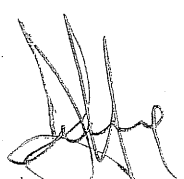
## CAPITANERIA DI PORTO PESCARA

L'anno duemilaquattro, addì 19 del mese di gennaio, alle ore 12.00, negli Uffici della Capitaneria di Porto di Pescara,

### PREMESSO CHE

- ❖ Il porto di Pescara rientra nella competenza statale in quanto porto di II ctg. - 1<sup>a</sup> classe - in base al D.M. 21.08.1975;
- ❖ Il Piano Regolatore Portuale risale al 1968 e, a seguito della redazione di due varianti riguardanti la realizzazione di opere infrastrutturali esterne, l'ultima delle quali è in corso di ultimazione, è da ritenersi completamente attuato;
- ❖ La prossima ultimazione delle nuove banchine esterne (marzo 2005), sviluppanti circa 400 ml., oltre ad un piazzale di circa 50.000 mq., impone la rivisitazione dell'intero "sistema porto", inserito com'è nell'omonima città; procedura questa che deve necessariamente identificarsi nella redazione di un piano di razionalizzazione delle aree portuali, da inserirsi, eventualmente, in una variante generale al vigente piano regolatore portuale;
- ❖ Per la redazione del citato piano di razionalizzazione, proprio in ragione della posizione del porto e conseguente necessità di raccordo con la circostante area urbana, l'Autorità Marittima deve necessariamente procedere di intesa con le varie Amministrazioni / Enti territorialmente coinvolti, primo fra tutti il Comune di Pescara, quale Ente di governo territoriale, competente, fra l'altro all'emanazione dei vari strumenti urbanistici, in primis il Piano Regolatore Generale, con il quale lo strumento di regolamentazione /razionalizzazione portuale non può contrastare;
- ❖ L'Amministrazione Comunale di Pescara ha in corso la rivisitazione del vigente P.R.G. a mezzo di specifica variante; condizione questa che non può che agevolare e favorire la redazione del prefisso strumento di razionalizzazione portuale, in ragione di quanto sopra esposto;
- ❖ L'indiscutibile esigenza di procedere "di intesa" con l'Amministrazione Comunale, configura ogni possibile e costruttivo coinvolgimento dell'Ente, al fine ultimo di ottenere due strumenti urbanistici, portuale e cittadino, perfettamente integrati ed asserviti l'uno all'altro: il porto è un nodo complesso articolato al suo interno in settori correlati ad altri nodi territoriali quali la stessa città, gli svincoli autostradali, l'interporto, l'aeroporto;
- ❖ La Regione Abruzzo, giusta Legge Regionale n. 113 del 23.11.1999, ha assegnato al Consorzio A.S.I. Val Pescara i fondi per l'esecuzione di studi di fattibilità per la redazione, fra l'altro, di un piano di valorizzazione del porto di Pescara, costituito, di fatto, da studi ed elaborati utili alla redazione dello strumento di cui sopra è cenno;

TUTTO CIO' PREMESSO




la Capitaneria di Porto di Pescara, il Genio Civile per le Opere Marittime, il Comune di Pescara ed il Consorzio A.S.I. Val Pescara, stabiliscono di concerto quanto segue:

#### **1. Impegno dell'Amministrazione Comunale di Pescara**

L'Amministrazione Comunale di Pescara – Assessorati ai Lavori Pubblici ed Urbanistica – contestualmente ai lavori di stesura della variante al P.R.G., procederà alla redazione del “Piano di razionalizzazione delle aree portuali del porto di Pescara”.

Lo strumento su indicato, fermo restando gli incontri preparatori e di confronto successivamente indicati, sarà ultimato entro il 31 ottobre 2004.

#### **2. Impegno del Consorzio A.S.I. Val Pescara**

Nell'ambito dell'incarico affidatogli dalla Regione Abruzzo, il Consorzio A.S.I. Val Pescara si impegna ad ultimare i vari studi di fattibilità allo stesso affidati entro e non oltre il 30 giugno 2004, estendendone copia al gruppo di lavoro di seguito indicato.

A tal riguardo, il Consorzio parteciperà agli incontri mensili di cui al paragrafo 3, mettendo di volta in volta a disposizione del gruppo di lavoro il materiale (studi e/o elaborati) disponibile, in particolare per quanto attiene ad indagini di mercato eseguite, studi socio-economici, configurazione dei bacini di utenza, ecc.

#### **3. Modalità di lavoro**

Ogni ultimo lunedì di ciascun mese, a far data dal 23 febbraio p.v., con conferma per le vie brevi da eseguirsi a cura della Capitaneria di Porto di Pescara ed alla presenza del rappresentante del Genio Civile per le Opere Marittime di Ancona, si terrà un incontro presso la Capitaneria di Porto di Pescara al fine di verificare lo stato di avanzamento dei lavori ovvero per evidenziare eventuali problematiche od esigenze emerse nel corso dei lavori stessi, nonché per i necessari scambi di dati, materiale ed informazione con il Consorzio A.S.I. Val Pescara.

A lavoro ultimato, il “piano di razionalizzazione” sarà sottoposto alla valutazione della Capitaneria di Porto di Pescara che, acquisito il parere di competenza del Genio Civile per le Opere Marittime di Ancona, valuterà se recepirlo o meno in una vera e propria variante generale al Piano Regolatore Portuale, attivando la prevista procedura.

#### **4. Impegno del Genio Civile per le Opere Marittime**

L'Ufficio del Genio Civile per le Opere Marittime di Ancona, di pari passo, avvierà gli studi e la progettazione per l'esecuzione delle seguenti opere:

- a. ricostruzione della banchina crollata alla radice del molo nord – ambito “Madonnina”;
- b. realizzazione di una palazzina per servizi da ubicarsi sul nuovo piazzale esterno;
- c. realizzazione delle torri faro per l'illuminazione delle nuove banchine e retrostante piazzale;
- d. spostamento del faro del porto in posizione più esterna, a seguito della realizzazione delle nuove opere infrastrutturali.

#### **5. Recepimento esigenze portuali in P.R.G.**

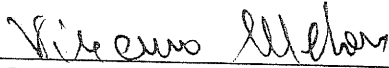
Contestualmente, gli Assessorati ai Lavori Pubblici ed Urbanistica del Comune di Pescara, ciascuno per quanto di competenza, al precipuo fine di garantire in ogni caso la piena operatività delle nuove banchine portuali (entro marzo 2005) e contestuale ipotizzato incremento dei traffici, si impegnano ad avviare studi paralleli le cui soluzioni saranno recepite nella variante al vigente P.R.G., in corso di elaborazione, specificatamente per quanto attiene a:

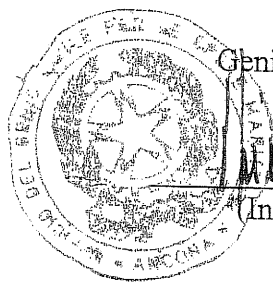
- Realizzazione di una viabilità dedicata da / per il porto;
- Asservimento all'ambito del portuale di aree adiacenti il porto;

anche per tali studi sarà avviato un confronto costante, in occasione dei su indicati incontri mensili, onde garantire l'individuazione di soluzioni, compatibili con la realtà cittadina, ma risolutive per le su indicate criticità del porto di Pescara.

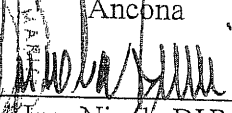
Il presente accordo, a valersi quale impegno di tutte le Amministrazioni/enti come sopra individuati.

Capitaneria di Porto  
Pescara

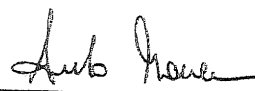
  
(C.V.(CP) Vincenzo MELONE)

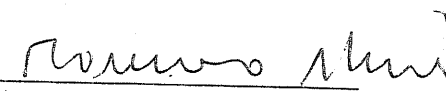


Genio Civile OO.MM.  
Ancona

  
(Ing. Nicola DUNI)

Comune di Pescara

  
(Ass. Armando MANCINI)

  
(Ass. Tommaso DI BIASE)

Consorzio ASI

IL COMMISSARIO REGIONALE

Ermo D'Astolfo

  
(Dott. Ermo D'ASTOLFO)



Al. (5)

**Ministero delle Infrastrutture  
e dei Trasporti**

**CAPITANERIA DI PORTO  
PESCARA**

**VERBALE DI RIUNIONE PER LA REDAZIONE DEL NUOVO PIANO REGOLATORE  
DEL PORTO DI PESCARA**

*L'anno 2005, addì 25 del mese di maggio, nei locali della Capitaneria di Porto di Pescara, su invito del Capo del Compartimento di Pescara, si è tenuta la presente riunione fra tutte le amministrazioni interessate, al fine di procedere all'esame, ed approvazione di un documento unico di indirizzo per la pratica stesura del Piano Regolatore Portuale di Pescara, nonché alla costituzione di un comitato tecnico ristretto al quale deve andare l'elaborazione dello strumento stesso.*

*Risultano presenti:*

- S.I.I.T. Lazio Abruzzo e Sardegna    *Gianluca IEVOLELLA*
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti    *Luigi MINENZA*
- Consulente S.I.I.T.    *Paolo de Girolamo*
- ASS. Urbanistica del Comune di Pescara    *Tommaso DI BASE*
- ASS. Lavori Pubblici    *Armando MANCINI*
- Consulente Comune    *Prof. Rosario PAVIA*
- Consorzio A.S.I. VAL PESCARA    *Dott. Hermo D'ASTOLFO*
- Consorzio A.S.I. Chieti Pescara    *Arch. Ugo ESPOSITO*
- Consorzio A.S.I. Chieti Pescara    *Antonio ARGENTIERI*
- Consorzio A.S.I. Chieti Pescara    *Giuseppe BISCONTIN*
- 

*Alle ore alle ore 10.30 il Comandante in II° C.F. (CP) Enrico MORETTI, apre la riunione dando un breve cenno di saluto, ringraziando gli intervenuti ed illustrando le finalità della riunione per poi passare la parola all'Ing. Ievorella del S.I.I.IT.*

*L'ing. Ievolella evidenzia l'importanza di disporre di un P.R.P. adeguato al ruolo che Pescara può assumere sullo scenario trasportistico nazionale e transazionale, inserita com'è lungo la direttrice del corridoio che collega la Spagna ai Paesi dell'Est.*

*Riepiloga poi le previsioni della legge 84/1994 relativi all'iter amministrativo che deve seguire un P.R.P., adottato, nel caso di Pescara, dall'Autorità Marittima di concerto con l'Amministrazione Comunale allo scopo di evitare previsioni non armonizzate con il P.R.G., sottoposto a procedura di VIA presso il Ministero ed infine approvato dalla regione.*

*Il Comandante Moretti interviene per precisare come, nel recente passato, si sia già percorsa una strada finalizzata non alla redazione di un P.R.P. vero e proprio, bensì di un piano avente lo scopo di razionalizzare le aree portuali esistenti e di recuperarne di nuove fra quelle finitime per consentire la massima proficua utilizzazione possibile della ormai finita darsena di levante.*

*In particolare, era stato siglato un protocollo di intesa con l'Ufficio del genio Civile OO.MM., l'Amministrazione Comunale ed il Consorzio ASI Val Pescara; detto protocollo ha portato alla redazione di diversi elaborati che potrebbero costituire lo spunto di partenza per uno strumento urbanistico di settore vero e proprio.*

*Prendono poi la parola il Prof. Pavia ed il Prof. Di Girolamo che prospettano la necessità che Pescara si doti di un porto adeguato ad un traffico passeggeri di un certo livello, che consenta anche l'inserimento nel circuito crocieristico, proponendo la realizzazione di alcune opere strutturali a ciò finalizzate nel rispetto del contesto ambientale caratterizzato dalla presenza di un fiume che occorre venga "bonificato".*

*Il Commissario del Consorzio ASI Val Pescara riferisce che alcune aziende hanno prospettato la loro disponibilità di avvalersi di Pescara come Porto per la movimentazione di merci/prodotti in arrivo/partenza, anziché di Ortona, per cui occorrerebbe non precludere tale tipo di traffico.*

*Tutti i presenti convengono sulla necessità che Pescara non sia solo uno scalo passeggeri, come tale operante perlopiù nel periodo estivo, ma sia anche Porto mercantile per navi ro-ro, che movimentino orizzontalmente il carico con merci di pronta uscita.*

*Il Geom. Biscontin illustra il lavoro che, sulla scorta del protocollo di intesa citato dal Comandante Moretti ha elaborato il Consorzio ASI, con il quale si propongono delle soluzioni per utilizzare al meglio il Porto così com'è all'attualità.*

*I rappresentanti dell'Amministrazione Comunale di Pescara, convengono con quanto già affermato e portano a conoscenza dei presenti di aver già commissionato ed acquisito studi e progettazione, seppur in linea generale, sui possibili assetti delle aree portuali in particolare per quanto riguarda la viabilità e l'interconnessione con il tessuto urbano. Evidenziano inoltre, l'inderogabile necessità affinché tutti gli interventi e/o studi da programarsi, abbiano come fine l'abbattimento dell'impatto ambientale e dell'inquinamento esistente, puntando verso la classificazione del Porto come scalo passeggeri, pur in presenza di piccoli traffici commerciali.*

*A questo punto della riunione il Comandante Moretti propone di individuare un modus operandi, un metodo di lavoro per addivenire alla redazione del nuovo P.R.P..*

*L'ing. Ievolella riferisce alcune sue esperienze maturate presso altri scali e, sulla scorta di quelle, propone di partire assegnando al Comune il compito di definire, in via prioritaria, le finalità che l'Amministrazione Comunale vuole perseguire attraverso il Porto e il percorso di tipo urbanistico da percorrere allo scopo di valutare le situazioni socio-economiche a contorno; sulla base di dette preliminari scelte ed analisi si dovranno individuare gli elaborati da produrre ed i soggetti che li dovranno redigere.*

*Esaurita detta fase, i convenuti ritengono che la regia delle operazioni preordinate al P.R.P. debba essere assegnata alla Capitaneria di Porto che, unitamente ai soggetti interessati, redigerà un protocollo che ufficializzerà "chi deve fare cosa" prevedendo anche una sorta di cronoprogramma.*

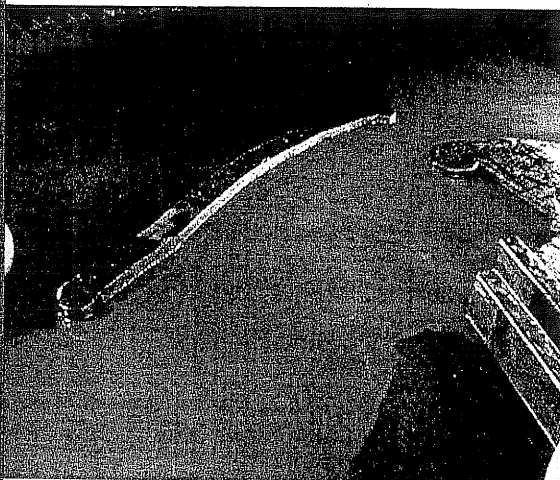
*La riunione termina alle 11.30*

*Fatto, letto, concordato e sottoscritto*

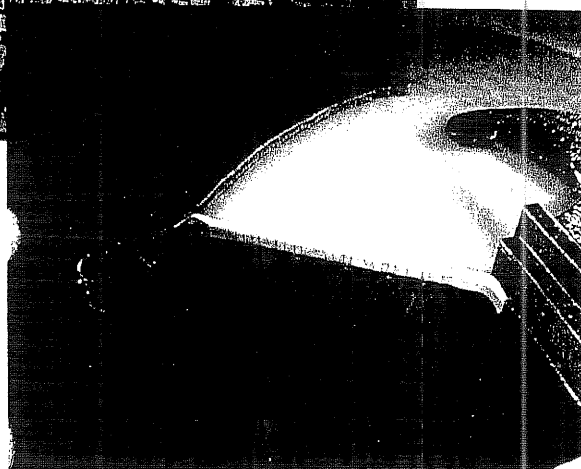
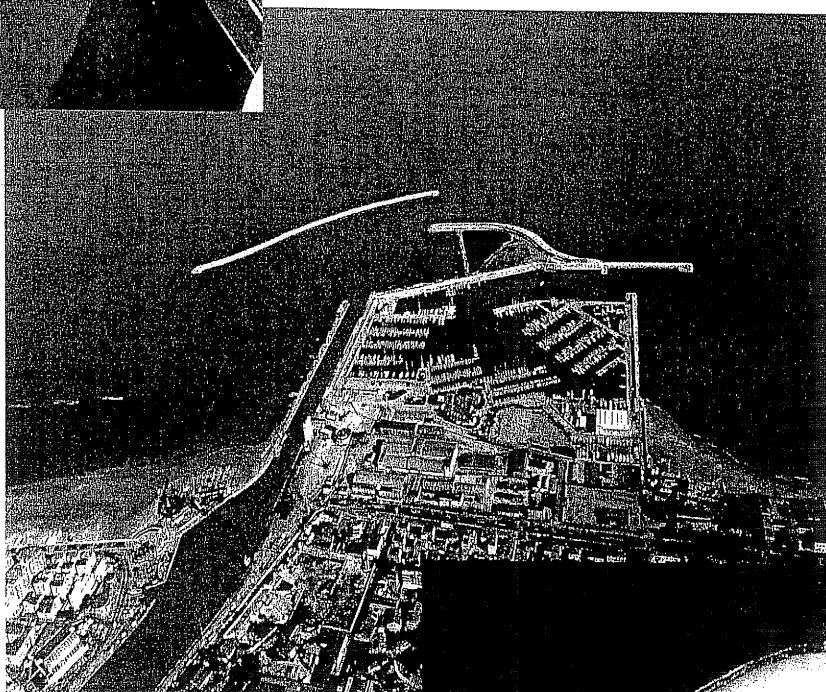


**APAT**

AGENZIA PER LA PROTEZIONE  
DELL'AMBIENTE E PER I SERVIZI TECNICI



**DISPERSIONE DEL DEFLUSSO  
FLUVIALE NELL'AREA  
PORTUALE DI PESCARA:  
PROPOSTE PRELIMINARI  
DI INTERVENTO**



Rapporto tecnico-scientifico APAT

Luglio 2005

## **Responsabili:**

*Francesco Lalli*<sup>1</sup>, *Stefano Corsini*<sup>2</sup>, *Franco Guiducci*<sup>3</sup>

## **Collaboratori:**

*Claudio Cerri*<sup>2</sup> : elaborazione delle ipotesi preliminari di progetto e collaborazione nella stesura del testo

*Massimo Falchi*<sup>1</sup> : allestimento apparato sperimentale, svolgimento delle prove in laboratorio, elaborazione delle immagini e collaborazione nella stesura del testo

*Iolanda Lisi*<sup>2</sup> : collaborazione nella stesura del testo

*Lorenzo Morra*<sup>2</sup> : collaborazione nella stesura del testo

*Cristiano Ravaioli*<sup>1</sup> : allestimento apparato sperimentale, svolgimento delle prove in laboratorio

*Enzo Verrastro*<sup>2</sup> : sviluppo degli aspetti di grafica, elaborazione delle ipotesi preliminari di progetto

1) APAT, Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale, Servizio di Metrologia Ambientale

2) APAT, Dipartimento Tutela delle Acque Interne e marine, Servizio Difesa delle Coste

3) APAT

# Indice

## Introduzione

### 1 Caratterizzazione del sito

- 1.1 Generalità
- 1.2 Il fiume Pescara
- 1.3 Forzanti di moto ondoso
- 1.4 Forzanti anemologiche
- 1.5 Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso
- 1.6 Caratteristiche del moto ondoso a riva

### 2 Gli ambienti di estuario

- 2.1 Generalità
- 2.2 Classificazione degli estuari in base al grado di mescolamento

### 3 L'indagine sperimentale: aspetti metodologici

- 3.1 Generalità
- 3.2 Prove in condizioni barocline

### 4 Descrizione delle ipotesi preliminari di intervento

- 4.1 Generalità
- 4.2 Ipotesi 1
- 4.3 Ipotesi 2
- 4.4 Ipotesi 3
- 4.5 Ipotesi 4
- 4.6 Ipotesi 5
- 4.7 Ipotesi 6
- 4.8 Ipotesi 7
- 4.9 Ipotesi 8
- 4.10 Ipotesi 9

### 5 Prove sperimentali

- 5.1 Pennello di ponente
- 5.2 Barriera mobile (ipotesi 1)
- 5.3 Apertura di modeste dimensioni nella diga foranea con deflettore (ipotesi 2,3)
- 5.4 Pennello di ponente modificato (ipotesi 4,5,6)
- 5.5 Aperture di grandi dimensioni con opere di protezione (ipotesi 7,8,9)

### 6 Analisi dei risultati sperimentali e ulteriori ipotesi di intervento

- 6.1 Generalità
- 6.2 Ipotesi 1
- 6.3 Ipotesi 2, 3
- 6.4 Ipotesi 4,5,6
- 6.5 Ipotesi 7,8,9
- 6.6 Commenti conclusivi sulle soluzioni proposte
- 6.7 Ipotesi 10
- 6.8 Ipotesi 11

## **7 Soluzioni finali proposte**

**7.1 Generalità**

**7.2 Ipotesi 10**

**7.3 Ipotesi 11**

**Conclusioni**

**Ringraziamenti**

**Bibliografia**

**Tavole**

**Schede illustrative delle prove**

# Introduzione

Nell'ambito della presentazione e discussione pubblica del rapporto tecnico-scientifico APAT *"Analisi delle interazioni tra deflusso fluviale e opere marittime nel porto di Pescara: indagini sperimentali, simulazioni numeriche, osservazioni in campo"* [6], tenuta a Roma il 23/11/2004, è emersa l'indicazione che l'Agenzia, sulla base degli studi fluidodinamici svolti, sviluppi ulteriori attività finalizzate a individuare ipotesi preliminari di modifica della struttura delle opere portuali, atte a impedire i fenomeni di diffusione delle acque del fiume Pescara lungo la costa settentrionale. L'APAT ha quindi riunito le competenze di settore in un GdL interdipartimentale, mantenendo attive le collaborazioni con i partner esterni (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Arla e Regione Abruzzo, Università di Roma "La Sapienza"). Come ampiamente descritto nel citato rapporto tecnico-scientifico [6], l'interazione tra deflusso fluviale e opere marittime, in particolare la diga foranea realizzata nella metà degli anni '90 per proteggere l'imboccatura del porto canale e realizzare un ampio avamposto, impedisce la libera dispersione in mare aperto delle acque fluviali, che vengono in parte deviate lungo il litorale Nord. Ciò non comporta problemi per quanto concerne lo smaltimento in condizioni di sicurezza delle portate di piena del fiume Pescara (questione sollevata a suo tempo dal CS LLPP e verificata con esito positivo su modello fisico presso ESTRAMED), ma riguarda i conseguenti effetti di natura ambientale sul litorale a Nord del porto. Questa situazione, come evidenziato in tutti i precedenti rapporti tecnici APAT [1 - 6], richiede la realizzazione di opportuni interventi mirati ad impedire la diffusione delle acque di provenienza fluviale lungo la costa settentrionale.

Anzitutto, il GdL ha redatto un programma generale di attività finalizzato all'individuazione della soluzione ottimale, nell'ambito del quale sono state individuate le risorse necessarie per una analisi completa delle problematiche. Tali attività si possono classificare secondo le seguenti tipologie:

1. incontri con le autorità locali e l'unità competente del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti;
2. indagini sperimentali presso il laboratorio di fluidodinamica APAT (modello fisico del porto di Pescara in scala 1:1000), tenendo conto dei fenomeni indotti dalla stratificazione salina;
3. simulazioni teorico-numeriche con modello idrodinamico 3D, tenendo conto della stratificazione salina;
4. campagne di osservazione e misura in situ;
5. attività sperimentale in laboratorio marittimo (modello fisico in scala opportuna);
6. progettazione preliminare di opere marittime.

Ad oggi, sono state svolte le seguenti attività:

- incontro con la Capitaneria di Porto di Pescara; in tale ambito, è stata messa a fuoco la necessità di conciliare adeguatamente le esigenze di salvaguardia ambientale con quelle di efficienza e sicurezza del porto; nella stessa occasione sono stati presi i primi accordi con l'Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente della Regione Abruzzo, al fine di programmare gli aspetti relativi alle campagne di misura in situ;
- incontro informale con gli ingegneri navali dell'Istituto Nazionale per Studi ed Esperienze di Architettura Navale di Roma; in tale incontro, come nel caso precedente, sono state valutate le possibili modifiche delle opere tenendo conto delle interazioni tra le problematiche ambientali e gli aspetti di manovrabilità delle navi, con particolare riferimento alle manovre di accesso al porto;

- riunione con l'unità del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti competente per il porto di Pescara; in tale contesto sono stati evidenziati prevalentemente gli aspetti procedurali inerenti la realizzazione di modifiche dell'assetto portuale;
- realizzazione di un modello in scala 1:1000 del porto di Pescara; tale modello è stato installato presso il laboratorio di fluidodinamica APAT e sono state svolte prove sperimentali finalizzate alla valutazione degli effetti sul deflusso e dispersione in mare delle acque fluviali dovuti alla realizzazione di modifiche dell'attuale assetto portuale, tenendo conto degli effetti di galleggiamento delle acque fluviali sulle acque marine.

Infine, sulla base dei risultati ottenuti in laboratorio, a partire da una ampia rosa di possibili soluzioni, sono state elaborate ipotesi preliminari di modifica della struttura portuale; in particolare:

1. realizzazione di una barriera galleggiante mobile dall'estremità del molo Nord del porto canale al punto di flesso della diga foranea; questa ipotesi, quantunque non definitiva, è caratterizzata da bassi costi e semplicità realizzativa e potrebbe essere immediatamente messa in atto, senza ulteriori studi;
2. apertura di opportuni varchi, più o meno ampi, nella diga foranea;
3. deviazione verso il largo della corrente fluviale mediante pennello intestato a riva;
4. modifica della foce fluviale, con sbocco diretto all'esterno della diga foranea.

# 1. Caratterizzazione del sito

## 1.1 Generalità

Il problema del peggioramento della qualità dell'acqua nell'area portuale di Pescara e lungo la costa settentrionale si protrae da alcuni anni. Precedenti studi APAT [1 – 6] e campagne di misura effettuate da ARTA Abruzzo nel 2000 hanno evidenziato come la zona costiera interessata dall'efflusso del fiume Pescara (soprattutto a seguito della costruzione della diga foranea) sia piuttosto vasta (almeno 3 km). In particolare, in un precedente studio APAT [3] è stata evidenziata la correlazione tra concentrazione di coliformi lungo la costa ed estensione del plume fluviale. Gli apporti di acqua dolce hanno portato negli ultimi anni effetti significativi sull'ecosistema marino, con ripercussioni negative sulla balneabilità del litorale Nord. Tali effetti si basano sugli aspetti sedimentologici e sulle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua. Prima della costruzione della diga foranea il trasporto solido del fiume Pescara veniva disperso verso il mare aperto e ridistribuito naturalmente lungo la costa ad opera delle mareggiate. Oggi, invece, il materiale limoso tende ad accumularsi sui fondali antistanti la costa Nord. Ma i cambiamenti maggiori che si stanno verificando nell'area riguardano probabilmente le caratteristiche chimico – fisiche dell'acqua. Un ampio tratto della costa Nord risulta esposta alla diffusione delle acque fluviali e si genera una stratificazione (acque dolci fredde galleggianti sulle acque salate più calde); tenendo conto del carico inquinante del fiume Pescara, ciò compromette le caratteristiche di balneabilità del sito, come purtroppo le campagne di misura effettuate lungo il litorale nel corso degli anni hanno evidenziato.

In questo lavoro sono state svolte analisi idrodinamiche in merito alla dispersione del deflusso fluviale su modello in scala, al fine di proporre delle ipotesi di modifica dell'attuale lay-out portuale. Sono state anche previste campagne di misure e successive analisi dei dati, nel duplice scopo di ottenere informazioni sulla natura ed entità delle forzanti meteo-marine e precisare tutto ciò che concerne la qualità delle acque.

Sono state programmate sei campagne di monitoraggio, di cui quattro stagionali e due da effettuarsi nei periodi di massima portata fluviale. Le campagne di monitoraggio prevedono misure *in situ* dei principali parametri chimico-fisici dell'acqua (temperatura, salinità, torbidità, densità, nutrienti ecc.) e l'acquisizione dei profili batimetrici. In tal modo potrà essere monitorata la diretta influenza del fiume Pescara sulla qualità delle acque di mare nelle diverse condizioni meteo-marine e si potrà ottenere una rappresentazione dettagliata delle distribuzioni sia verticali che longitudinali dei parametri misurati. Le misure in campo sono state pianificate in modo da ottenere la migliore risoluzione spaziale e temporale per la descrizione del fenomeno del mescolamento e della stratificazione verticale delle masse d'acqua a diversa temperatura e salinità e quindi per la stima dei gradienti orizzontali di densità, necessari per la comprensione delle dinamiche del flusso baroclino. Questo studio è stato previsto allo scopo di ottenere un quadro conoscitivo completo, che consenta di svolgere i necessari approfondimenti in merito alle ipotesi preliminari di intervento descritte nel presente lavoro.

## 1.2 Il fiume Pescara

La stesura di questo paragrafo si è basata principalmente sullo studio [7], a cura del Servizio Idrografico e Mareografico di Pescara della Regione Abruzzo.

Il Fiume Pescara, che sfocia in Adriatico in corrispondenza dell'omonima città, è alimentato nel suo corso più alto dai deflussi degli Appennini Abruzzesi, che raggiungono le quote più elevate della catena. Il corso d'acqua, che dalla gola di Popoli si dirige, con corso poco pendente, verso la costa Adriatica con direzione pressoché normale alla costa stessa, è alimentato, a monte della gola, dalla confluenza del Fiume Aterno, che proviene da Nord-Ovest, e del fiume Sagittario, che scorre da Sud-Est. Tale conformazione, anomala per i corsi d'acqua appenninici con foce in Adriatico, deriva dalla corrispondente particolare conformazione della catena montuosa, che presenta due diversi spartiacque paralleli al mare, essendo il più prossimo alla linea costiera interrotto dalla

profonda valle rocciosa di Popoli, determinata da una faglia che separa il monte Morrone dalle propaggini meridionali del massiccio del Gran Sasso. Il primo spartiacque, orientale, è caratterizzato dalle quote più elevate che l'Appennino insulare raggiunge, col Monte Corno (Gran Sasso - 2914 m s.l.m.) e col Monte Amaro (Maiella - 2714 m s.l.m.). Il secondo spartiacque, parallelo al primo, verso occidente, raggiunge quote meno elevate (M. Sirente - 2349 m s.l.m.).

La valle tra le due catene è drenata dall'Aterno e dal Sagittario che scorrono ambedue, con diversa morfologia d'alveo, verso la gola di Popoli.

L'alveo del fiume Pescara assume configurazioni differenti nell'area esaminata, presentando una forma per tratti anastomizzata, per tratti meandriforme. L'aspetto dell'alveo fluviale comunque è stato modificato enormemente dalle opere antropiche realizzate su di esso. Infatti a causa degli sbarramenti operati ad Alanno (diga Enel presa III salto) e nelle vicinanze della stazione di Rosciano (centrale Enel presa IV salto) si sono formati a monte piccoli laghi artificiali. La presenza di numerose opere di presa ha causato significative diminuzioni delle portate fluviali. Infine, in corrispondenza della foce del fiume, la realizzazione del porto canale di Pescara ha richiesto la rettificazione di alcuni tratti del corso del fiume. Queste opere hanno modificato fortemente sia la dinamica fluviale, sia gli ambienti ad essa collegati, sia i rapporti tra il fiume, la falda e gli apporti a mare.

Il Pescara ha un bacino di circa 3200 km<sup>2</sup>, per lo più di tipo montuoso. Solo nelle ultime decine di km scorre attraverso sedimenti terrigeni su un'area densamente urbanizzata; il trasporto solido è rilevante: il Pescara rovescia in mare una quantità di sedimenti che può essere stimata circa 10<sup>6</sup> tonn/anno.

La stazione idrometrica di S.Teresa, ubicata a circa 9 Km dalla foce, sottende un bacino di circa 3100 Km<sup>2</sup>. I valori caratteristici desumibili dai dati forniti dalla stazione di S.Teresa sono:

- portata minima storica istantanea: 15 m<sup>3</sup>/s;
- portata media giornaliera storica: 50 m<sup>3</sup>/s;
- portata giornaliera massima annua: 380 m<sup>3</sup>/s;
- portata massima storica istantanea: 1100 m<sup>3</sup>/s;

Per quanto concerne l'analisi della pericolosità, vengono riportati i risultati del lavoro [8], ottenuti mediante rilevamenti di campagna finalizzati all'individuazione dei produttori, effettivi e potenziali, di inquinamento. Gli elementi da prendere in considerazione nell'analisi della pericolosità presente nella pianura del fiume Pescara sono i seguenti:

- *Utilizzazione delle risorse idriche sotterranee.* Le acque del subalveo del fiume sono utilizzate prevalentemente a scopo industriale, irriguo e domestico. Forti prelievi in falda sono ubicati sulla destra idrografica del Pescara e legati all'attività industriale nelle zone di Chieti Scalo e Pescara. L'emungimento delle acque di subalveo per usi domestici ed irrigui risulta essere di modesta entità in quanto, per tali scopi, viene utilizzata l'acqua fornita dai consorzi di bonifica della Val Pescara. La portata d'acqua prelevata per tali scopi è difficilmente quantificabile.
- *Urbanizzazione.* I principali centri gravanti sul bacino del fiume Pescara sono i due capoluoghi di provincia, Pescara (circa 120.000 abitanti) e Chieti (circa 55.000 abitanti). Non tutti i centri urbani sono attrezzati per la depurazione delle acque di rifiuto.
- *Infrastrutture.* La vallata del fiume Pescara è interessata dalla presenza di due arterie autostradali (A25, A14), due strade a scorrimento veloce, due strade statali (Tiburina Valeria e Adriatica) e due linee ferroviarie.
- *Attività produttiva.* Nella pianura alluvionale del Fiume Pescara i maggiori insediamenti industriali sono ubicati nei pressi dei comuni di Alanno, Scafa, Chieti, S.Giovanni Teatino (Sambuceto) e Pescara. Le principali attività sono: industrie siderurgiche, metallurgiche, galvaniche e produttrici di metallo e loro leghe che possono essere causa di inquinamento da

metalli. Sono presenti industrie di vernici, materie plastiche e farmaceutiche, officine meccaniche, distributori di benzina e impianti di lavorazione delle carni. Sono inoltre presenti cave, in alcune delle quali è affiorante la falda, ed alcune discariche sepolte. Entrambe costituiscono vie di inquinamento preferenziale della falda. Infine l'attività agricola è estesa su tutto il bacino, con l'esclusione delle dorsali carbonatiche, è particolarmente intensa nella pianura alluvionale e consiste principalmente in seminativo irriguo ed alborato.

Sulla base delle precedenti considerazioni, si può quindi concludere che il rischio potenziale di inquinamento è elevato. I fenomeni di inquinamento effettivamente in atto hanno prodotto un forte degrado della qualità delle acque: quelle qualitativamente peggiori sono in prossimità della fascia costiera e delle maggiori zone industriali.

Parametri chimici	Valori
Temperatura dell'acqua	15°
PH	7.7
Solidi sospesi	74 mg/l
Conducibilità el. 20°	484 $\mu$ S/cm
Ossigeno disciolto	9 mg/l
Saturazione	89 %
BOD5	3.5 mg/l
COD	< 10 mg/l
Durezza totale CaCO <sub>3</sub>	282 mg/l
Cloruri	19 mg/l
Solfati	28.2 mg/l
Azoto Ammoniacale	1.1 mg/l
Azoto Nitroso	0.02 mg/l
Azoto Nitrico	1.02 mg/l
Azoto totale	2.5 mg/l
Ortofosfati solubili	0.087 mg/l
Fosforo totale	0.15 mg/l
Coliformi totali	300000 ufc/100 ml
Coliformi fecali	100000 ufc/100 ml
Enterococchi	400000 ufc/100 ml
Escherichia coli	500000 ufc/100 ml
Salmonella	Presenti
Clostridi solfito riduttori	Presenti

*Tabella 1.1: Analisi a cura di ARTA Abruzzo; data prelievi: 8/5/2001; punto di prelievo: Comune di Pescara, 50 m a valle di Ponte D'Annunzio, sponda sn.*

Campagne di misura effettuate da Legambiente nell'ambito del progetto Fiuminforma 2001 hanno portato a classificare le acque in prossimità della foce come "molto inquinate o comunque molto alterate". I risultati di analisi svolte dall'Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente nel 2001 su campioni d'acqua prelevati in prossimità della foce sono riportati nella tabella 1.1. Controlli effettuati nello stesso anno dal Comando Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente lungo il corso del fiume, hanno portato ad identificare 4 depuratori non conformi al DL 152/99. Tali infrazioni definiscono un livello di illegalità pari al 36 % rispetto alla media generale, dimensionata al 30 %.

Si può quindi concludere che l'auspicabile intervento finalizzato ad ottenere un miglioramento delle acque che vengono scaricate a mare dal fiume Pescara comporta tempi lunghi

ed una complessa e difficile gestione delle operazioni. Pertanto, per ripristinare in modo efficace la balneabilità delle zone a Nord della foce del Pescara è necessario intervenire tempestivamente modificando le strutture del porto, che inducono attualmente un ristagno delle acque dolci fluviali in prossimità del litorale a Nord di Pescara. In aggiunta, anche ammesso di poter ottenere in tempi ragionevolmente brevi un miglioramento sensibile della qualità delle acque fluviali, è comunque opportuno evitare accumulo e ristagno di acque dolci e limacciose lungo un litorale destinato alla balneazione.

### 1.3 Forzanti di moto ondoso

Per la definizione del clima di moto ondoso vengono utilizzati i risultati descritti in un lavoro sviluppato da De Girolamo [9], ottenuti mediante elaborazione degli eventi misurati dalla boa ondometrica di Ortona (R.O.N.). Dall'analisi di tali risultati emerge quanto segue:

- La direzione risultante del flusso di energia è ruotata verso Nord rispetto alla normale alla linea di costa;
- Gli stati di mare estremi ( $H_s > 3.5 \text{ m}$ ) provengono prevalentemente da un limitato settore di traversia  $340\text{-}50^\circ \text{ N}$ , corrispondente ai venti di Maestrale e Grecale. Gli eventi che presentano un'altezza d'onda significativa  $H_s > 2 \text{ m}$  sono caratterizzati da una frequenza di accadimento contenuta (minore del 5%);
- Tra gli stati del mare "significativi" (altezza d'onda  $> 0.5 \text{ m}$ ) quelli più frequenti (circa il 37% degli eventi) sono caratterizzati da un'altezza d'onda  $H < 2 \text{ m}$ ;
- La distribuzione degli stati di mare "significativi" (altezza d'onda  $H > 0.5 \text{ m}$ ) non presenta sensibili variazioni stagionali, in particolare gli eventi provenienti dal settore principale sono il 76% circa in inverno ed in estate, ed il 60% circa in primavera ed autunno;

Per quanto riguarda le caratteristiche del clima d'onda nel periodo estivo, dal lavoro citato [9] emergono i seguenti elementi:

- La percentuale degli eventi caratterizzati da un'altezza  $H < 0.5 \text{ m}$  (calme) è pari a circa il 67%;
- Gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda  $H > 0.5 \text{ m}$  provengono per circa il 76% dal settore di traversia principale e per il rimanente 24% dalle altre direzioni;
- Gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda  $H > 0.5 \text{ m}$  e provenienti dal settore di traversia principale hanno per il 73% altezza d'onda inferiore a  $2 \text{ m}$ .

