



REGIONE ABRUZZO PROVINCIA DI TERAMO



SALVAGUARDIA IDRAULICO - AMBIENTALE FIUME VOMANO

STUDI SPECIALISTICI PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI
SULLA LINEA DI COSTA E CONSIDERAZIONI SUL DEFLUSSO
IDRAULICO ALLO SBOCCO A MARE

RELAZIONE DI SINTESI

STUDIO METEO - MARINO
STUDIO MORFOLOGICO
STUDIO MORFODINAMICO

AGGIORNAMENTI

N°	DESCRIZIONE	DATA	Compilato	Rivisto	Approvato
0	EMISSIONE - EDITING FINALE	28/06/2007	A. Monaco	G. M. Beltrami	A. Di Eugenio

REDAZIONE

UFFICIO DIREZIONE LAVORI
A.T.I.: **D'APPOLONIA S.p.A. (Capogruppo Mandataria)**
STADE S.r.l.
Sede operativa: Via Dei Ramni, 7 - 00185, ROMA
Tel. 06/4461004 - 4450603, E-mail: stade@micanet.it



DIRETTORE LAVORI

Ing. Antonio DI EUGENIO



INDICE

1	PREMESSE	2
2	ITER TECNICO AMMINISTRATIVO	5
3	PRINCIPALI RISULTANZE DELLO STUDIO METEOMARINO	9
	<i>3.1 VARIAZIONI DI LIVELLO</i>	<i>9</i>
	<i>3.2 CLIMA DEL MOTO ONDOSI AL LARGO</i>	<i>10</i>
	<i>3.3 CLIMA DEL MOTO ONDOSI A RIVA</i>	<i>11</i>
4	PRINCIPALI RISULTANZE DELLO STUDIO MORFOLOGICO	13
	<i>4.1 ANALISI DIACRONICA DELLA LINEA DI RIVA</i>	<i>13</i>
	<i>4.2 VALUTAZIONE DELLE TENDENZE EVOLUTIVE MEDIANTE MODELLO EMPIRICO</i>	<i>14</i>
5	PRINCIPALI RISULTANZE DELLO STUDIO MORFODINAMICO	15
6	CONCLUSIONI	16
7	APPENDICE	18
	<u>ALLEGATI GRAFICI</u>	19

1 PREMESSE

La presente relazione quale sintesi degli studi specialistici sugli effetti dell'eventuale intervento sui fenomeni evolutivi della fascia litoranea, condotti al fine di valutare la possibilità di ottenere benefici sull'asta del fiume Vomano armando la foce con un'opera a mare fino al congiungimento con la barriera esistente, senza superare l'attuale allineamento dei frangenti, anche in considerazione degli ipotizzabili interventi di manutenzione circa la rimozione di solidi depositati, stimando contestualmente gli effetti che si ripercuotono sul paraggio costiero, con particolare riferimento ad eventuali processi erosivi.

Detti studi specialistici sono stati articolati in tre distinte fasi, come di seguito esposto.

Lo **Studio Meteo – Marino**, completo delle analisi e modellazioni numeriche specialistiche dell'idraulica marittima finalizzate ai successivi studi di morfologia e morfodinamica costiera, ha riguardato lo svolgimento delle seguenti attività¹:

- inquadramento geografico del paraggio;
- determinazione del regime anemologico;
- individuazione dei fetch geografici ed efficaci e dei settori di traversia;
- reperimento ed analisi dei dati di moto ondoso disponibili;
- definizione del clima ondametrico al largo;
- analisi statistica degli eventi ondosi estremi al largo;
- propagazione del moto ondoso sotto costa;
- determinazione del flusso di energia associato al moto ondoso;
- analisi della frequenza di frangimento del moto ondoso;
- analisi della profondità di chiusura della zona di surf;
- analisi delle variazioni del livello medio marino.

Lo **Studio Morfologico**, completo delle analisi e modellazioni numeriche specialistiche dell'idraulica marittima finalizzate ai successivi studi di morfodinamica costiera, ha riguardato lo svolgimento delle seguenti attività²:

- caratterizzazione del tratto di costa di interesse;
- censimento delle opere di difesa costiere;
- analisi diacronica della linea di riva;
- valutazione preliminare delle tendenze evolutive della linea di riva mediante modello empirico di spiaggia parabolica.

¹ Come meglio descritto nel relativo elaborato, a cui per il dettaglio si rimanda.

² Come meglio descritto nel relativo elaborato, a cui per il dettaglio si rimanda.

Nell'ambito dell'analisi diacronica della linea di riva, si sono considerate le linee di riva (opportunamente georeferenziate nel sistema WGS84) fornite dal Servizio OOMM e Qualità delle Acque della Regione Abruzzo e derivate da prese satellitari (IKNOS) del 2004 e del 2006 mediante tecnica di riconoscimento automatico dei pixels.

La valutazione preliminare delle tendenze evolutive della linea di riva, mediante modello empirico di spiaggia parabolica, è stata condotta utilizzando le sopra citate prese satellitari, anch'esse rese disponibili dal Servizio OOMM e Qualità delle Acque della Regione Abruzzo, ed ha permesso di mostrare come il litorale a Sud-Est della foce del Vomano, ferme restando le condizioni al contorno (clima del moto ondoso, apporti solidi terrigeni, componente longitudinale del trasporto solido), appaia aver raggiunto una conformazione di equilibrio stabile di lungo periodo. La verifica operata mediante le prese del 2006, oltre a confermare l'effettivo raggiungimento di tale condizione, mostra come la conformazione di equilibrio a valle del pennello più prossimo alla foce sia indipendente dall'eventuale presenza di un elemento di diffrazione diverso da quello assunto per l'applicazione del modello (ovvero la barriera posta al largo della foce stessa).

