



*Unità Tecnico Scientifica Protezione e Sviluppo dell'Ambiente
e del Territorio, Tecnologie Ambientali
Sezione Prevenzione e Mitigazione dei Rischi Naturali*



RELAZIONE TECNICA

Condizioni di rischio di erosione costiera nel tratto di litorale tra Rodi
Garganico e Termoli

Valpreda Edi, Screpanti Augusto, Gragnaniello Simona

Bologna, 16 giugno 2003

1- PREMESSA

Obiettivo del presente rapporto è mettere in risalto lo stato del tratto di litorale in corrispondenza del quale sono previsti ampliamenti delle infrastrutture ferroviarie esistenti. In specifico il rapporto prende in considerazione l'erosione costiera e le condizioni di rischio a tale fenomeno a cui risultano soggette le infrastrutture ferroviarie esistenti e la zona che dovrà essere interessata dall'ampliamento delle stesse.

Allo scopo di inquadrare correttamente il fenomeno dell'erosione costiera è stato considerato il tratto di litorale tra Termoli, a nord, e Torre Mileto a sud a comprendere l'intera Unità Fisiografica e cioè il tratto di litorale in cui l'evoluzione è continua e, una variazione introdotta in un punto, viene risentita nell'intero tratto in relazione ai parametri meteoroclimatici che condizionano il trasporto solido sottocosta.

La presente relazione si basa sostanzialmente su studi precedenti oltre che sulla rielaborazione, e confronto, in ambiente GIS, di documenti di natura cartografica, reperiti presso ENEA o forniti dalla Direzione VIA del Ministero dell'Ambiente e della Difesa del Territorio ai fini di questa relazione. Allo scopo di valutare cartograficamente la variazione della posizione della linea di costa nel tempo.

Una breve campagna di rilievi morfotopografici sulla spiaggia emersa è stata realizzata con GPS differenziale allo scopo di introdurre ulteriori e più accurati elementi di valutazione sulla ubicazione e morfologia della linea di costa e dei profili di spiaggia attuali considerando, in specifico, lo stato ed i profili delle dune costiere retrostanti. La campagna di rilievo di dettaglio è stata effettuata nel tratto di litorale tra Lido di Campomarino e l'area in località di Marina di Fantina, in cui, i dati esistenti, evidenziavano una maggiore mobilità della linea di costa e dove, inoltre, minore risulta essere, attualmente, la distanza tra l'asse ferroviario e la costa, rispetto alla intera Unità Fisiografica.

Relativamente al tratto di litorale considerato (compreso tra Termoli e Torre Mileto) svariate ricerche specifiche, che affrontano il problema dell'erosione costiera, sono state effettuate sin dalla seconda metà degli anni '80. Risultano invece mancanti indagini recenti, adeguate per finalità e dettaglio, sulla sedimentologia costiera, sulle correnti meteomarine e sul trasporto prevalente sottocosta, atte a supportare piani di gestione integrata del litorale. Questo sebbene l'area risulta essere interessata, anche recentemente, da numerose opere di difesa a mare di tipo tradizionale (pennelli).

Si ringraziano i Prof. Mastronuzzi, Sansò e Simeoni delle Facoltà di Scienze Geologiche delle Università di Bari, Lecce e Ferrara che ci hanno supportato, mettendo a disposizione tutti gli studi preesistenti in questa area da loro effettuati, contribuendo così alla redazione, in tempi strettissimi, della presente relazione.