Dallo studio di De Girolamo [9] si evince poi che gli eventi estremi di moto ondoso ricadono all'interno del settore di traversia compreso tra le direzioni di  $320\text{-}130^\circ \text{ N}$ , ulteriormente suddivisibile in un settore di traversia principale che ricade tra le direzioni di  $320\text{-}50^\circ \text{ N}$  ed un settore di traversia secondario che ricade tra le direzioni di  $50\text{-}130^\circ \text{ N}$ . Dall'analisi di tali eventi emergono le seguenti conclusioni:

- Nel settore principale rientrano gli stati di mare provenienti da Maestrale e Grecale, generati in mare aperto e caratterizzati dalle massime altezze d'onda significative  $H_s$ ;
- Nel settore secondario rientrano gli stati di mare provenienti da Levante e Scirocco, generati in mare aperto e caratterizzati da altezze d'onda significative  $H_s$  di media inferiori rispetto al settore principale.

Nel paraggio in esame gli stati di mare caratterizzati da un'altezza d'onda significativa  $H_s < 2 \text{ m}$  non sono stati ritenuti in grado di forzare la circolazione costiera in maniera tale da influenzare la zona prospiciente la foce. Visto che gli eventi superiori a tale soglia, per il periodo estivo, sono solo lo 0.2%, è stata evidenziata la scarsa rilevanza in termini statistici delle condizioni di moto ondoso

che possono forzare una apprezzabile circolazione costiera (correnti indotte da moto ondoso frangente) in grado di influire sulla qualità delle acque nell'intorno della foce del Pescara.

#### 1.4 Forzanti anemologiche

La dispersione in mare delle acque del fiume Pescara può essere influenzata dalle correnti costiere generate dal vento. Per valutare tale influenza, nel lavoro di De Girolamo [9] è stato utilizzato il set di dati registrato dalla stazione mareografica di Pescara; dall'analisi di tali dati risulta che:

- I venti caratterizzati da una direzione di provenienza compresa tra  $140-320^{\circ}\text{N}$  (quindi diretti da terra verso mare) forzano la dispersione del plume fluviale verso largo e, in estate, si presentano con una frequenza percentuale di accadimento del 36.8%. I venti rilevanti hanno direzione di provenienza compresa tra  $225-255^{\circ}\text{N}$ , caratteristica dovuta alla tipica conformazione della valle del Pescara lungo la quale si incanalano i venti provenienti da terra;
- I venti caratterizzati da una direzione di provenienza compresa tra  $50-140^{\circ}\text{N}$  forzano la dispersione del plume fluviale verso il tratto di litorale ubicato a Nord del porto (litorale di Pescara) e si presentano con una frequenza percentuale di accadimento, relativa al periodo estivo, del 17.5%;
- I venti caratterizzati da una direzione di provenienza compresa tra  $320-50^{\circ}\text{N}$  tendono a far disperdere le acque del plume fluviale verso il tratto di litorale ubicato a Sud del porto e si presentano con una frequenza percentuale di accadimento, relativa al periodo estivo, del 20.9%;
- Il 24.8% degli stati di vento sono caratterizzati da una velocità inferiore ai 4 nodi (calme di vento). In questi casi la dispersione del plume fluviale è indipendente dalle condizioni anemometriche del paraggio ed è governato solo dalle caratteristiche intrinseche del getto fluviale. A tal proposito, è opportuno ricordare che, in condizioni di magra, la velocità media di efflusso è prossima a  $1\text{ m/sec}$ .

Nel lavoro di De Girolamo[9] è stato quindi messo in evidenza che le condizioni più sfavorevoli per la balneazione (quelle che deflettono il pennacchio fluviale verso costa) si verificano nelle ore diurne, con massimi in corrispondenza delle direzioni comprese tra i  $10$  e  $120^{\circ}\text{N}$ .

#### 1.5 Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso

Nel citato lavoro [9] è stata effettuata anche una elaborazione statistica delle misure ondametriche rilevate dalla boa di Ortona, al fine di valutare l'entità degli eventi estremi di moto ondoso. In tale studio è stato utilizzato il metodo POT che consiste nel prendere in esame il solo valore massimo di altezza d'onda (valore di picco) che si verifica nell'ambito di una singola mareggiata. L'individuazione di ciascuna mareggiata nell'ambito della serie storica è stata effettuata introducendo una soglia di altezza d'onda e considerando che il singolo evento (mareggiata) abbia inizio quando l'altezza d'onda significativa superi per la prima volta il valore di soglia prestabilito e termini quando l'altezza d'onda significativa assume per la prima volta un valore inferiore a quello di soglia oppure quando si verifica un forte scarto della direzione del moto ondoso. Gli stati di mare caratterizzati da una altezza d'onda significativa ( $H_s$ ) superiore alla soglia individuata sono stati oggetto di una successiva elaborazione statistica al fine di ricavare, mediante una regolarizzazione degli eventi estremi secondo note funzioni probabilistiche, le caratteristiche del moto ondoso da associare ad assegnati tempi di ritorno.

I risultati dello studio, con suddivisione dei dati di moto ondoso registrati nei settori di traversia principale A (ricadente tra le direzioni  $320^{\circ}\text{N}$  e  $50^{\circ}\text{N}$ ) e secondario B (ricadente tra le direzioni  $50^{\circ}\text{N}$  e  $130^{\circ}\text{N}$ ) sono evidenziati nel seguente diagramma polare delle mareggiate con altezza d'onda superiore a  $2\text{ m}$ :

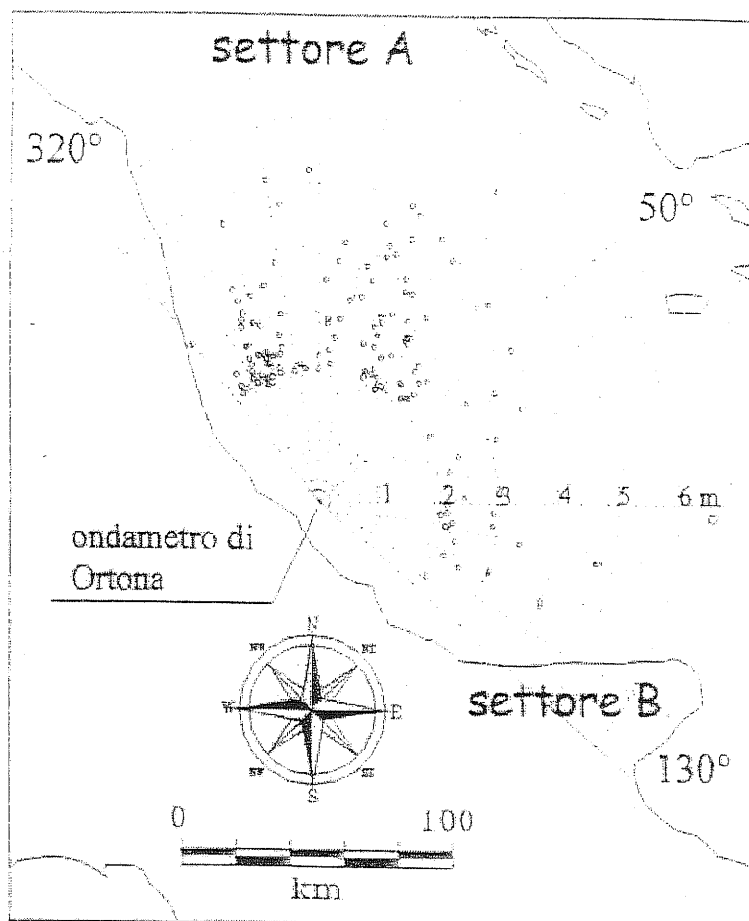


Fig. 1.1: diagramma polare delle mareggiate, registrate dalla boa di Ortona, con altezza d'onda  $H > 2$  m.

Hs (m)	Tr (anni)	Hs (m)	Tr (anni)
2,29	0,08	3,70	0,37
2,40	0,08	3,80	0,46
2,50	0,09	4,00	0,52
2,60	0,11	4,09	0,59
2,70	0,12	4,20	0,7
2,80	0,12	4,40	0,84
2,90	0,14	4,50	0,94
3,00	0,18	4,59	1,23
3,10	0,19	4,70	1,45
3,20	0,23	4,80	1,77
3,30	0,24	4,90	2,26
3,40	0,28	5,09	3,14
3,50	0,3	5,20	5,16
3,60	0,36	5,70	14,37

Tabella 1.2: Valori dell'altezza d'onda significativa  $H_s$  e del corrispondente tempo di ritorno  $T_r$  per il settore A

#### 1.6 Caratteristiche del moto ondoso a riva

Infine, nel menzionato lavoro [9] sono stati ricavati i dati di moto ondoso a riva. Il metodo seguito per ottenere le condizioni di moto ondoso in costa si è basato sull'applicazione del modello di

rifrazione inversa spettrale Merope. La propagazione inversa spettrale della serie storica è stata eseguita rispetto ad un punto antistante al porto di Pescara e ubicato sulla batimetria 8,0 m sul l.m.m.. La serie storica propagata a riva è stata quindi analizzata per definire il clima di moto ondoso in prossimità delle opere. Tale serie storica ha permesso di ricostruire le "rose" climatiche di moto ondoso in costa per il paraggio in esame. Di seguito viene riportato un confronto tra la rosa annuale ottenuta al largo di Pescara e quella ottenuta in costa. Dai due grafici risulta chiaro l'effetto di rifrazione indotto dalla batimetria che tende a restringere in costa il settore di provenienza del moto ondoso.

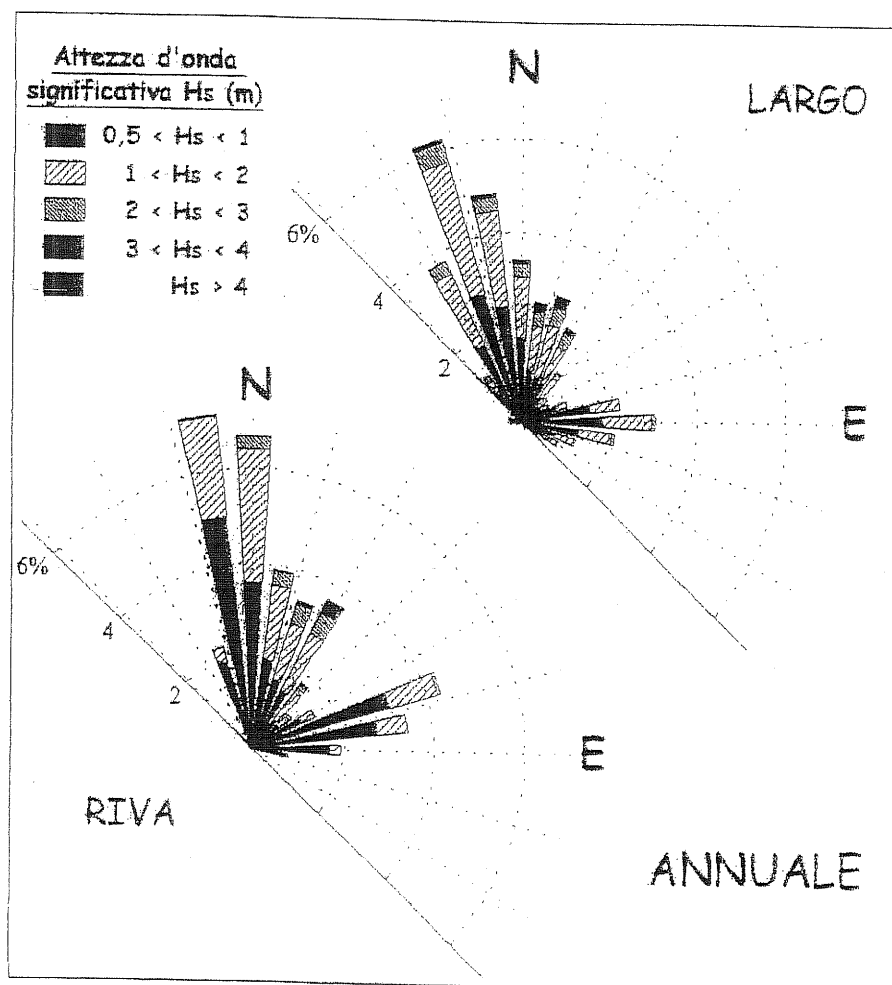


Fig. 1.2: rose della distribuzione direzionale annuale degli eventi di moto ondoso al largo e in prossimità della costa.

## 2. Gli ambienti di estuario

### 2.1 Generalità

Gli ambienti di estuario (acque di transizione) differiscono tra loro sia per la geometria delle rive e del fondo sia per le caratteristiche della circolazione, soggette a variabilità nello spazio e nel tempo a causa delle maree, dei cambiamenti di portata del fiume e delle condizioni meteorologiche.

L'interazione idrodinamica fra acque fluviali e acque marine si manifesta principalmente tramite l'effetto di espansione del flusso e l'effetto di galleggiamento dovuto alla differenza di densità tra acque dolci e acque salate. La corrente, abbandonando il canale, continua a fluire nella massa idrica del bacino per inerzia e si espande; i filetti turbolenti si allontanano tra loro e, ai margini della corrente, si ha la mescolanza diffusiva con l'acqua marina circostante. Si dissipa così energia: diminuiscono la velocità e la capacità di trasporto ed il sedimento grossolano sedimenta. Il carico di fondo tende a concentrarsi sull'asse del canale, dove si forma una secca sabbiosa, mentre la parte più grossolana del carico sospeso forma degli argini subacquei ai lati. In genere, la secca tende a far dividere la corrente in due rami. Nel caso in esame, la realizzazione di argini caratterizzati da bassa scabrezza, con restringimento della sezione, ha fatto sì che la velocità sia piuttosto elevata in corrispondenza della foce e la deposizione del sedimento avviene prevalentemente nell'ambito dell'avamposto.

Anche se carica di sedimento, l'acqua dolce galleggia sull'acqua di mare più densa e scorre in superficie, formando pennacchi torbidi che perdono la loro individualità verso il largo molto gradualmente. La progressiva mescolanza di acqua dolce e salata consente la *flocculazione* delle particelle colloidali.

A ridosso della barra di foce abbiamo così una stratificazione di densità, con un cuneo di acqua dolce in superficie che si assottiglia verso il mare e un sottostante *cuneo salino* che termina verso terra. Gli spessori e le posizioni reciproche tra i due cunei variano a seconda del rapporto tra portata fluviale e livello di marea. Quanto maggiore è la differenza di densità tra le due masse idriche tanto più è facilmente individuabile il cuneo salino.

Come tutti i movimenti dei fluidi, anche le correnti che hanno origine negli ambienti di transizione sono governate dal principio di continuità, secondo il quale una massa d'acqua spostata dalla sua giacitura non può lasciare vuoti dietro di sé: uscendo da un determinato intorno spaziale, una particella liquida viene immediatamente sostituita da un'altra per cui, allo spostamento di masse d'acqua da un determinato livello, per esempio quello superficiale, deve corrispondere un richiamo d'acqua di pari quantità dagli strati circostanti e/o da quelli profondi. In tal modo si generano le correnti di compensazione che possono avere anche il carattere di "contro correnti" (rispetto a quelle superficiali) e che sono controllate nel loro innescarsi e nel loro evolversi dalla morfologia e dalle strutture termiche e saline più importanti, quali le stratificazioni stagionali.

La classificazione degli estuari si basa sulle caratteristiche dei principali fattori di diffusione delle acque effluenti e della successiva dispersione dei sedimenti da esse mobilitati, mettendoli in relazione con l'intensità di tre importanti fattori, quali:

- a) inerzia del flusso d'acqua effluente e diffusione turbolenta (dinamica del getto);
- b) attrito tra effluente e fondo in prossimità della bocca di foce;
- c) galleggiamento, dovuto alla differenza di densità tra il flusso di acqua dolce su quella salata.

L'acqua di provenienza fluviale, in generale meno densa e più fredda, fluisce su quella di mare, salata, più densa e più calda, generando la stratificazione di masse d'acqua a diversa salinità e temperatura. Nel caso in cui il cuneo salino appare ben sviluppato il flusso dell'effluente risulta essere isolato dagli effetti indotti dall'attrito con il fondo. In tal modo l'effetto del galleggiamento ha la meglio sul mescolamento verticale e l'effluente tende a scorrere su di un'ampia area, con uno spessore che si riduce man mano che ci si allontana dalla bocca di foce. La diminuzione della

velocità dell'effluente è dovuta alla risalita dell'acqua di mare attraverso la regione di interfaccia che si trova tra le masse d'acqua a diversa densità. La densità all'interfaccia tra il plume ed il cuneo salino mostra generalmente un andamento irregolare dovuto alle onde interne.

Il fenomeno è governato dal numero di Froude legato alla gravità ridotta  $Fr' = U^2 / \gamma' g h'$ , in cui:

$U$  = velocità media del flusso di *outflow* nello strato superiore

$g$  = accelerazione di gravità

$h'$  = profondità dello strato superiore

$\gamma' = 1 - (\rho_1 / \rho_0)$

$\rho_1$  = densità dell'acqua fluviale

$\rho_0$  = densità dell'acqua salata

In particolare si ha che: al crescere di  $Fr'$  dominano le forze inerziali, accompagnate da un incremento della diffusione turbolenta; al decrescere di  $Fr'$  la stratificazione risulta più stabile, a parità di condizioni di marea.

## 2.2 Classificazione degli estuari in base al grado di mescolamento

Il fenomeno di stratificazione delle masse d'acqua a salinità diversa consente di classificare gli estuari in base al grado di mescolamento verticale delle acque e della distribuzione longitudinale della salinità. Si riconoscono essenzialmente tre tipi di estuario:

- Tipo "A": estuari non stratificati; il mescolamento interessa tutta la colonna d'acqua e la salinità decresce gradualmente procedendo dalla foce verso l'interno.

- Tipo "B": estuari parzialmente stratificati; è presente una stratificazione parziale di due masse d'acqua a salinità diversa. La salinità varia sia in superficie che in profondità, aumentando progressivamente mano a mano che si procede verso il mare aperto.

- Tipo "C": estuari stratificati; è presente una marcata, stabile stratificazione e le caratteristiche delle masse d'acqua superficiale e di quelle profonde sono molto differenti. Il mescolamento delle acque continentali con le acque marine avviene in una fascia superficiale molto ristretta lungo tutto l'estuario così che, mentre nello strato superficiale la salinità aumenta progressivamente nella direzione del mare, nello strato profondo rimane costante con valori prossimi a quelli marini.

Un numero adimensionale che definisce i tre gradi di mescolamento è il seguente:

$$E_D = \frac{P_f Fr^2}{Q_f T}$$

nella quale:  $P_f$  è il prisma di marea (volume di acqua marina che entra nell'estuario durante l'alta marea);  $Q_f$  è la portata fluviale;  $T$  è il periodo di marea;  $Fr$  è il numero di Froude, definito in termini di velocità massima all'altezza della bocca, profondità media e accelerazione di gravità. Si ha che:

caso "A"

$$10 \leq E_D$$

caso "B"

$$1 < E_D < 10$$

caso "C"

$$E_D \leq 1$$

I tre tipi di stratificazione possono presentarsi in uno stesso estuario in tempi diversi, in funzione delle variazioni della portata fluviale. Nel caso in esame, almeno durante il periodo estivo, sembra ragionevole ipotizzare una situazione di tipo "C", anche se al momento non sono disponibili dati completi ed esaurienti.

Se si analizza una tipica sezione trasversale di un estuario stratificato o parzialmente stratificato, si nota che le linee di uguale salinità pendono con la parte superiore verso il mare e

tendono all'orizzontale procedendo dalla bocca di foce verso il largo; la pendenza delle isolinee implica un gradiente di pressione che, in assenza di altre forze, genera una corrente che tende a disporre le isolinee lungo l'orizzontale.

La tipica circolazione estuarina è caratterizzata da una corrente di superficie diretta verso il mare e da una di fondo diretta verso terra. I flussi interni che sono guidati da variazioni di densità danno origine alla così detta circolazione baroclina, a differenza della circolazione barotropica che si presenta in flussi a densità costante, o, più in generale, quando il gradiente di densità risulta parallelo al gradiente di pressione nel fluido.

Lo stress del vento può andare a favore o opporsi alle correnti di densità. Fenomeni di "down-welling" sono favoriti quando il vento forza nella stessa direzione la regione dove vi sono le correnti costiere indotte dal plume, mentre fenomeni di "up-welling" sono favoriti dal vento che spira in direzione opposta alla direzione della corrente costiera.

### 3. L'indagine sperimentale: aspetti metodologici

#### 3.1 Generalità

L'impianto sperimentale dell'APAT è ampiamente descritto nel precedente rapporto tecnico-scientifico [6], nel quale sono illustrati e discussi i dati ottenuti relativamente ad una configurazione semplificata del porto di Pescara, opportunamente studiata al fine di rappresentare adeguatamente i fenomeni idrodinamici in gioco. I risultati ottenuti in questo precedente studio si riferiscono inoltre al caso di fluido omogeneo, trascurando quindi gli effetti di galleggiamento delle acque fluviali sulle acque marine salate. Queste approssimazioni (geometria semplificata e densità uniforme) potevano essere considerate sufficienti in quanto lo scopo della precedente attività era quello di analizzare gli aspetti di interazione getto-parete, di natura essenzialmente barotropica, al fine di valutare gli effetti ambientali del molo di levante e compiere analisi preliminari in merito agli interventi mitigatori per quanto concerne gli effetti ambientali della diga foranea.

L'obiettivo del presente lavoro è invece più preciso: si tratta di prospettare una rosa di ipotesi di soluzioni operative. Allo scopo di ottenere informazioni più accurate, è stato quindi realizzato un modello in scala del porto di Pescara (1:1000 sul piano orizzontale e 1:100 lungo la direzione verticale). Le strutture sono state realizzate in cemento e l'ambiente di estuario, caratterizzato dal mescolamento tra acque dolci e acque marine salate come illustrato nel precedente capitolo, è stato realizzato con 2 serbatoi di alimentazione del circuito idraulico. La geometria sul piano orizzontale è stata rispettata nel dettaglio, mentre per quanto concerne la batimetria è stato assunto per semplicità un fondale costante (4 cm nella scala di laboratorio). Questa semplificazione si giustifica tenendo conto che nel presente studio l'attenzione viene focalizzata sugli effetti di galleggiamento dovuti alla stratificazione salina. Si può ipotizzare che il fluido più denso, posto nello strato inferiore e quindi a stretto contatto con il fondo, sia animato da una dinamica più blanda rispetto al fluido sovrastante, che si comporta come un getto galleggiante, risentendo quindi poco della batimetria; in effetti, in questo caso, ciò che interessa è proprio il comportamento idrodinamico dello strato superiore, influenzato dalla batimetria solo indirettamente, tramite l'interazione con il fluido dello strato sottostante. A proposito degli effetti di galleggiamento, è opportuno precisare che le acque marine sono più pesanti delle acque fluviali a causa della salinità, nonostante le acque del fiume siano più fredde, soprattutto in estate, raggiungendo escursioni termiche rispetto alle acque marine costiere fino a 10°. La componente di salinità, infatti, modifica la densità dell'acqua in misura maggiore rispetto alle variazioni di temperatura.

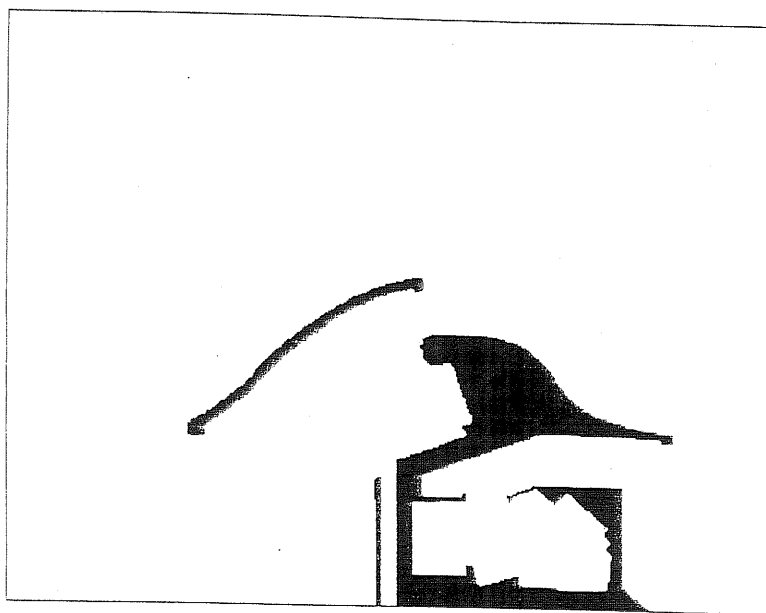
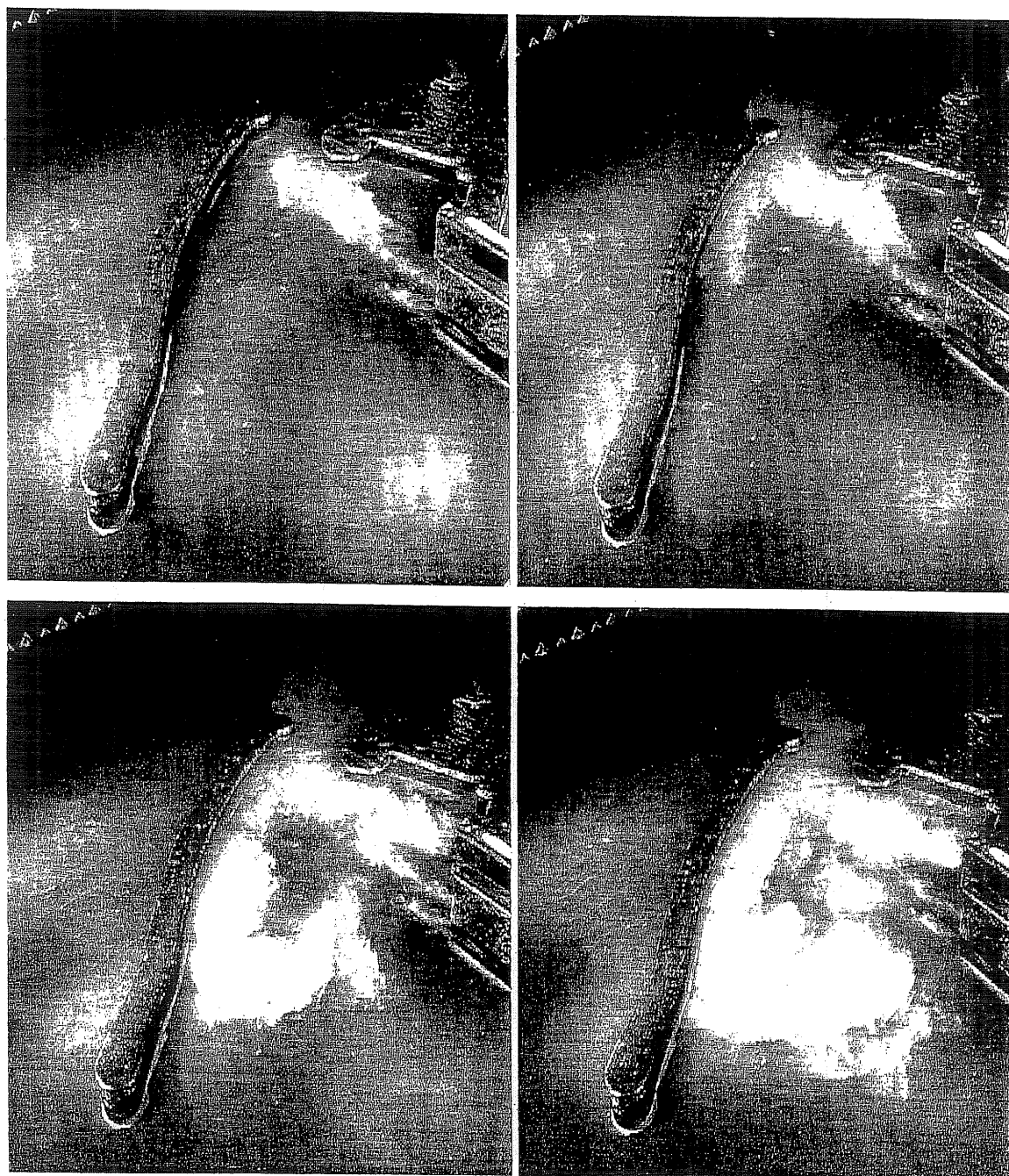


Figura 3.1. Modello fisico del porto di Pescara nella vasca di prova del laboratorio APAT.

In figura 3.1 viene rappresentato il modello inserito nella vasca di prova, di dimensioni  $2 \times 1.5$  m: si può osservare come le dimensioni del modello del porto siano state scelte in maniera che la parete sinistra della vasca (NO) non sia troppo vicina alle opere. La parete destra è vicina alla estremità del porto turistico, sormontato dalla mole del molo di levante, ma la struttura del flusso in questa zona risulta di scarso interesse, in quanto il molo di levante devia decisamente verso il largo la componente della portata fluviale che defluisce attraverso l'imboccatura Sud.

Il modello in scala 1:1000 risulta piccolo, tenendo conto dei problemi della similitudine di Reynolds, che, tipicamente, non viene rispettata negli esperimenti su modello fisico; particolari accorgimenti sono stati quindi utilizzati per assicurare condizioni di turbolenza sviluppata nel getto.



*Figura 3.2a. Simulazione in laboratorio del deflusso fluviale nel porto di Pescara in assenza di stratificazione: sequenza temporale.*

Le figure 3.2a e 3.2b mostrano rispettivamente la simulazione in laboratorio e con il modello teorico-numerico APAT del deflusso fluviale nel porto di Pescara in assenza di stratificazione. In questo caso la vena fluida rimane compatta e la zona della diga foranea interessata dall'impatto con il getto fluviale è limitata (dell'ordine di 100 m in scala reale). L'ottimo accordo tra soluzione numerica e modello fisico risulta evidente. In questo caso la portata è pari a 0.3 l/sec, con velocità media nel getto di 18.75 cm/sec (con sezione 4x4 cm); il numero di Reynolds corrispondente è 7500 e il numero di Froude 0.3.

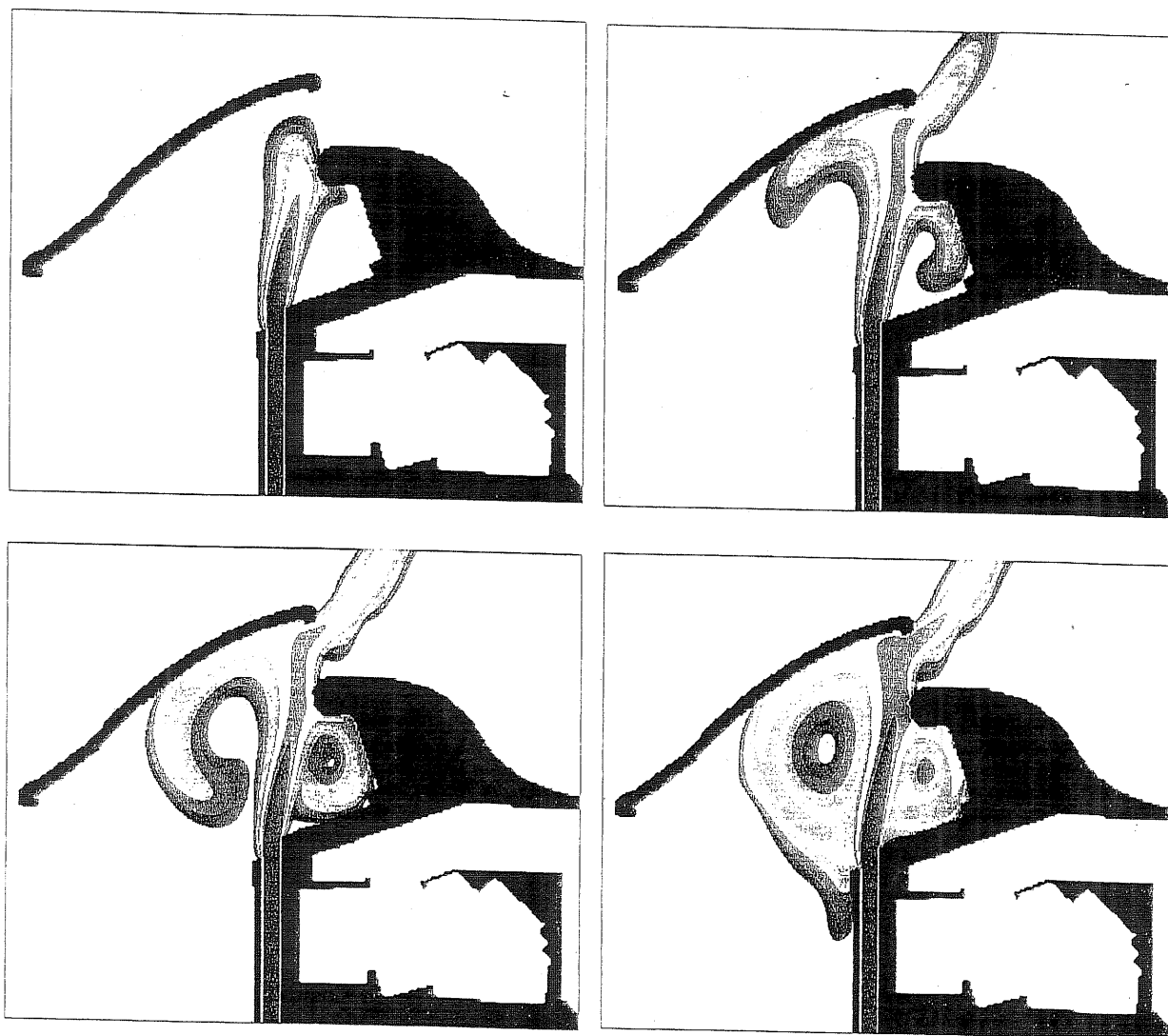
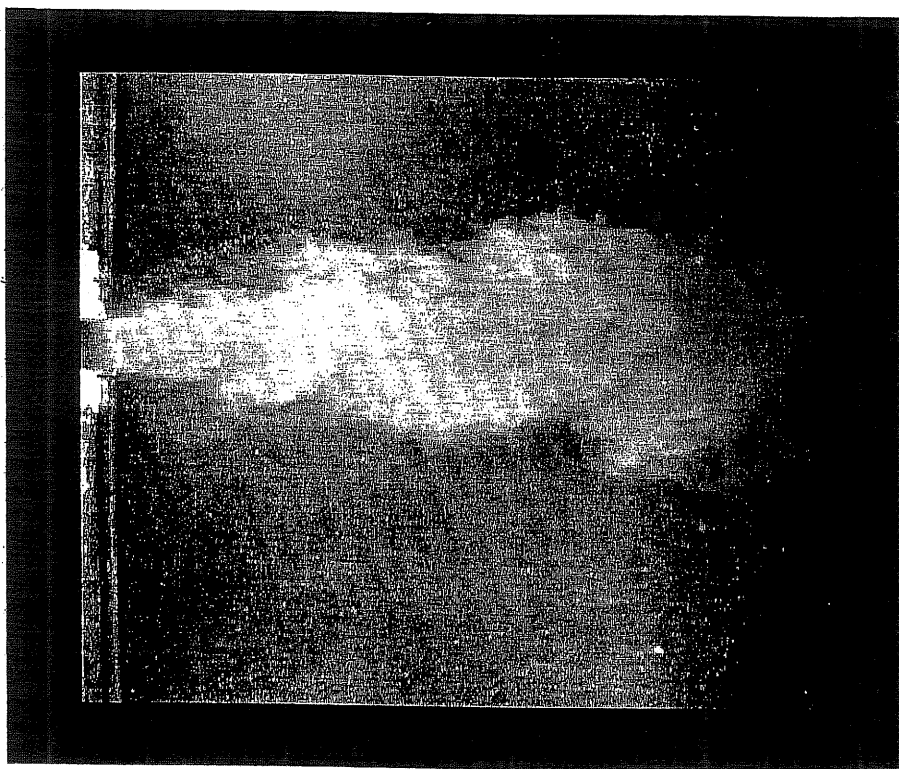


Figura 3.2b. Come in figura 3.2a: simulazione teorico-numerica (modello "shallow water" SASHA sviluppato presso APAT).

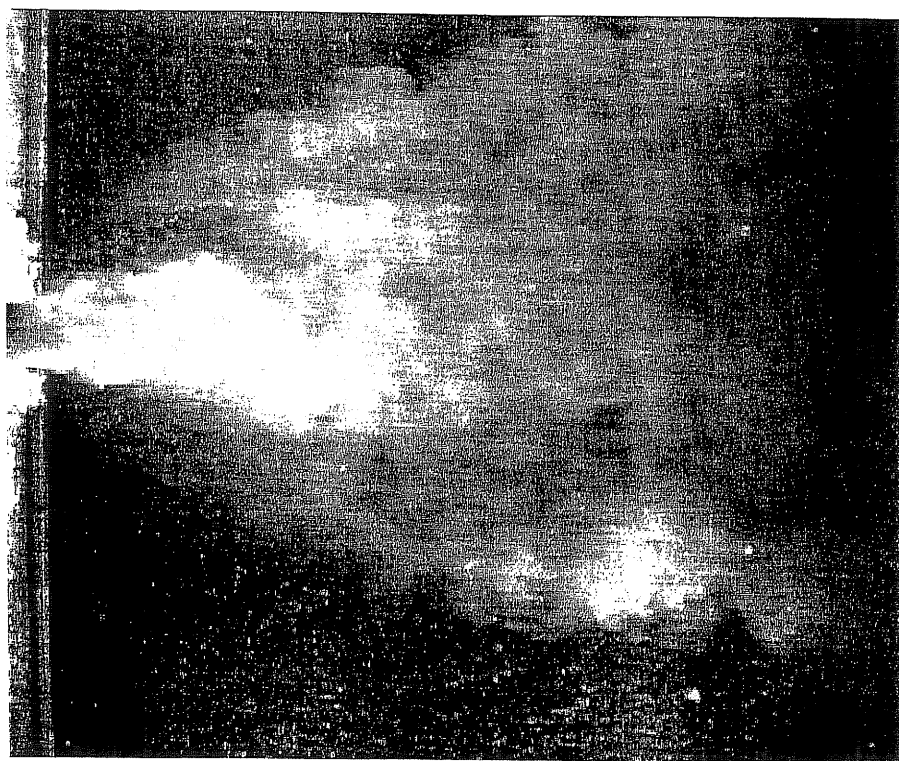
Risultati teorico-numerici di questo tipo sono stati presentati e discussi nel precedente rapporto tecnico-scientifico APAT [6].