Lo **Studio Morfodinamico**, condotto mediante l'applicazione del modello numerico di dinamica costiera del tipo "a una linea" GENESIS, finalizzato a definire l'influenza di una eventuale estensione in mare, fino al limite dell'esistente barriera emergente, dell'armatura in sinistra idrografica del fiume Vomano, si è articolato nei seguenti punti³:

- calibrazione e taratura del modello GENESIS sulla base delle condizioni di esposizione al moto ondoso (*Studio meteo-marino*) e delle linee di riva storiche e dell'analisi diacronica delle stesse (*Studio morfologico*);
- previsione dell'evoluzione futura della linea di riva mediante l'applicazione del modello calibrato al punto precedente per i seguenti scenari:
 - ⇒ assenza dell'intervento;
 - ⇒ estensione a mare dell'intervento di armatura della sponda settentrionale (sinistra idrografica) del fiume Vomano.

Si vuole premettere che, ai fini dell'oggetto dell'indagine, ovvero la valutazione degli effetti sul litorale dell'eventuale prolungamento a mare dell'armatura in sponda sinistra della foce del fiume Vomano (fino al limite massimo della attualmente esistente barriera emersa), i risultati dell'applicazione del modello morfodinamico "a una-linea"⁴ permettono di confermare le risultanze dell'applicazione del modello empirico di spiaggia parabolica (Silvester e Hsu, 1993) presentate nello studio morfologico, ovvero il sostanziale raggiungimento, da parte del litorale posto a Sud-Est della foce del Vomano, di una conformazione di equilibrio stabile di lungo periodo.

³ Come meglio descritto nel relativo elaborato, a cui per il dettaglio si rimanda.

⁴ Esposti nello specifico elaborato relativo allo Studio Morfodinamico.

Il modello, mette inoltre in luce come questa conformazione, ferme restando le condizioni al contorno (clima del moto ondoso, apporti solidi terrigeni, componente longitudinale del trasporto solido), non risulti significativamente influenzata dall'inserimento dell'ipotizzata estensione a mare di un'armatura fluviale posta in sinistra idrografica. Quanto asserito particolarmente nel caso in cui tale opera eserciti una limitata variazione delle condizioni di diffrazione attualmente determinate dall'esistente barriera posta sulla foce del Vomano, immediatamente a Nord dello sbocco a mare e realizzata negli anni addietro (1977) a protezione della darsena e del paraggio di mare a Nord della stessa.

L'inserimento di una tale opera di armatura a mare dell'allineamento arginale, prevista in sinistra idraulica allo scopo di proteggere lo sbocco dalle mareggiate provenienti da Nord-Nord Est, avrebbe peraltro la funzione di indurre una riduzione delle altezze d'onda in prossimità della foce e di determinare, conseguentemente, una riduzione dei fenomeni di erosione e deposizione di materiale solido, prodotti dal frangimento dell'onda, responsabile in larga misura della formazione della barra.

Risulterebbe in tal modo inibita la riformazione della stessa barra nel tempo con conseguente riduzione e minimizzazione degli ipotizzabili interventi di manutenzione per la rimozione dei solidi depositati immediatamente allo sbocco a mare della foce del fiume Vomano.

Nel seguito della presente relazione si evidenziano:

1. l'iter tecnico amministrativo che ha condotto alla redazione di detti studi specialistici;
2. le principali risultanze dello studio meteomarinico;
3. le principali risultanze dello studio morfologico;
4. le principali risultanze dello studio morfodinamico;
5. le conclusioni a cui si è giunti rispetto agli obiettivi prefissati;
6. gli studi ed i dati a cui si è fatto riferimento per la redazione di detti studi specialistici;
7. elaborati grafici circa l'ipotizzata previsione planimetrica di armatura fociale a mare e relativa sezione trasversale di opera tipo, sovrapposta alle opere di progetto esecutivo di sistemazione idraulica ambientale in corrispondenza della foce del fiume Vomano, che prevede la realizzazione di nuovi rilevati arginali esterni a quelli esistenti con conseguente incremento delle sezioni di deflusso dal ponte sulla SS. 16 allo sbocco a mare.

2 ITER TECNICO AMMINISTRATIVO

Con Determinazione Dirigenziale n° 54 del II Settore della Provincia di Teramo, del giorno 16/02/06, l'Amministrazione Provinciale affidava all'ATI costituita dalle Società D'APPOLONIA S.p.a. (Capogruppo Mandataria) e STADE S.r.l (Mandante) il Servizio di Direzione Lavori e Coordinamento per la sicurezza in fase di esecuzione di cui al D.Lgs 494/96, per la realizzazione degli interventi di "Salvaguardia idraulico-ambientale del Fiume Vomano", il cui relativo contratto è stato repertoriato al n° 25769 in data 29/03/06.

Tale detto servizio, per la conduzione degli interventi previsti nel progetto esecutivo d'appalto – concorso affidati, originariamente per un importo contrattuale di €. 5.760.000,00⁵, alla costituita ATI con capogruppo "SAVINI COSTRUZIONI S.r.l." (giusto atto notarile Repertorio n° 26521 - Raccolta n° 7292 del 22/04/05) e regolati da contratto repertoriato al n° 25579 del 18/08/05.

Le aree su cui intervenire sono risultate essere tre, in particolare:

1. in corrispondenza della foce. A monte e a valle (sino allo sbocco a mare) dei ponti su S.S. n° 16 e linea ferroviaria, nei territori comunali di Roseto degli Abruzzi e Pineto;
2. nel tratto di asta fluviale compreso tra il ponte su S.P. 553 – Fontanelle di Atri (incluso) e su S.P. 23 – Castelnuovo (escluso), nei territori comunali di Morro d'Oro, Notaresco ed Atri;
3. in corrispondenza del ponte su S.P. 23. A monte e a valle dello stesso ponte, nei territori comunali di Castellalto e Cellino Attanasio.

L'insieme dei detti interventi è stato finanziato⁶ per un importo complessivo di €. 7.746.853,49⁷, con fondi a valere sulla Legge n° 183 del 18/05/1989 – DPR 09/10/1997 ed è stato affidato in concessione⁸ alla Amministrazione Provinciale di Teramo dalla Regione Abruzzo, attraverso Ordinanza Dirigenziale del Servizio Difesa e Tutela del Suolo n° DN/05/14 del 31/05/2002.