DESCRIZIONE DELL'AREA

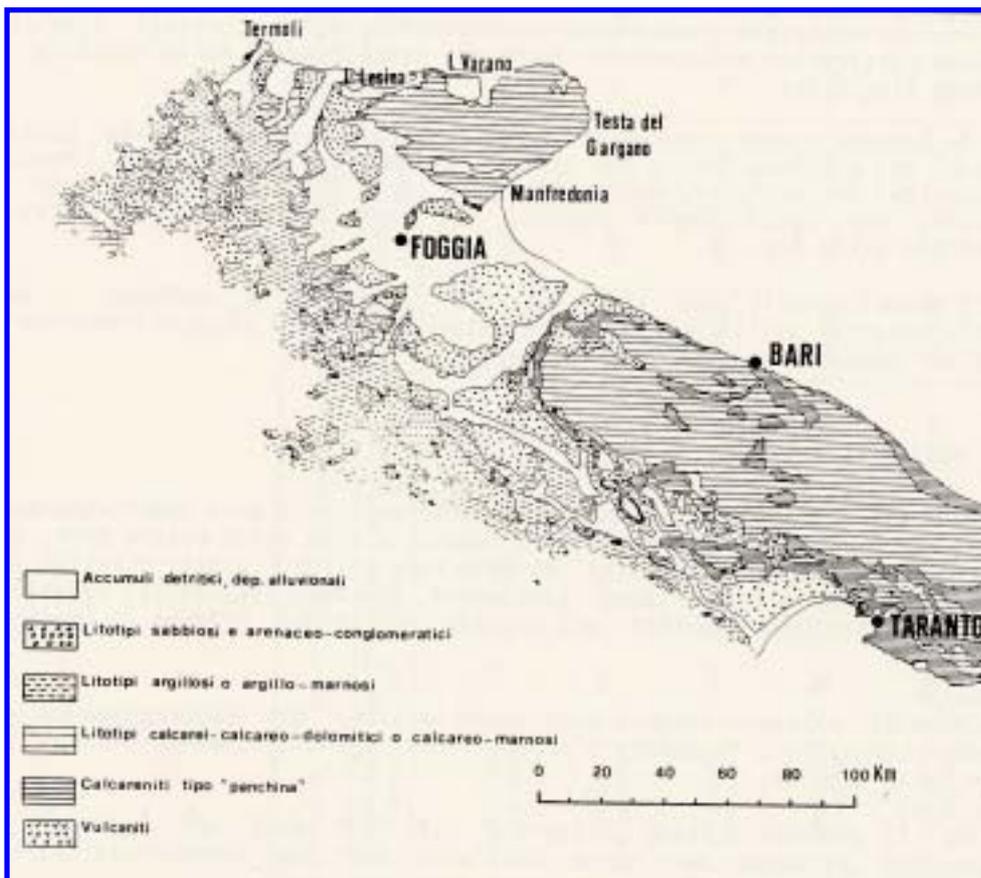


Fig. 1. Schema morfologico e litologico della regione

Il tratto di costa considerato, tra Termoli e Torre Mileto, si affaccia al Mare Adriatico e si estende per circa 80 km a ridosso del confine regionale tra Puglia e Molise. Esso corrisponde alla fascia costiera al margine del tratto più settentrionale del promontorio del Gargano, lembo della piattaforma Apula proteso nel Mare Adriatico.

I sedimenti qui affioranti appartengono alle unità stratigrafico strutturali dell'Appennino meridionale ed a depositi quaternari di origine alluvionale e fluvio-lacustre nell'interno e di spiaggia lungo le coste. (Fig1- da Grauso, 1986).



Fig.2- Reticolo idrografico Principale. L'area di indagine è indicata nel riquadro rosso

I corsi d'acqua che sfociano nel tratto di costa e ne producono l'alimentazione con i propri sedimenti fluviali sono: Biferno, Saccione e Fortore.

Gli originari apporti di questi corsi d'acqua risultavano

essere particolarmente rilevanti sino agli anni '70 a causa dell'affioramento nei loro bacini di materiali sedimentari particolarmente erodibili. Gli ultimi dati disponibili indicavano misure di deflusso torbido di 1090T/kmq e 1370T/kmq, rispettivamente, lungo i fiumi Biferno e Fortore, (Grauso,1986; Simeoni 1992).

Il litorale è sabbioso ed è caratterizzato da regime microtidale a bassa energia definibile di tipo dissipativo con una deriva litoranea prevalente verso meridione (Simeoni et al, 1999). I venti spirano principalmente da NO e subordinatamente da S-SE, come avviene anche nel restante Mare Adriatico, ed inducono una analoga distribuzione del moto ondoso. La deriva dei sedimenti lungo costa avviene da NO a SE.

Le aree costiere indagate sono soggette ad escursioni di marea massime annuali di un metro; le escursioni di marea massime giornaliere sono di 0.7 metri (Mastronuzzi, 2002).

La gran parte delle coste Pugliesi e Molisane è soggetta ad erosione che sta modificando rapidamente le morfologie e le potenzialità di fruizione del patrimonio ambientale costiero. I fattori che, in termini generali, condizionano la presenza e l'intensità del fenomeno di erosione sono molteplici e sono, in massima parte, da imputarsi agli interventi che l'uomo attua sia nei bacini idrografici (regimazione delle acque, cementificazione degli alvei, escavazione di materiali in alveo), sia a mare (opere di difesa tradizionali, quali barriere radenti o pennelli, moli, porti e porticcioli ad uso turistico, ecc), sia lungo la fascia costiera (manufatti per edilizia abitativa, reti viarie e ferroviarie, stabilimenti e strutture fisse per la balneazione a fini turistici).