L'importanza degli aspetti di stratificazione, trascurati in tutti i precedenti studi sinora svolti sul porto di Pescara, è messa in evidenza dal confronto tra le figure 3.3a e 3.3b, che mostrano il comportamento di una foce in costa rettilinea in assenza di opere, rispettivamente in assenza e in presenza di galleggiamento. Nel primo caso (fluido omogeneo: foce di un fiume in un lago) la diffusione delle acque fluviali avviene attraverso la formazione di vortici lungo la superficie di contatto tra getto e fluido ambiente, che danno una forma complessivamente sinuosa al getto. Nel caso invece della foce in mare (figura 3.3b) le acque del fiume sono più leggere e galleggiano sulle acque marine salate dando luogo ad una stratificazione, secondo le modalità precedentemente

descritte: le strutture vorticose nel piano orizzontale sembrano scomparire e il flusso è caratterizzato da una espansione molto più ampia rispetto al caso precedente.



*Figura 3.3a. Simulazione sperimentale di un getto in assenza di stratificazione (laboratorio APAT, costa rettilinea e batimetria costante).*



*Figura 3.3b. Come in figura 3.3a con stratificazione.*

### 3.2 Prove in condizioni barocline

Per realizzare le prove della diffusione del getto tenendo conto della differenza di densità è stata inserita una soglia in corrispondenza della foce, allo scopo di sollevare il getto stesso ad una quota di 2 cm dal fondo ed evitare il mescolamento all'interno del canale di accesso, proteggendo quindi lo strato di acqua salata nella vasca e consentendo un più agevole controllo delle condizioni di prova. Oltre al numero di Reynolds (definito  $Re = Uh/\nu$  con  $U$  velocità media nel getto,  $h$  profondità dello strato di acqua dolce e  $\nu$  viscosità cinematica del fluido) e al numero di Froude (definito  $Fr = U/\sqrt{gh}$ ) è importante il numero di Froude definito mediante la gravità ridotta,  $Fr' = U/\sqrt{g'h}$ , nella quale  $g' = g(\rho_0 - \rho_1)/\rho_0$ , con  $\rho_0$  densità dell'acqua salata e  $\rho_1$  densità dell'acqua dolce; tale parametro governa il comportamento dell'interfaccia tra gli strati a diversa densità, come già illustrato nel precedente capitolo. Gli esperimenti sono stati svolti con una portata pari a .08 l/sec, (inferiore al valore utilizzato per il flusso barotropico descritto in figura 3.2a) con velocità media nel getto (che risulta di dimensioni ridotte, 4x2 cm, a causa della presenza della soglia) 10 cm/sec; per quanto riguarda i corrispondenti parametri adimensionali:  $Fr' = 1.61$ ,  $Re = 2000$ . Il numero di Reynolds è certamente basso, rispetto a quello del caso reale (pari a circa  $2 \times 10^6$ ), e questo è un tipico inconveniente di un laboratorio di modeste dimensioni. A questo proposito sono stati adottati degli accorgimenti per assicurare condizioni di turbolenza sviluppata nel getto. In queste prove si è comunque ritenuto opportuno privilegiare la similitudine idraulica legata al parametro  $Fr'$ ; nel caso reale, ipotizzando  $h=2m$ ,  $U=1m/sec$ ,  $g' = g(\rho_0 - \rho_1)/\rho_0 \approx .1924$  si ottiene quindi  $Fr' = 1.61$ ; questi valori sono stati scelti sulla base di misure preliminari svolte in situ in collaborazione con l'ARTA Abruzzo, che necessitano comunque di ulteriori conferme.

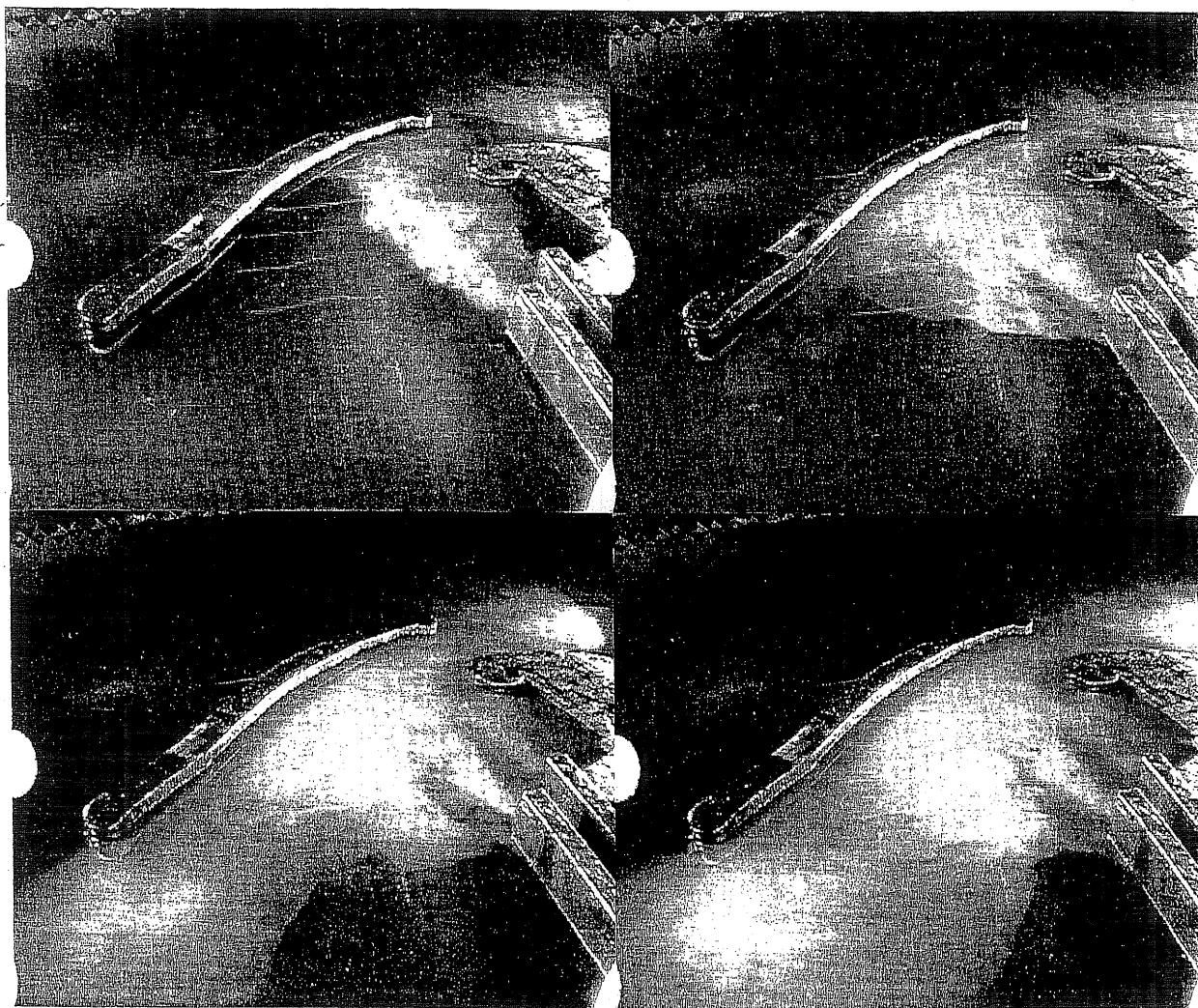
Nella figura 3.4a viene illustrata una sequenza temporale relativa alla simulazione con la situazione attuale: porto canale con diga foranea e molo di levante. In questo caso l'esperimento è stato realizzato seguendo la seguente procedura (prova di tipo A):

1. l'impianto idraulico è dotato di 2 serbatoti di alimentazione (cfr [6]): il 1° viene riempito con acqua salata e il 2° con acqua dolce colorata con fluoresceina sodica (verde), con i rapporti tra le densità regolati in modo che risulti  $g' = .1924$ ;
2. viene avviato il flusso utilizzando l'acqua salata e si raggiungono condizioni di regime;
3. si cambia istantaneamente l'alimentazione del circuito idraulico, passando dall'acqua salata a quella dolce colorata: il filmato che si ottiene descrive quindi la diffusione dell'acqua dolce in un ambiente costiero con salinità uniforme (assenza iniziale di stratificazione); naturalmente la ripresa, effettuata dall'alto, non è in grado di fornire alcuna indicazione sulla dinamica in atto negli strati profondi (acque salate).

In sintesi, la prova di tipo A riproduce il seguente scenario: diffusione delle acque fluviali dopo un evento di mareggiata (che distrugge la stratificazione e produce una distribuzione pressoché uniforme di salinità nelle acque marine costiere).

Nelle prime 4 immagini si osserva la I fase del fenomeno: la fase di espansione del getto, con trasformazione del flusso dalle condizioni barotropiche iniziali (riconoscibili nella prima immagine, non molto dissimile dalla prima della sequenza della figura 3.2a) a quelle barocline. In questa prima fase si verifica quindi una espansione pressoché radiale, e il fluido galleggiante mostra la tendenza ad occupare tutta la superficie della vasca. Nella seconda sequenza di immagini si osserva la II fase del fenomeno, allorché il processo di espansione raggiunge una condizione di parziale equilibrio: l'acqua dolce ha completamente invaso la zona compresa tra la diga foranea e la costa, e il deflusso delle acque fluviali, evidenziato dalle particelle di legno, avviene in una zona molto più ristretta rispetto a quella interessata dalla presenza della stratificazione (evidenziata dal colorante). In sintesi, la prova di tipo A pone in risalto 2 fasi: la prima caratterizzata dalla espansione dell'acqua dolce nell'area circostante e la seconda caratterizzata da condizioni di

regime, in cui il deflusso delle acque fluviali in direzione Nord, come già messo in evidenza nel precedente studio [6], avviene in una zona ristretta aderente alla diga foranea.

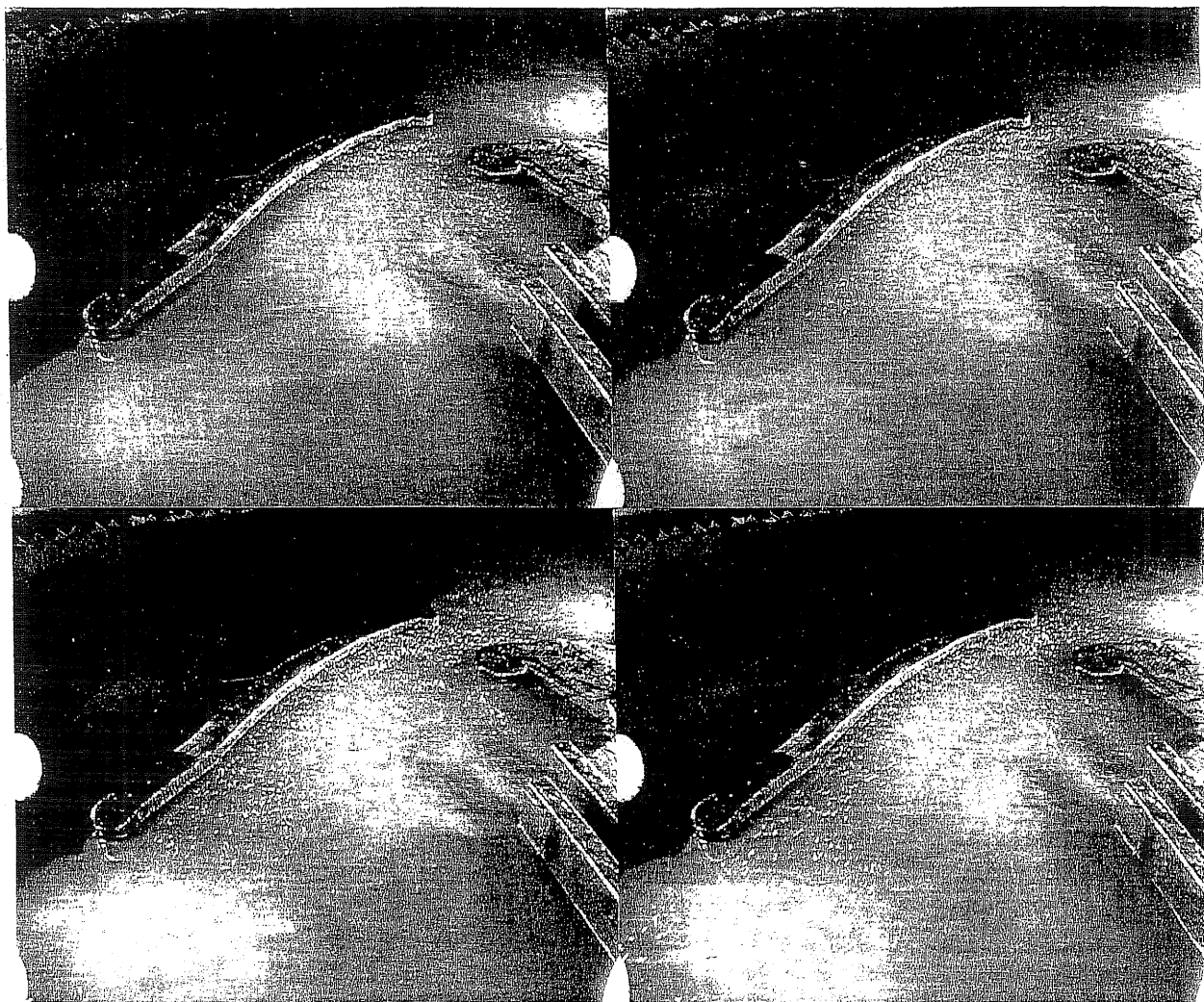


*Figura 3.4a. Simulazione sperimentale della diffusione del getto fluviale (acque dolci) in mare (acque salate). Configurazione portuale attuale (protocollo A: sequenza temporale della fase iniziale di espansione del getto).*

La descrizione dell'esperimento suggerisce alcuni commenti di natura ambientale:

- la presenza degli effetti del galleggiamento rende quasi impossibile la completa eliminazione della presenza di stratificazione (e quindi di acque dolci nello strato superficiale) nelle zone in prossimità della foce, a meno di rimuovere completamente la diga foranea; altrimenti, una eliminazione totale delle acque dolci dalla zona destinata alla balneazione può essere ottenuta mediante separazione fisica dell'area portuale dal litorale Nord (infatti, come più volte ricordato nei precedenti studi [6], il litorale meridionale risulta sufficientemente schermato dalle opere marittime già presenti);
- la fase di espansione iniziale, legata al contenuto di energia potenziale di galleggiamento, si esaurisce in tempi brevi, in quanto la diffusione della stratificazione nella zona circostante bilancia molto rapidamente il gradiente idrostatico, che non è quindi in grado di alimentare una corrente continua verso Nord; la fase che si osserva in condizioni di locale equilibrio di stratificazione è caratterizzata dal contenuto di energia cinetica del getto fluviale che, anche in assenza di forzanti meteomarine, è in grado di alimentare la suddetta indesiderata corrente

lungo la costa settentrionale. A prescindere quindi dalla fase iniziale di espansione, l'obiettivo delle modifiche dell'assetto portuale è quello di eliminare la menzionata corrente continua: ciò equivale ad ottenere che il deflusso fluviale interessi il litorale settentrionale solo in presenza di eventi non-stazionari, ossia variazioni di portata, mareggiate, forzanti meteo-marine.

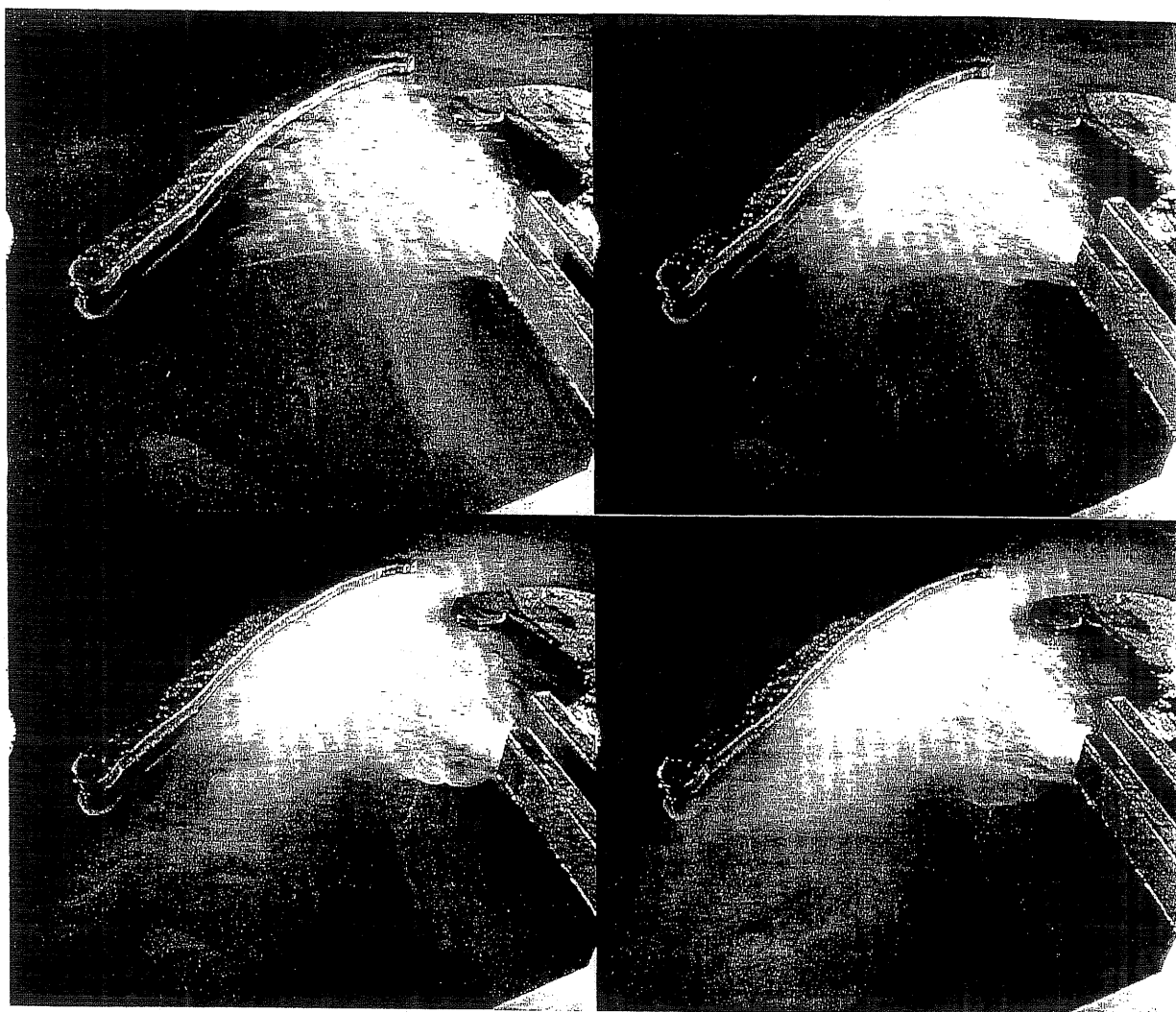


*Figura 3.4a'. Come in figura 3.4a (protocollo A: sequenza temporale nella fase di regime).*

Le considerazioni appena svolte trovano maggior risalto nella sequenza della figura 3.4b, in cui viene riproposto lo scenario della figura 3.4a', ma con una diversa procedura sperimentale (prova di tipo B):

1. a differenza della prova di tipo A, il 2° serbatoio viene riempito con acqua dolce non colorata;
2. viene avviato il flusso utilizzando l'acqua salata e si raggiungono condizioni di regime;
3. si cambia istantaneamente l'alimentazione del circuito idraulico, passando dall'acqua salata a quella dolce. analogamente alla prova di tipo A: in questo caso però, poiché l'acqua dolce non è colorata, il fenomeno della espansione iniziale non risulta visibile;
4. dopo un certo tempo viene immesso nel circuito un colorante bianco; l'istante di immissione coincide con quello in cui vengono immesse le particelle di legno nella prova di tipo A descritta nella figura 3.4a': il filmato che si ottiene descrive quindi la fase di regime, in cui si osserva la corrente costante, alimentata dall'energia cinetica del getto fluviale, diretta

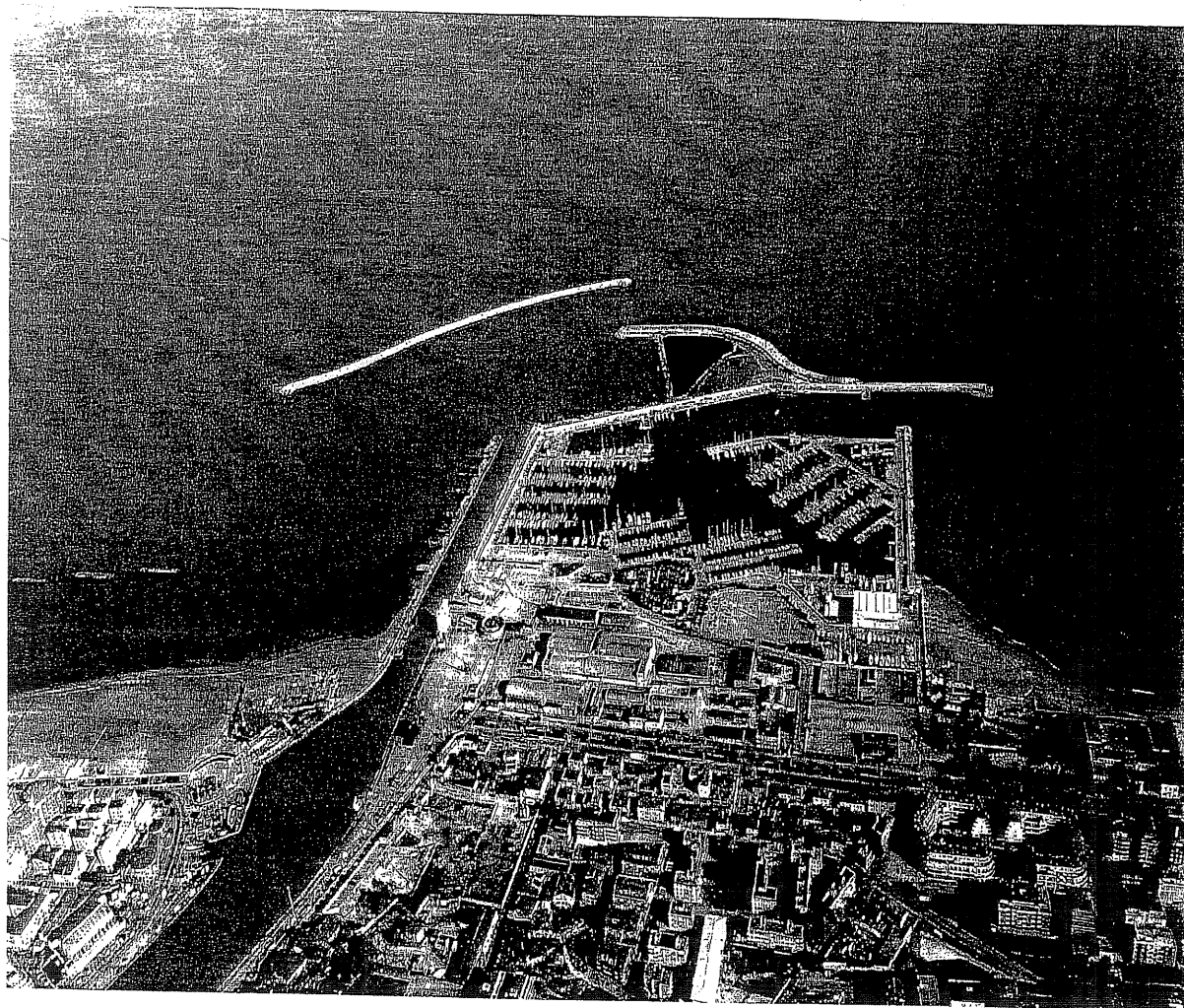
verso Nord; anche in questo caso, naturalmente, la ripresa effettuata dall'alto non fornisce indicazioni sulla dinamica in atto negli strati profondi.



*Figura 3.4b. Come in figura 3.4a' (protocollo B).*

In sintesi, la prova di tipo B fornisce indicazioni sul flusso in condizioni di regime, e verrà prevalentemente utilizzata per descrivere le prove effettuate in questo studio, in quanto dà luogo a risultati più "leggibili" rispetto alla prova di tipo A, tenendo comunque presente che l'assenza del colorante bianco non è indice di corrispondente assenza di acqua dolce. La sua totale assenza, come già osservato in precedenza, può essere garantita solo da una separazione fisica della foce e della zona portuale dal litorale balneabile.

L'immagine della figura 3.5, ottenuta nell'ambito di un volo di ricognizione effettuato con l'elicottero del Comando dei Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente, da confrontare con le figure 3.4a' e 3.4b, evidenzia l'efficacia della riproduzione in laboratorio del fenomeno reale. La tendenza del getto alla espansione in presenza di differenza di densità comporta che la vena fluida si allarghi notevolmente rispetto al caso barotropico illustrato nelle figure 3.2a e 3.2b. Di conseguenza, la zona della diga interessata dall'impatto con il getto fluviale è molto più ampia (circa 400 m). Tale aspetto è stato tenuto nel dovuto conto nella elaborazione delle ipotesi preliminari di intervento. Nel prossimo capitolo vengono descritte le configurazioni elaborate sulla base dei risultati ottenuti in una serie preliminare di prove.



*Figura 3.5. Foto aerea del deflusso fluviale nel porto di Pescara (immagine ottenuta dall'elicottero del Comando dei Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente).*

## 4. Descrizione delle ipotesi preliminari di intervento

### 4.1 Generalità

Le motivazioni del presente studio si riferiscono alla sostenibilità ambientale del porto di Pescara. Gli esperimenti, svolti secondo le modalità descritte nel capitolo precedente, sono tutti finalizzati allo studio di modifiche del lay-out portuale atte ad impedire la dispersione delle acque fluviali lungo la costa settentrionale, oggetto di fruizione turistica. Tuttavia, poiché ci si propone di formulare ipotesi preliminari di intervento, è inevitabile prendere in considerazione altri aspetti che tipicamente concorrono nella generalità degli studi prodromici alla elaborazione progettuale, in particolare gli aspetti legati al trasporto di sedimenti lungo la costa e alla sicurezza della navigazione.

Per quanto riguarda gli aspetti di natura sedimentologica, si ripropongono alcune considerazioni sviluppate in precedenti studi APAT [1,3]. L'equilibrio della fascia costiera situata nei pressi della foce del fiume Pescara è il risultato della concomitante azione di molteplici fattori tra loro interconnessi: interazione del moto ondoso con la morfologia costiera (opere marittime incluse) e conseguente generazione di correnti indotte dal frangimento, portata e contenuto di sedimento del fiume. Sino ai primi decenni del '900, periodo in cui venne costruito il porto-canale, i dati sinora reperiti mostrano una generale tendenza alla progradazione della linea di riva, seppure con brevi periodi di stasi o temporanee fasi di arretramento. Successivamente, in modo particolare dall'ultimo dopoguerra in poi, si rende manifesta un'azione erosiva del litorale, che culmina nella metà degli anni '70 con l'attacco delle strutture balneari e del lungomare a Nord del fiume, registrando tassi medi di arretramento annuo compresi fra 2 e 3 m. La tendenza erosiva potrebbe essere stata condizionata dalle importanti modifiche introdotte nel bacino idrografico del fiume, con la costruzione di diverse dighe, la captazione delle acque in più punti del corso, l'estrazione di materiali inerti in alveo. Per arrestare tale arretramento verso la fine degli anni '70 venne costruita una prima serie di barriere frangiflutti sia a Nord che a Sud della foce. In pochi anni, sino al 1994, nelle aree retrostanti le barriere, si registra una rapida inversione di tendenza, con la spiaggia che guadagna spazio al ritmo di 5-6 m/anno. Nei settori sprovvisti di difesa, invece, prosegue l'avanzamento del mare con tassi forse superiori a quelli precedenti. Verso la metà e la fine degli anni '80 viene realizzato il porto turistico, che intrappola i sedimenti trasportati verso NO dalla corrente di fondo, determinando il progressivo insabbiamento del settore a Sud della nuova struttura portuale, l'espansione dell'adiacente spiaggia nonché il contemporaneo arretramento del tratto contiguo protetto dalle barriere. La presenza della diga foranea (metà anni '90) ha determinato modifiche della batimetria nell'ambito dell'area portuale e lungo la costa a Nord di essa, con significativo ampliamento del tratto di spiaggia immediatamente adiacente al porto-canale; si notano variazioni del fondale sino a 2 m ed oltre nell'area portuale, tali da compromettere la sicurezza delle manovre di ingresso da ambo i lati in condizioni di mareggiata. Nel contempo, si osserva un avanzamento della linea di riva di 70-80 m dal 1994 al maggio 2000 nei primi 150-200 m a Nord del molo del porto canale; è comunque necessario, in questo caso, ricordare la presenza delle barriere frangiflutto.

In ogni caso la dinamica descritta, ricordando anche l'arretramento della linea di riva a Sud, successivo alla realizzazione del porto turistico, pone in evidenza l'importanza del contributo dell'apporto solido del fiume e del trasporto litoraneo.

La realizzazione del molo di levante, come evidenziato in precedenti studi APAT [5,6], non porta come effetto collaterale un incremento della diffusione delle acque fluviali lungo la costa Nord, ma è possibile ipotizzare, sulla base della evoluzione recente della costa e dei fondali, un incremento delle esigenze di dragaggio del porto, con particolare riferimento all'area delimitata dalla nuova opera.

Per quanto concerne il problema della sicurezza della navigazione, come risulta dal voto del CS LLPP III Sez. n. 360 del 16/1/02:

*"L'ampliamento del piazzale operativo proposto nel corso delle riunioni citate ed inserito in perizia si sviluppa a levante del piazzale del progetto base. ... La variante comporta uno sviluppo maggiore del molo di levante che passa dai 380 m ai 580 m della variante, con un raccordo più graduale con l'esistente molo del porto turistico e senza modificare né l'aggetto previsto del nuovo molo né la conformazione della nuova imboccatura portuale. Il maggior costo dovuto all'aumento delle quantità è però compensato dalla sostituzione della mantellata in tetrapodi con quella in blocchi Antifer già costruiti per la protezione del porto turistico e reimpiegati per il nuovo molo. L'ampliamento del piazzale rende possibile la realizzazione di una cassa di colmata molto ampia..."*

Ma la modifica della forma del molo di levante ha reso più problematico l'ingresso in porto dall'imboccatura Sud durante eventi di mareggiata provenienti da Nord, a causa dell'orientamento e della maggiore estensione della superficie riflettente, rispetto al progetto originario, in cui il molo di levante termina sostanzialmente a punta. Infatti, la forma triangolare originaria è stata sostituita da una forma pressoché trapezoidale. Le difficoltà all'ingresso in presenza di mareggiate provenienti da Nord sembrano suggerire il mantenimento del doppio ingresso. Infatti le note della Capitaneria di Porto del 14/12/2001 prot. 41758 e del 10/02/2002 prot. 287 esprimono perplessità in merito alla proposta del pennello di ponente (discussa ampiamente in [6] per gli aspetti ambientali), poiché formulata in modo da non consentire l'accessibilità al porto da ambo i lati. In aggiunta, la delibera n. 262 seduta del 21/12/2001 del Comune di Pescara recita: *"le opere di mitigazione devono garantire prioritariamente la sicurezza dell'accessibilità da entrambi gli ingressi dell'area portuale"*.

In merito a quest'ultimo aspetto, in anticipo sulle riflessioni proposte nel seguito, si osserva che il mantenimento della doppia entrata non è l'unico modo possibile per garantire la sicurezza della navigazione. Si potrebbe, ad esempio, prolungare la diga foranea verso Sud; tale intervento:

1. riduce (o elimina) il problema della riflessione dell'onda sul molo di levante;
2. consente di effettuare le manovre di ingresso in corrispondenza di più alti fondali;
3. consente un ampliamento dell'imboccatura.

Di seguito vengono descritte le ipotesi di modifica della configurazione portuale provate nel laboratorio di fluidodinamica APAT. Caratteristica comune di tutte le ipotesi è il breve prolungamento del molo Nord, tale da ottenere un porto canale simmetrico. Ciò pone in evidenza le caratteristiche di espansione del getto baroclino: il prolungamento del molo Nord fa sì che parte dell'energia potenziale legata al galleggiamento venga impiegata nell'espansione della vena fluida verso Sud. Naturalmente non è possibile prolungare eccessivamente il molo Nord perché costituirebbe ostacolo per la navigazione.

#### 4.2 Ipotesi 1

La prima ipotesi di soluzione consiste nella installazione di una panna galleggiante, con sommergenza 2 m, dall'estremità del molo Nord fino al primo punto di inflessione, partendo da Nord, della diga foranea. In tal modo si intende ostacolare fortemente la dispersione superficiale verso le vicine spiagge delle acque dolci di provenienza fluviale, senza intaccare la struttura della diga. Negli esperimenti successivamente descritti sono state provate immersioni della barriera di 2.5 e 2 cm, con un livello dello strato di acqua dolce nel canale di immissione pari a 2 cm. Nel caso reale, anzitutto è necessario ripetere le misure di stratificazione già effettuate in precedenza, che fornivano un livello mai superiore a 1.5 m per lo strato superficiale di acque dolci. Sembra comunque ragionevole proporre una barriera immersa fino a 2 m di profondità. Il periodo di funzionamento della barriera è limitato alla stagione estiva, in cui le mareggiate intense sono poco probabili e le esigenze di navigazione sono limitate dal blocco della pesca. Le navi di grandi

dimensioni (traghetti), che tipicamente utilizzano l'entrata Sud, non sono ostacolate nelle manovre di entrata e uscita dalla barriera (Tavola n°1).

#### 4.3 Ipotesi 2

In questa seconda ipotesi si è pensato di realizzare un'apertura nella diga foranea in corrispondenza del primo flesso partendo da Nord. Il varco si estende in direzione Sud, per una lunghezza di 50 m misurati all'altezza del pelo dell'acqua, pari alla metà della lunghezza dell'onda significativa ( $L = 100$  m). Per ostacolare l'energia del moto ondoso in ingresso nell'apertura creata nella struttura si prevede l'utilizzo di una struttura sommersa permeabile. Inoltre, un deflettore di lunghezza pari a 100 m argina il flusso in direzione Nord e invita le acque provenienti dal Pescara verso l'apertura descritta, permettendo così la fuoriuscita di parte di esse al di là della diga (Tavola n°2).

#### 4.4 Ipotesi 3

In questa soluzione, identica alla precedente, l'unico elemento aggiuntivo è costituito dalla presenza, durante il periodo estivo, della panna galleggiante che congiunge l'estremità del molo Nord del porto canale con il deflettore a ridosso della diga foranea (Tavola n°3).

#### 4.5 Ipotesi 4

Questa soluzione prevede la presenza del deflettore in corrispondenza del primo flesso che la diga foranea forma partendo da Nord, come nelle ipotesi 2 e 3. In questo caso però tale struttura, orientata verso il molo settentrionale del fiume Pescara, ha la funzione di deviare il deflusso delle acque fluviali direttamente verso la costa, in modo che possano essere successivamente intercettate e deviate verso il largo da un pennello radicato alla riva, a Nord della diga foranea. Tale pennello ha la funzione di separare fisicamente la costa settentrionale dall'area portuale e intercettare il trasporto solido proveniente da Nord. Questa struttura trasversale raggiunge una batimetrica di circa 5.5 m e dista circa 200 m, nella direzione parallela alla costa, dalla testata Nord della diga foranea (Tavola n°4).

#### 4.6 Ipotesi 5

In aggiunta alla precedente soluzione in questo caso è previsto un varco di 50 m praticato a ridosso del deflettore sulla diga foranea, secondo le modalità descritte nell'ipotesi 2. Tale apertura è stata prevista allo scopo di migliorare il deflusso verso il largo delle acque provenienti dal fiume, consentendo a parte di esse il drenaggio direttamente attraverso la diga (Tavola n°5).

#### 4.7 Ipotesi 6

Questa soluzione prevede un'apertura del tutto uguale a quella dell'ipotesi precedente. In questo caso però, il tratto di diga foranea a Nord del varco è ruotato in senso anti-orario e indirizzato verso il porto canale, in modo da costituire ostacolo alle acque provenienti dal fiume. Il tratto di diga ruotato svolge quindi la funzione del deflettore descritto nelle ipotesi 4,5. In questa soluzione il pennello trasversale alla costa è più vicino alla foce del fiume, posto ad una distanza di 200 m dal punto più settentrionale della diga foranea (Tavola n°6).

#### 4.8 Ipotesi 7

Questa ipotesi modifica sostanzialmente la diga foranea a protezione del porto di Pescara. Infatti con questa soluzione si propone di aprire un grosso varco sulla struttura e di proteggere il nuovo ingresso ottenuto con due moli convergenti protesi verso il largo. I due moli ostacolano l'ingresso del moto ondoso incidente e facilitano l'ingresso delle imbarcazioni verso il porto (Tavola n°7).

#### 4.9 Ipotesi 8

Con questa soluzione si propone di effettuare una modifica sulla diga foranea aprendo un varco da 200 m intorno al punto di ristagno individuato nel precedente rapporto tecnico APAT [6]. La nuova

imboccatura viene protetta mediante una ulteriore diga posta più al largo, e con una lunghezza tale da proteggere il porto dalle onde provenienti dal settore di traversia principale (ricadente tra le direzioni  $320^{\circ}\text{N}$  e  $50^{\circ}\text{N}$ ) e particolarmente dal settore caratterizzato dalle onde più elevate (ricadente tra le direzioni  $20^{\circ}\text{N}$  e  $40^{\circ}\text{N}$ ) (Tavola n°8).