Successivamente, l'Amministrazione Provinciale, con Determina Dirigenziale VI Settore n° 420 del 28/04/05, ha approvato l'assestamento del quadro economico generale del progetto d'appalto, rientrante nella discrezionalità della stazione Appaltante ai sensi del D.P.R. 554/99, con un importo complessivo dei lavori di €. 5.560.000,00 comprensivo di €. 160.000,00 per

⁵ Comprensivo di €. 160.000,00 per oneri sicurezza non soggetto a ribasso.

⁶ Con D.P.R. n° 331 del 09/05/01, che ha ripartito i fondi finalizzati al finanziamento di interventi in materia di difesa del suolo per il quadriennio 1998 – 2001, di cui al D.P.R. 27/07/99.

⁷ €. 3.615.198,26 per l'esercizio 2001 e €. 4.131.655,23 per quello 2002.

⁸ Come richiesto dell'Amministrazione Provinciale di Teramo con atto n° 100 del 28/02/02.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI
A.T.I. D'APPOLONIA S.p.A. – STADE S.r.l.
 VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

oneri per la sicurezza e di €. 2.186.853,49 per somme a disposizione, resosi necessario per il finanziamento della perizia di Somma Urgenza come da Verbale del R.U.P. del 19/04/05.

Il costituito Ufficio Direzione Lavori, ATI D'APPOLONIA S.p.a. (Capogruppo Mandataria) e STADE S.r.l. (Mandante), giusto atto notarile Repertorio n° 41554 - Raccolta n° 837 Serie 2 del 16/03/06, con propria nota n° UCL06051/DT del 22/05/06, in riscontro a quella della Provincia di Teramo n° 85025 del 03/05/06, ha indicato la composizione dello stesso ufficio Direzione Lavori con i relativi nominativi, competenze e mansioni dei soggetti che avrebbero dovuto svolgere i servizi oggetto dell'incarico, come detto regolamentati da contratto Rep. 25769 del 29/03/06, individuando nella persona dell'ing. Antonio Di Eugenio la figura del Direttore Lavori e Coordinatore per la Sicurezza in corso di esecuzione e l'unica persona cui la Provincia di Teramo poteva far riferimento per ogni qualsivoglia comunicazione di natura tecnica amministrativa, nonché unico titolato a rappresentare, nei confronti della stessa Provincia di Teramo, l'Ufficio della Direzione Lavori come costituito.

A seguito delle prime risultanze evidenziate nelle riunioni finalizzate all'approvazione degli interventi previsti in progetto d'appalto, conseguenti all'indizione della Conferenza dei Servizi da parte della Provincia di Teramo, la stessa Amministrazione Provinciale, con nota n° 24550 del 12/12/06, a firma del RUP, ha richiesto all'ufficio Direzioni Lavori di valutare la possibilità di ottenere benefici sull'asta del fiume Vomano armando la foce con un'opera a mare fino al congiungimento con la barriera esistente, senza superare l'attuale allineamento dei frangenti, anche in considerazione degli ipotizzabili interventi di manutenzione circa la rimozione di solidi depositati, stimando contestualmente gli effetti che si ripercuotono sul paraggio costiero, con particolare riferimento ad eventuali processi erosivi.

Al fine di valutare ciò, l'Ufficio Direzioni Lavori, con propria nota n° UCL06124/DT del 29/12/06, proponeva alla Provincia di Teramo di eseguire studi specialistici degli effetti dell'eventuale intervento sui fenomeni evolutivi della fascia litoranea. Nella stessa nota veniva infatti sottolineato come un tale intervento potesse portare effetti di sicuro beneficio nei riguardi dei tempi di riformazione della barra longitudinale alla costa di materiale solido e quindi nella manutenzione della foce stessa, pur non contrastando gli effetti nei confronti dell'insabbiamento della bocca porto, ma contestualmente potesse indurre problemi di stabilità della linea di costa a valle (litorale Sud).

La proposta prevedeva le seguenti fasi di studio:

1. *Studio meteo – marino;*
2. *Studio morfologico;*
3. *Studio morfodinamico.*

che nello specifico venivano articolate come sinteticamente sotto esposto.

1. Studio meteo – marino

L'analisi delle forzanti meteo-marine comprendeva le seguenti attività:

- Definizione dell'esposizione geografica del paraggio (fetch geografici ed efficaci);
- Analisi delle variazioni del livello marino (maree, sovralti);
- Raccolta e analisi dei dati di moto ondoso al largo registrati alla boa ondometrica di Ortona facente parte della Rete Ondometrica Nazionale (RON) gestita da APAT;
- Definizione del moto ondoso in costa nell'area di interesse del litorale in esame (applicazione di idonea modellistica numerica per la propagazione degli stati di mare dal largo in costa);
- Definizione della risultante del flusso di energia associato al moto ondoso e calcolo delle "onde di modellazione".

Dello studio si sarebbe provveduto a redigere una specifica relazione (completa di grafici e tabelle di sintesi) inerente i punti di indagine sopra elencati.

2. Studio morfologico

L'analisi delle tendenze evolutive del litorale, ovvero della risposta del litorale alle forzanti meteo-marine ed alle "interferenze antropiche", si sarebbe dovuto articolare come di seguito per punti esposto:

- Analisi dell'evoluzione storica del litorale per il tramite dello studio diacronico delle linee di riva;
- Verifica, su base morfologica, delle condizioni di esposizione al moto ondoso e delle caratteristiche di modellazione ad esso riconducibili ipotizzate nell'ambito dello studio meteo-marino.

Lo studio avrebbe dovuto comprendere anche una prima valutazione della tendenza evolutiva in presenza di armatura della foce fluviale, effettuata mediante l'applicazione di un modello di tipo empirico.

L'attività di studio avrebbe dovuto comprendere inoltre la caratterizzazione dei sedimenti lungo la fascia costiera di interesse.

Per tale caratterizzazione si sarebbe dovuto far riferimento principalmente ai dati esistenti reperibili in bibliografia, eventualmente integrati con una campagna di indagine specifica e localizzata, eseguita in concomitanza dello studio meteo – marino, tesa ad acquisire campioni di sedimenti prelevati nell'ambito dei sopralluoghi su cui condurre delle analisi granulometriche (valutabili in numero di 4), che avrebbe comunque potuto essere condotta anche durante la successiva fase 3 relativa allo studio morfodinamico.