Tutte queste opere producono un irrigidimento della naturale evoluzione degli ambienti litoranei: spiaggia sommersa, spiaggia emersa, dune costiere ed eventuali aree lacustri retrostanti. Questi ambienti sono per loro natura estremamente dinamici e, in relazione alle variazioni nel complesso bilancio tra sedimenti disponibili ed erosi, (in cui interagiscono tutte le componenti fisico, biologiche e antropiche presenti) la loro posizione, ampiezza e caratteristiche morfologiche e sedimentologiche cambiano nel tempo con altissime velocità. L'effetto che in genere appare maggiormente evidente è la riduzione o l'ampliamento della spiaggia fruibile.

Nel caso di situazioni di spiagge in erosione, l'impossibilità a realizzare tale spostamento nello spazio, arretrando, produce lo smantellamento del sistema spiaggia-dune producendo condizioni irreversibili (per via naturale) di crisi del litorale.

In questa naturale evoluzione dello spazio costiero, la presenza delle dune costiere risulta essere un elemento di stabilizzazione oltre che di difesa naturale dalle mareggiate per le aree retrostanti, che spesso possono essere sviluppate a quote più basse.

Le dune forniscono, infatti, naturalmente, materiale alla spiaggia nei momenti di crisi erosiva, ma ciò facendo, se la crisi erosiva perdura e non è semplicemente dovuta a situazioni momentanee, magari correlate ad eventi stagionali, le dune costiere vengono sempre più aggredite dall'azione erosiva del mare, cedono il loro materiale e inizia la loro demolizione.

Una spiaggia in erosione, con un rilevante apparato dunare retrostante, può risultare per un certo periodo di tempo interessata da fenomeni di arretramento meno rilevanti di quanto sarebbe senza gli apparati dunari; nel momento in cui essi vengono demoliti o fortemente ridotti, o per via di continua erosione da parte del mare o a seguito di sbancamenti antropici, l'arretramento risulterà estremamente rilevante, restando invariate le condizioni di disponibilità materiali attraverso trasporto litoraneo.

Come si può notare in Fig. 3 nel tratto di litorale sono state effettuate opere rilevanti sia per la costruzione di porti, sia per opere di difesa a mare di tipo rigido (cfr. Fig.4), sia soprattutto per il tracciato viario e ferroviario che si colloca, sin dalla fine degli anni '40, a ridosso delle creste degli assi di duna (quota slm circa 12 metri). Tale tracciato ha bloccato verso terra il sistema, producendo le condizioni perché, la scarsità di sedimenti disponibili tramite trasporto solido litoraneo, inducesse una profonda crisi del sistema dune spiaggia.

Solo in parte minore sono a scala temporale breve riferibili a variazioni del livello del mare almeno analizzando l'entità del sea level rise a scala mediterranea. Qui, infatti, i rilievi e gli studi più recenti evidenziano come tale fenomeno assuma entità al massimo di 0.5 mm/anno (Cazenave et al., 1998; Pirazzoli et al., 1999). Per contro le variazioni indotte da opere e da altri interventi antropici raggiungono valori di decimetri o centimetri/anno.



Fig. 3- Area di indagine - dettaglio dalla Grande Carta Stradale d'Italia, 1:200.000 (Touring Club Italiano)

METODOLOGIA APPLICATA

La valutazione delle condizioni di rischio all'erosione costiera ed alle mareggiate nell'area è stata effettuata sviluppando una metodologia proposta ed applicata da ENEA nell'ambito dell'Accordo di Programma con il Ministero dell'Ambiente (1999-2002). L'applicazione di questa metodologia implica la determinazione, quantitativa, della mobilità della linea di costa in un intervallo di tempo definito (e sufficientemente ampio) e la sua comparazione con l'ampiezza della spiaggia attuale al fine di determinare, sempre su base quantitativa, il grado di suscettibilità all'erosione di un terminato tratto di litorale (Valpreda et al., 2003).