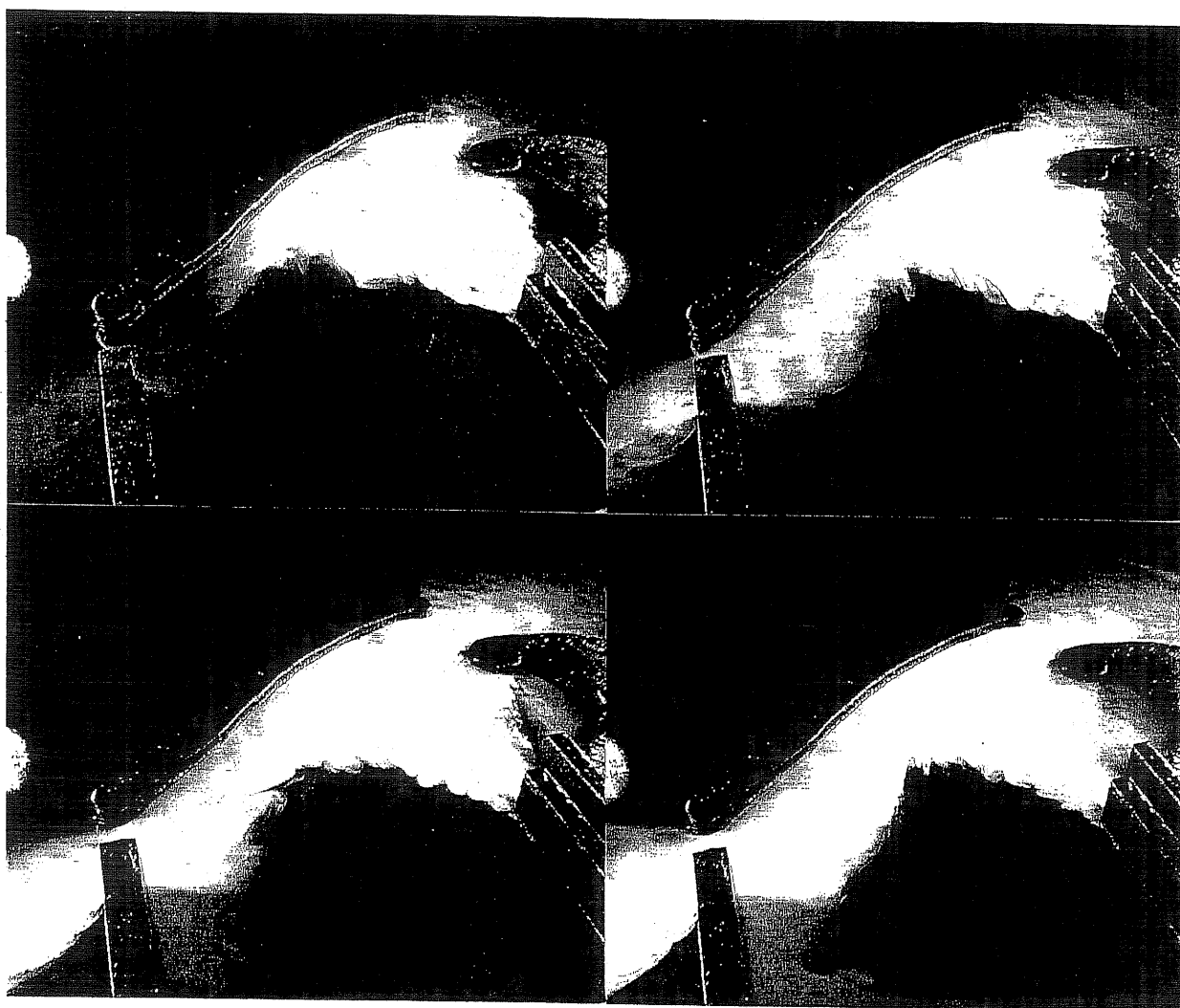
#### 4.10 *Ipotesi 9*

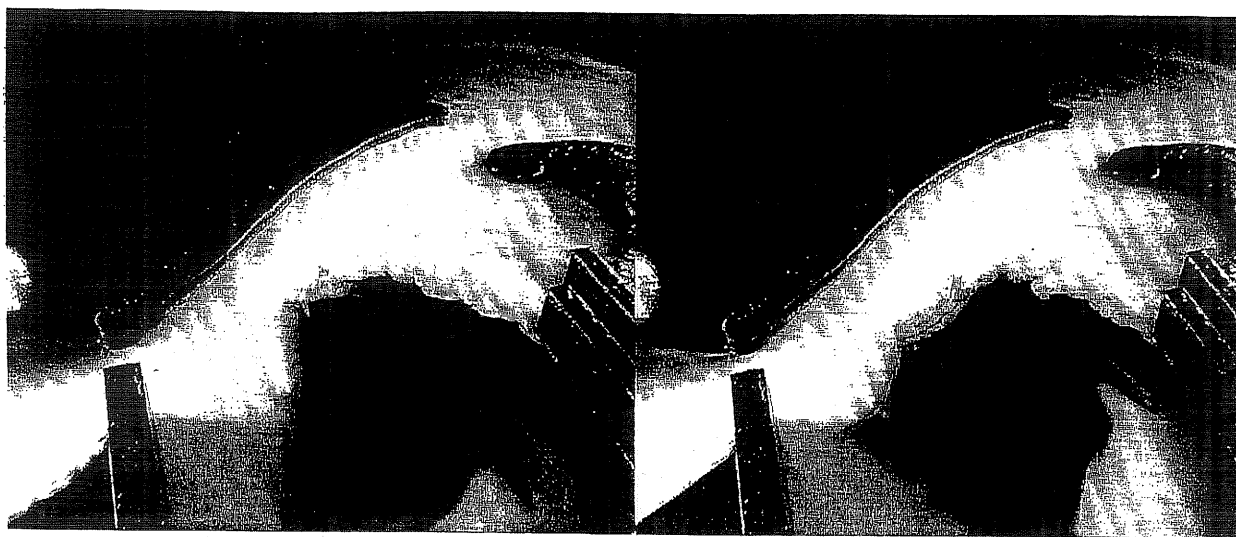
La soluzione n°9 consiste nel creare nella diga due varchi ampi *100 m*, distanziati della stessa lunghezza. Per proteggere l'area poruale, tali aperture vengono dotate di strutture permeabili di attenuazione del moto ondoso (Tavola n°9).

## 5. Prove sperimentali

### 5.1 Pennello di Ponente

Il primo esperimento si riferisce al comportamento idrodinamico dell'opera denominata "pennello di ponente", già discussa nel precedente rapporto tecnico-scientifico APAT [6]. In figura 5.1 viene mostrata una sequenza temporale della simulazione svolta secondo il protocollo B (descritto nel cap. 3): i risultati evidenziano che l'opera, così concepita, non può ottenere alcun effetto mitigatorio. Infatti la corrente alimentata dal deflusso fluviale rivolta a Nord risulta presente, e l'accumulo di acque dolci (e di quanto ad esse associato) in una zona protetta dal moto ondoso e quindi dal ricambio, non opportuno. Tuttavia, poiché i benefici di un'opera di questo tipo possono essere significativi, l'ipotesi del pennello è stata ripresa e modificata, come già indicato nel cap. 4.

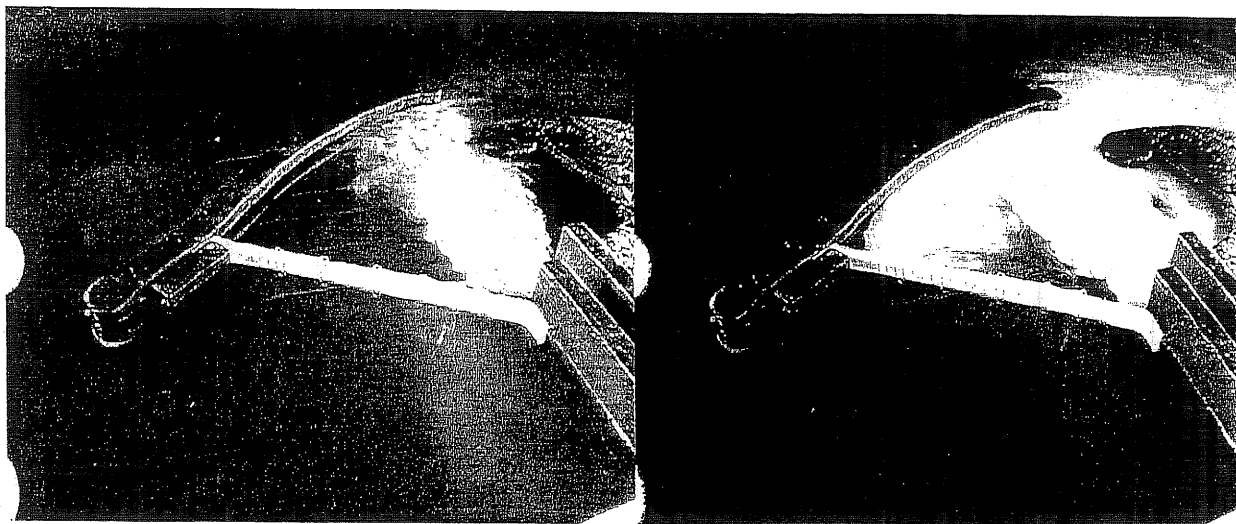


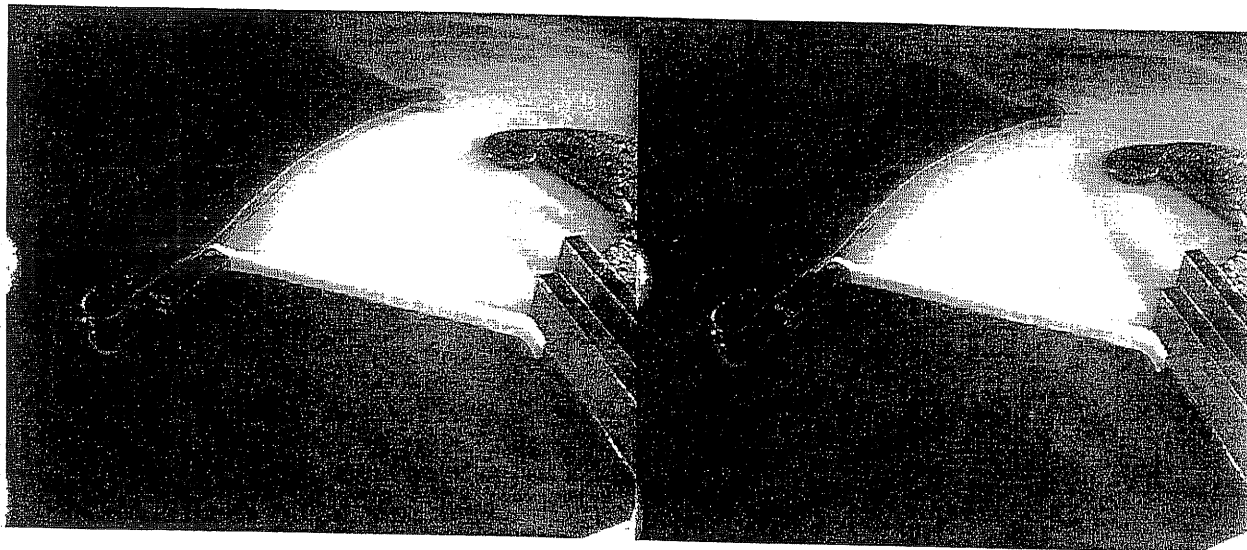


*Figura 5.1 Simulazione sperimentale della diffusione del getto fluviale in mare .  
Configurazione portuale attuale con pennello di ponente (protocollo B).*

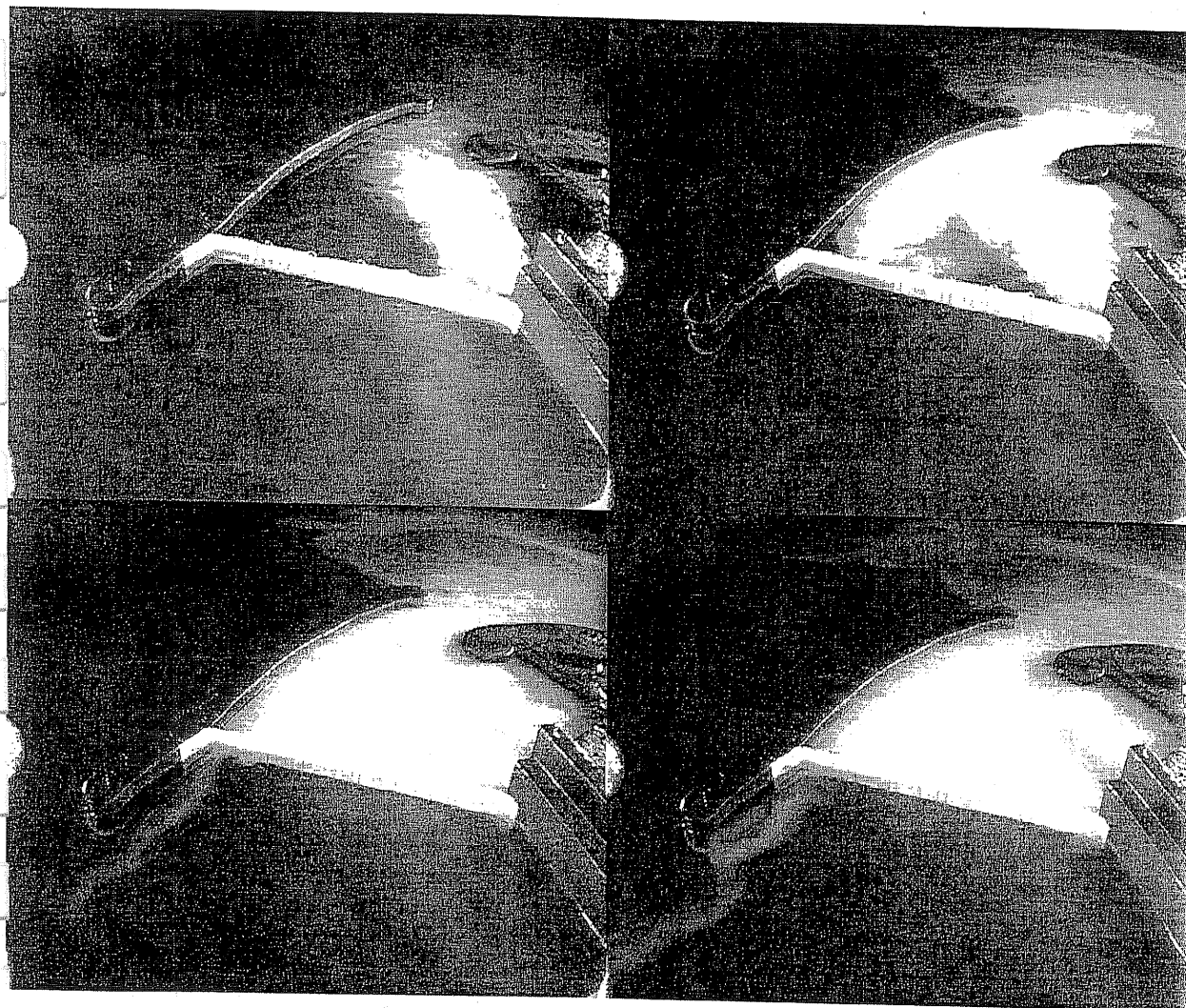
### *5.2 Barriera mobile (ipotesi 1)*

Una soluzione, che potrebbe essere realizzata in tempi molto brevi e costi minimi, può essere quella di fissare, durante il periodo estivo, una barriera mobile in materiale plastico (panna galleggiante), dalla punta del molo Nord del porto canale fino al punto di inflessione della diga foranea (figura 5.2.a). Questa struttura dovrebbe separare la zona portuale dalla regione costiera dedicata alla balneazione, dalla superficie del mare fino ad una profondità di circa 2 m. La sequenza temporale della figura 5.2.b, con la barriera di protezione estesa fino a 2.5 cm di profondità nella scala del modello, pari al 62.5 % della profondità della vasca (ricordando che lo spessore del getto fluviale è pari a 2 cm), dimostra una totale mancanza di deflusso verso Nord, mentre riducendo leggermente la profondità (2 cm, 50 % della profondità della vasca) si osserva un deflusso pressoché trascurabile (figura 5.2.b).



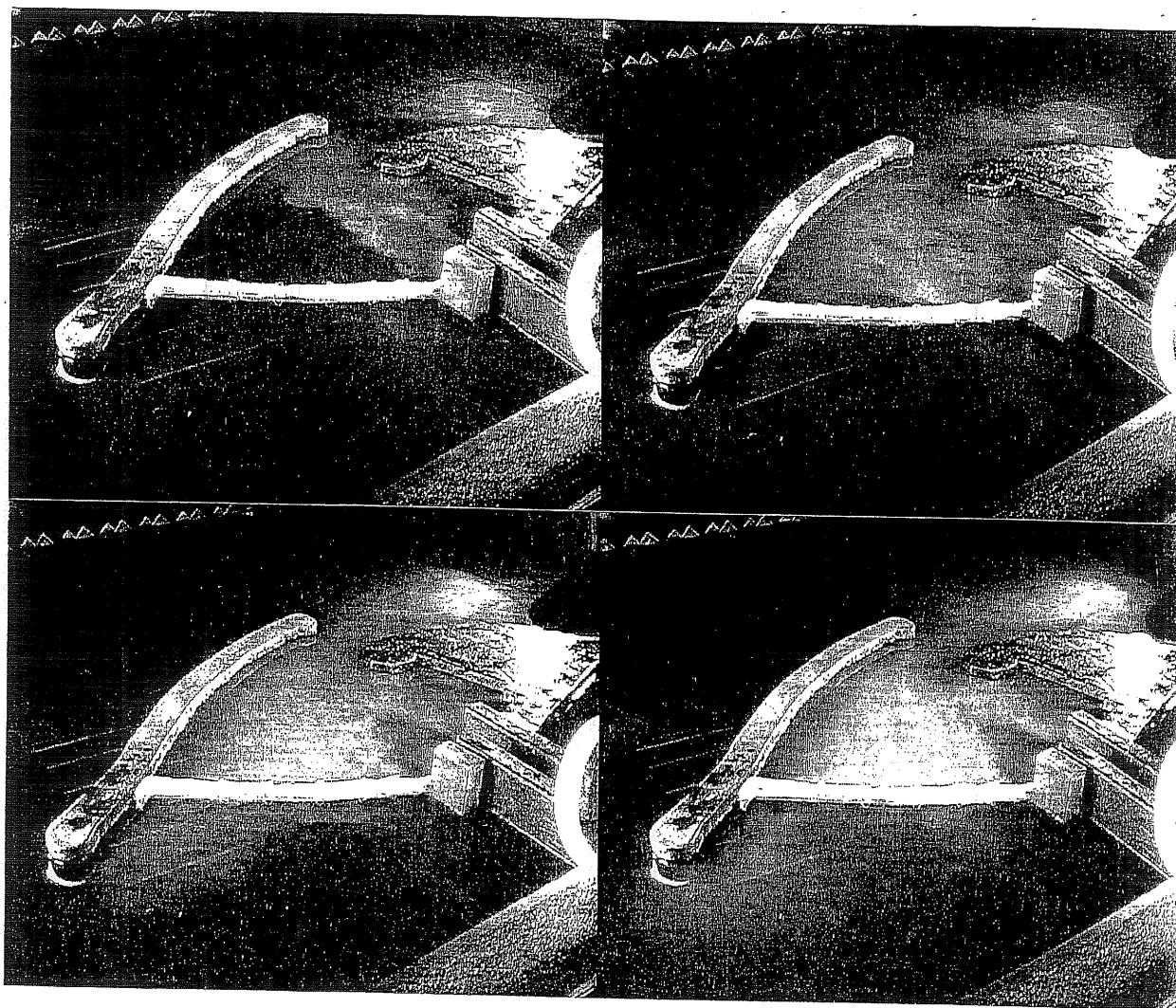


*Figura 5.2.a Simulazione sperimentale della diffusione del getto fluviale in mare .  
Configurazione portuale attuale con panna galleggiante immersa fino a 2.5 cm  
(62.5 % della profondità della vasca). Protocollo B.*



*Figura 5.2.b. Come in figura 5.2.a, con panna galleggiante immersa fino a 2 cm  
(50 % della profondità della vasca). Protocollo B.*

E' utile riproporre (figura 5.2.c) l'esperimento con barriera mobile con il protocollo A, che fornisce indicazioni più "severe" rispetto al protocollo B (cfr cap. 3). Il caso con profondità 2.5 cm, che nell'esperimento in modalità B indica assenza totale di deflusso al di sotto della paratia, mostra in questo caso che una certa quantità di acqua dolce di provenienza fluviale passa al di sotto della barriera ma, una volta stabilito un equilibrio idrostatico, il deflusso cessa, e l'acqua dolce che attraversa la paratia non possiede l'energia cinetica per dare luogo ad una corrente diretta verso Nord. In altri termini, la panna galleggiante, anche se non chiude completamente l'apertura verso Nord, genera una perdita di energia tale da ostacolare in maniera efficace il deflusso delle acque fluviali verso la costa settentrionale.

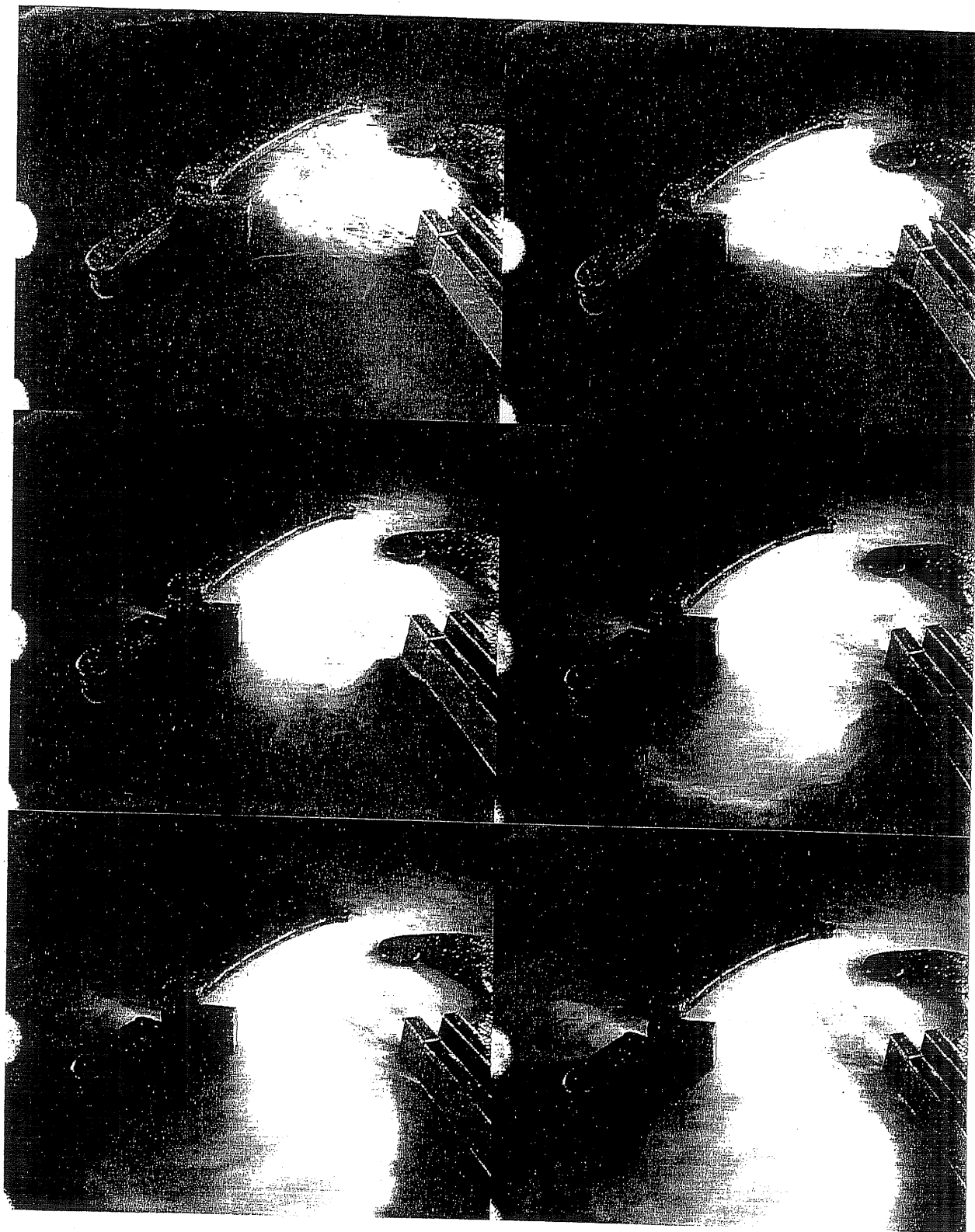


*Figura 5.2.c. Dati come in figura 5.2.a. Protocollo A.*

### 5.3 Apertura di modeste dimensioni nella diga foranea con deflettore (ipotesi 2,3)

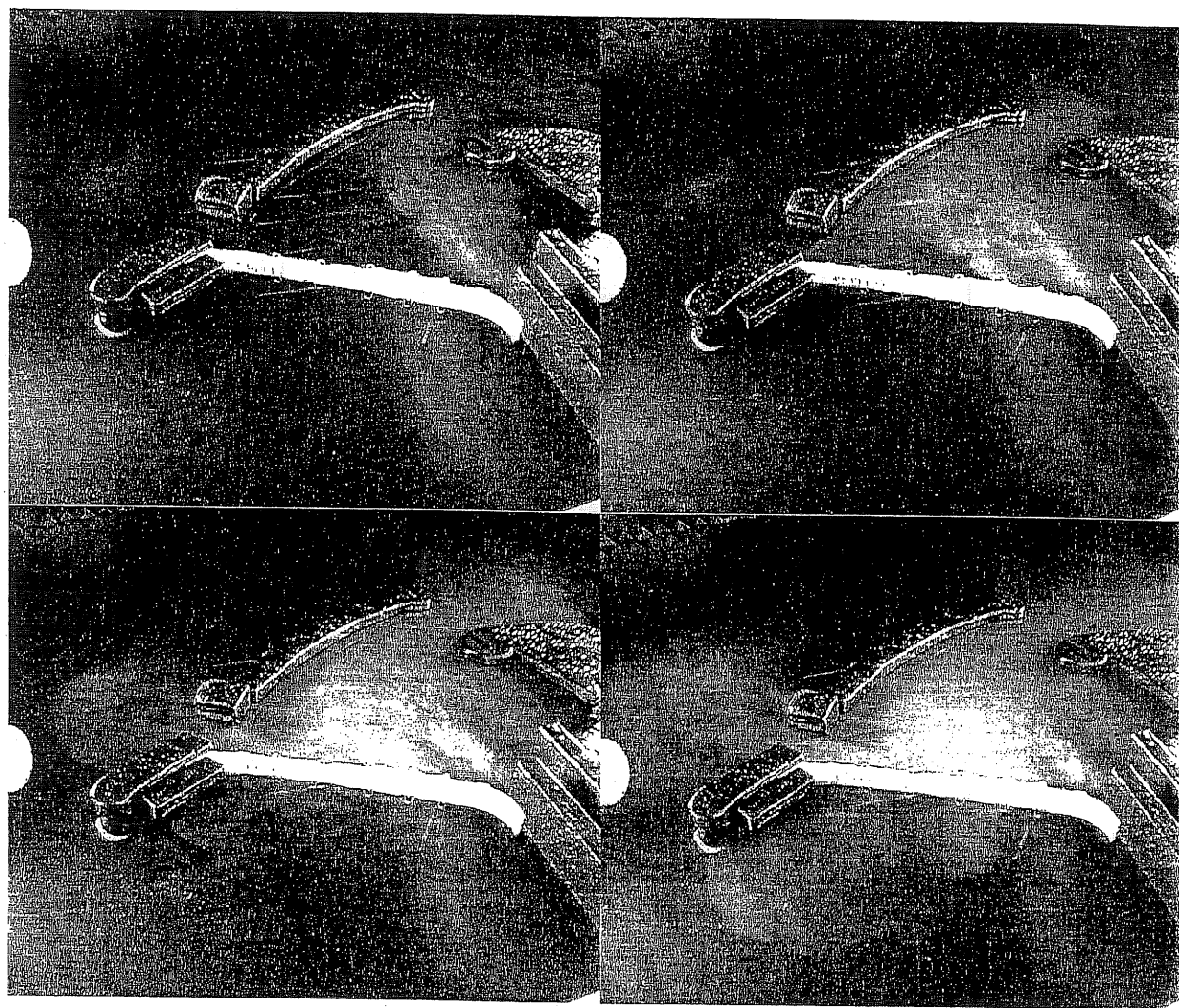
La barriera mobile, per sua natura, è destinata all'uso durante il periodo estivo. Può essere utile integrare la sua funzione con modifiche della diga foranea di moderata entità, tali da non comprometterne le caratteristiche di protezione dal moto ondoso. Si tratta di realizzare un'apertura nella diga, all'altezza del flesso, di circa 50 m, della profondità di 2 m, accoppiata ad un'opera di modesto sviluppo (100 m), finalizzata a facilitare il drenaggio delle acque attraverso l'apertura. Questa soluzione, anche se da sola non è sufficiente a mitigare in maniera accettabile gli effetti ambientali della diga foranea, costituisce comunque una possibilità di ricambio per le acque portuali e un ostacolo per la corrente verso Nord che perde così intensità. Il confronto tra la sequenza di

figura 5.3a con quella di figura 3.4b mostra un ritardo non trascurabile nella propagazione verso Nord delle acque fluviali. Infatti, l'apertura nella diga consente un parziale deflusso verso il largo, mentre il deflettore, oltre a convogliare le acque attraverso l'apertura, genera una deviazione più marcata verso la costa e conseguente perdita di energia.



*Figura 5.3a Configurazione portuale con apertura nella diga foranea di 5 cm, con soglia 2 cm (in scala al vero 50 m e 2 m) con deflettore lungo 100 m. Protocollo B.*

Nella figura 5.3.b viene mostrato l'accoppiamento della soluzione proposta con la barriera mobile, secondo il protocollo A. Il confronto con la figura 5.2.c mostra il miglioramento di efficienza della panna galleggiante in presenza dell'apertura.



*Figura 5.3.b Dati come in figura 5.3a con aggiunta di panna galleggiante immersa fino a 2.5 cm (62.5 % della profondità totale). Protocollo A.*

#### 5.4 Pennello di Ponente modificato (Ipotesi 4.5,6)

Nella figura 5.4 viene descritto l'andamento della corrente costiera alimentata dal getto fluviale (caso della figura 3.4b precedentemente descritto): la configurazione geometrica della diga fa sì che il flusso devii verso la costa e prosegua in direzione Nord. Questa traiettoria suggerisce che, facendo in modo di orientare il getto riflesso dalla diga ancor più verso riva (riducendo quindi lo spessore della corrente litoranea), dovrebbe essere possibile deviare l'intero deflusso verso il largo, prima che lo stesso interessi la zona destinata alla balneazione. Questa deviazione verso il mare aperto può essere ottenuta realizzando il pennello di ponente spostato verso Nord rispetto alla posizione originaria, con l'aggiunta di un deflettore intestato sulla diga foranea (cfr figura 5.3a). La figura 5.4a descrive l'efficacia di questa soluzione, che mostra come unico difetto la necessità di "sacrificare" un tratto di costa nella funzione di "intercapedine" tra il porto e il litorale Nord. Un rimedio a questo inconveniente può essere quello di modificare la forma della estremità Nord della diga foranea: anziché inserire il deflettore, si può ricostruire l'ultimo tratto in maniera che risulti più direttamente orientato verso la costa, come mostrato nel capitolo precedente (ipotesi 6), riducendo l'ingombro verso Nord della diga. In aggiunta, è utile osservare che un pennello più lungo può

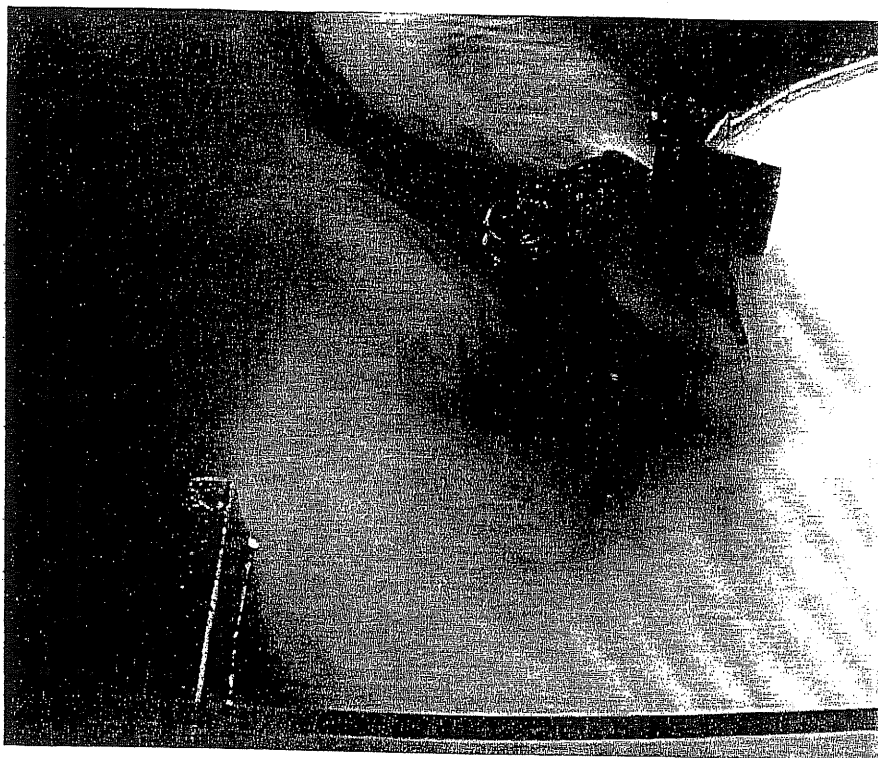
essere posto più vicino alla foce. Infine. La figura 5.4b mostra come l'apertura di un piccolo varco nella diga (cfr figura 5.3a) può aumentare l'efficienza del sistema, aiutando anche il ricambio all'interno dell'avamposto.



*Figura 5.4. Dati come in figura 3.4b: particolare della corrente fluviale diretta lungo la costa Nord.*



*Figura 5.4a Deviazione verso il largo della corrente fluviale mediante deflettore e pennello di ponente spostato (200 m a Nord della testata settentrionale della diga)*



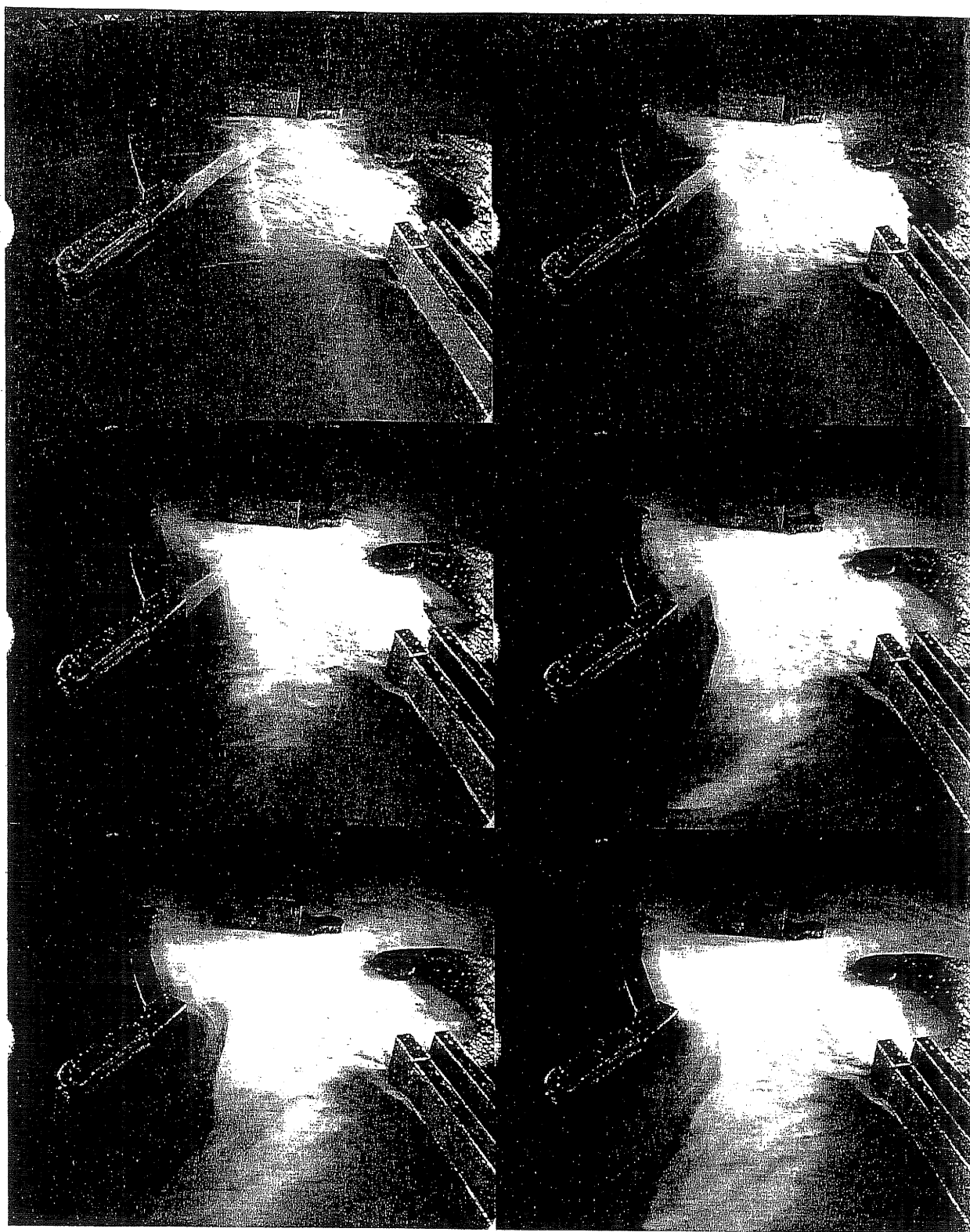
*Figura 5.4b Come in figura 5.4a, con aggiunta di apertura nella diga foranea di 5 cm, con soglia 2 cm (in scala al vero 50 m e 2 m)*

### *5.5 Aperture di grandi dimensioni con opere di protezione (ipotesi 7,8,9)*

Come già evidenziato in precedenza, nell'ambito della descrizione delle caratteristiche generali di un getto baroclino, la principale conseguenza dell'espansione della vena della corrente fluviale è l'ampio fronte d'impatto del getto sulla diga foranea. Una soluzione radicale, nell'ottica di ricostituire una condizione di libera diffusione della foce fluviale verso il mare aperto, potrebbe essere quella di realizzare ampie aperture nella diga. Naturalmente, in questo caso è necessario prevedere ulteriori opere di protezione dal moto ondoso; inoltre, l'ipotesi di modificare in modo significativo la configurazione delle opere potrebbe suggerire di unire la possibilità di risolvere i problemi ambientali con quella di migliorare le condizioni di sicurezza di accesso al porto durante le mareggiate provenienti da Nord.

Sono state effettuate numerose prove, variando la posizione lungo la diga di un'apertura pari a 200 m. I risultati ottenuti mostrano che la posizione più conveniente, dal punto di vista della capacità di drenaggio, risulta essere quella con l'apertura incentrata nel punto di ristagno, situato a circa 200 m dalla testata Sud (cfr [6]). Vengono di seguito descritti i risultati per alcune ipotesi di opere di protezione.

La sequenza temporale della figura 5.5a mostra i risultati ottenuti con un'apertura molto ampia, protetta da opere in modo tale da realizzare un porto a moli convergenti, che consente un ampio ingresso su fondali più profondi di quelli attuali. Tuttavia, dal punto di vista della capacità di drenaggio verso il mare aperto, il risultato è assolutamente insoddisfacente, tenendo conto che si tratta di opere di notevole impegno.