Dello studio si sarebbe dovuto redigere una specifica relazione (completa di grafici e tabelle di sintesi) inerente i punti di indagine sopra elencati.

3. Studio morfodinamico

Ad ulteriore verifica e studio dell'approccio di tipo empirico, che potrebbe dimostrarsi non esaustivo, avrebbero dovuto eseguirsi studi morfodinamici mediante l'applicazione di un modello numerico di dinamica costiera del tipo a una linea (GENESIS al.). Nello specifico caso lo studio si sarebbe dovuto articolare come di seguito per punti esposto:

- Calibrazione e taratura del modello GENESIS sulla base delle condizioni di esposizione al moto ondoso (*Studio meteo-marino*) e delle linee di riva storiche e dell'analisi diacronica delle stesse (*Studio morfologico*);
- Previsione dell'evoluzione futura della linea di riva mediante l'applicazione del modello calibrato al punto precedente per i seguenti scenari:
 - a. assenza dell'intervento;
 - b. intervento di armatura della sponda settentrionale del fiume Vomano.
 - Applicazione del modello per studi di scenari di minimizzazione di eventuali impatti sulla dinamica costiera riconducibili all'intervento di armatura.

I risultati dei punti di indagine sopra elencati sarebbero stati illustrati in una specifica relazione (completa di grafici e tabelle di sintesi).

Con nota Prot. n° 12015 del 12/01/07 a firma del RUP, la Provincia di Teramo accettava le condizioni tecnico, temporali ed economiche proposte dall'Ufficio Direzione Lavori e si è provveduto pertanto a redigere, suddivise nelle tre diverse fasi proposte, detti studi specialistici e le relative relazioni di prima fase riguardanti lo Studio Meteo - Marino⁹, lo Studio Morfologico¹⁰ e lo studio Morfodinamico¹¹, entrambe complete delle analisi e modellazioni numeriche specialistiche dell'idraulica marittima finalizzate ai successivi studi di morfodinamica costiera.

Gli studi specialistici sono stati realizzati dalla STADE S.r.l. ed i lavori sono stati pianificati e coordinati dall'Ing. Gian Mario Beltrami¹², sotto la supervisione dell'Ing. Antonio Di Eugenio, Direttore Tecnico della stessa STADE Srl, nonché, come già precedentemente accennato, Direttore Lavori e Coordinatore per la Sicurezza in corso di esecuzione dei lavori in appalto.

⁹ Emesso in data 12/02/07 e trasmesso alla Provincia di Teramo con nota n° UCL07015/DT del 21/02/07.

¹⁰ Emesso in data 28/03/2007 e trasmesso alla Provincia di Teramo con nota n° UCL07018/DT del 29/03/07.

¹¹ Emesso in data 16/05/2007 e trasmesso alla Provincia di Teramo con nota n° UCL07031/DT del 18/05/07.

¹² Ricercatore di Costruzioni Idrauliche, Marittime e Idrologia presso l'Università degli Studi di L'Aquila, ove lavora presso il Laboratorio di Idraulica Ambientale e Marittima afferente al Dipartimento di Ingegneria delle Strutture delle Acque e del Terreno.

3 PRINCIPALI RISULTANZE DELLO STUDIO METEOMARINO

Il litorale in esame, posto nella zona centrale del litorale adriatico della penisola italiana, si estende per circa 24 km dalla foce del Tordino (confine con il comune di Giulianova) a Nord-Ovest, alla foce del Piomba a Sud-Est (confine con il comune di Montesilvano) interessando i litorali dei Comuni di Roseto degli Abruzzi, Pineto e Silvi.

In particolare, il litorale di interesse è quello che, estendendosi a Sud del Vomano, viene a interessare il comune di Pineto.

La valutazione delle tendenze evolutive di tale litorale ha reso in primo luogo necessaria un attento studio delle forzanti meteomarine, in particolare delle variazioni di livello e del clima del moto ondoso.

3.1 VARIAZIONI DI LIVELLO

Lo studio delle variazioni di livello deterministico-stocastiche legate al propagarsi delle onde di marea astronomica e meteorologica è stata condotta analizzando le misure mareografiche disponibili, in particolare realizzate in costa dalla Stazione di Ortona, facente parte della Rete Mareografica Nazionale (RMN).

Allo scopo di studiare le variazioni periodiche a solo carattere deterministico, la serie storica registrata è stata demodulata nelle frequenze note del potenziale di marea, in modo da determinare l'ampiezza e la fase delle diverse costituenti mareali.

L'onda di marea astronomica si presenta, in analogia con tutte le altre località del Mare Adriatico, del tipo misto a dominante semidiurna (marea di tipo sinodico-declinazionale).

Le escursioni sono contraddistinte da una periodicità bisettimanale distinta nelle fasi di sizigie (luna piena e nuova) e di quadratura.

Nei periodi sizigiali si verificano i massimi dislivelli positivi e negativi che raggiungono valori pari a circa ± 0.20 m rispetto al livello medio marino (massimo dislivello assoluto pari a circa 0,40 m). Nelle fasi di quadratura l'escursione è al massimo limitata a ± 0.15 m sul l.m.m.

L'analisi degli estremi di livello dovuti a marea astronomica e meteorologica, effettuata facendo ricorso ad un *approccio di tipo diretto*, ha permesso inoltre di metter in luce come gli estremi di livello varino tra i 0.6 e i 0.70 m sul l.m.m., con periodi di ritorno compresi tra i 5 e i 50 anni.

Sovrapponendo al sovrizzo di marea astronomica e meteorologica quello legato al frangimento delle onde di vento (wave set-up), è stato possibile infine valutare un sovrizzo massimo complessivo a riva variabile tra 1.2 e 1.4 m.