Viene in questo modo calcolato il tempo necessario affinché il tratto di spiaggia attualmente presente venga ad essere completamente eroso stante le condizioni di dinamicità della linea di costa riscontrate sinora. Ovviamente la suscettibilità (cioè la probabilità che questa perdita avvenga) è tanto più elevata quanto più velocemente arretra il tratto di litorale, ma dipende anche dall'ampiezza della spiaggia oltre che dalle caratteristiche intrinseche della spiaggia stessa (granulometria, pendenza spiaggia emersa e sommersa, angolo di incidenza con la direzione principale delle correnti sottocosta).

La scelta di utilizzare la posizione della linea di costa e la sua variazione nel tempo deriva da esigenze di realizzazione dell'indagine con tempi molto ridotti, ma si basa anche sulla considerazione che la posizione del limite tra terra e mare assume un particolare significato nello studio delle evoluzioni delle coste in quanto viene, in letteratura, considerato un "indicatore di sintesi". Un indicatore in grado di sintetizzare la complessa interazione di variabili la cui definizione nel dettaglio richiederebbe un approccio sperimentale complesso, lungo e talora impossibile da attuarsi completamente. Ciò significa che, valutando su basi concettuali e geografiche corrette la sua variazione spaziale nel tempo, è possibile valutare, in prima approssimazione, l'evoluzione del tratto

di litorale esaminato e supporre, su brevi periodi e immaginando condizioni evolutive costanti, la sua possibile evoluzione nel tempo.

Su questo presupposto si basano le considerazioni contenute nel presente rapporto.

La presenza e la distanza della massicciata ferroviaria dalla linea di costa, comparati con il grado di suscettibilità all'erosione, esprimono una diversa condizione di rischio qualitativo di erosione e mareggiata per la struttura.

Estrapolando negli anni futuri la velocità di arretramento calcolata sulla base delle passate ed attuali posizioni della linea di costa, comparata con le condizioni sopra descritte, vengono infatti definiti i tempi necessari affinché la attuale massicciata ferroviaria (e tanto più il suo raddoppio) vengano ad essere interessati direttamente dall'azione del mare.

Messa a punto per una valutazione del problema a scala nazionale, pur prevedendo un dettaglio posizionale adeguato ad evidenziare il fenomeno naturale dell'erosione costiera nell'area mediterranea (e quindi fondata su una base di dati a scala nominale 1:10.000), la metodologia applicata, si presta a supportare una prima fase di analisi ma non considera fattori sostanziali indispensabili per supportare correttamente la pianificazione e la progettazione dell'utilizzo del litorale o la definizione di interventi di mitigazione delle condizioni attuali o previste di rischio di erosione costiera e da mareggiata.

Altri parametri devono essere considerati per un completamento della fase di indagine (auspicabile in futuro); tra questi una sequenza più organica e completa di profili trasversali e di elaborazioni morfotopografiche della spiaggia attuale, dalla battigia alle dune, su cui già poggia la attuale massicciata ferroviaria, analisi granulometriche e morfobatimetriche sulla spiaggia sommersa, analisi correntometriche e meteorologiche a terra e a mare, rilievi della posizione del limite T/M, in diverse condizioni stagionali e tenuto conto delle correzioni di marea, l'analisi delle mareggiate storiche, ecc.

Le valutazioni di mobilità della linea di costa sono state effettuate entro GIS, sulla base di documenti cartografici georiferiti nel sistema WGS84 UTM 33 riferiti al 1954, 1996, 1999, la cui risoluzione (diversa) impone il dettaglio delle valutazioni derivate alla scala della Unità Fisiografica. Impossibile in questi casi discriminare variazioni inferiori ai 5-6 metri.

Le valutazioni di mobilità della linea di costa derivata dal confronto tra le sue posizioni sui supporti cartografici più recenti ed accurati (scala nominale 1:10.000) consentono un dettaglio maggiore (il limite di rilevazione della mobilità del limite T/M si colloca attorno ai 2-3 metri, in questo caso).

Le variazioni della posizione della linea di costa e dell'ampiezza della spiaggia sono inizialmente state considerate a scala dell'intera Unità Fisiografica dal confronto tra la cartografia IGM e la posizione della linea di costa nel 1996-99.