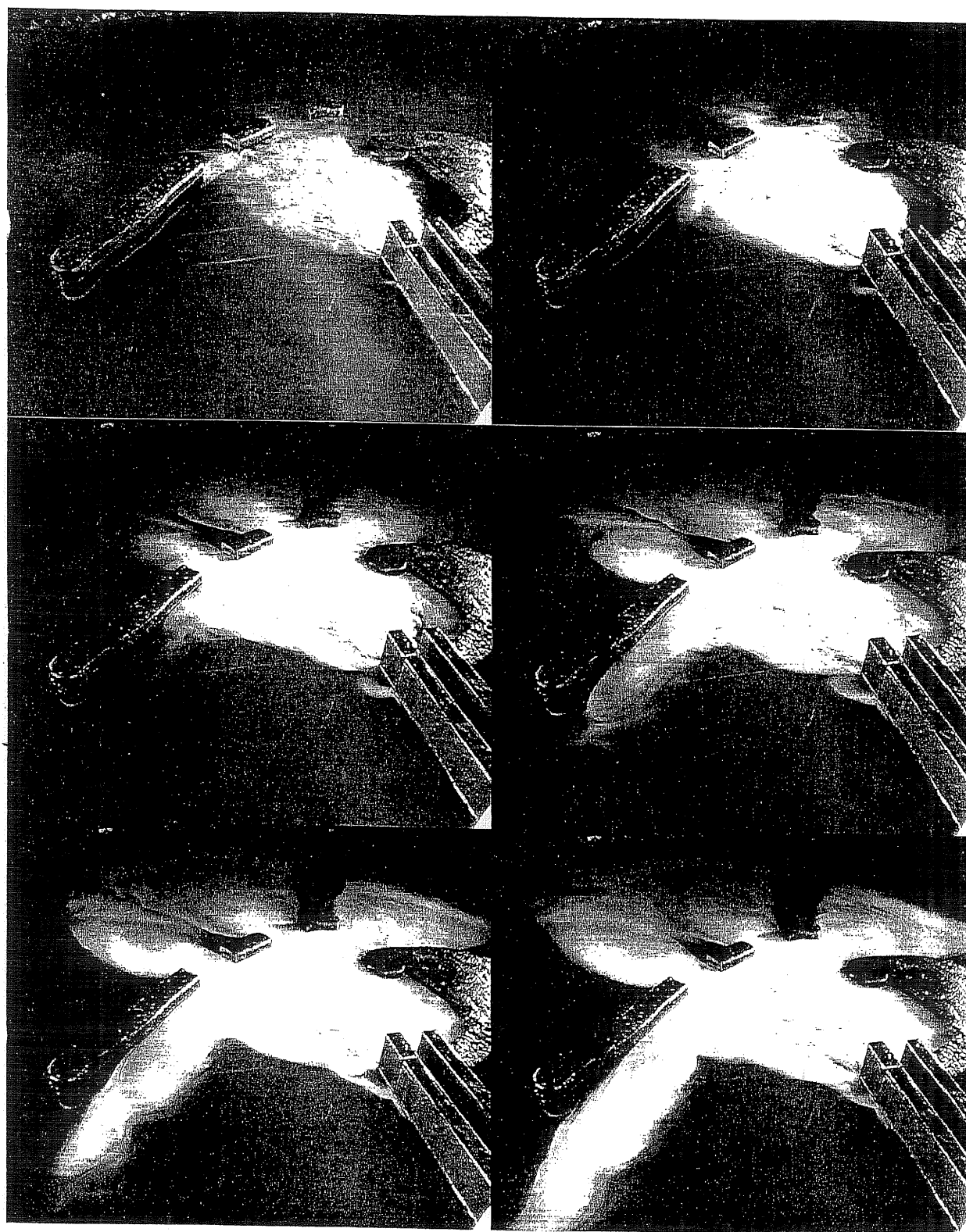
*Figura 5.5. Configurazione portuale con ampia apertura nella diga foranea e opere di protezione. Protocollo B.*

E' utile confrontare i deludenti risultati di figura 5.5a con quelli di figura 5.3a: questi ultimi mostrano come opere molto meno impegnative possono comunque ottenere un effetto di deviazione e ritardo della corrente.



*Figura 5.5b Configurazione portuale con ampia apertura (200 m) nella diga foranea e protezione mediante antemurale. Protocollo B.*

La figura 5.5b mostra che la realizzazione di un secondo antemurale più al largo è il modo più efficace per proteggere l'apertura nella diga, in quanto l'opera, opportunamente distanziata, non costituisce ulteriore ostacolo per il drenaggio delle acque fluviali verso il largo, come accade invece nel caso precedente, nel quale le opere di protezione danno luogo ad una ricircolazione che genera ritorno verso terra delle acque fluviali. In questo caso invece il rientro è minimo.



*Figura 5.5c Configurazione portuale con 2 aperture di 100 m nella diga foranea. Protocollo B.*

Inoltre, l'antemurale può costituire protezione da eventuali forzanti meteo-marine di ostacolo per il deflusso verso il largo attraverso l'apertura nella diga foranea. Non si può tuttavia escludere che la configurazione descritta in figura 5.5a (moli convergenti) possa essere migliorata, tramite diverse inclinazioni e orientamenti delle opere; tuttavia, nel caso si decida di realizzare modifiche sostanziali nella diga si ritiene più conveniente e opportuno preferire la configurazione con

antemurale descritta in figura 5.5b, anche perché consente un miglioramento davvero notevole delle condizioni di ingresso, dal punto di vista dell'ampiezza, dell'orientamento e dei fondali.

Infine, in figura 5.5c viene mostrato l'effetto della realizzazione di due aperture di *100 m*, distanziate della stessa quantità. Ciò che rende interessante questo caso è che le due aperture separate richiedono opere di protezione meno impegnative, ottenendo un effetto drenante paragonabile, anche se inferiore, a quello visibile nella figura 5.5b. In questo caso non è possibile ottenere un nuova imboccatura del porto.

planimetrica. Si potrebbe ad esempio prolungare verso Est la diga foranea, a partire dalla testata meridionale, e/o modificare la sagoma del tratto del molo di levante in corrispondenza della imboccatura in modo da evitare che le onde da esso riflesse vadano ad interessare la zona di accesso. Lo schema di questa soluzione e la sua possibile evoluzione nel tempo sono descritti nel paragrafo 6.7.

La separazione tra l'area portuale e la costa settentrionale dedicata alla balneazione è suggerita anche da un'altra ragione. Infatti, per quanto riguarda il trasporto solido litoraneo, sulla base della dinamica del litorale Nord sembra ragionevole ipotizzare una componente diretta da Nord a Sud. E' certamente opportuno intercettare tale componente, con il duplice scopo di impedire che il materiale proveniente da Nord, di ottima qualità, venga contaminato dai limi di provenienza fluviale e rimanga disponibile per l'arenile, piuttosto che contribuire all'interrimento del porto (generato principalmente dal trasporto solido del fiume).

Sulla base delle precedenti considerazioni, vengono descritti, caso per caso, i risultati delle prove. Inoltre, tenendo conto dei tempi necessari per portare a completamento ciascuna soluzione si è anche ipotizzato un percorso realizzativo.

## 6.2 Ipotesi 1 (Tavola 1, figure 5.2a, 5.2b, 5.2c)

La barriera mobile ha fornito risultati molto incoraggianti: una panna galleggiante immersa fino ad una profondità pari al 125% dello spessore della vena di acqua dolce nel canale di alimentazione blocca completamente il deflusso verso Nord, mentre se lo spessore è pari al 100% dello spessore il deflusso è molto modesto, pressoché trascurabile. Nella Tavola 1 è stata indicata una profondità al vero pari a 2 m: questa quantità dovrebbe essere meglio precisata mediante misure di stratificazione nel porto canale e nell'avamposto. L'esecuzione di tali misure può essere rapidamente ed efficacemente messa in atto da ARTA Abruzzo e la barriera potrebbe essere realizzata in tempi brevissimi. Come già osservato in precedenza, il periodo di funzionamento della barriera è limitato al periodo estivo, in cui forti mareggiate sono poco probabili, rendendo quindi secondarie le esigenze di accesso al porto dal lato Nord. L'installazione di una panna galleggiante non richiede ulteriori studi, oltre alle menzionate misure di stratificazione. L'ipotizzata barriera si estende per circa 400 m, dall'estremità del molo nord del porto canale fino alla diga foranea a circa 150 m dalla testata nord. Questa realizzazione, di basso costo, sicura efficacia e rapida esecuzione, consente di mitigare gli effetti ambientali della diga foranea e proseguire quindi le indagini diagnostiche finalizzate alla progettazione di opere di maggiore impegno.

## 6.3 Ipotesi 2, 3 (Tavole 2,3, figure 5.3a, 5.3b)

Nella ipotesi di protrarre nel tempo l'uso della barriera mobile, se ne potrebbe migliorare l'efficacia realizzando nella diga foranea un varco di 50 m, immediatamente a Sud dell'attacco della barriera. L'apertura potrebbe essere limitata alla profondità -2 m per contenere la trasmissione dell'onda. L'intervento sarebbe completato da un pennello deflettore perpendicolare alla diga dello sviluppo di 100 m costruito a Nord del varco, in corrispondenza dell'attacco della barriera. Le due opere sono finalizzate ad aiutare lo smaltimento di parte della portata fluviale in presenza della barriera mobile e, anche in sua assenza, favoriscono un allontanamento verso il largo delle acque fluviali, oltre a favorire il ricambio delle acque nello specchio portuale. Le due realizzazioni sono compatibili anche con la soluzione ipotizzata per la fase successiva.

## 6.4 Ipotesi 4,5,6 (Tavole 4,5,6, figure 5.4a, 5.4b)

Le ipotesi 4,5,6 sono accomunate dalla presenza di un pennello posto circa 200 m a Nord della testata settentrionale della diga e che si protende verso mare per circa 530 m. Tale pennello, previsto al di fuori della zona d'ombra della diga foranea, permette l'ingresso del moto ondoso nell'area che si estende fino al porto canale, evitando la formazione di una inopportuna zona di ristagno, che sarebbe soggetta ad invasione da parte delle acque di provenienza fluviale e priva di possibilità di ricambio. Come si evince dalle figure 5.4.a e 5.4.b, un pennello così configurato completa

efficacemente l'azione mitigatoria delle opere fisse relative alle ipotesi 2 e 3. In particolare, l'opera offre i seguenti vantaggi:

- intercetta e devia verso il mare aperto le acque fluviali, preventivamente deviate verso riva dal deflettore previsto nell'intradosso della diga foranea; nelle ipotesi 5,6 la presenza di un'apertura nella diga aiuta lo smaltimento della portata fluviale, anche grazie al fenomeno di interazione tra i getti (figura 5.4b): il getto proveniente dall'apertura nella diga esercita attrazione sul getto deviato dal pennello, compattandone la vena;
- intercetta il materiale che, oggi, durante le mareggiate da Nord si accumula a ridosso del porto canale, evitando quindi che questo venga a contatto con le acque e i limi di provenienza fluviale;
- consente l'ingresso al porto dall'imboccatura Nord.

Il pennello pone in evidenza la necessità di separare fisicamente il tratto di litorale utilizzato per la balneazione dall'area portuale; infatti, il repentino allargamento del getto fluviale immediatamente a valle dello sbocco nell'avamporto rende problematico il controllo del deflusso. L'eventuale presenza di forzanti meteo-marine può dare maggior risalto allo scenario di rischio ambientale, e rafforza l'idea della necessità di realizzare una separazione tra le due zone a diversa destinazione d'uso. L'opera prevista dà luogo però alla creazione di una zona "morta" di circa 200 m, che funge da "intercapedine" tra l'area portuale e quella balenabile: in questa zona avviene il naturale mescolamento tra acque dolci e salate e viene deposto il sedimento fluviale. La necessaria ossigenazione delle acque è garantita dalla penetrazione del moto ondoso (il pennello si trova infatti al di fuori della zona d'ombra della diga). Per guadagnare un tratto di litorale, anziché realizzare un deflettore nell'intradosso della diga, si può modificarne il tratto terminale (ultimi 150-200 m sul versante Nord, tavola 6), consentendo così di avvicinare il pennello al molo Nord del porto canale. La realizzazione di queste ipotesi richiede ulteriori studi, al fine di precisare estensione e orientamento del deflettore e lunghezza del pennello, ma non richiede un lungo iter progettuale ed approvativo. Infatti l'intervento non interferisce con la funzionalità del porto di Pescara e può rientrare nell'ambito degli interventi di difesa del litorale ed essere progettato, approvato e realizzato in tempi brevi.

### 6.5 Ipotesi 7,8,9 (Tavole 7,8,9, figure 5.5a, 5.5b, 5.5c)

In tempi più lunghi è possibile ipotizzare interventi sostanzialmente migliorativi dello stato attuale del litorale a Nord del porto o che possano eliminare in maniera definitiva il problema, anche al fine di ottenere una migliore gestione degli spazi, rispetto alle ipotesi 4,5,6, nonché della funzionalità del porto. Tali interventi prevedono modifiche delle attuali strutture portuali e potrebbero richiedere varianti del Piano Regolatore Portuale. Ne consegue che i tempi necessari per il completamento della loro realizzazione sono superiori a quelli richiesti per gli interventi in precedenza indicati. Le ipotesi descritte in questo paragrafo sono quindi accomunate dal fatto che prevedono opere di notevole impegno.

L'ipotesi 7 prevede la rimozione della parte centrale della diga foranea e la realizzazione di moli convergenti: questa soluzione (cfr figura 5.5a), in apparenza molto promettente, si è rivelata tuttavia inefficace, in quanto la riduzione del deflusso delle acque fluviali verso Nord è davvero minima, tenendo conto dell'impegno dell'opera. Probabilmente una diversa forma e orientamento dei moli convergenti, fatta salva la necessità di proteggere la nuova imboccatura dalle mareggiate, potrebbe migliorare il drenaggio del deflusso fluviale verso il largo; infatti, nella configurazione 7 il getto fluviale impatta sul molo convergente meridionale e genera un vortice che induce un riflusso delle acque dolci verso la costa. Quindi, un diverso orientamento della nuova imboccatura individuata dai moli convergenti potrebbe forse migliorare le cose. I risultati degli esperimenti mostrano comunque che questa via, in linea di principio percorribile, richiede un'ottimizzazione

molto accurata della geometria dei moli di protezione, tenendo conto di tutte le forzanti idrodinamiche e meteo-marine in gioco.

L'ipotesi 8 (salpamento di un tratto di 200 m della diga foranea e costruzione di antemurale) è frutto di un'ottimizzazione idrodinamica (tenendo conto solo della forzante del getto fluviale): serie sistematiche di prove effettuate nel laboratorio APAT hanno mostrato che:

- per ottenere un significativo deflusso delle acque fluviali attraverso la diga è necessario realizzare un varco pari almeno a 200 m (misurato all'altezza della superficie libera);
- il migliore effetto viene ottenuto posizionando l'apertura a circa 100 m dalla testata Sud; ciò risulta in perfetto accordo con i risultati di un precedente studio APAT [6]: osservazioni in campo in condizioni di calma hanno mostrato che il punto di ristagno (ossia il punto della diga in cui la pressione esercitata dal getto fluviale assume il massimo valore) giace proprio al centro dell'apertura individuata dagli esperimenti in laboratorio.

Gli esperimenti mostrano anche che la protezione dell'apertura mediante antemurale non ostacola il drenaggio delle acque fluviali. Questa soluzione consente di mitigare in maniera efficace e decisiva la propagazione delle acque fluviali verso la costa Nord. L'antemurale protegge l'apertura da onde e vento, che possono essere di ostacolo alla diffusione verso il largo della corrente fluviale, e offre la possibilità di realizzare un ingresso assolutamente sicuro, sia per ampiezza e orientamento che per i fondali. Questa ipotesi comporta la realizzazione di opere di notevole impegno: l'antemurale, per sviluppo e posizione, richiede infatti quantitativi di materiale paragonabili a quelli impiegati per la realizzazione della attuale diga foranea. La soluzione può essere realizzata anche in aggiunta a quelle illustrate in precedenza (ipotesi 1-6).

Infine, l'ipotesi 9 consiste nel salpamento di due tratti della diga foranea, ciascuno lungo 100 m. Il più a Sud dei due tratti inizia a 100 m dalla testata meridionale della diga e la distanza tra i due tratti è di 100 m. Le aperture che si realizzano devono essere opportunamente protette per impedire la penetrazione del moto ondoso ma devono allo stesso tempo consentire il drenaggio del getto fluviale. Nei varchi devono essere quindi inserite strutture frangiflutti permeabili come ad esempio piattaforme sommerse, strutture forate, ecc.). I due varchi non sono navigabili e l'eventuale miglioramento delle condizioni di ingresso al porto devono essere ricercate con altre realizzazioni, come, ad esempio, un prolungamento della diga foranea a partire dalla testata Sud. Anche questa soluzione può essere realizzata in aggiunta a quelle precedentemente illustrate (ipotesi 1-6).

## 6.6 Commenti conclusivi sulle soluzioni proposte

I risultati degli esperimenti svolti per analizzare le soluzioni sinora descritte hanno posto in evidenza la sostanziale difficoltà del controllo del getto fluviale baroclino. Gli effetti di galleggiamento costituiscono il forzante principale del getto: qualsiasi modifica delle opere portuali, a meno di rimuovere completamente la diga foranea e ottenere quindi il massimo spazio per il deflusso verso il largo, non può impedire la diffusione delle acque fluviali in tutte le direzioni. Infatti le soluzioni che danno migliori risultati sono in definitiva quelle che prevedono la separazione fisica tra l'area portuale e la zona di costa destinata alla balneazione (ipotesi 4,5,6).

Queste considerazioni suggeriscono 2 ulteriori ipotesi, di seguito descritte, entrambe basate sull'idea della chiusura totale e definitiva dell'attuale ampio varco a Nord tra la costa e la diga foranea. La seconda ipotesi, pensata come successiva evoluzione della prima, prevede la separazione del corso del fiume Pescara dalle aree portuali e il trasferimento di tutti gli approdi al di fuori del corso d'acqua. Questa soluzione consente di ottenere il massimo vantaggio dal punto di vista ambientale, paragonabile alla totale rimozione della diga foranea. Con la configurazione finale prospettata, si realizza una separazione netta tra l'alveo fluviale, la zona del litorale destinata alla balneazione e l'area portuale, la cui potenzialità verrebbe notevolmente incrementata. L'intervento proposto, eliminando l'ingresso al porto da Nord richiede un miglioramento delle condizioni di

ingresso che potrebbe essere risolto mediante prolungamento della diga foranea a partire dalla testata Sud e con eventuali opere di sistemazione dell'imboccatura.

#### 6.7 Ipotesi 10 (Tavola 10)

Questa ipotesi è basata sull'idea di arginare completamente il flusso di acque dolci provenienti dal fiume Pescara. Si dispone dunque una struttura protettiva che, partendo da terra, arrivi fino al primo flesso che la diga esistente forma partendo dalla testata settentrionale. Questo pennello, di sezione crescente man mano che si allontana dalla linea di riva, ha, nella parte finale, una sezione uguale a quella della diga foranea e si collega a quest'ultima con un raccordo curvilineo. Questo è necessario per difendere la parte retrostante dal moto ondosso proveniente da Nord. Il nuovo ingresso al porto dovrà essere successivamente definito in dettaglio. Tra il pennello e il molo Nord del fiume Pescara, è stato previsto un terrapieno la cui destinazione d'uso verrà definita in seguito.

#### 6.8 Ipotesi 11 (Tavola 11)

L'ultima ipotesi individuata, naturale evoluzione della precedente, consiste nel deviare il fiume Pescara intercettando il suo corso all'altezza dell'attuale linea di riva a Nord del porto. Con questa soluzione, che prevede che il fiume venga accompagnato oltre l'attuale diga foranea con due argini, non hanno più ragion d'essere le idee di deflettori e varchi finalizzati ad impedire il deflusso delle acque del fiume lungo la costa Nord, in quanto la deviazione dell'ultimo tratto corrisponde, dal punto di vista ambientale, alla totale rimozione della diga foranea. Rispetto alla soluzione precedente, che pure impedisce ogni contatto tra la zona di costa destinata alla balneazione e l'area portuale, questa soluzione evita l'accumulo del sedimento fluviale all'interno del porto. E' possibile prevedere inoltre un'area di darsena e servizi per la pesca a ridosso del molo settentrionale del fiume.

## 7. Soluzioni finali proposte

### 7.1 Generalità

Nel precedente capitolo sono stati analizzati i risultati ottenuti con le simulazioni sperimentali svolte nel laboratorio di fluidodinamica dell'APAT. L'analisi ha consentito di individuare, tra le diverse soluzioni provate, quelle in grado di fornire un miglioramento sostanziale della qualità delle acque lungo il litorale a Nord della foce del fiume Pescara e quelle in grado di risolvere completamente il problema ambientale. Le soluzioni risultate efficaci sono state ordinate secondo un percorso che vede la possibilità di effettuare interventi successivi nel tempo con una progressiva riduzione dell'impatto negativo indotto dal deflusso delle acque fluviali verso il litorale a Nord del porto.

Le esperienze condotte hanno ben evidenziato che sono principalmente due gli aspetti della propagazione delle acque del fiume che interessano il litorale.

Il primo è legato alla diffusione dell'acqua dolce su quella salata: la prima si espande formando uno strato galleggiante sulla seconda, fino al raggiungimento, ad una certa distanza dalla foce, del completo mescolamento. L'estensione dello strato superficiale di acqua dolce di origine fluviale è determinata dalla portata del fiume e dalle forzanti meteo-marine. Tale condizione di equilibrio viene modificata in occasione di mareggiate che provocano il rimescolamento delle acque o di eventi di piena che aumentano sensibilmente l'entità dell'apporto fluviale lungo il litorale.

Il secondo aspetto è quello del deflusso continuo di acque di provenienza fluviale; tale deflusso avviene in una zona ristretta, evidenziata nella figura 3.5: il getto del fiume si allarga ad imbuto immediatamente a valle della foce, impatta sull'opera foranea e si divide in 2 rami. Il ramo principale defluisce attraverso l'imboccatura Sud del porto, mentre il secondo, caratterizzato da portate più modeste, rimane aderente alla diga e si dirige verso la costa settentrionale, allargandosi e perdendo progressivamente energia cinetica. Tale continuo deflusso è responsabile del degrado ambientale del litorale a Nord del porto.

Tutti gli interventi mitigatori individuati e descritti in precedenza che mantengono l'apertura del porto sul lato Nord sono in grado di incidere sul secondo degli aspetti ma quasi nulla possono per eliminare gli effetti del primo. Le soluzioni in grado di incidere sulla diffusione delle acque dolci lungo la costa settentrionale, e che possono definitivamente eliminarne la presenza, sono quelle che prevedono la chiusura dell'attuale apertura verso Nord.

Tra queste la barriera mobile tra il molo Nord del porto canale e la diga foranea ha mostrato la sua efficienza ma è evidente che tale tipo di intervento non può che essere limitato alla stagione estiva. Ne deriva che, per la soluzione del problema, si deve ricorrere ad una ipotesi progettuale che, a partire dalla funzionalità della barriera galleggiante, preveda una realizzazione definitiva e che fornisca impatti positivi per tutti gli aspetti connessi con le interazioni tra il fiume, il porto ed il litorale adiacente.

La ricerca di tale soluzione ha portato alla individuazione delle ipotesi 10 e 11 (tavole 10,11); dato il carattere degli studi fin qui svolti, tali soluzioni richiedono ulteriori approfondimenti come indicato nel precedente capitolo e più ampiamente illustrato nelle conclusioni. La soluzione 10 costituisce un passo intermedio nel raggiungimento della configurazione finale e fornisce risposta ai problemi ambientali, mentre la seconda (soluzione 11) risponde a tutte le problematiche presenti nell'area e fin qui esaminate.

### 7.2 Ipotesi 10

La soluzione 10 prevede il salpamento del tratto Nord della diga foranea, il collegamento della nuova estremità settentrionale della diga così ottenuta alla riva in prossimità della radice dell'attuale molo Nord del porto canale. In questo modo il porto commerciale assume le caratteristiche di un porto a moli sovrapposti con unica bocca orientata ad Est. A fronte della eliminazione del varco Nord è previsto che vengano realizzate opere all'imboccatura portuale finalizzate a migliorare le

attuali condizioni di accesso al porto. La configurazione di tali opere dovrà essere ottimizzata attraverso il ricorso a prove su modello fisico e modelli matematici di manovrabilità. Indicativamente è previsto un allungamento della diga foranea e la realizzazione di un pennello in prosecuzione del gomito del molo di levante in modo da evitare che le onde riflesse dal molo stesso si propaghino nell'area di accesso al porto. A tergo della bocca del porto si estende un'area di espansione del moto ondoso e un cerchio di evoluzione di circa 330 m. Dal cerchio di evoluzione le navi commerciali possono dirigersi alle banchine del molo di levante mentre le imbarcazioni da pesca possono procedere verso il porto canale. In questa nuova configurazione lo spazio tra il nuovo molo radicato a terra e il molo nord del porto canale, una volta colmato, è destinato ad area di servizio.

Questa soluzione elimina gli aspetti negativi legati alla diffusione delle acque fluviali sul litorale a Nord del porto e assicura condizioni di ingresso al porto migliori delle attuali. Essa non è tuttavia in grado di eliminare i problemi legati alla qualità delle acque nel bacino portuale e i problemi legati all'insabbiamento del bacino stesso. Rimedio a quest'ultimo inconveniente può essere il ricorso a periodici dragaggi, mentre si potrebbe mitigare il secondo mediante circolazione forzata delle acque nello specchio portuale e/o prevedendo una sufficiente permeabilità per le nuove opere.

La realizzazione di questa soluzione, una volta completate quelle indicate nei punti 1 e 2 del precedente capitolo, è possibile con aggiustamenti che potranno essere esaminati e precisati in fase progettuale.

### 7.3 Ipotesi 11

La soluzione 11 è stata individuata come possibile soluzione finale. Essa rappresenta uno sviluppo della soluzione 10 e si propone di risolvere le problematiche che la precedente soluzione non è in grado di eliminare, deviando il fiume Pescara al di fuori dell'area portuale. A tale scopo è prevista la realizzazione di un pennello di contenimento a Nord dell'opera di collegamento tra la diga foranea e la riva, l'apertura della connessione tra i due pennelli e il fiume Pescara, il riempimento dell'attuale porto canale e la possibile realizzazione di una darsena per la pesca a nord del nuovo pennello. I benefici indotti da questa soluzione sono molteplici:

- a) il deflusso del fiume Pescara avviene in condizioni analoghe a quelle che si avevano in assenza della diga foranea eliminando quindi i problemi di qualità delle acque lungo il litorale settentrionale legati all'interazione tra il deflusso delle acque dolci e l'opera foranea;
- b) la portualità di Pescara viene razionalizzata e suddivisa in bacini separati, con miglioramento dell'utilizzo delle aree a terra e degli specchi acquei;
- c) il problema dell'insabbiamento dei bacini portuali, che dovrà essere comunque approfondito nel prosieguo dell'iter progettuale, viene ricondotto all'interazione spiaggia - bacini portuali eliminando tutte le problematiche relative alla sedimentazione dei materiali del fiume all'interno delle darsene;
- d) l'accesso al bacino commerciale viene migliorato e reso più sicuro;
- e) il porto commerciale può disporre di una banchina lato terra più lunga e di maggiori spazi ricavati dalla colmata del porto canale;
- f) la pesca può trovare una stabile collocazione in un'area esclusivamente destinata alle sue attività con possibilità di sviluppo e miglioramento.

I tempi di approfondimento degli studi (tra i quali verifica idraulica in merito alla capacità di smaltimento delle portate di piena nella nuova configurazione della foce), progettazione, approvazione e realizzazione possono essere lunghi e i costi complessivi rilevanti, ma sono pienamente giustificati dai risultati conseguibili.

## Conclusioni

La conformazione della diga foranea del porto di Pescara induce la propagazione delle acque fluviali (e di quanto ad esse associato) verso il litorale Nord, con conseguente degrado ambientale di quel tratto di costa. L'APAT ha svolto numerosi studi sull'argomento [1 - 5] e, in seguito alla presentazione e discussione pubblica del rapporto tecnico-scientifico [6], relativo alla prima serie di esperimenti svolti presso il laboratorio di fluidodinamica, ha avviato attività di studio finalizzate alla definizione di possibili soluzioni per la soluzione del problema ambientale. Anzitutto è stato sviluppato un programma delle attività indispensabili per ottenere le informazioni e i dati necessari per individuare e definire la soluzione ottimale. Sono stati organizzati incontri con le autorità competenti ed è stata effettuata una seconda serie di prove presso il laboratorio dell'Agenzia su modello fisico del porto di Pescara in scala 1:1000. Tali prove sono state svolte, per la prima volta nell'ambito degli studi sull'interazione tra deflusso fluviale e opere marittime, tenendo conto degli effetti di galleggiamento delle acque fluviali sulle acque marine. Gli esperimenti hanno fornito indicazioni qualitative ma determinanti per la definizione preliminare di soluzioni in grado di mitigare o risolvere il problema ambientale del litorale di Pescara. Sono state infatti ipotizzate e provate più soluzioni e sono state quindi individuate, come risultato delle indagini sperimentali, quelle più efficienti che sono state ordinate in funzione del tempo di realizzazione, secondo un percorso che prevede la possibilità di interventi progressivi e coerenti.

In particolare, è stato individuato il seguente possibile percorso:

1. realizzazione immediata di una barriera mobile (panna galleggiante, tavola 1) attiva durante la stagione balneare; l'individuazione di un intervento efficace da realizzarsi in tempi brevi e costi minimi, anche se con effetti mitigatori non definitivi e limitati nel tempo, è un elemento di rilievo nella salvaguardia del litorale, perché risolve il problema della balneabilità e consente la prosecuzione degli studi finalizzati alla progettazione di interventi più radicali e definitivi;
2. realizzazione di un varco di 50 m nella diga foranea con soglia a -2 m, unito ad un deflettore lungo 100 m (tavola 2): questa realizzazione consente di mitigare parzialmente gli effetti ambientali della diga foranea e migliora l'efficienza della barriera mobile;
3. realizzazione di un pennello a circa 200 m dalla testata Sud della diga foranea (tavole 4,5): questa opera consente la soluzione totale e definitiva del problema ambientale della costa Nord, in quanto separa le zone costiere a diversa destinazione d'uso, ma comporta un utilizzo non ottimale della zona di riva, in quanto dà luogo ad un'area "morta" compresa tra il pennello e il molo Nord del porto canale, nella quale avviene il mescolamento tra le acque fluviali e marine e la deposizione del sedimento fluviale, anche se le mareggiate ristabiliscono periodicamente la salinità e consentono la necessaria ossigenazione delle acque;
4. l'inconveniente precedentemente descritto può essere attenuato adottando l'ipotesi 6, che permette un più razionale utilizzo degli spazi, ma la soluzione che si propone come definitiva è quella di seguire le ipotesi 10 e 11 (tavole 10, 11): i vantaggi di questo ultimo percorso progettuale e operativo sono ampiamente illustrati nel cap. 7.

I primi 3 passaggi non comportano interventi sostanziali sulla diga foranea e modifiche del lay-out portuale, che rimane pressoché invariato mantenendo il doppio ingresso; l'ultimo (in particolare l'ipotesi 11) implica modifiche significative in merito all'assetto e utilizzo del porto, che comportano varianti del Piano Regolatore Portuale e costi rilevanti. Le opere descritte nelle tavole 10, 11 richiedono un notevole impegno per la progettazione, e trascendono la pura e semplice mitigazione degli effetti ambientali indotti dalla diga foranea, riguardando anche i problemi della sicurezza e delle prospettive di sviluppo del porto.

Per quanto concerne infine le altre soluzioni analizzate (ipotesi 7,8,9), che prevedono la realizzazione di ampie aperture nella diga foranea senza necessariamente separare la costa Nord dall'area portuale, si può concludere quanto segue:

- a) ipotesi 7 (moli convergenti, tavola 7): i risultati delle prove sperimentali sono molto interessanti e utili: essi mostrano che un'apertura nella diga foranea, anche molto ampia, non garantisce necessariamente la soluzione soddisfacente del problema ambientale riguardante la costa Nord;
- b) ipotesi 8 (antemurale, tavola 8): questa è la soluzione (tra quelle che non prevedono la separazione fisica tra il porto e il litorale Nord) che mostra i risultati migliori, ma con il percorso progettuale più complesso e oneroso, tra tutti quelli prospettati;
- c) ipotesi 9 (2 aperture, tavola 9): questa soluzione sembra promettente, ma richiede progettazione e verifica di opere permeabili finalizzate a contrastare la penetrazione del moto ondoso nel porto attraverso le aperture previste: l'efficienza (dal punto di vista del drenaggio delle acque fluviali) di aperture così "attrezzate" richiede inoltre ulteriori verifiche.

Gli esperimenti svolti presso il laboratorio di fluidodinamica dell'APAT descritti in questa nota, pur avendo fornito indicazioni preliminari utili e significative, che hanno consentito una prima selezione nell'ambito delle possibili ipotesi di intervento, non possono essere considerati sufficienti per valutazioni comparative esaurienti e definitive in merito alle ipotesi formulate. Infatti negli esperimenti realizzati viene simulata l'interazione tra deflusso fluviale e opere marittime, tenendo conto degli effetti della stratificazione salina (ciò costituisce l'aspetto innovativo del presente lavoro), ma trascurando la eventuale presenza di forzanti meteo-marine. Questa approssimazione risulta solo in parte giustificata dalla elevata energia cinetica della corrente del fiume in prossimità della foce, anche perché ciò risulta vero nello studio del campo idrodinamico all'interno dell'avamposto, mentre l'efficienza del deflusso attraverso un'apertura della diga, allorché gran parte dell'energia cinetica della foce risulta ormai dissipata, dipende molto dalle condizioni esterne. Non va dimenticato inoltre che le condizioni di lay-out per gli esperimenti necessitano di conferme tramite misure in campo e, infine, la realizzazione di aperture di notevoli dimensioni nella diga foranea richiede accurate valutazioni sulla penetrazione del moto ondoso all'interno del porto, mediante studi su modello fisico in un laboratorio che consenta la realizzazione di modelli in scala opportuna (1:100).

Ai fini di un esame completo delle ipotesi proposte si ritengono pertanto necessari ulteriori studi. In particolare, si ritiene opportuno svolgere le seguenti indagini.

#### Campagne di osservazione e misura in situ

1. correntometria fluviale e marittima con tecniche non intrusive di tipo ottico (Particle Image Velocimetry e Particle Tracking Velocimetry) già utilizzate nel laboratorio di fluidodinamica APAT; le riprese con telecamera digitale estese all'aera dell'avamposto potranno essere effettuate tramite elicottero del CCTA;
2. correntometria fluviale e marittima con tecniche intrusive;
3. stratificazione termica e salina alla foce e nell'area portuale;
4. dati batimetrici;
5. contenuto e distribuzione dei sedimenti in sospensione;
6. qualità delle acque in prossimità della foce;
7. portate del fiume, dati di vento e livelli marini (rilevati sistematicamente a Pescara dalla Regione Abruzzo).

Tali misure consentiranno di individuare le condizioni critiche da impiegare nelle verifiche su modello fisico e teorico-numerico, attraverso revisione e aggiornamento degli studi dei venti, correnti, onde, portata fluviale, batimetria, sedimentologia, materiale in sospensione, diffusione, ecc. (analisi stagionale e annuale).

### Simulazioni con modello teorico-numerico 3D

Tali calcoli verranno svolti tenendo conto:

1. delle condizioni di stratificazione misurate;
  2. delle condizioni di criticità individuate nell'analisi dei dati, ottenuti dalle campagne di misura in situ, relativi alle forzanti meteo-marine;
- e saranno finalizzati alla verifica e ottimizzazione delle soluzioni individuate

### Attività sperimentale in laboratorio marittimo (modello fisico in scala opportuna)

Tali esperimenti saranno finalizzati alla verifica su modello fisico in scala opportuna (dell'ordine di 1:100) del progetto preliminare presso un laboratorio dotato di attrezzature delle dimensioni adeguate e della necessaria esperienza di settore per la generazione e misura di onde.

## Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio On.le Altero Matteoli e il Sottosegretario del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti On.le Nino Sospiri per la fiducia riposta, l'apprezzamento per i risultati raggiunti e l'incoraggiamento profuso nella promozione delle attività descritte in questo lavoro, che è stato svolto in seguito alla presentazione e discussione pubblica del rapporto tecnico-scientifico APAT *"Analisi delle interazioni tra deflusso fluviale e opere marittime nel porto di Pescara: indagini sperimentali, simulazioni numeriche, osservazioni in campo"*, avvenuta in data 23/11/2004.

Le prove sperimentali sono state effettuate presso il laboratorio di fluidodinamica dell'APAT di Castel Romano, realizzato con finanziamenti del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, grazie al particolare interessamento da parte del Dott. Silvio Di Virgilio, Direttore del Dipartimento per la Navigazione e il Trasporto Marittimo e Aereo, che fin dall'inizio ha sempre apprezzato, incoraggiato e supportato la collaborazione con l'APAT. Il Prof. Paolo De Girolamo, consulente del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, fin dall'inizio ha seguito e partecipato attivamente al lavoro dell'Agenzia, anche nella veste di co-autore in alcuni dei rapporti tecnico-scientifici sinora prodotti.

Gli autori ringraziano l'Ing. Giorgio Cesari, Direttore Generale dell'Agenzia, l'Ing. Antonio De Maio, Direttore del Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale, l'Ing. Roberto Mussapi, Direttore del Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine e la Dott.ssa Maria Belli, responsabile del Servizio Metrologia Ambientale, per il supporto nell'ulteriore sviluppo del laboratorio, l'incoraggiamento, il supporto organizzativo e il coordinamento necessario per consentire lo svolgimento delle attività.

Gli autori rivolgono un sentito ringraziamento al Dott. Leonello Serva, Direttore del Dipartimento Difesa del Suolo, al Dott. Eutizio Vittori, responsabile del Servizio Rischi Naturali e a tutti i colleghi Geologi che hanno dato avvio alle attività dell'Agenzia sul porto di Pescara agli inizi del 2000 (con particolare riferimento agli aspetti sedimentologici, contributo ampiamente citato nel presente lavoro) collocando sin dall'inizio le attività nella giusta ottica metodologica, ponendo quindi le basi per un'agevole prosecuzione del lavoro.

Durante lo svolgimento del lavoro è stato effettuato un volo di ricognizione con l'elicottero del Comando dei Carabinieri per la Tutela Ambientale, svolto grazie al coordinamento del Gen. Filippo Palomba; gli autori esprimono la propria gratitudine in quanto le immagini ottenute hanno consentito di completare e arricchire notevolmente il lavoro, offrendo inoltre nuovi spunti per gli ulteriori sviluppi dal punto di vista delle attività in campo. Queste ultime sono state svolte in collaborazione con l'Agenzia Regionale per la Tutela dell'Ambiente Abruzzo, che ha messo a disposizione imbarcazioni e strumentazione; gli autori ringraziano in particolare il Dott. Giuseppe Ferrandino per la disponibilità e la fattiva collaborazione. Inoltre, gli autori ringraziano vivamente il CV Carlo Paternuosto, Comandante della Capitaneria di Porto, per tutte le informazioni e il supporto forniti durante lo svolgimento del lavoro.