3.2 CLIMA DEL MOTO ONDOSO AL LARGO

Per lo studio del clima del moto ondoso, ovvero per la definizione in termini di frequenze annuali delle grandezze che ne definiscono il regime (altezza, periodo e direzione di provenienza), si è fatto riferimento alle misure dirette dell'ondametro di Ortona (serie storica dal 1987 al 2005).

Si osserva che, pur essendo rappresentative dell'esposizione climatica del medio Adriatico, le misure effettuate a tale ondametro non possono tenere conto della distinta esposizione geografica del litorale in esame, risultando quest'ultimo ubicato circa 40 km a nord-ovest di Ortona. Il clima d'onda è stato quindi trasferito secondo un modello di 'trasposizione geografica' i cui risultati, oltre a risultare congruenti con i dati originari, hanno trovato un oggettivo riscontro con la traversia del sito in esame.

In particolare, i risultati della trasposizione hanno permesso di evidenziare che:

- gli stati di mare al largo del litorale d'interesse sono contraddistinti da una bidirezionalità legata alle perturbazioni provenienti dai settori di traversia di tramontana-bora (320-50°N) e levante-scirocco (70-140°N);
- il settore di traversia principale caratterizzante il sito risulta quello compreso tra i 320° e i 50°N, provenendo da tali direzioni sia gli eventi regnanti (maggiori frequenze percentuali, oltre il 50% degli stati di mare) sia quelli dominanti (massimi valori di altezza d'onda, circa lo 1.1% di misure con H_s superiore a 3,0 m);
- il settore secondario, compreso tra 70° e 140° N, è invece contraddistinto da una frequenza di eventi pari a circa il 35% del totale ed appena lo 0,1% di misure con H_s superiore a 3,0 m;
- circa il 48% degli eventi (corrispondente ad una durata di 5.7 mesi) ha una altezza significativa inferiore ai 0.5 m;
- gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m e provenienti dal settore di traversia principale hanno per il 90% altezza d'onda inferiore a 2,0 m;
- gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m e provenienti dalle altre direzioni hanno per il 98% altezza d'onda inferiore a 2,0 m;
- nel settore di traversia principale si sono verificate altezze d'onda superiori a 5.5m, mentre negli altri settori l'altezza d'onda massima non ha superato i 4 metri;

Occorre osservare come le caratteristiche climatiche sopra indicate si siano riscontrate anche analizzando gli eventi su base stagionale, ovvero come non si riconoscano particolari variazioni associate a distinti periodi stagionali nell'anno medio.

3.3 CLIMA DEL MOTO ONDOSO A RIVA

Per le finalità dello studio è risultato necessario analizzare le caratteristiche del moto ondoso sottocosta, trasferendo quindi la serie di dati ondametrici dal largo verso riva mediante modellazione inversa spettrale, ovvero mediante un modello numerico per la simulazione dei fenomeni di propagazione del moto ondoso.

La serie storica al largo è stata in particolare propagata in sei distinti e circa equidistanti punti del litorale di interesse.

I risultati hanno evidenziato come la propagazione, pur lasciando invariata la bidirezionalità riscontrata al largo, determini una drastica 'rotazione' (di circa 25° - 35°) degli stati di mare da tramontana, i quali tendono – per effetto di rifrazione – a uniformarsi con quelli di bora.

In particolare, l'insieme degli stati di mare del settore settentrionale è apparsa ruotare in senso orario di circa 20° ; mentre l'insieme degli stati di mare da levante e scirocco è apparsa ruotare in senso antiorario, di circa 10° .

Il confronto delle serie ondametriche relative ai sei punti di inversa considerati ha inoltre confermato come, complessivamente, lungo il litorale in esame l'esposizione al moto ondoso possa ritenersi omogenea.

Per le analisi del moto ondoso sottocosta e della morfodinamica correlata si è quindi ritenuto sufficiente fare riferimento alla serie di dati ondametrici relativi al punto ubicato in corrispondenza della foce del Vomano.

A partire da tale serie si sono quindi calcolate le onde di modellazione, ovvero le onde che, nei riguardi degli effetti sulla morfodinamica del litorale, risultano equivalenti alla totalità delle onde provenienti dallo stesso sub-settore.

In particolare, la tabella sottostante riporta le caratteristiche delle onde di modellazione relative a ciascun sub-settore della traversia in corrispondenza del punto di fronte alla foce del Vomano.

	Dir (°N)	He (m)	Te (s)	durata (mesi/anno)
settore A	0	0.84	3.8	0.011
	10	0.85	3.8	0.772
	20	1.08	4.3	0.474
	30	1.31	4.8	0.331
	40	1.50	5.1	0.342
	50	1.42	4.9	0.180
	60	1.20	4.5	0.119
settore B	70	1.08	4.3	0.170
	80	1.11	4.4	0.439
	90	1.09	4.3	0.372
	100	0.93	4.0	0.225
	110	0.93	4.0	0.094
	120	1.00	4.2	0.042
	130	0.71	3.5	0.010

Tab. 1 - Caratteristiche delle onde di modellazione nel punto di propagazione
posto di fronte alla foce del Vomano.

Per le risultanze di dettaglio si rimanda all'apposito elaborato Studio Meteo – Marino, allegato e parte integrante della presente relazione di sintesi.

4 PRINCIPALI RISULTANZE DELLO STUDIO MORFOLOGICO

Come visto nelle premesse, lo studio morfologico ha avuto come obiettivi l'analisi dell'evoluzione storica del litorale per il tramite dello studio diacronico delle linee di riva, nonché la verifica, su base morfologica, delle condizioni di esposizione al moto ondoso e delle caratteristiche di modellazione ad esso riconducibili (ipotizzate nell'ambito dello studio meteo-marino).

Lo studio ha inoltre inteso addivenire a una prima valutazione della tendenza evolutiva in presenza di armatura della foce fluviale, effettuata mediante l'applicazione di un modello di tipo empirico.

4.1 ANALISI DIACRONICA DELLA LINEA DI RIVA

L'analisi diacronica è stata effettuata utilizzando le linee di riva messe a disposizione dal Servizio OO.MM. e Qualità delle Acque della Regione Abruzzo (relative agli anni 2004 e 2006) e desunte a partire da foto satellitari.