Un particolare ringraziamento è dovuto al Prof. Giovanni Paolo Romano, Ordinario di fluidodinamica presso il Dipartimento di Meccanica e Aeronautica dell'Università di Roma "La Sapienza", per il contributo fornito durante lo svolgimento delle attività sperimentali (che sono state anche oggetto di tesi di laurea) e durante la fase di ideazione e progettazione del laboratorio di fluidodinamica dell'Agenzia.

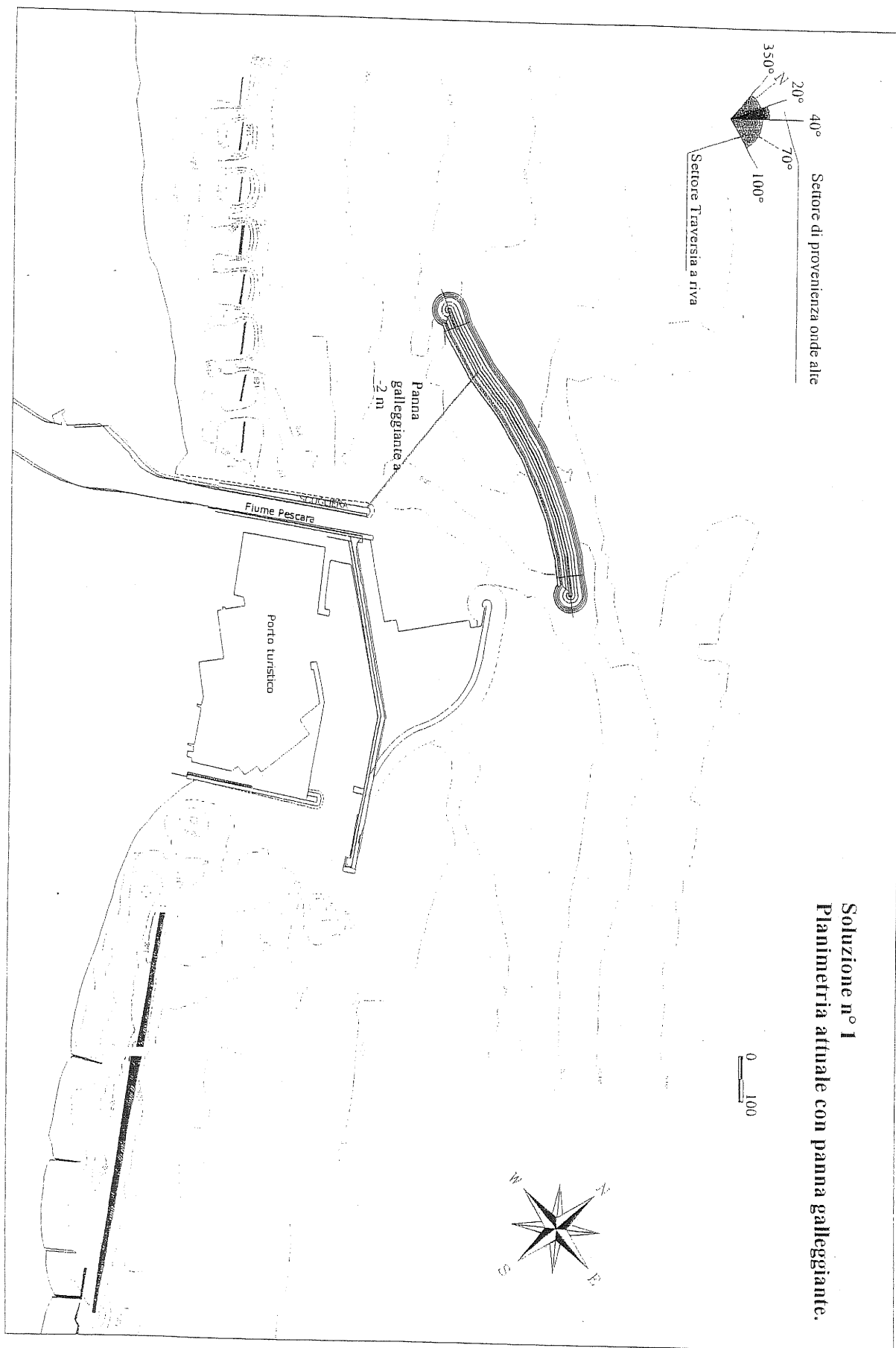
Durante lo svolgimento del lavoro sono stati effettuati incontri con gli ingegneri navali dell'Istituto Nazionale Studi ed Esperienze di Architettura Navale di Roma; gli autori ringraziano in particolare gli Ingg Marcello Costanzo, Salvatore Mauro e Giovanni Senatore per le discussioni e i consigli in merito agli aspetti di sicurezza della navigazione.

Infine, gli autori ringraziano vivamente l'Ing. Mario Russo della Regione Abruzzo, sempre presente, fin dall'inizio dello svolgimento delle attività dell'APAT, con i suoi preziosi suggerimenti e consigli.

## Bibliografia

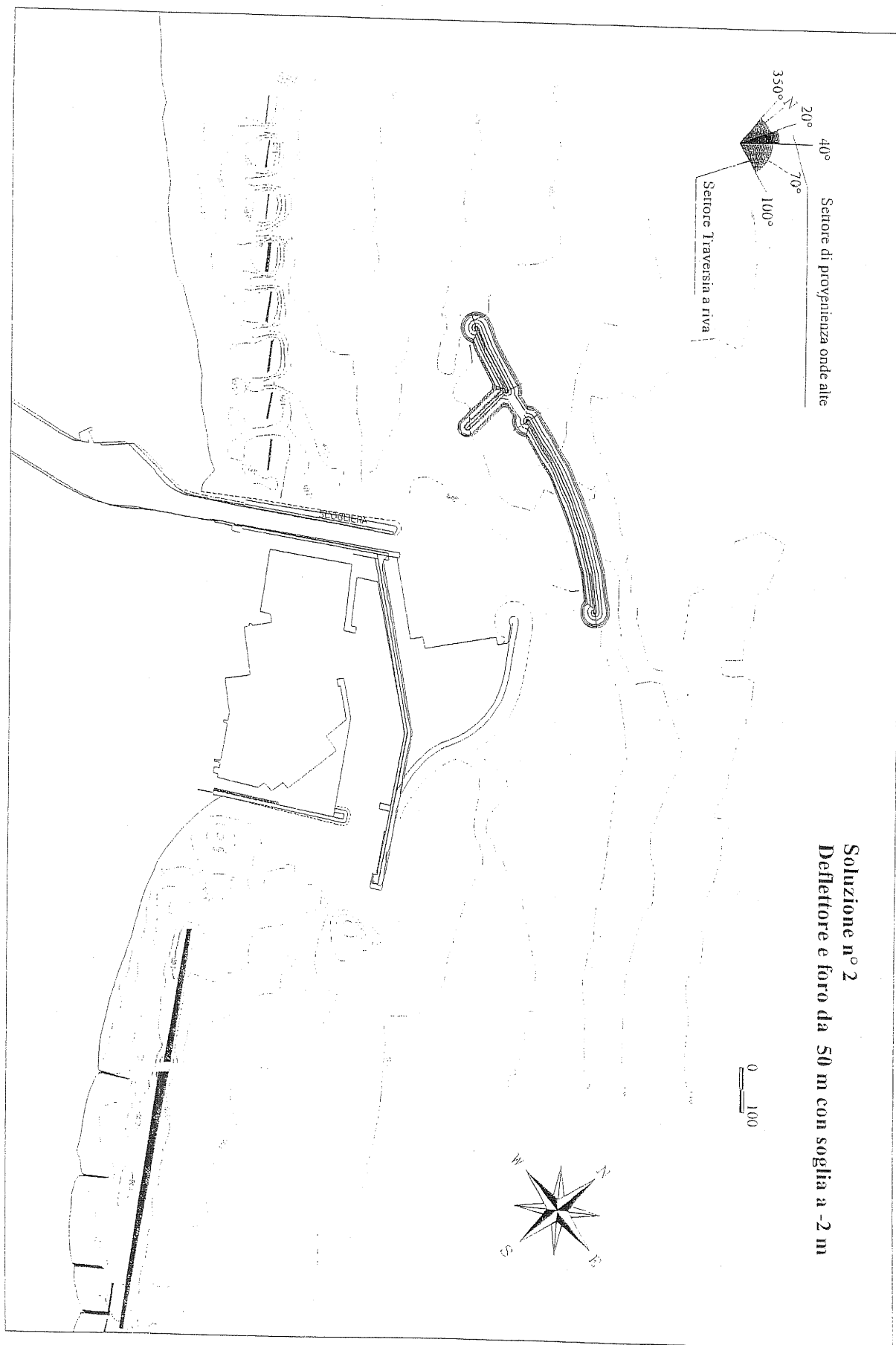
- [1] ANPA (2000): "Effetti delle opere antropiche recenti sull'equilibrio naturale dell'area circostante il porto-canale di Pescara", rapporto tecnico ANPA.
- [2] Lalli F., Berti D., Miozzi M., Miscione F., Porfidia B., Serva L., Vittori E., Romano G.P. (2001): "Analysis of Breakwater-Induced Environmental Effects at Pescara (Adriatic Sea, Italy) Channel-Harbor", 11<sup>th</sup> International Offshore and Polar Engineering Conference, Stavanger, Norway
- [3] Lalli F., Berti D., Miozzi M., Miscione F., Porfidia B., Vittori E., De Girolamo, P. (2001): "Porto di Pescara: analisi degli effetti indotti sul litorale dal nuovo molo di levante", Rapporto Tecnico Gruppo di Lavoro ANPA-Ministero delle Infrastrutture.
- [4] Lalli F., Miozzi M., Romano G. P., (2002): "Some remarks on river mouth flow", 12<sup>th</sup> International Offshore and Polar Engineering Conference, Kitakyushu, Japan.
- [5] Lalli F, Miozzi M, De Girolamo P (2002): "Aspetti idrodinamici e ambientali del porto-canale di Pescara: simulazioni numeriche e indagini sperimentali", rapporto tecnico APAT.
- [6] Lalli F, Falchi M, De Antoniis L, Romano GP (2004): "Analisi delle interazioni tra deflusso fluviale e opere marittime nel porto di Pescara: indagini sperimentali, simulazioni numeriche, osservazioni in campo", rapporto tecnico APAT.
- [7] Russo M. (2003): "Il fiume Pescara: caratteristiche idrologiche del bacino", Rapporto Tecnico del Servizio Idrografico e Mareografico di Pescara, Regione Abruzzo.
- [8] Desiderio G., Nanni T., Rusi S. (2001) : "La pianura alluvionale del fiume Pescara (Abruzzo): idrogeologia e vulnerabilità dell'acquifero". Società Geologica Italiana vol. 56.
- [9] De Girolamo P. (2003): "Studio dell'idrodinamica della foce del fiume Pescara con modello numerico per lo svolgimento dei lavori di completamento variante P.R.P.- 2° fase", rapporto conclusivo.

# *TAVOLE*

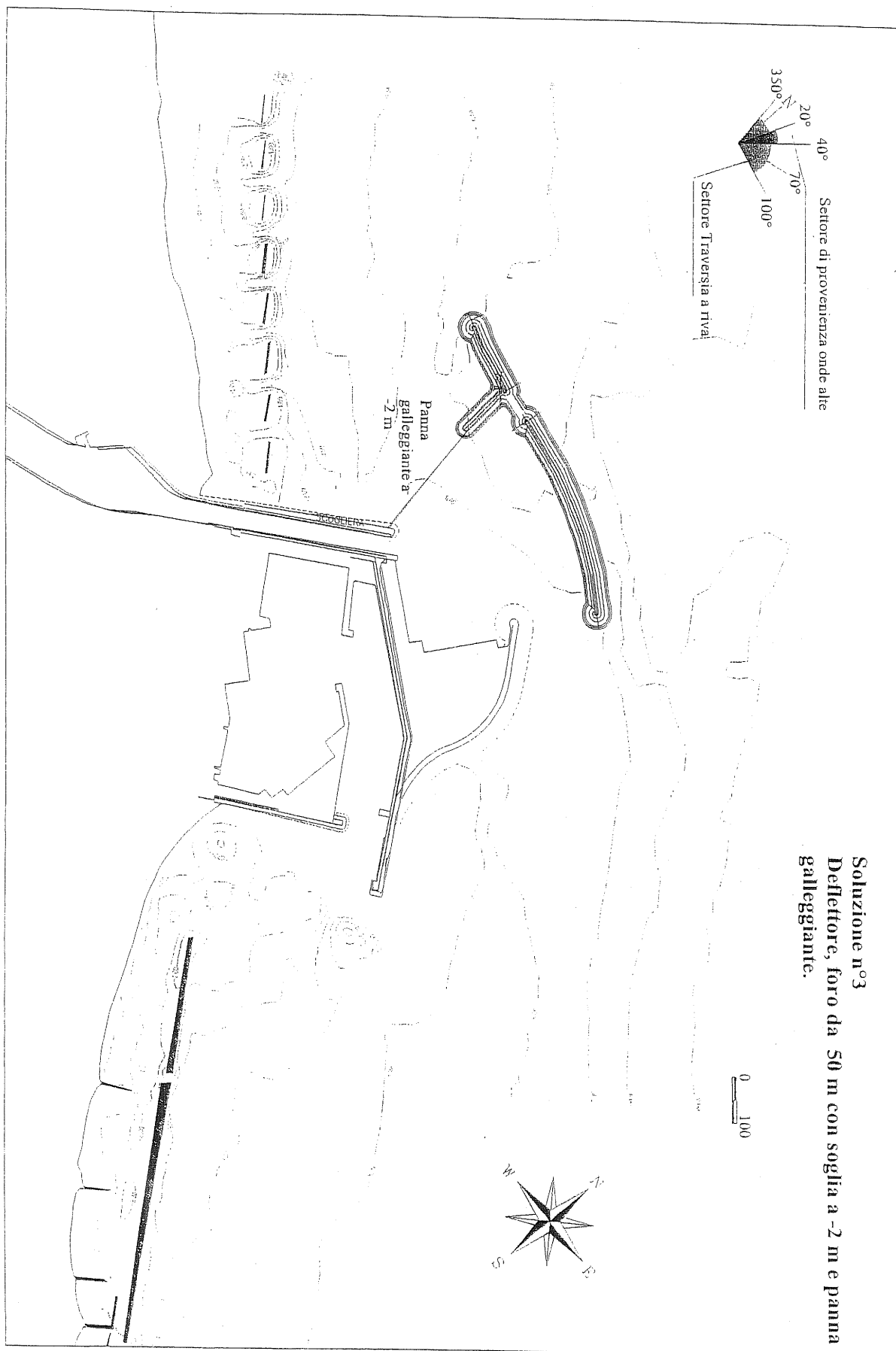


Soluzione n° 1  
 Planimetria attuale con panna galleggiante.

TAVOLA 1



**TAVOLA 2**



Soluzione n°3  
 Deflettore, foro da 50 m con soglia a -2 m e panna  
 galleggiante.

TAVOLA 3

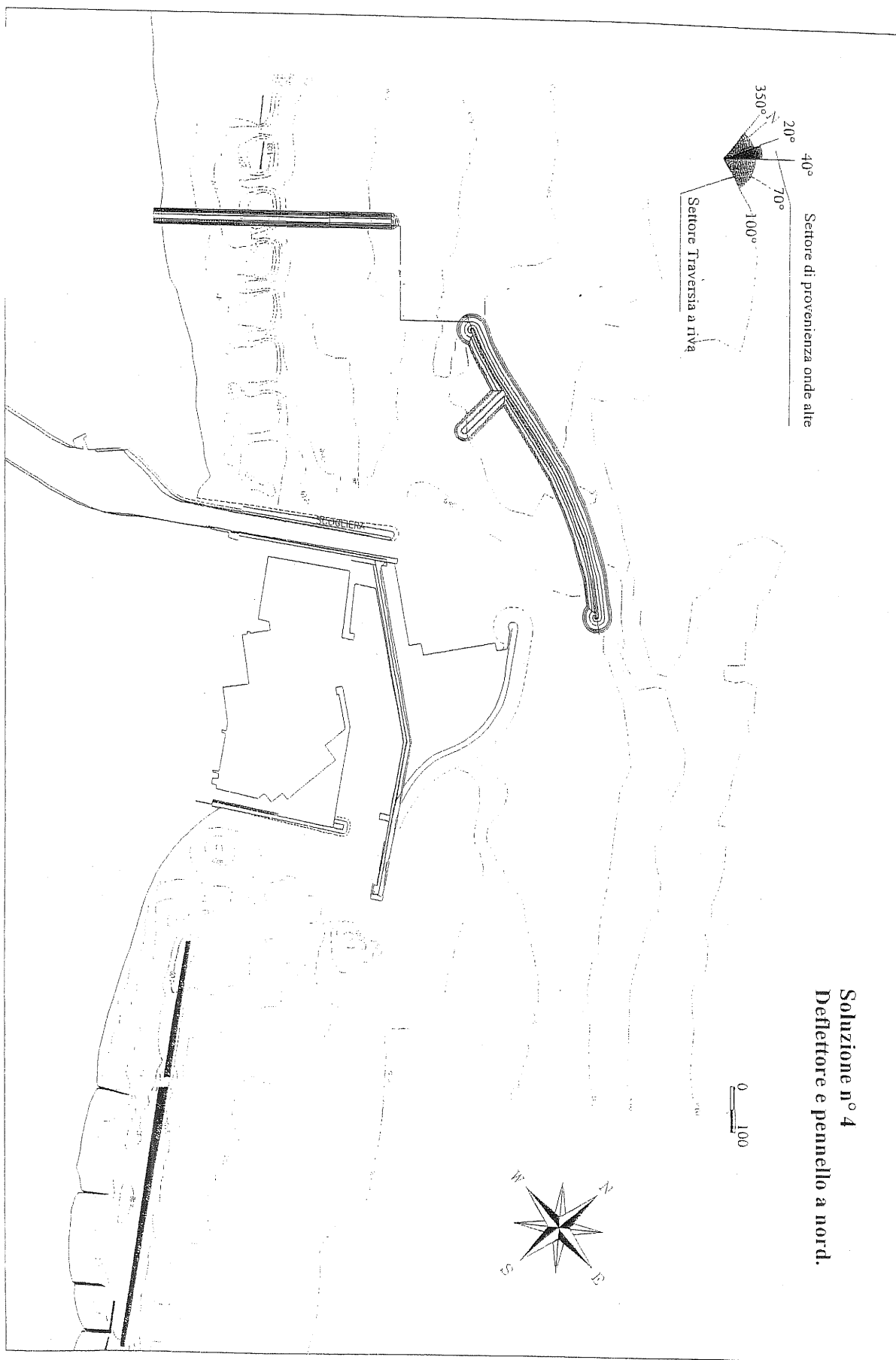


TAVOLA 4

## 6. Analisi dei risultati sperimentali e ulteriori ipotesi di intervento

### 6.1 Generalità

In precedenti studi APAT riguardanti il porto di Pescara [1 - 6] sono stati analizzati e discussi in dettaglio gli effetti ambientali indotti dalla diga foranea realizzata a protezione del porto canale nel 1995, che, costituendo ostacolo alla dispersione delle acque del fiume verso il largo, induce, a causa dell'orientamento del tratto a Nord, una corrente formata dal deflusso fluviale e orientata verso la costa settentrionale. Tale corrente, presente anche in assenza di forzanti meteo-marine in quanto legata alla presenza della foce, è responsabile degli effetti di degrado delle acque marine lungo la costa a Nord del porto. L'APAT, in seguito alla presentazione e discussione pubblica del rapporto tecnico-scientifico [6], ha sviluppato un programma di attività e svolto indagini preliminari, di natura sperimentale, presso il proprio laboratorio di fluidodinamica.

In particolare, sono state svolte prove su modello fisico del porto di Pescara in scala 1:1000, finalizzate ad ottenere indicazioni qualitative sugli effetti della diffusione delle acque fluviali in mare in assenza di forzanti meteo-marine, tenendo conto degli effetti di galleggiamento delle acque fluviali sulle acque marine, più pesanti a causa della salinità. La stratificazione tra i due fluidi è dovuta infatti principalmente alla differente salinità delle acque, piuttosto che al loro gradiente di temperatura, poiché la salinità modifica la densità dell'acqua in misura maggiore rispetto alle variazioni di temperatura (nell'ambito delle oscillazioni termiche più frequenti negli ambienti di estuario).

In tutti gli studi in precedenza effettuati sul Porto di Pescara gli aspetti relativi alla stratificazione non erano mai stati presi in considerazione.

I risultati più evidenti e significativi ottenuti da questo tipo di prove sono sostanzialmente due:

1. le acque dolci si espandono lungo il litorale Nord fino al raggiungimento di uno stato di equilibrio e, una volta raggiunta tale condizione, il flusso del fiume Pescara avviene in un'area confinata che dipende dalla forma delle opere presenti all'esterno della foce: la conseguenza di questo comportamento è che, con l'attuale ampio varco a Nord del porto, è possibile, con opportuni interventi sulla diga foranea e con opere aggiuntive, eliminare il continuo apporto sul litorale di acque fluviali (e di quanto ad esse associato), ma non è possibile eliminare del tutto la presenza di uno strato di acqua dolce sovrapposto all'acqua marina lungo la costa Nord, almeno nella zona più prossima al porto;
2. l'espansione del getto fluviale alla foce rende problematico il controllo del flusso con interventi limitati alla sola diga foranea. I risultati mostrano infatti che per ottenere un effetto mitigatorio significativo è necessario salpare parte della diga foranea e realizzare un antemurale al largo, oppure impostare un deviatore del flusso nell'intradosso della diga foranea e costruire un pennello radicato a riva, con la testata posta circa 200 m a Nord della testata settentrionale della diga stessa.

Alla luce di quanto osservato nelle prove sul modello fisico ed in particolare dei due elementi evidenziati in precedenza, solo la chiusura del varco verso Nord tra la diga foranea e la foce è in grado di eliminare in maniera completa e definitiva il fenomeno della propagazione delle acque dolci lungo il litorale settentrionale.

Tale soluzione risulta in contrasto con il voto n. 360 del 16/1/02 del CS LLPP che, in conformità alle indicazioni della Capitaneria di Porto, pone come presupposto per le opere mitigatorie il mantenimento dell'imboccatura portuale a Nord della diga foranea. La valutazione della Capitaneria di Porto è ovviamente legata alla attuale configurazione delle opere. Nella ipotesi di mantenere un'unica imboccatura per il Porto di Pescara aperta verso Sud, questa deve essere ottimizzata in modo da aumentare la sicurezza dell'ingresso con modifiche della configurazione

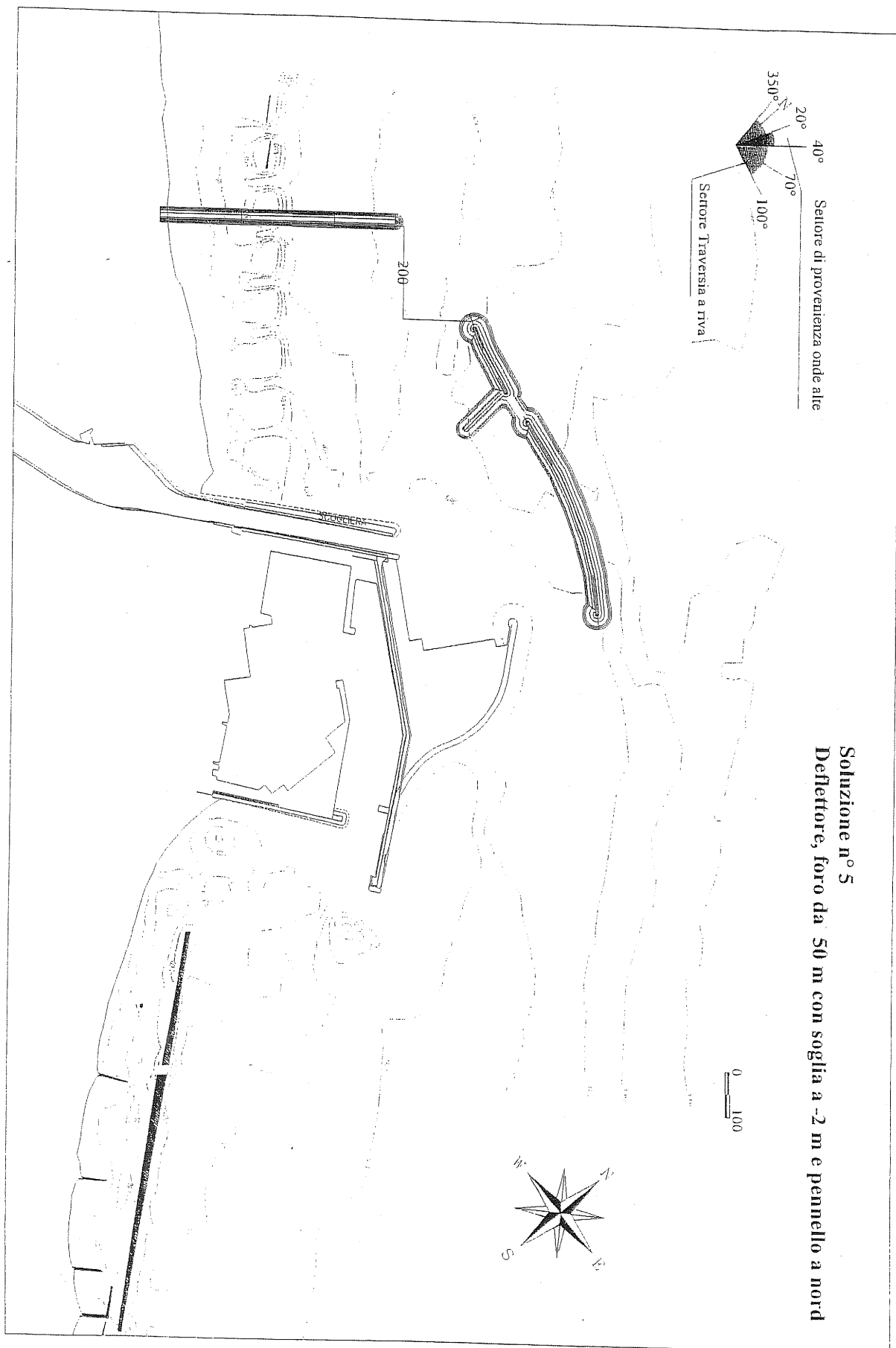
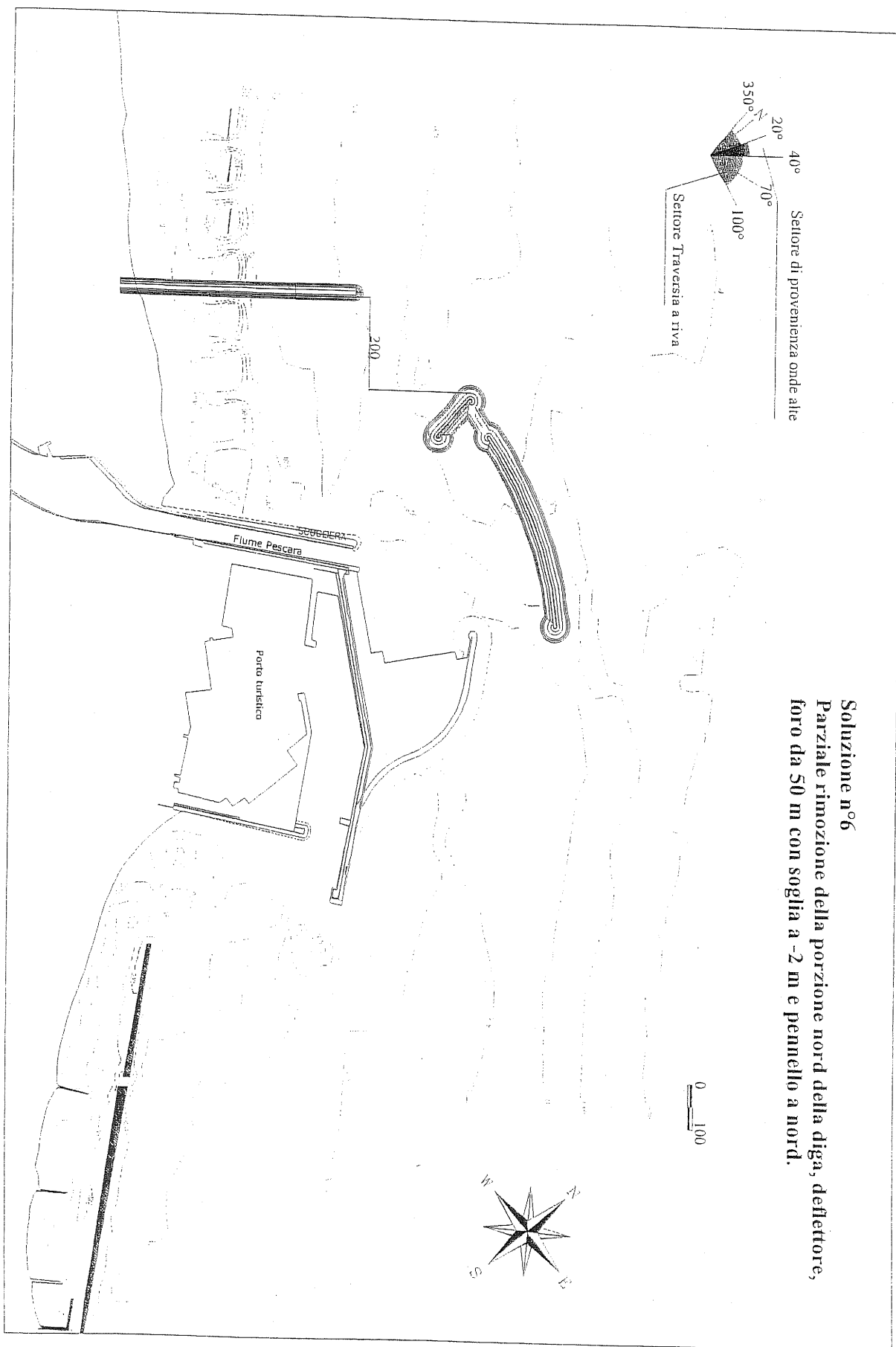


TAVOLA 5



**Soluzione n°6**  
 Parziale rimozione della porzione nord della diga, deflettore,  
 foro da 50 m con soglia a -2 m e pennello a nord.

**TAVOLA 6**

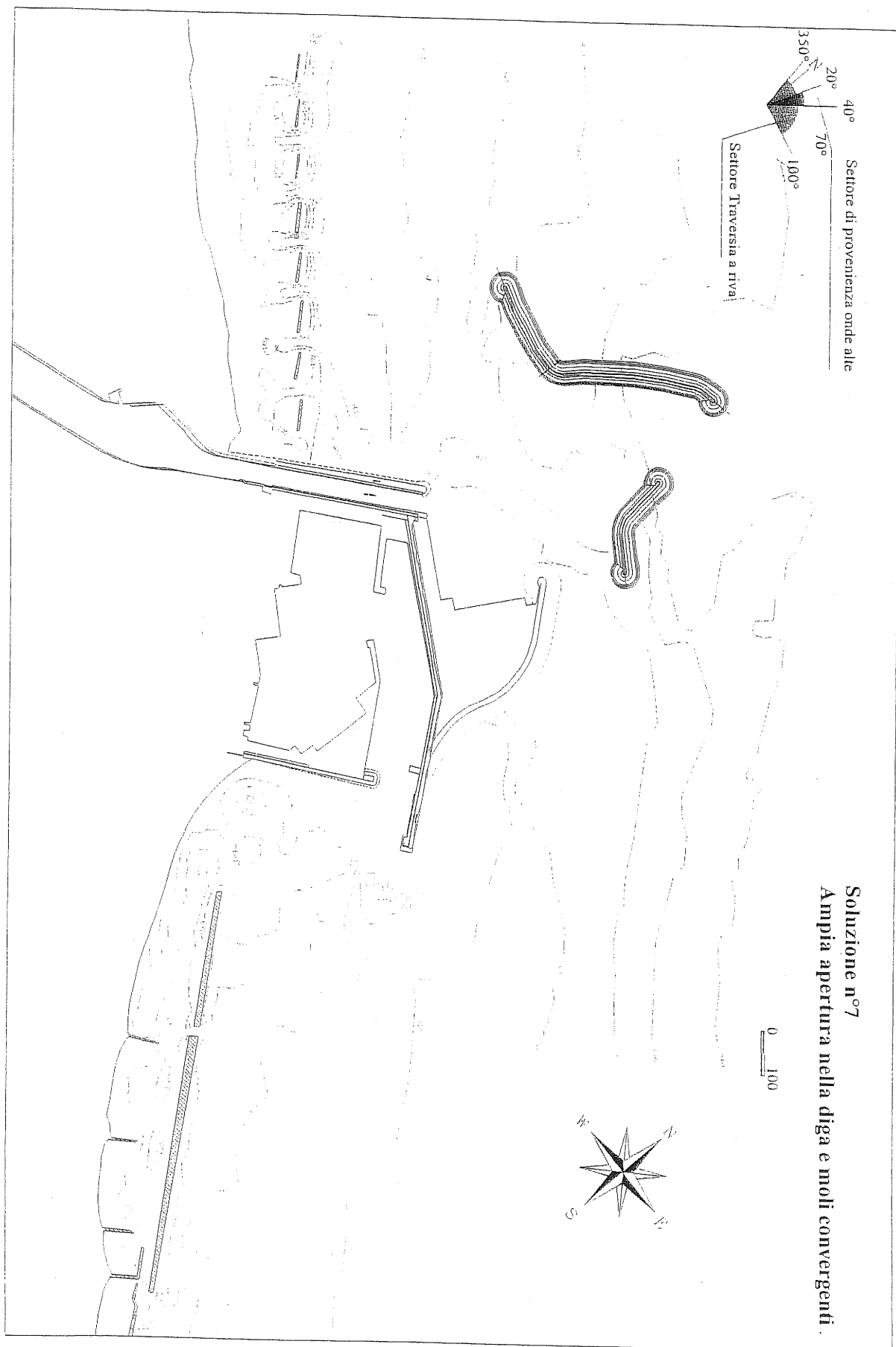


TAVOLA 7

Soluzione n° 8  
Apertura da 200 m nella diga foranea con  
antemurale di protezione.

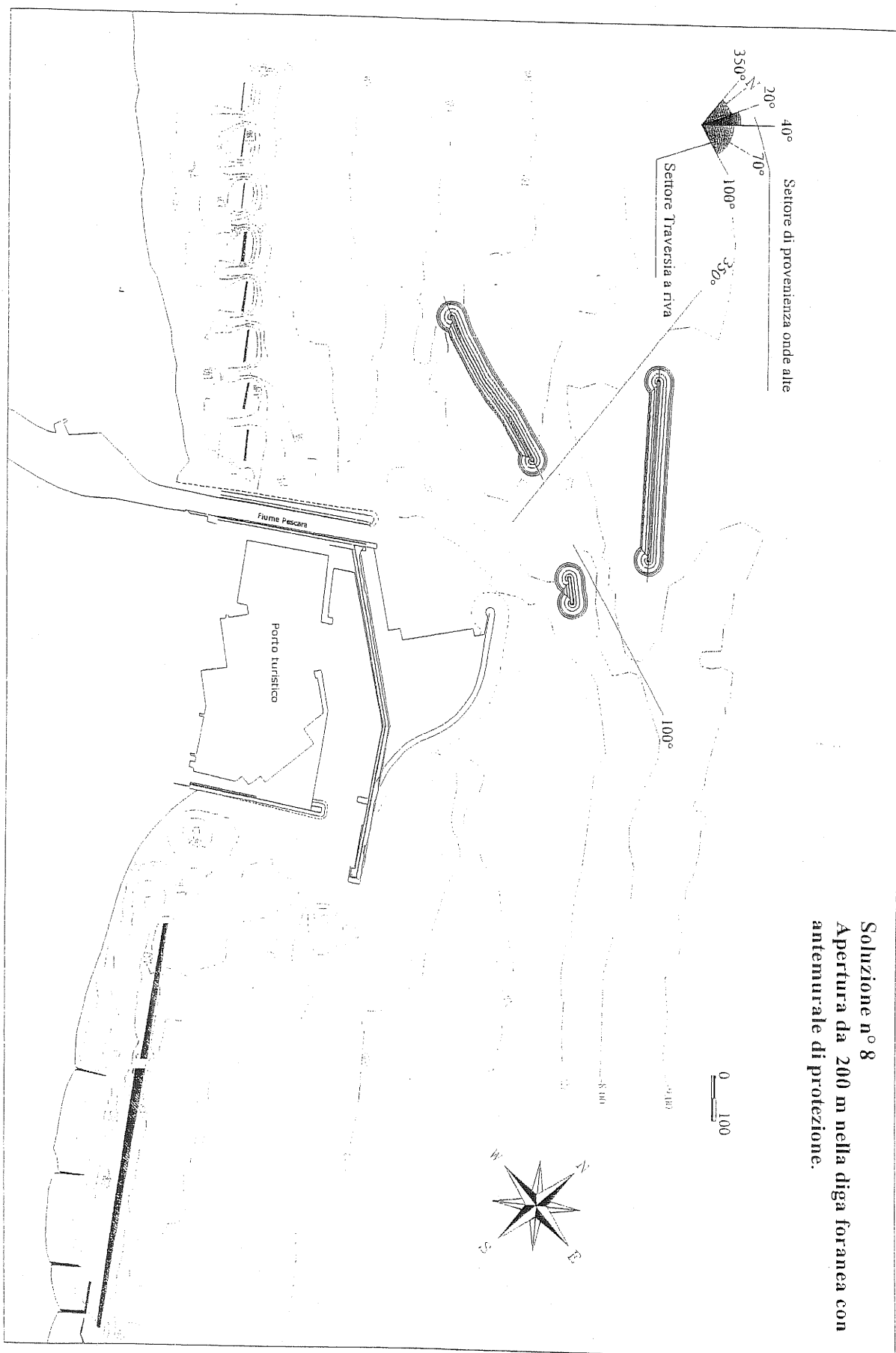
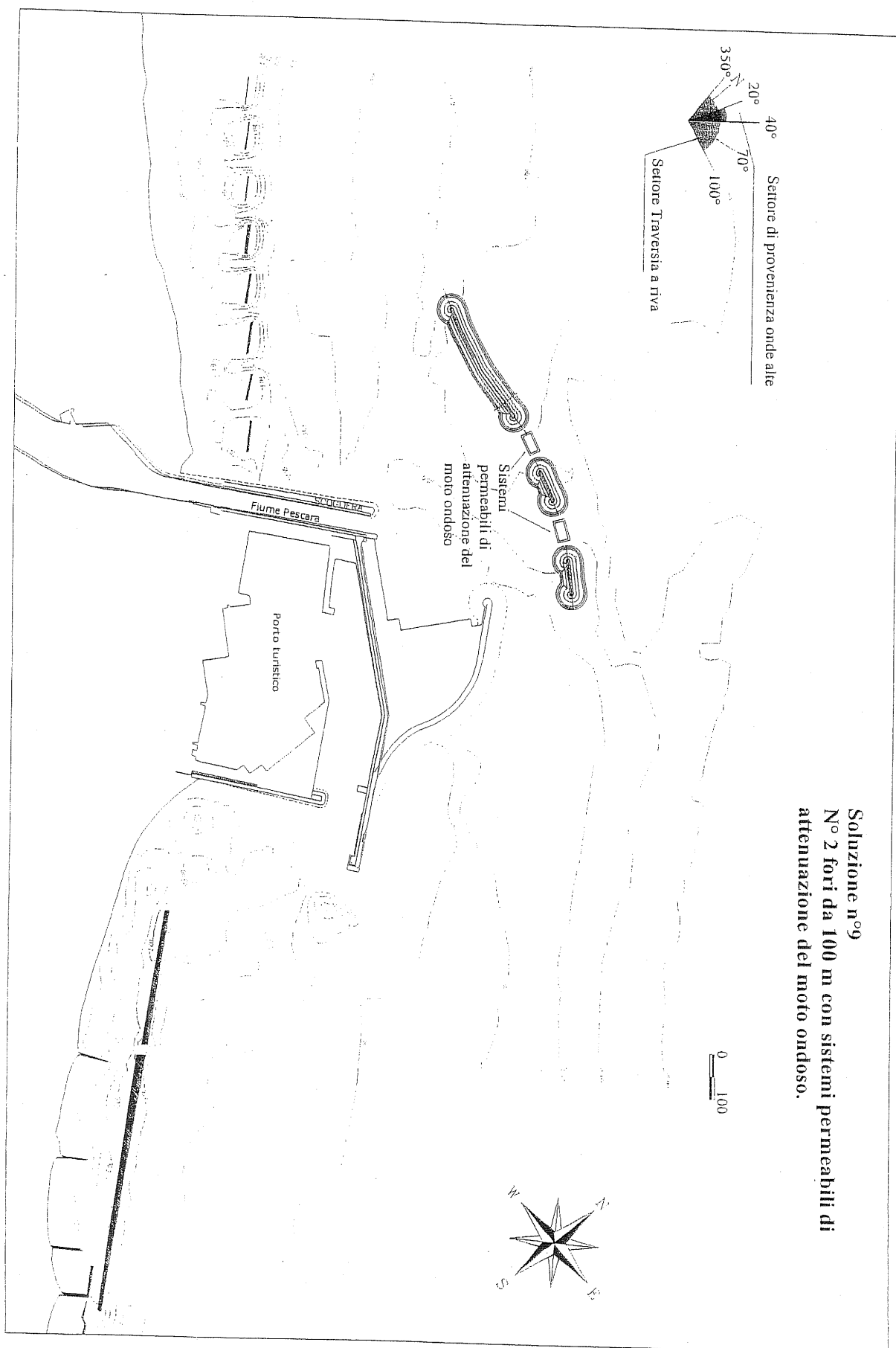


TAVOLA 8



Soluzione n°9  
 N° 2 fori da 100 m con sistemi permeabili di  
 attenuazione del moto ondoso.