L'eguaglianza del supporto e della metodologia adottate per la loro identificazione, permettendo di assumere l'eguaglianza dell'errore sistematico compiuto, ha infatti spinto a preferire tali linee quali strumento dell'indagine comparativa.

L'analisi ha permesso di evidenziare come il litorale in esame, congruamente al clima del moto ondoso bimodale a dominante da Nord, appaia essenzialmente soggetto a un trasporto solido longitudinale prevalentemente orientato nel verso Sud-Est, nonché come tale trasporto tenda ad annullarsi in corrispondenza della foce del Vomano.

L'arretramento della linea di riva (pari a circa a -2.0 m di arretramento medio sull'intero tratto considerato), sempre relativamente al biennio osservato (2004-2006), risulta prevalentemente ascrivibile a perdite di sedimenti verso il largo, ovvero a effetti di dinamica trasversale, e appare comunque all'interno della fascia fiduciaria dell'analisi diacronica stessa.

Tali perdite risultano in parte contrastate da difese costiere nel tratto compreso tra il Tordino e il Vomano, mentre appaiono libere nel tratto successivo, in particolare quello compreso tra il Vomano e l'inizio dell'abitato di Silvi.

4.2 VALUTAZIONE DELLE TENDENZE EVOLUTIVE MEDIANTE MODELLO EMPIRICO

Una prima valutazione sulle tendenze evolutive del litorale in esame, con particolare riguardo al tratto che, a partire dalla foce del Vomano, si estende a Sud-Est verso l'abitato di Pineto, è stata effettuata utilizzando un modello empirico di spiaggia parabolica¹³.

In particolare, si è mirato a verificare se la reale conformazione assunta dal litorale (desunta dalle foto satellitari del 2004 e 2006) rispecchi la conformazione di equilibrio prevista a lungo termine a seguito della protratta azione dell'onda morfologica calcolata.

L'applicazione del modello ha permesso di mostrare come il litorale a Sud-Est della foce del Vomano, ferme restando le condizioni al contorno (clima del moto ondoso, apporti solidi terrigeni, componente longitudinale del trasporto solido), appaia aver raggiunto la suddetta conformazione di equilibrio stabile.

I risultati del modello hanno anche permesso di mostrare come la conformazione di equilibrio raggiunta sia indipendente dall'eventuale presenza di elementi di diffrazione diversi da quello assunto per l'applicazione del modello stesso (ovvero la barriera posta al largo della foce del Vomano).

Per le risultanze di dettaglio si rimanda all'apposito elaborato Studio Morfologico, allegato e parte integrante della presente relazione di sintesi.

¹³ In particolare il modello proposto da Silvester e Hsu (Silvester, R. e Hsu, J.R.C. "Coastal stabilization". World Scientific, 1993).

5 PRINCIPALI RISULTANZE DELLO STUDIO MORFODINAMICO

Allo scopo di pervenire a una valutazione, il più possibile oggettiva, delle tendenze evolutive di lungo periodo del litorale di interesse, si è ritenuto opportuno affiancare all'analisi condotta utilizzando il modello empirico di spiaggia parabolica, un'analisi effettuata mediante modellazione numerica 'a una linea' (*one-line models*), ovvero una modellazione che assumendo la costanza della forma del profilo trasversale del litorale, si fonda sulla soluzione dell'equazione di controllo della sola linea di riva.

In particolare, tale analisi è stata realizzata utilizzando il modello GENESIS - *GENeralized model for Simulating Shoreline change*¹⁴.

A seguito della necessaria fase di taratura, operata simulando l'evoluzione del litorale di interesse osservata tra il 2004 e il 2006, il modello è stato applicato per la previsione dell'evoluzione futura della linea di riva. In particolare, a termine di confronto, la previsione dell'evoluzione dei prossimi 10 anni è stata effettuata sia nel caso di persistenza della situazione esistente, sia nel caso di realizzazione della prevista armatura della foce del Vomano.

I risultati dell'applicazione del modello oltre a confermare le risultanze dell'applicazione del modello empirico di spiaggia parabolica, ovvero il sostanziale raggiungimento, da parte del litorale posto a Sud-Est della foce del Vomano, di una conformazione di equilibrio stabile di lungo periodo, hanno messo in luce la scarsa influenza, su tale conformazione, dell'inserimento dell'ipotizzata estensione a mare dell'armatura fluviale in sinistra idraulica della foce del Vomano.

Per le risultanze di dettaglio si rimanda all'apposito elaborato Studio Morfodinamico, allegato e parte integrante della presente relazione di sintesi.

¹⁴ Si vedano:

- Gravens, M., Kraus, N.C., Hanson, H. (1991) "GENESIS: Generalized Model for Simulating Shoreline Change. CERC Report 89-19.
- Hanson, H. (1987) "GENESIS: A Generalized Shoreline Change Numerical Model for Engineering Use. University of Lund. Report 1007.
- Hanson, H. e N.C. Kraus (1989) "GENESIS: Generalized Model for Simulating Shoreline Change. CERC Report 89-19.

6 CONCLUSIONI

Ai fini dell'oggetto dell'indagine, ovvero la valutazione degli effetti sul litorale dell'eventuale prolungamento a mare dell'armatura in sponda sinistra della foce del fiume Vomano (fino al limite massimo della attualmente esistente barriera emersa), i risultati degli studi meteomarinario, morfologico e morfodinamico permettono di mettere in luce quanto segue:

- Il litorale in esame, congruamente al clima del moto ondoso bimodale a dominante da Nord, appare essenzialmente soggetto a un trasporto solido longitudinale prevalentemente orientato nel verso Sud-Est.

L'analisi compiuta sulle linee di rilevate nell'ultimo biennio (2004-2006) indica come tale trasporto tenda ad annullarsi in corrispondenza della foce del Vomano.

L'arretramento della linea di riva (circa -2.0 m di arretramento medio sull'intero tratto considerato), sempre relativamente al biennio osservato (2004-2006), risulta prevalentemente ascrivibile a perdite di sedimenti verso il largo, ovvero a effetti di dinamica trasversale, e appare comunque contenuto all'interno della fascia fiduciaria dell'analisi diacronica stessa.