TAVOLA 9

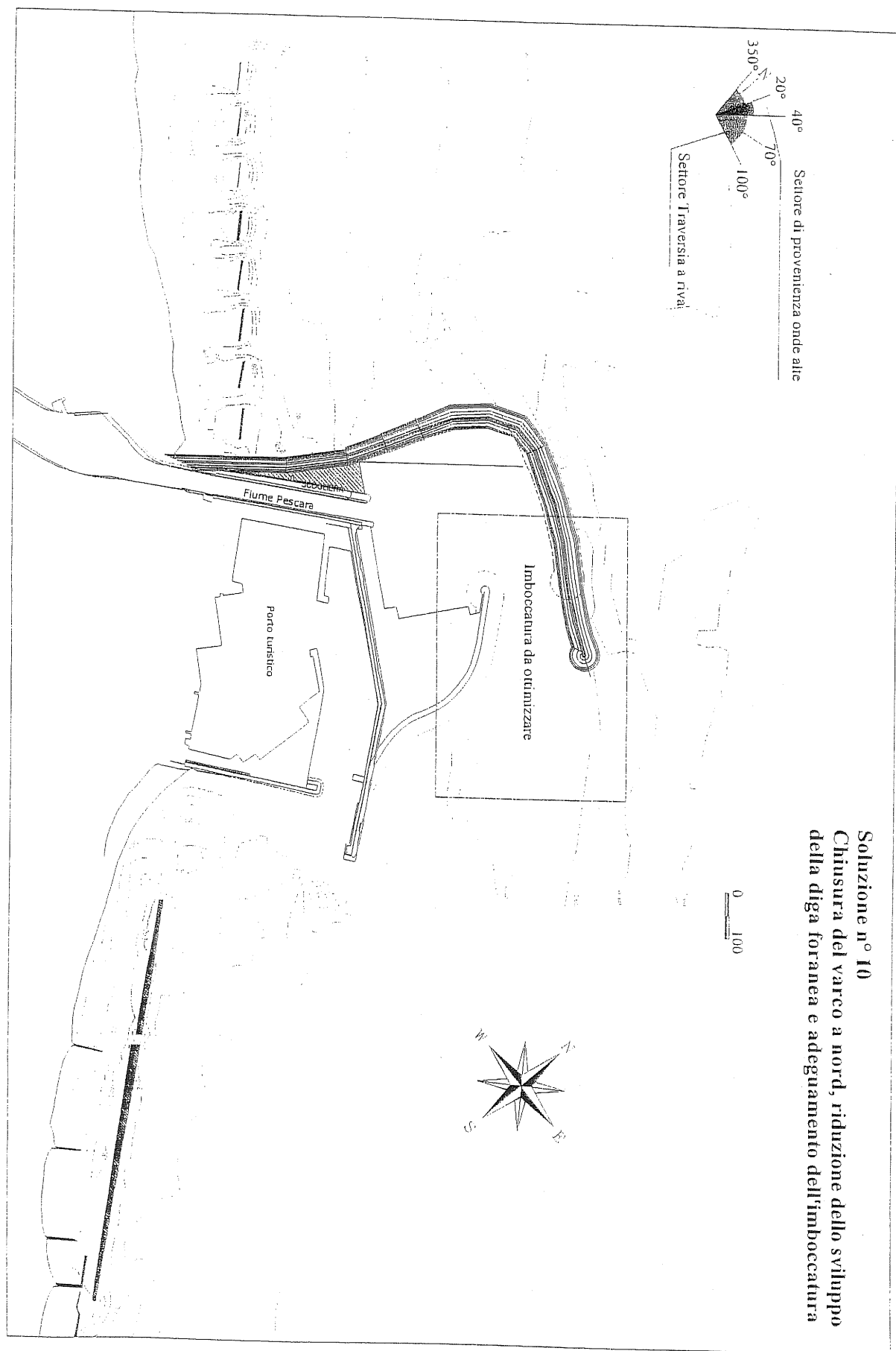
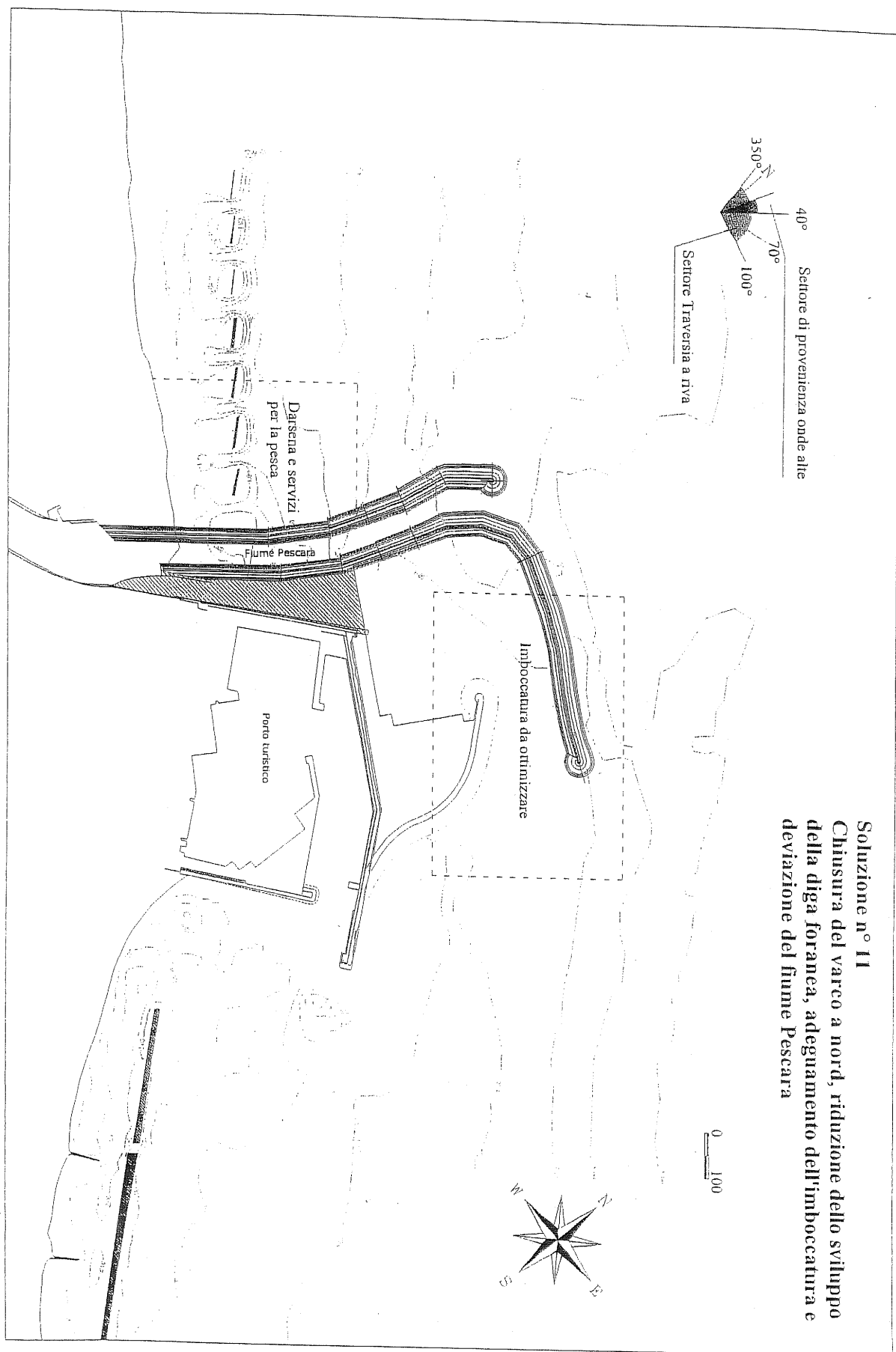


TAVOLA 10

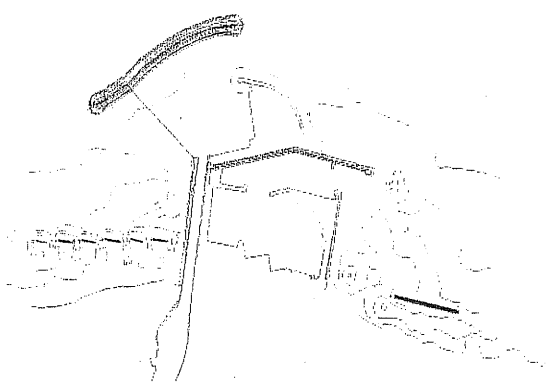
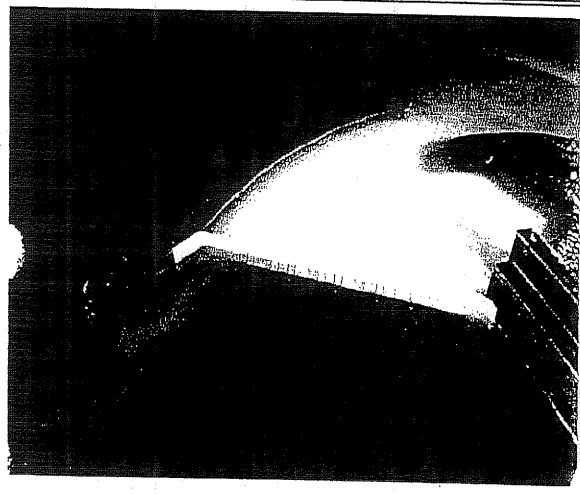

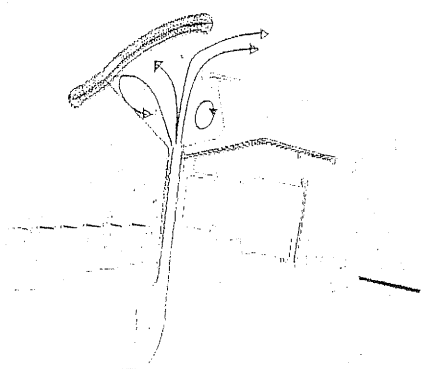


**Soluzione n° 11**  
Chiusura del varco a nord, riduzione dello sviluppo della diga foranea, adeguamento dell'imboccatura e deviazione del fiume Pescara

**TAVOLA 11**

***SCHEDE ILLUSTRATIVE  
DELLE PROVE***

## Test n° 1 – Ipotesi 1

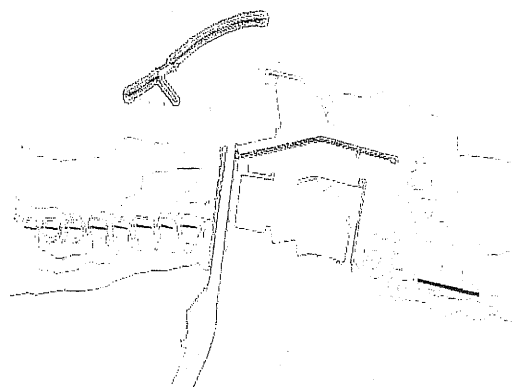
Caratteristiche	Planimetria
<p>Planimetria attuale con panna galleggiante.</p> <p>Immersione della barriera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 cm (100 % della profondità della vena di acqua dolce nel canale di immissione, immagine sinistra)</li> <li>• 2.5 cm (125 % della profondità della vena di acqua dolce nel canale di immissione, immagine destra)</li> </ul>	
Visualizzazione	
	
Schema del flusso	Descrizione
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efficace effetto di protezione</li> <li>• Costi minimi</li> <li>• Applicazione limitata al periodo estivo (mantenimento del doppio ingresso per la rimanente parte dell'anno)</li> </ul>

## Test n° 2 – Ipotesi 2

### Caratteristiche

- Apertura nella diga foranea all'altezza del flesso:  
larghezza: 50 m  
profondità 2 m
- Deflettore a ridosso dell'apertura  
lunghezza: 100 m

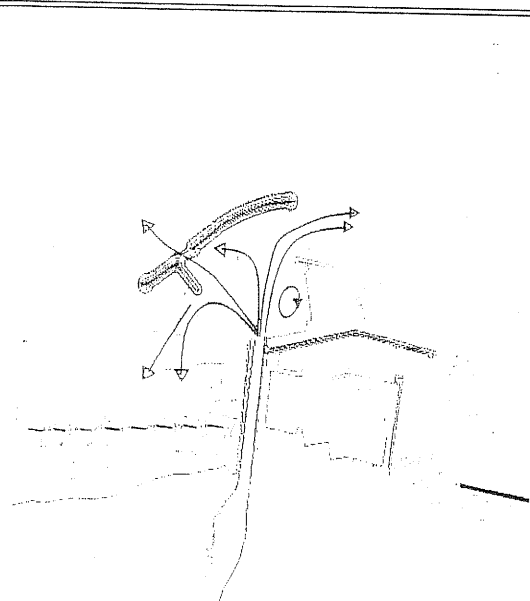
### Planimetria



### Visualizzazione



### Schema del flusso



### Descrizione

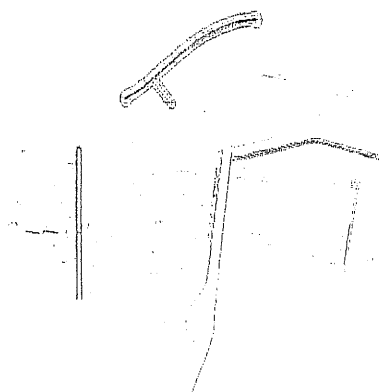
- Smaltimento di parte della portata fluviale attraverso l'apertura
- Possibilità di ricambio nell'area portuale
- Mantenimento doppio ingresso
- Protezione non sufficiente del litorale nord: possibile integrazione con panna galleggiante nel periodo estivo (ipotesi 3)

## Test n°3 – Ipotesi 4

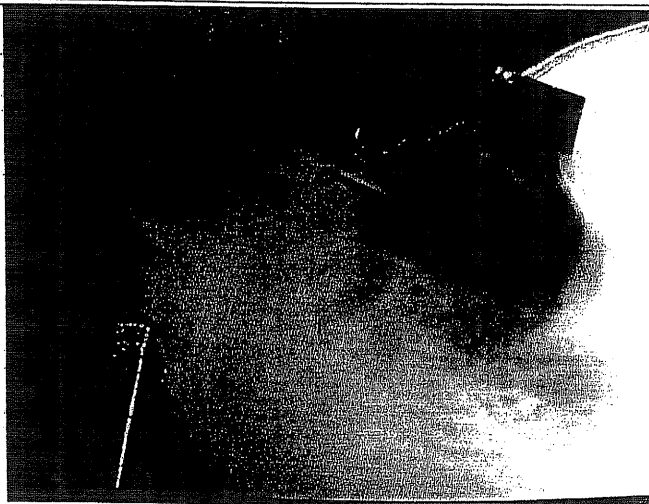
### Caratteristiche

- Deflettore a ridosso dell'apertura  
lunghezza: 100 m
- Pennello a Nord  
distanza 200 m dalla testa Nord della  
diga

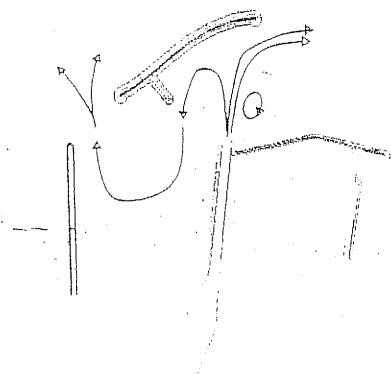
### Planimetria



### Visualizzazione



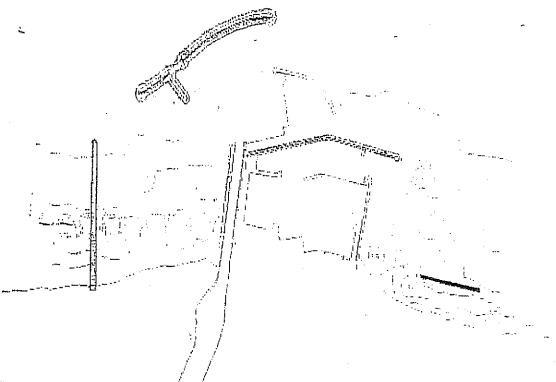
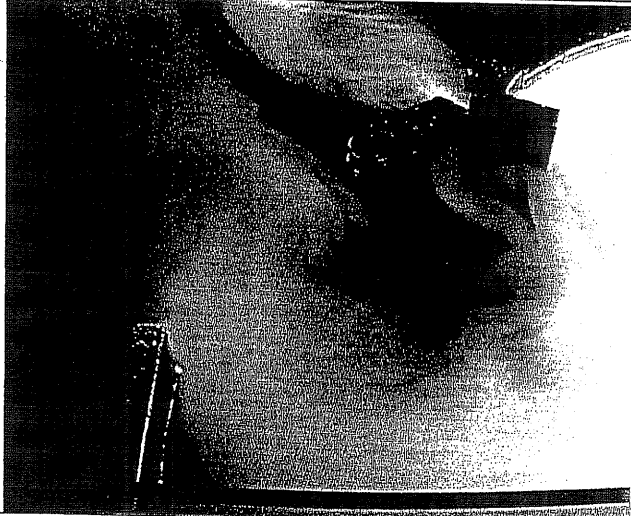
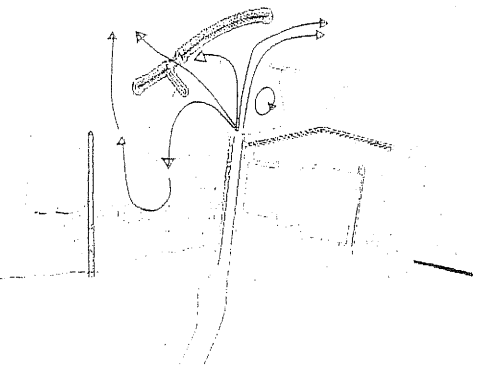
### Schema del flusso



### Descrizione

- Deviazione dell'intero deflusso fluviale verso il mare aperto: ottima protezione del litorale Nord
- Mantenimento del doppio ingresso
- Generazione di una zona morta, non utilizzabile, tra molo nord e pennello: gestione non ottimale dello spazio.

## Test n° 4 – Ipotesi 5

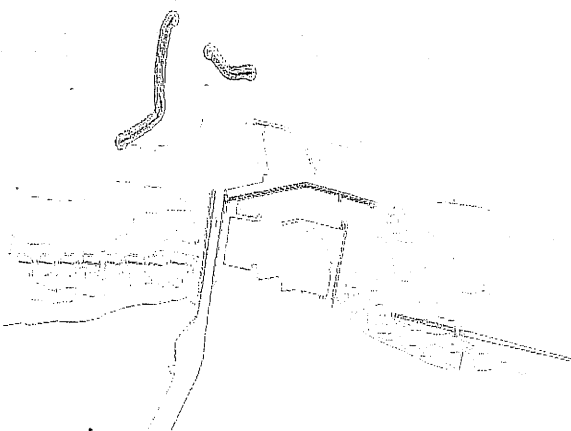
Caratteristiche	Planimetria
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deflettore a ridosso dell'apertura lunghezza: 100 m</li> <li>• Pennello a Nord distanza 200 m dalla testa Nord della diga</li> <li>• Apertura nella diga foranea all'altezza del flesso: larghezza: 50 m profondità 2 m</li> </ul>	
Visualizzazione	
	
Schema del flusso	Descrizione
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deviazione dell'intero deflusso fluviale verso il mare aperto (l'apertura aumenta l'efficienza del deflusso e consente ricambio nell'area portuale): ottima protezione del litorale Nord</li> <li>• Mantenimento del doppio ingresso</li> <li>• Generazione di una zona morta, non utilizzabile, tra molo nord e pennello gestione non ottimale dello spazio.</li> </ul>

## Test n° 5 – Ipotesi 7

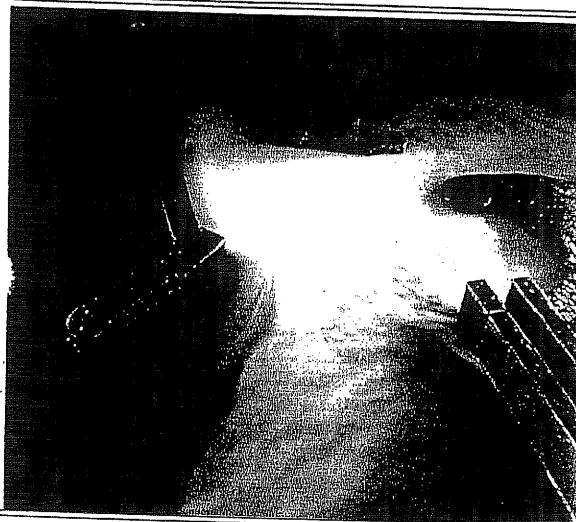
### Caratteristiche

Ampia apertura nella diga foranea, protetta da moli convergenti

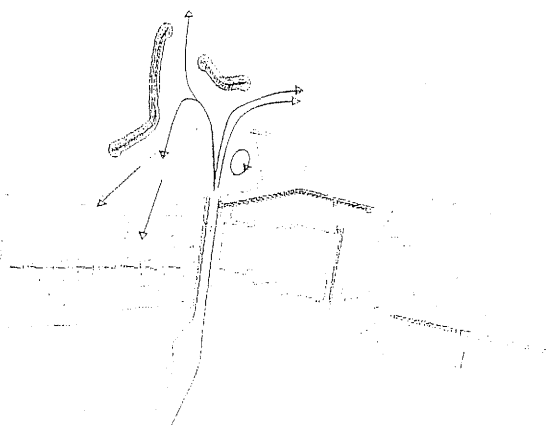
### Planimetria



### Visualizzazione



### Schema del flusso



### Descrizione

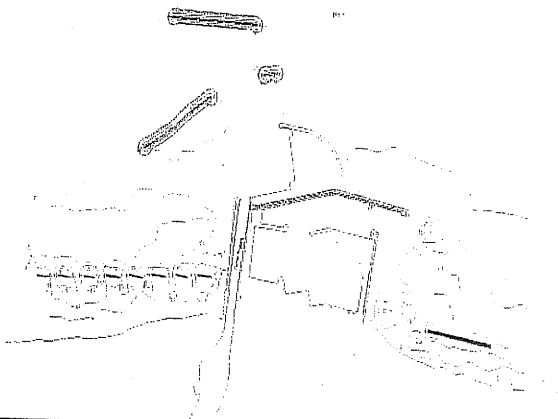
- Realizzazione di un terzo ingresso al porto
- Smaltimento di parte del deflusso fluviale verso il largo
- Modesta mitigazione del deflusso lungo costa Nord

## Test n° 6 – Ipotesi 8

### Caratteristiche

Apertura di 200 m nella diga foranea protetta da antemurale

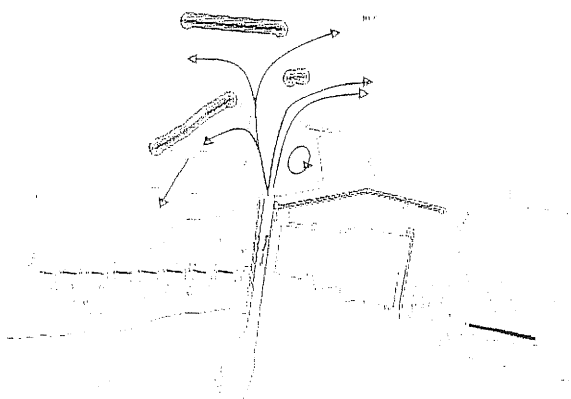
### Planimetria



### Visualizzazione



### Schema del flusso



### Descrizione

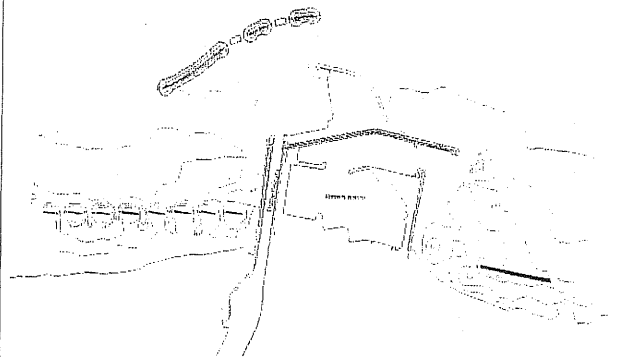
- Realizzazione di un terzo ingresso al porto
- Smaltimento di parte del deflusso fluviale verso il largo
- Buona mitigazione del deflusso lungo la costa Nord

## Test n° 7 – Ipotesi 9

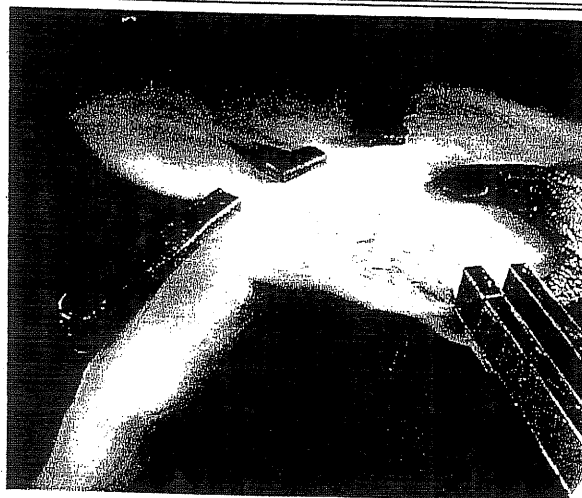
### Caratteristiche

2 aperture da 100 m, distanziate della stessa quantità, nella diga foranea, con opere di protezione permeabili

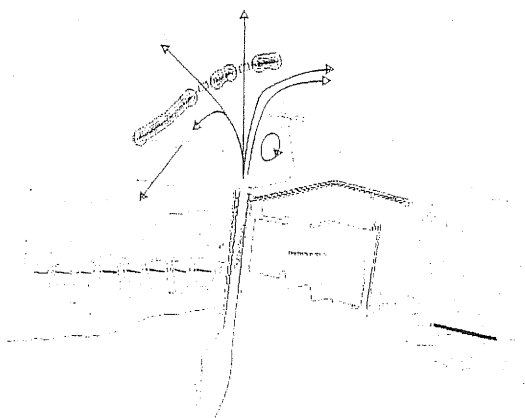
### Planimetria



### Visualizzazione



### Schema del flusso



### Descrizione

- Smaltimento di parte del deflusso fluviale verso il largo
- Discreta mitigazione del deflusso lungo la costa Nord

**CITTÀ DI PESCARA**

ASSESSORATO ALL'URBANISTICA, EDILIZIA E PROGRAMMI COMPLESSI

**Oggetto: Conferenza dei Servizi interna su nuovo Piano Regolatore Portuale di Pescara:  
Indirizzi di pianificazione.**

VERBALE DI RIUNIONE

Il giorno 26 gennaio 2006, alle ore 16,30, presso il Palazzo di Città, nella sala riunioni dell'Assessorato all'Urbanistica, sono presenti:

1. l'Assessore all'Urbanistica Arch. Tommaso Di Biase;
2. l'Assessore ai LL.PP., Dott. Armando Mancini;
3. l'Assessore ad Agenda 21 Dott. Edoardo De Blasio;
4. il Direttore Area Urbanistica, Arch. Emilia Fino;
5. il Direttore Area LL:PP., Ing. Luciano Di Biase;
6. il Dirigente Settore Programmazione del Territorio, Dott. Gaetano Silveri;
7. il Responsabile Servizio Pianificazione, Arch. Piergiorgio D'Angelo;
8. il Responsabile Servizio Mobilità, Arch. Emilia Michetti;
9. il Geologo comunale Dott. Edgardo Scurti;
10. l'Avv. Federica Liberatore, borsista, verbalizzante.

Salutati i presenti, l'**assessore Di Biase**, che presiede la riunione, introduce i lavori illustrando che l'Amministrazione Comunale di Pescara sta partecipando al tavolo di lavoro fra tutti gli enti interessati alla stesura del nuovo Piano Regolatore Portuale di Pescara, che sarà redatto a cura del S.I.I.T. (Servizio Integrato Infrastrutture e Trasporti) del Ministero delle Infrastrutture di concerto con il Comune di Pescara.

Il tavolo, oltre che dal Comune, è composto dalla Capitaneria di Porto, che ne coordina i lavori, dal S.I.I.T. del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti e dal Consorzio A.S.I. Val Pescara.

In base agli impegni presi in tale sede, nel corso del 2004 è stato redatto dal Prof. Rosario Pavia uno studio per la riorganizzazione delle aree portuali di Pescara, che è stato recepito dalla G.C. con atto n.148 del 03.02.2005.

Il tavolo di lavoro nell'incontro del 25.05.2005, come risulta anche dal relativo verbale, ha indicato il ruolo dell'Amministrazione Comunale nel merito della problematica in oggetto, chiedendo alla stessa di fornire gli indirizzi di pianificazione del nuovo P.R.P., così come prevede la normativa vigente (L. n.84/1994).

Nei mesi successivi la Capitaneria di Porto ha sollecitato il Comune a fornire il contributo richiesto.

Contemporaneamente L'APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici, ha redatto un rapporto tecnico scientifico sulla *Dispersione del deflusso fluviale nell'area portuale di Pescara: proposte preliminari di intervento*, che è stato portato all'attenzione degli enti interessati.

Sulla scorta degli studi effettuati questo Assessorato ha elaborato una proposta, che in sostanza recepisce l'impostazione tecnica della soluzione n.11 dell'A.P.A.T., da portare all'attenzione del Consiglio Comunale in modo da costituire l'indirizzo dell'Amministrazione Comunale per il nuovo Piano Regolatore Portuale di Pescara.

Tale proposta sembra essere, tra quelle prese in esame dall'A.P.A.T., l'unica in grado di risolvere sia i problemi ambientali che quelli infrastrutturali del porto di Pescara, in coerenza con le *Linee programmatiche di mandato* di questa Amministrazione.

Il progetto, infatti, configura la dotazione di tre bacini portuali specializzati funzionalmente secondo le vocazioni della città: porto per navi da pesca nelle acque del canale fluviale (esistente), porto turistico (esistente) e nuovo porto passeggeri (da completare).

Infine l'Ass. Di Biase conclude facendo notare come il caso Pescara è anomalo, perché il Comune, in passato, è stato sempre assente nelle decisioni che hanno riguardato la zona portuale e questo ha portato agli squilibri che sono noti. La situazione di danno creata dalla diga foranea è ampiamente certificata dallo studio dell'APAT, pertanto una raccomandazione da inserire specificatamente nella delibera comunale di indirizzo è che il progetto da sviluppare dovrà essere accompagnato da una valutazione di impatto ambientale e da tutte quelle prove tecniche e di fattibilità che possano confortare le scelte per lo sviluppo o la qualificazione dei tre bacini.

L'ass. De Blasio chiede chiarimenti circa la possibilità reale di realizzare quanto proposto dallo studio in merito alla diga foranea.

L'ass. Di Biase specifica che può essere fatto quanto proposto dall'APAT.

L'ing. Di Biase interviene e specifica che è consigliabile, *rectius* auspicabile che tutte le fasi della progettazione siano di volta in volta verificate nel confronto con l'Amministrazione Comunale.

Il geologo **Edgardo Scurti** esprime il proprio accordo con quanto espresso dall'ing. Di Biase, in particolare perché ritiene che sussistano delle perplessità tecniche, le stesse dovrebbero essere fugate attraverso le risultanze dello studio di impatto ambientale, in ogni caso è opportuno svolgere una attività di verifica periodica nelle modalità e sedi opportune.

L'arch. D'Angelo ribadisce la necessità di uno studio che analizzi entrambe le imboccature del porto affinché le stesse siano adeguate alla funzione che devono svolgere; in particolare raccomanda di porre molta attenzione a quelle poste sul versante greco-levante che rischiano l'interramento a causa dell'accumulo di detriti e sabbie, determinato dalle correnti marine litoranee che hanno andamento sud verso nord. Fa notare, a tale proposito, che in tutti i porti di questa costa adriatica con fondale sabbioso l'ingresso al bacino di rimessaggio avviene a nord e non a sud come nel porto turistico di Pescara e come in quello commerciale previsto nella proposta in esame. Fa presente che sta predisponendo una serie di grafici di supporto alle considerazioni qui espresse che non appena pronti trasmetterà all'Assessorato.

L'ass. De Blasio si associa a quanto espresso dall'ass. Di Biase e dai tecnici che l'hanno preceduto negli interventi e nei suggerimenti. Chiede che siano conciliate le esigenze di tutela dell'ecosistema e di sviluppo del porto. Pone l'attenzione sul fatto che bisogna portare le acque del fiume a largo, lo stesso dovrà subire delle deviazioni. L'esigenza primaria è quindi quella di disinquinare il mare ripristinando il naturale ecosistema. Pertanto per quanto di pertinenza l'indirizzo da dare alla delibera è senz'altro quello di dare priorità all'impatto e alla tutela ambientale della progettando attività di pianificazione portuale.

L'ing. Di Biase specifica che le perplessità espresse in questa sede dovranno essere analizzate e risolte dalla VIA.

L'ass. Mancini interviene specificando che la soluzione n.11 studiata dall'APAT prevede un bacino di una grandezza considerevole, ma è da riflettere sul fatto che la croceristica attuale ha un pescaggio di 6-8 metri, pertanto è difficile che il nostro porto sia in grado di accogliere navi da crociera con tale pescaggio; per raggiungere la profondità necessaria per tale tipo di imbarcazioni si dovrebbe arrivare a circa 800 mt di distanza dalla costa ed è impensabile; quanto detto deve essere specificato e spiegato in Consiglio Comunale perché il nostro porto per caratteristiche morfologiche non sarà mai in grado di accogliere navi di una certa portata.

Interviene l'arch. Michetti puntualizzando che ritiene che attenzione dal punto di vista ambientale deve essere rivolta a tutta la parte di collegamento cittadino del porto e su tutta la zona cd. "river front", è noto ed evidente che la zona deve essere riqualificata dal punto di vista ambientale.

Il dott. Silverii preliminarmente spiega che il suo interesse alla attività di pianificazione è meramente procedimentale; crede che sia necessaria una certa cautela perchè non è ipotizzabile che in questa sede si possano risolvere definitivamente tutte le problematiche che affliggono la zona portuale. Pertanto qualsiasi decisione deve essere subordinata alle valutazioni successive di impatto.

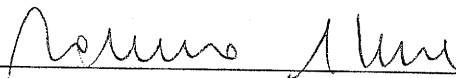
L'ass. Di Biase specifica che valutazioni in astratto non sono possibili e pertanto una soluzione tra quelle prospettate deve essere indicata e su quella verranno effettuate la prevista VIA e studi e approfondimenti. Inoltre aggiunge che nella tavola di approfondimento è stata ipotizzata una vocazione turistica per accogliere navi da crociera medie; tuttavia non è questo il problema principale, perché è l'indirizzo della sostenibilità ambientale e del recupero ambientale che deve prevalere. Questa conferenza ha il compito di preparare il C.C. alla decisione di indirizzo che scelga la tipologia di infrastruttura di cui dotare il porto di Pescara e come risolvere il problema dell'impatto ambientale e della tutela dell'ambiente.

L'arch. Fino nel tirare le conclusioni della riunione ribadisce che lo studio predisposto, che costituisce gli indirizzi di pianificazione per il nuovo Piano Regolatore Portuale di Pescara, sarà portato alla attenzione del Consiglio Comunale, con apposita delibera, recependo gli elementi e le raccomandazioni emerse nella riunione odierna.

Alle ore 18,30 l'ass. Di Biase dichiara terminata la presente riunione.

Letto, confermato e sottoscritto.