Tali perdite risultano in parte contrastate da difese costiere nel tratto compreso tra il Tordino e il Vomano, mentre appaiono libere nel tratto successivo, in particolare quello compreso tra il Vomano e l'inizio dell'abitato di Silvi;

- L'annullamento del trasporto solido longitudinale in prossimità della foce del Vomano appare confermato dall'evidenza morfologica.

Qualora la portata solida fosse stata rilevante, le opere di difesa che costituiscono l'imboccatura alla darsena portuale posta a Nord-Ovest della foce del Vomano avrebbero favorito un accumulo di sedimento che non viene riscontrato.

Al contrario la necessità di difendere la linea di riva mediante difese radenti appare chiaro sintomo di erosione.

La necessità di realizzare annuali dragaggi dell'imboccatura citata è peraltro spiegabile con il fatto che la stessa si trova ben all'interno della fascia attiva, ovvero all'interno della fascia di movimentazione del sedimento.

Particolarmente durante le mareggiate (principalmente provenienti proprio dalla direzione rispetto alla quale l'imboccatura appare più esposta, ovvero da Nord) il sedimento movimentato secondo una dinamica trasversale tende inevitabilmente a depositarsi all'interno della zona ridossata determinata dall'imboccatura stessa;

- L'applicazione del modello empirico di spiaggia parabolica, operata utilizzando le prese satellitari del 2004, ha permesso di mostrare come il litorale a Sud-Est della foce del Vomano, ferme restando le condizioni al contorno (clima del moto ondoso, apporti solidi terrigeni, componente longitudinale del trasporto solido), appaia aver raggiunto una conformazione di equilibrio stabile di lungo periodo.

La verifica operata mediante le prese del 2006, oltre a confermare l'effettivo raggiungimento di tale condizione, mostra come tale conformazione di equilibrio sia indipendente dall'eventuale presenza di un elemento di diffrazione diverso da

quello assunto per l'applicazione del modello (ovvero la barriera posta al largo della foce stessa).

- L'applicazione del modello a una linea oltre a confermare le risultanze dell'applicazione del modello empirico, ovvero il sostanziale raggiungimento, da parte del litorale posto a Sud-Est della foce del Vomano, di una conformazione di equilibrio stabile di lungo periodo, ha messo in luce come questa conformazione non risulti influenzata dall'inserimento dell'ipotizzata estensione a mare di un'armatura fluviale posta in sinistra idrografica.

Sulla base di quanto precede si ritiene che l'estensione - nei limiti dell'attuale barriera emergente - dell'armatura fluviale non sia in grado di mutare la già esistente configurazione di equilibrio di lungo termine del litorale a Sud-Est della foce del fiume Vomano, né di alterare in modo significativo l'attualmente esistente dinamica longitudinale tra i litorali posti a Nord-Ovest e Sud-Est della foce.

Ciò appare tanto più ipotizzabile in quanto tale estensione - se operata nella direzione della testata meridionale della barriera - non andrebbe ad alterare il fuoco di diffrazione del moto ondoso di modellazione del litorale.

L'eventuale estensione inoltre, interessando la sponda sinistra della foce fluviale, non solo non andrebbe a intaccare il libero flusso verso Sud-Est del sia pur minimo trasporto solido del fiume Vomano.

L'inserimento di una tale opera di armatura a mare dell'allineamento arginale, prevista in sinistra idraulica allo scopo di proteggere lo sbocco dalle mareggiate provenienti da Nord-Nord Est, avrebbe peraltro la funzione di indurre una riduzione delle altezze d'onda in prossimità della foce e di determinare, conseguentemente, una riduzione dei fenomeni di erosione e deposizione di materiale solido, prodotti dal frangimento dell'onda, responsabile in larga misura della formazione della barra.

Risulterebbe in tal modo inibita la riformazione della stessa barra nel tempo con conseguente riduzione e minimizzazione degli ipotizzabili interventi di manutenzione per la rimozione dei solidi depositati immediatamente allo sbocco a mare della foce del fiume Vomano.

L'ipotizzata previsione planimetrica di armatura focale a mare e relativa sezione trasversale di opera tipo, sovrapposta alle opere di progetto esecutivo di sistemazione idraulica ambientale in corrispondenza della foce del fiume Vomano, che prevede la realizzazione di nuovi rilevati arginali esterni a quelli esistenti con conseguente incremento delle sezioni di deflusso dal ponte sulla SS. 16 allo sbocco a mare, sono riportati negli allegati grafici alle pagine che seguono.

7 APPENDICE

Per la realizzazione del presente studio si è fatto riferimento ai seguenti esistenti rapporti:

- Provincia di Teramo, Assessorato LL.PP. VI settore– Viabilità. Salvaguardia Idraulico – Ambientale della foce del fiume Vomano. Studio propedeutico alla progettazione. 1997.
- Provincia di Teramo, Assessorato LL.PP. VI settore – Viabilità. Erosione della costa teramana. Interventi - Studio di Fattibilità. Delibera della G.P. n. 1043 del 19/6/97.
- Regione Abruzzo, Comunità Economica Europea. Rationale for Integrated Coastal Area Management (R.I.C.A.M.A.);
- Regione Abruzzo, Servizio OOMM e Qualità delle Acque, Gestione integrata dell'area costiera. Piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Fattibilità di interventi di difesa e di gestione della fascia litoranea su scala regionale. Delibera CIPE n. 106/99. Studio delle tendenze evolutive del litorale abruzzese.
- Regione Abruzzo. Supporto Informativo per la gestione della zona COstiera della Regione Abruzzo (S.I.Co.R.A.);
- Regione Abruzzo, Servizio OOMM e Qualità delle Acque. Piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Rafforzamento dei dispositivi di difesa costiera. Delibere CIPE n. 36/2002 e n. 17/2003. Progetto preliminare, Studi specialistici.
- Regione Abruzzo, Servizio OOMM e Qualità delle Acque. Piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Rafforzamento dei dispositivi di difesa costiera. Delibere CIPE n. 36/2002 e n. 17/2003. Lavori di riqualificazione ambientale e di difesa delle aree della fascia litoranea di Martinsicuro, Pescara Sud - Francavilla Al Mare, Fossacesia, Casalbordino, Vasto, Montesilvano e Pineto – Silvi. Sito 7, Pineto – Silvi.
- Comune di Roseto degli Abruzzi. Provincia di Teramo. Settore II, LL.PP. - Servizi Tecnologici – Ambiente – Urbanistica - Edilizia privata – Progettazione - Servizi Ecologici. Interventi di salvaguardia della costa del territorio comunale. Studi specialistici e indagini di campo. Studio morfologico.