- Assessore all'Urbanistica Arch. Tommaso Di Biase



- Avv. Federica Liberatore, borsista verbalizzante





# Città di Pescara



## PORTO CANALE FIUME PESCARA

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

1



# Città di Pescara





Porto canale fiume Pescara stato di fatto Dicembre 2005

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione



## Città di Pescara



Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

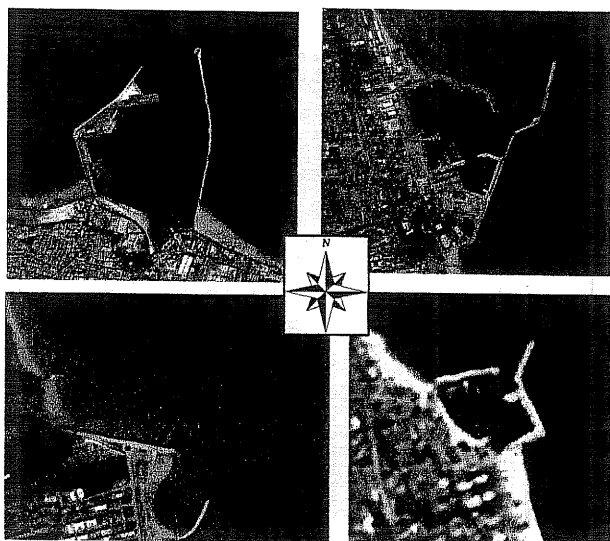
3



## Città di Pescara



Alcune immagini  
della costa  
adriatica



Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

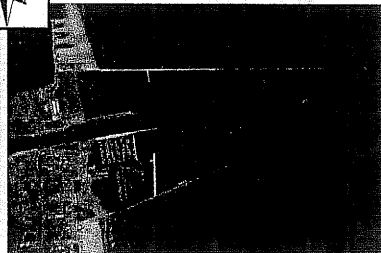
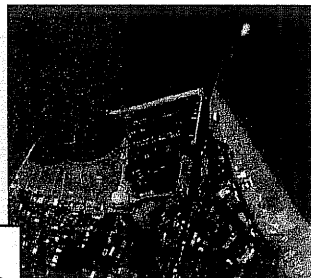
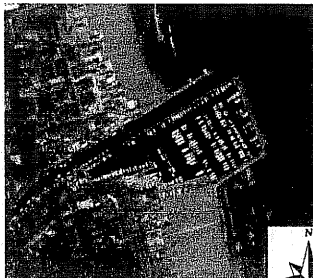
4



## Città di Pescara



Alcune immagini  
della costa  
adriatica



Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

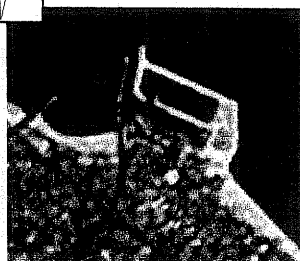
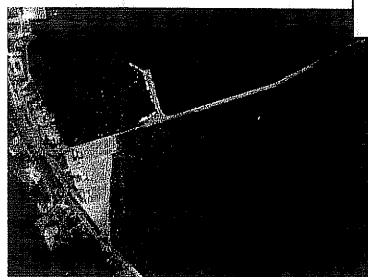
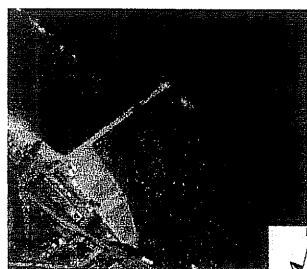
5



## Città di Pescara



Alcune immagini  
della costa  
adriatica



Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

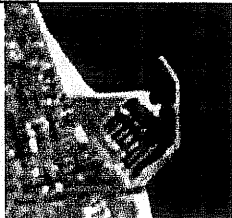
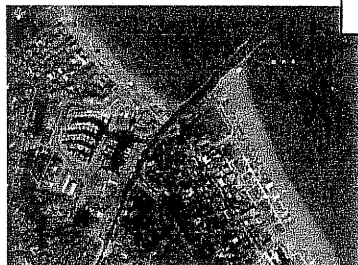
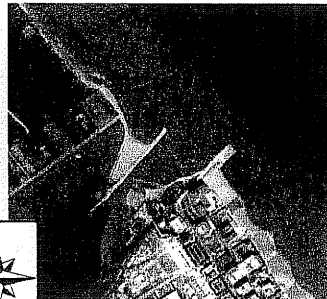
6



## Città di Pescara



Alcune immagini  
della costa  
adriatica



Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

7

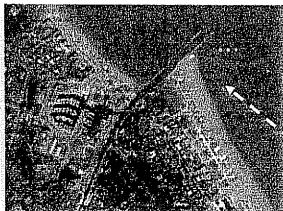
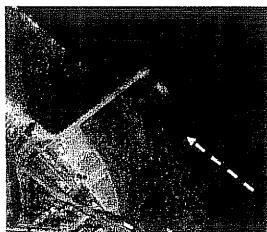
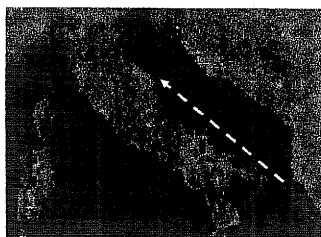


## Città di Pescara




### Prima considerazione

Le controcorrenti marine litoranee nel bacino adriatico hanno un andamento che va da sud a nord, per cui, in presenza di fondale sabbioso, la costa denota un accumulo di detriti prevalentemente a sud delle opere trasversali.




Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

8




## Città di Pescara





Pescara - foto aerea dell'8 settembre 1943



*"... il lato sud dei pennelli tendeva a riempirsi, per via delle correnti da sud, mentre quello a nord tendeva ad andare in erosione."*

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

9



## Città di Pescara



### Curiosità





Pescara fotografata prima della realizzazione del porto turistico

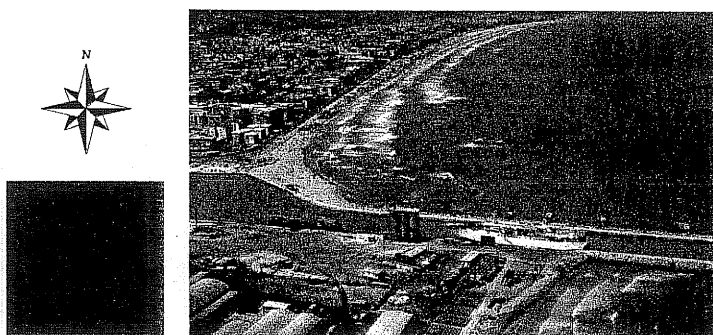
*"... il lato sud dei pennelli tendeva a riempirsi, per via delle correnti da sud, mentre quello a nord tendeva ad andare in erosione."*

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

10



### Curiosità

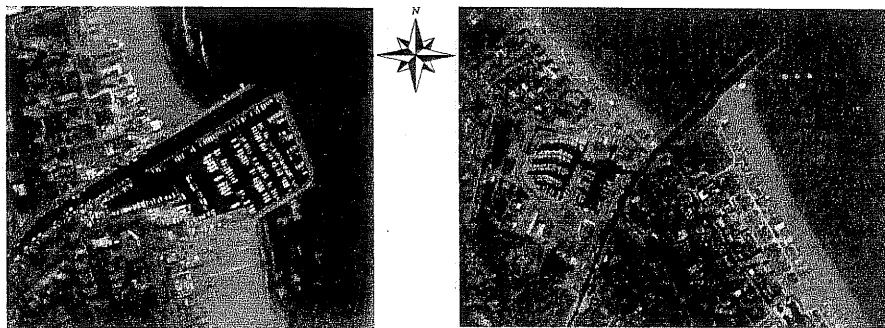


Pescara fotografata prima della realizzazione del porto turistico



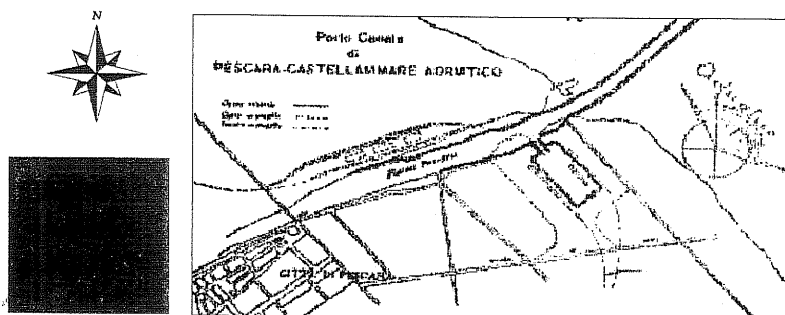
### Seconda considerazione

Nella maggior parte dei porti, l'ingresso al bacino di rimessaggio avviene a nord della struttura; in particolare, se il porto è stato realizzato alla foce del fiume, l'accesso al bacino avviene, preferibilmente, attraverso un varco realizzato nel porto-canale





### Curiosità

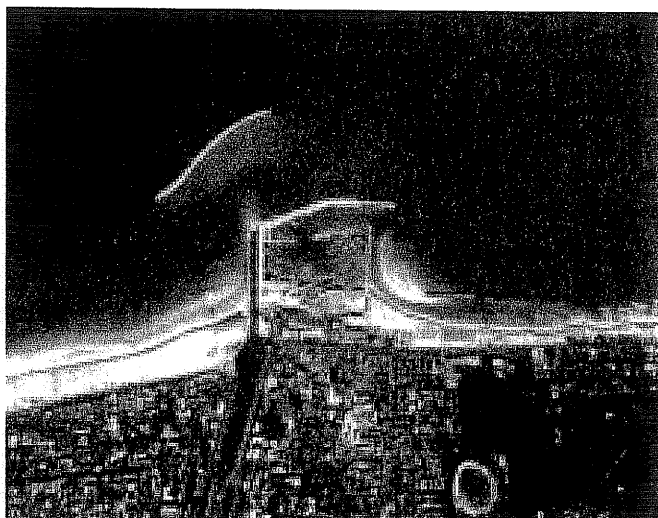


Particolare del progetto dell'Ing. Mati nel 1908  
(In evidenza il rimessaggio dei natanti con ingresso dal porto-canale)



### Terza considerazione

Nessuno dei porti-  
canale ha alla foce  
una diga di  
sbarramento che  
ostruisce il naturale  
deflusso del fiume.



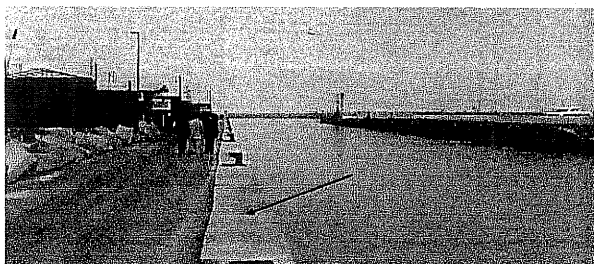


## Città di Pescara



### Quarta considerazione

Il liscio delle pareti del molo nord e la conseguente copertura delle palafitte hanno portato ad un aumento della velocità alla foce del deflusso fluviale.



*"In primo piano si vede il muro di cemento con cui furono coperte le palafitte (spaziate di un certo numero di metri si vedono le bitte di ormeggio). Conseguenza del liscio del molo nord, in questo caso, fu "l'effetto risacca" dentro il canale che, prima, con le palafitte non si era mai verificato, perché esse facevano da freno alle onde in entrata. Sullo sfondo si vede la diga foranea che è una conseguenza di questo primo errore: costruita cioè sulle pressanti richieste della marineria che non riusciva a stare più tranquilla all'ormeggio, all'interno del canale..."*

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

15



## Città di Pescara



### Curiosità



*"Nella foto sopra sono visibili, a pelo d'acqua, le palafitte del molo nord. Tutta la struttura portuale si basava sulle palafitte, nate con il porto agli inizi del secolo e così progettate dagli ingegneri del Regno. Il Genio Civile OO.MM. di Ancona ha pensato bene di coprirle con un muro liscio di cemento invece di mantenerle in efficienza."*

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

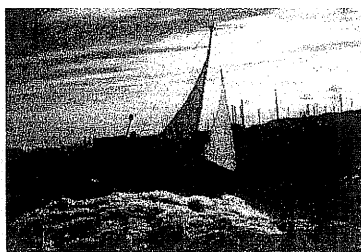
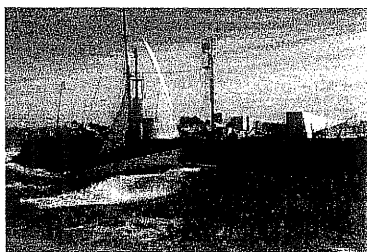
16



## Città di Pescara



Il lisciamento delle pareti del molo nord ...



*"Due fotografie che ben evidenziano le difficoltà dei natanti che rientravano nel canale con condizioni di mare agitato....perchè all'ingresso del vecchio porto si creavano due correnti contrapposte e veloci, una in entrata, di acqua di mare sottomarina e una di acqua dolce in uscita in superficie, che rendevano estremamente difficoltoso l'ingresso in porto, e che furono molto probabilmente la causa dell'incidente mortale capitato in quegli anni e la definitiva motivazione della costruzione della diga foranea."*



## Città di Pescara

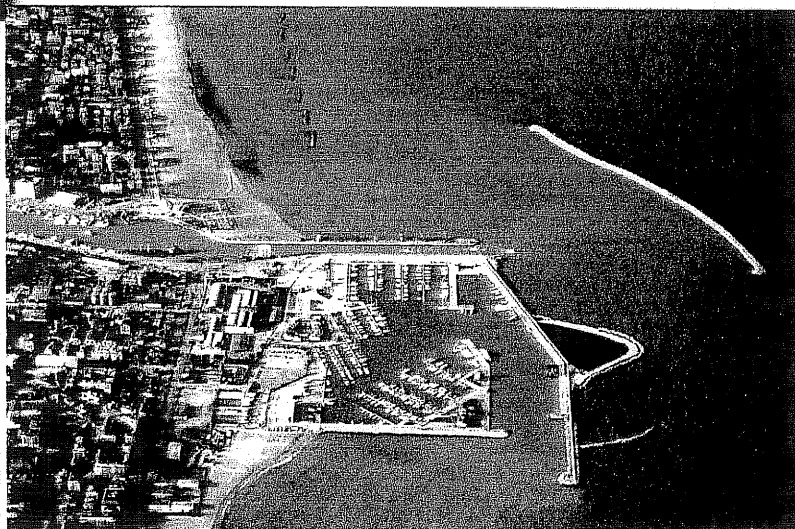


foto aerea (fonte APAT – Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici)



## Città di Pescara



Saturando i colori della foto si evidenziano gli effetti della diga foranea

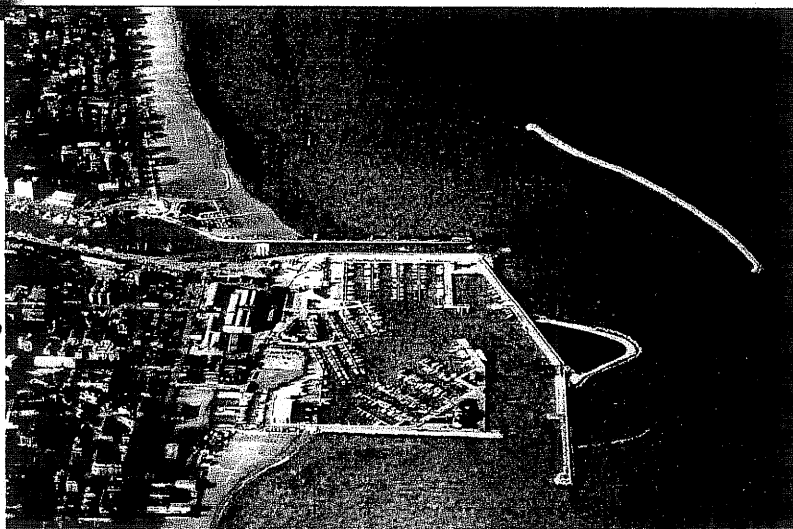


foto aerea (fonte APAT – Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici)

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

19



## Città di Pescara



Il completamento del molo di levante ...



foto aerea (fonte APAT – Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici)

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

20



## Città di Pescara



Il completamento del molo di levante ...

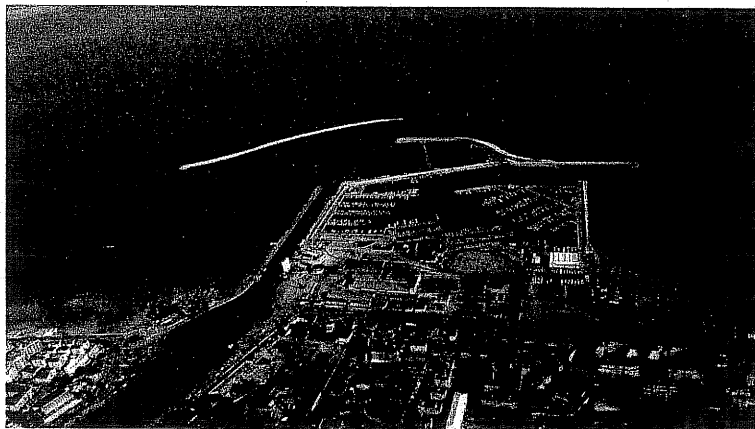


foto aerea (fonte APAT — Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici)

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

21



## Città di Pescara



Il completamento del molo di levante ...

Saturando i colori della foto si evidenziano sia gli effetti della diga foranea che gli effetti generati dall'interferenza del prolungamento del molo di levante.

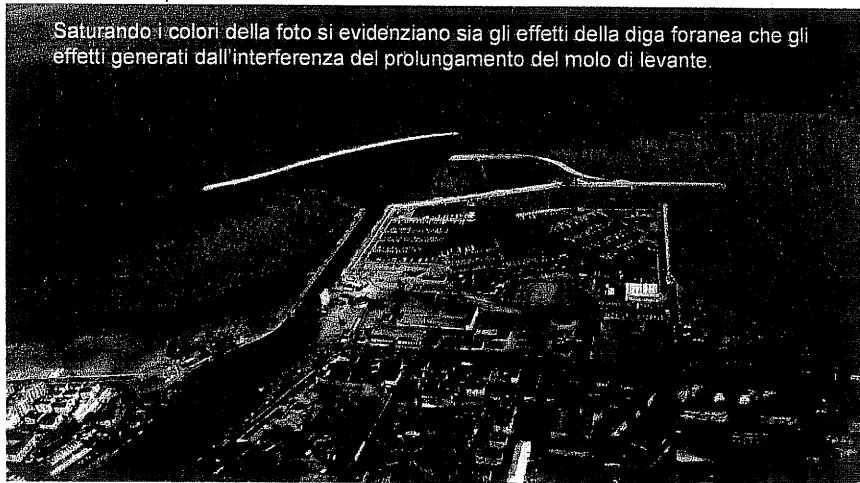


foto aerea (fonte APAT — Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici)

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

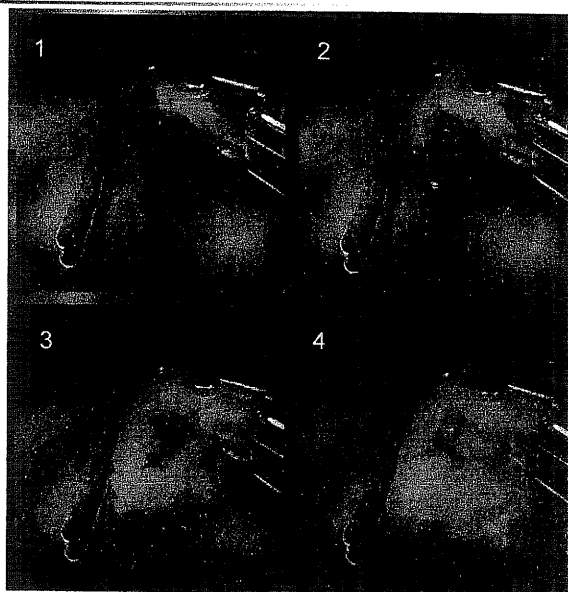
22



## Città di Pescara



Nella simulazione  
effettuata dall'APAT  
(rappresentata in  
sequenza), si evidenziano  
gli effetti ambientali indotti  
dalla diga foranea e dal  
molo di levante.



(fonte APAT — Agenzia per  
la protezione dell'ambiente e  
per i servizi tecnici)

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

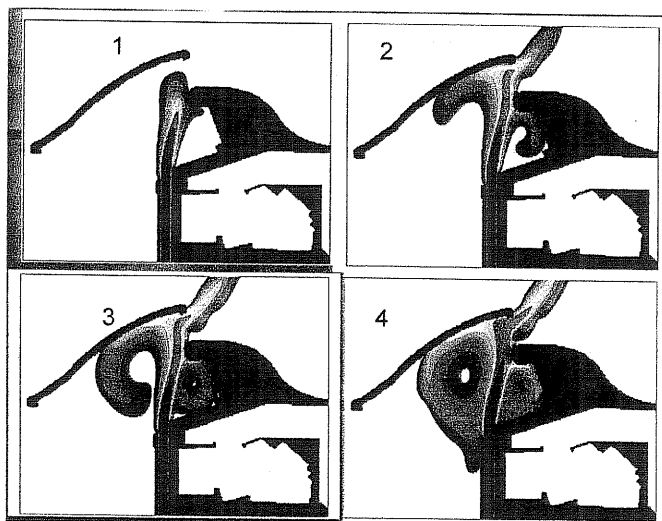
23



## Città di Pescara



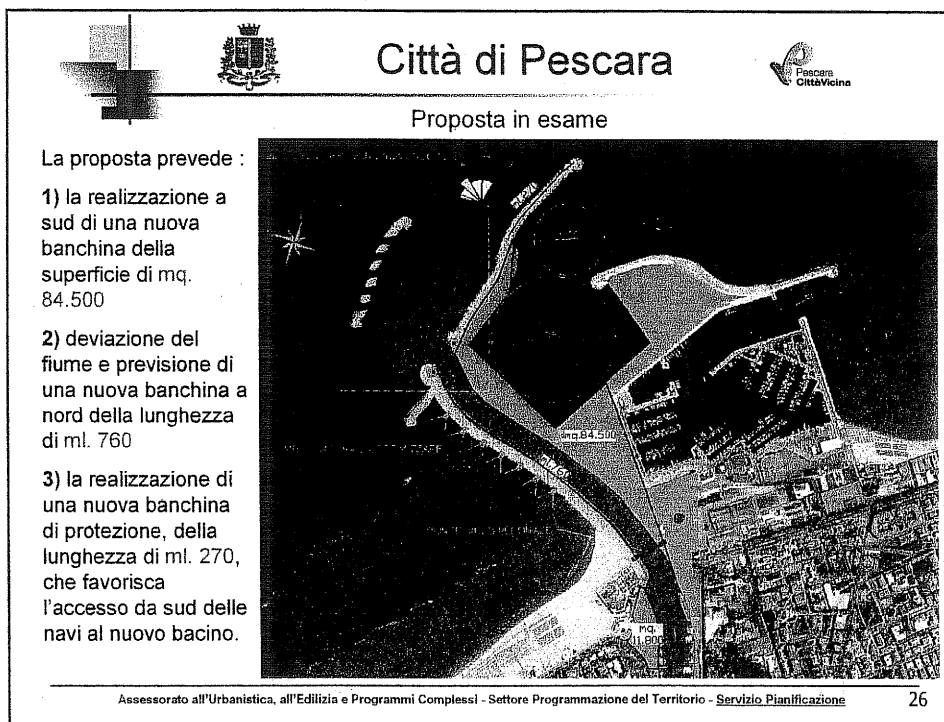
Nella ricostruzione  
in sequenza della  
simulazione  
effettuata dall'APAT,  
si evidenziano gli  
effetti ambientali  
indotti dalla diga  
foranea e dal molo  
di levante.

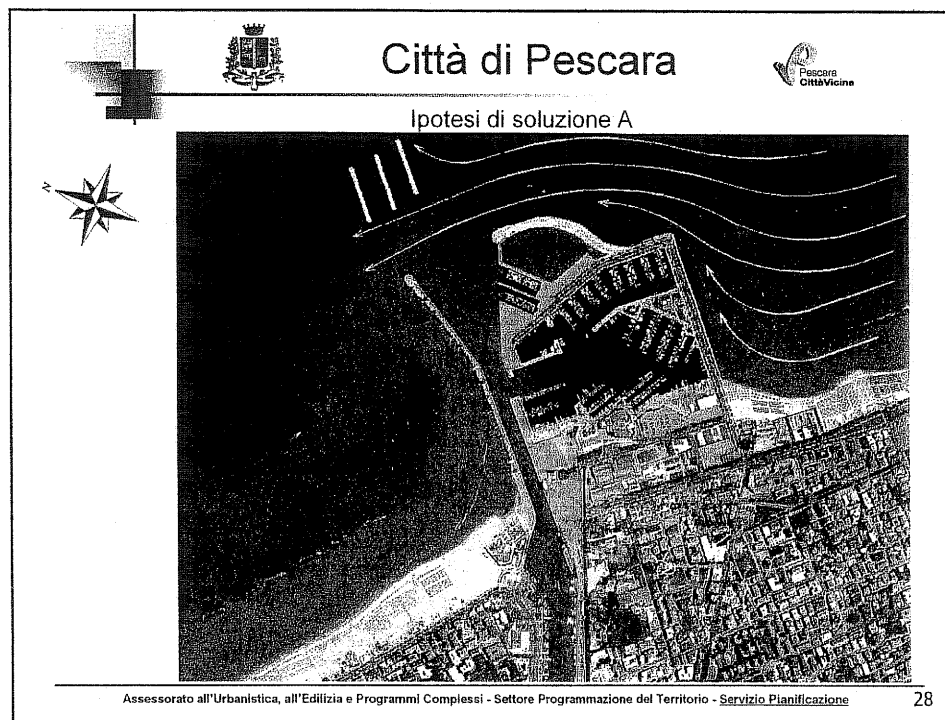


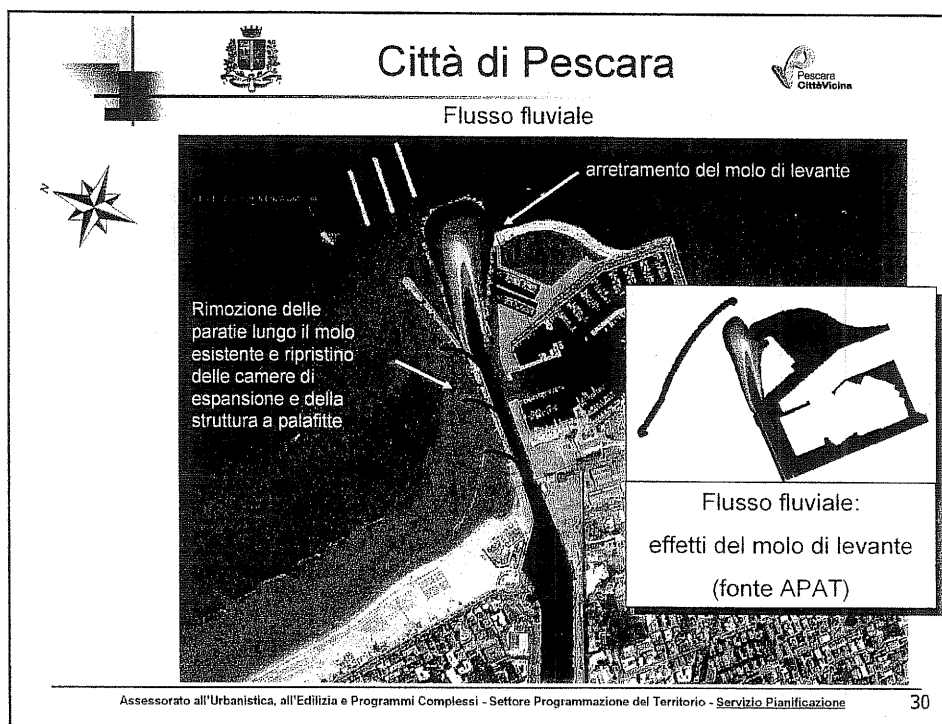
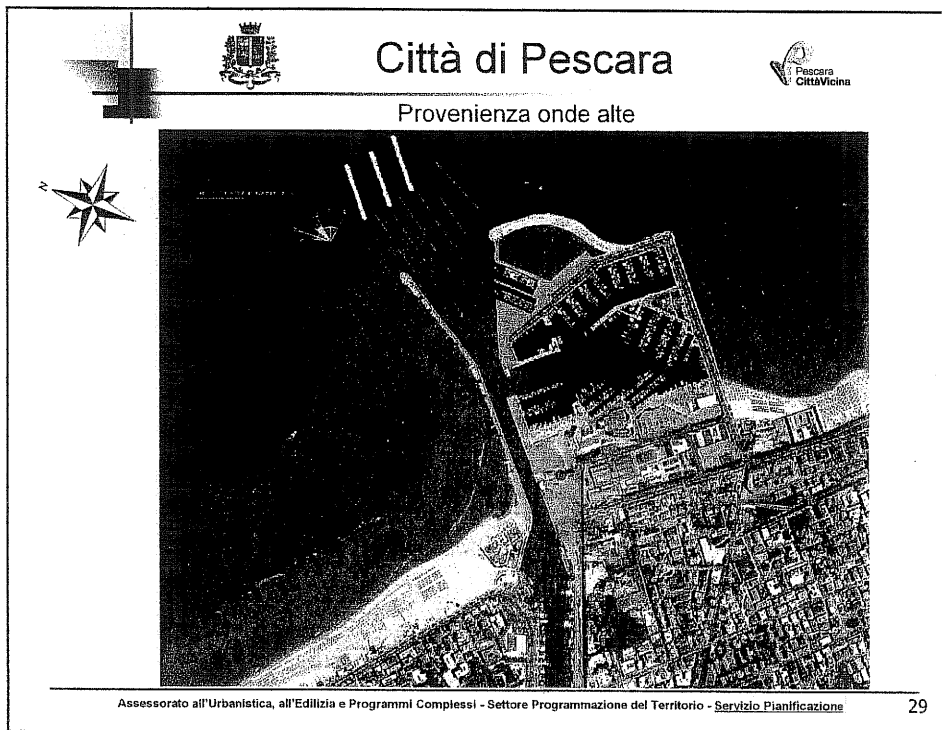
(fonte APAT —  
Agenzia per la  
protezione dell'ambiente  
e per i servizi tecnici)

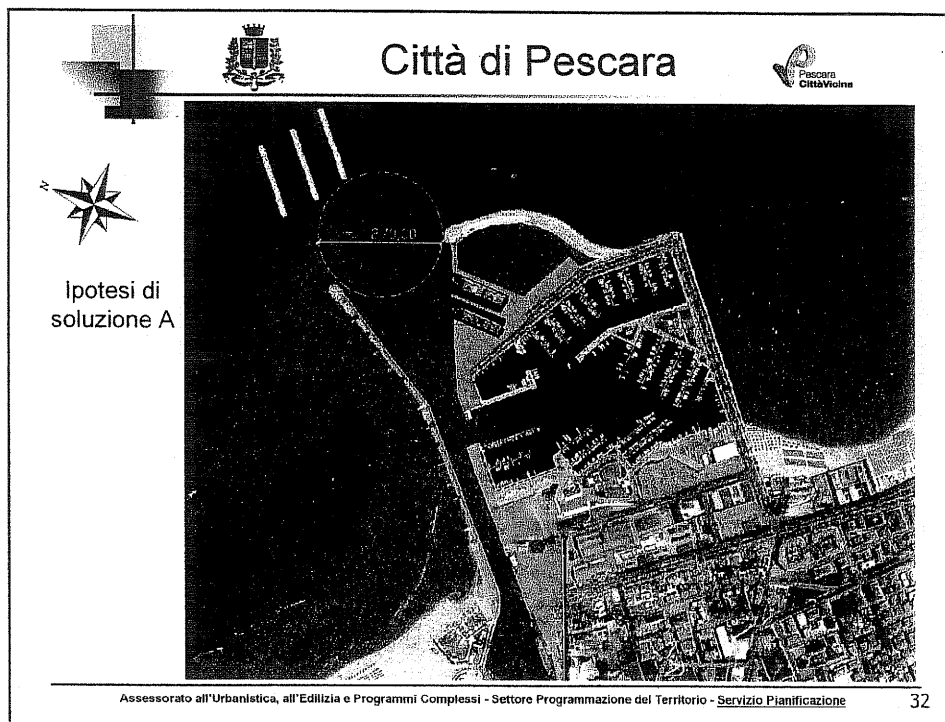
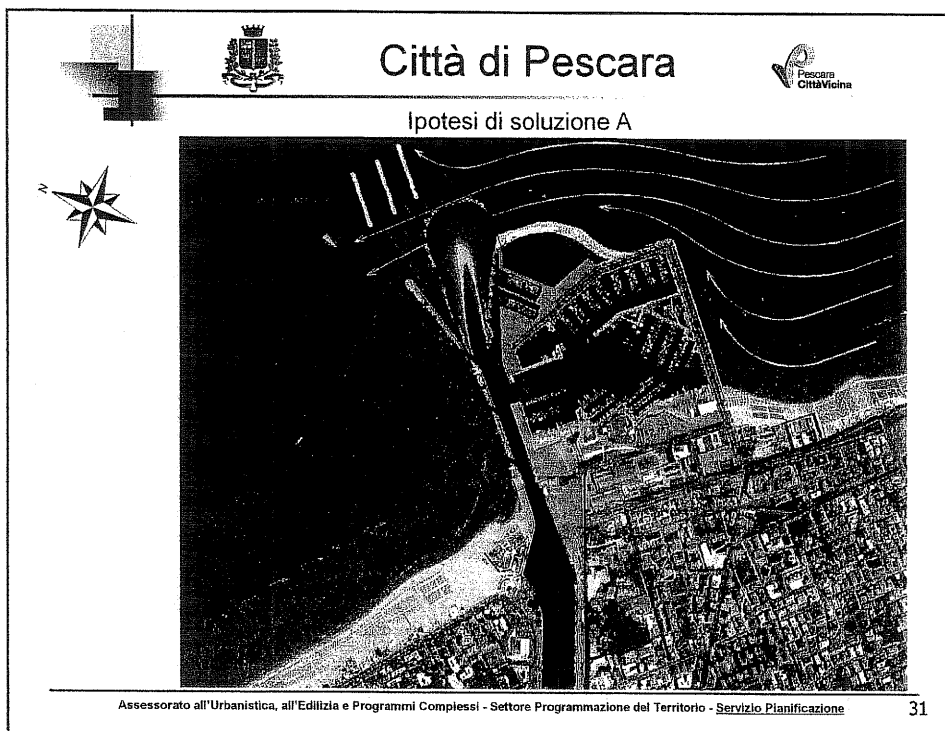
Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

24







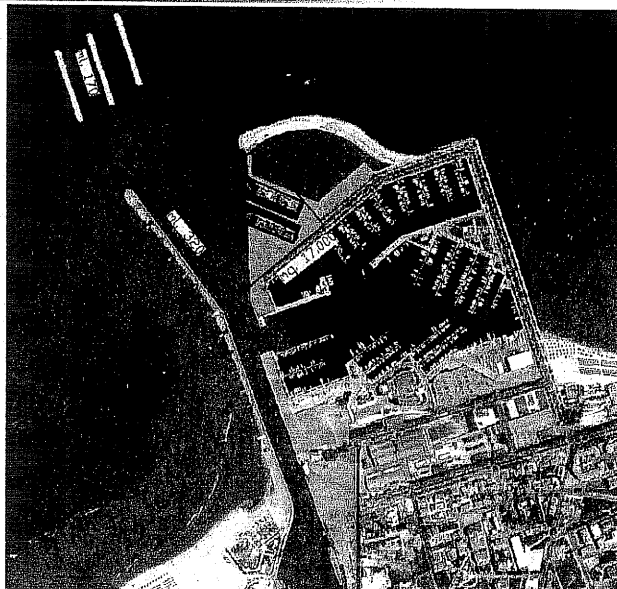




## Città di Pescara



Ipotesi di  
soluzione A



Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

33



## Città di Pescara



### Ipotesi di soluzione A

L'ipotesi A prevede:

1. Rimozione della Diga Foranea e arretramento del molo di levante per circa ml. 40.
2. Realizzazione di tre opere frangiflutti (circa ml. 170 di lunghezza ciascuna) in grado di favorire il naturale deflusso del fiume alla foce e contrastare l'onda alta da nord.
3. Prolungamento dell'attuale banchina del molo nord fino all'altezza del molo di levante, da realizzare su palafitte con un'inclinazione tale da favorire il fenomeno sopradescritto.
4. Prolungamento dell'attuale banchina del molo sud che asseconi anch'esso il normale deflusso fluviale e realizzazione di un attracco per navi passeggeri, il tutto per una superficie pari a circa mq. 17.000.
5. Rimozione delle paratie lungo il molo nord esistente e ripristino delle camere di espansione e del sistema a palafitte che fungevano da attenuatori delle onde del mare, provenienti dall'imboccatura del porto.
6. Chiusura dell'attuale accesso al bacino del porto turistico, vittima del naturale accumulo di detriti, e recupero dell'intero braccio per nuovi posti-barca. Tale chiusura darà luogo al nuovo collegamento carrabile alla nuova banchina di attracco delle navi.
7. Individuazione del nuovo accesso al bacino del porto turistico dal porto-canale con la realizzazione di un varco sul molo sud esistente. La parte terminale di quest'ultimo sarà rimodulata in modo da ampliare l'imbocco al porto-canale favorendo ulteriormente il deflusso delle acque.

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

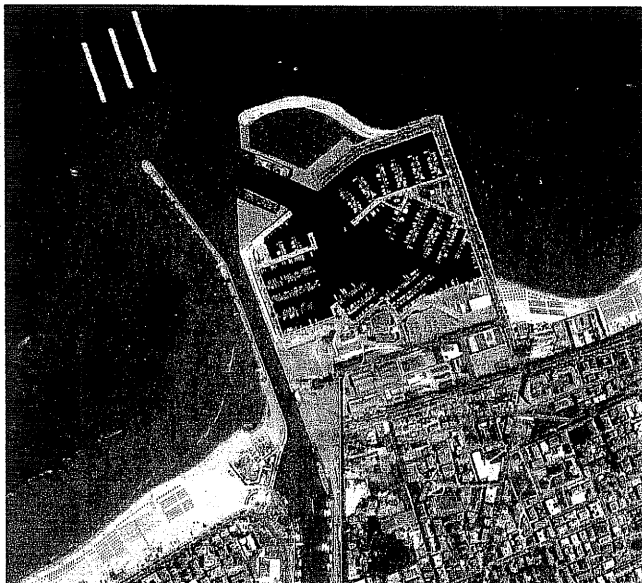
34



## Città di Pescara



Ipotesi di  
soluzione B



Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

35



## Città di Pescara



### Ipotesi di soluzione B

L'ipotesi B prevede:

1. Rimozione della Diga Foranea e arretramento del molo di levante per circa ml. 40.
2. Realizzazione di tre opere frangiflutti (circa ml. 170 di lunghezza ciascuna) in grado di favorire il naturale deflusso del fiume alla foce e contrastare l'onda alta da nord.
3. Prolungamento dell'attuale banchina del molo nord fino all'altezza del molo di levante, da realizzare su palafitte con un'inclinazione tale da favorire il fenomeno sopradescritto.
4. Rimozione delle paratie lungo il molo nord esistente e ripristino delle camere di espansione e del sistema a palafitte che fungevano da attenuatori delle onde del mare, provenienti dall'imboccatura del porto.
5. Chiusura dell'attuale accesso al bacino del porto turistico, vittima del naturale accumulo di detriti, e recupero dell'intero braccio per nuovi posti-barca. Tale chiusura darà luogo al nuovo collegamento carrabile alla nuova banchina di attracco delle navi.
6. individuazione del nuovo accesso al bacino del porto turistico da nord, con la previsione di un varco sul prolungamento del molo sud e realizzazione di un attracco per navi passeggeri.

Assessorato all'Urbanistica, all'Edilizia e Programmi Complessi - Settore Programmazione del Territorio - Servizio Pianificazione

36