Nell'ambito dello studio meteomarinario si è fatto riferimento ai dati del mareografo e dell'ondametro di Ortona facenti parte rispettivamente delle reti mareografica (RMN) e ondametria (RON) nazionale.

Nell'ambito dell'analisi diacronica della linea di riva, si sono considerate le linee di riva (opportunamente georeferenziate nel sistema WGS84) fornite dal Servizio OOMM e Qualità delle Acque della Regione Abruzzo e derivate da prese satellitari (IKNOS) del 2004 e del 2006 mediante tecnica di riconoscimento automatico dei pixels.

La valutazione preliminare delle tendenze evolutive della linea di riva, mediante modello empirico di spiaggia parabolica, è stata condotta utilizzando le sopra citate prese satellitari, anch'esse rese disponibili dal Servizio OOMM e Qualità delle Acque della Regione Abruzzo.

UFFICIO DIREZIONE LAVORI

A.T.I. D'APPOLONIA S.P.A. – STADE S.R.L.

VIA DEI RAMNI, 7 - 00185 ROMA

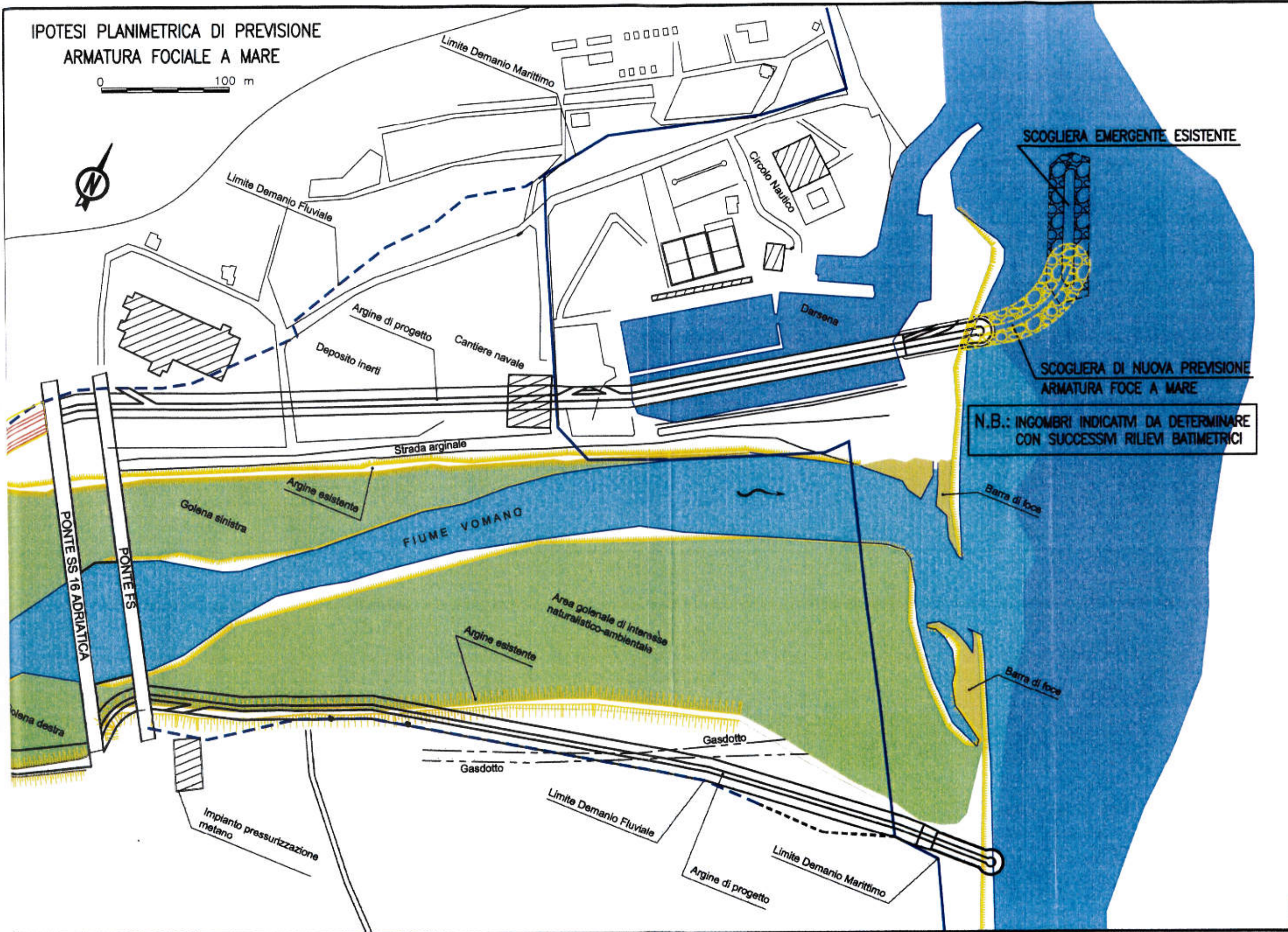
ALLEGATI GRAFICI

ELENCO ALLEGATI

- | | |
|---------|---|
| All.. 1 | Ipotesi planimetria di previsione armatura fociale a mare |
| All.. 2 | Sezione tipo armatura fociale a mare |

IPOTESI PLANIMETRICA DI PREVISIONE
ARMATURA FOCIALE A MARE

0 100 m



SEZIONE TIPO ARMATURA FOCIALE A MARE – SCALA 1:100