Si è ritenuto quindi di intervenire con indagini e metodi più dettagliati ed applicare la valutazione del grado di suscettibilità nel tratto di litorale compreso tra Lido di Campomarino e località di Marina di Fantina, tratto in cui la massicciata ferroviaria attuale risulta percorrere il tracciato più prossimo alla costa, nell'ambito dell'intera Unità Fisiografica. Qui si è proceduto a classificare il litorale in base a 3 classi di arretramento:

1-tra 15 e 30 metri

2-tra 30 e 50 metri

3-tra 50 e 100 metri

Una sola classe di avanzamento risulta presente (tra 15 e 30 metri).

L'ampiezza della spiaggia è stata classificata secondo 7 classi:

5-10 metri
10-20 metri
20-40 metri
40-60 metri
60-100 metri
100-200 metri
>200 metri

Sempre in questo tratto la variazione della posizione della linea di costa, dell'ampiezza della spiaggia e della presenza di opere di difesa a mare, sono state analizzate principalmente sulla base dei supporti cartografici più recenti disponibili (al 1999) ed integrati da rilievi in campo morfo-topografici con stazione GPS differenziale effettuati nel maggio 2003. Ciò allo scopo di evidenziare variazioni di tendenza e, soprattutto, per rilevare l'ampiezza attuale della spiaggia e la posizione della linea di costa con una accuratezza molto superiore a quella possibile attraverso l'esame dei supporti cartografici disponibili. L'utilizzo di una stazione DGPS, utilizzata con una stazione fissa, posizionata presso gli stabilimenti balneari della Stazione di Marina di Chieuti, ed una mobile utilizzata per i rilievi in campo, consente di poter raggiungere la massima precisione del sistema con accuratezza posizionale centimetrica nelle coordinate piane e decimetrica nelle coordinate altimetriche.

Sono quindi stati effettuati profili dalla battigia al rilevato ferroviario in presenza di condizioni di interesse delle morfologie costiere indagate.

In questo tratto di litorale, l'entità dello spostamento della posizione della linea di costa è stato quindi elaborato in termini di velocità di spostamento in relazione al tempo considerato e, poi, comparato con l'ampiezza attuale della spiaggia tra battigia e piede della duna attiva (quando presente) al fine di evidenziare, in base al tempo necessario per presumere, credibilmente, la completa erosione del tratto attualmente occupato dalla spiaggia, diverse condizioni di suscettibilità all'erosione del litorale.

La diversa distanza tra la attuale linea di costa e la massicciata ferroviaria è stata quindi confrontata, spazialmente, con la velocità di arretramento allo scopo di poter avere una preliminare stima quantitativa delle potenziali condizioni di rischio di erosione costiera della attuale linea ferroviaria.

Ove possibile e rilevante sono state confrontate le entità di spostamento valutate su spazi temporali diversi per evidenziare, in particolare, accelerazioni del fenomeno di arretramento. Le classificazioni utilizzate tengono conto delle accuratezze e quindi dei limiti imposti dalle cartografie utilizzate.

PROBLEMATICHE DEL LITORALE TRA TERMOLI E RODI GARGANICO

L'area litoranea tra Termoli e Lido di Sole è caratterizzata da spiagge sabbiose interrotte dalle foci dei corsi d'acqua che le alimentano tra cui i principali sono i fiumi Biferno e Fortore, ed i torrenti Savino e Saccione, le cui foci sono per la maggior parte armate.

La dinamica naturale di questi sistemi è condizionata da: litologia, morfologia, idrologia e condizioni meteomarine.

Da secoli e con particolare intensità negli ultimi cinquanta anni, il sistema costiero pugliese è stato sottoposto a forte pressione antropica che ne ha determinato condizioni di grande instabilità e locale degrado. Inoltre, come nel resto di Italia, i grandi interventi di sbarramento con dighe di ritenuta realizzate in tutti i bacini tributari di questa area costiera,

insieme con la diffusa presenza di cave di prestito di inerti dagli alvei, hanno determinato una situazione di mancanza di apporti sedimentari di origine fluviale alla costa, inducendo un bilancio sedimentario negativo e rendendola estremamente più vulnerabile e sensibile agli effetti delle opere portuali e delle strutture di difesa ivi realizzate. Queste opere hanno alterato le condizioni idrodinamiche della costa impedendo il trasporto di sedimenti lungo riva (Mastronuzzi et al, 2002).

Ne consegue che l'area risulta interessata da fenomeni di arretramento evidenziati già negli studi condotti, nella seconda metà degli anni '80, dal CNR per la realizzazione dell'Atlante delle spiagge italiane.

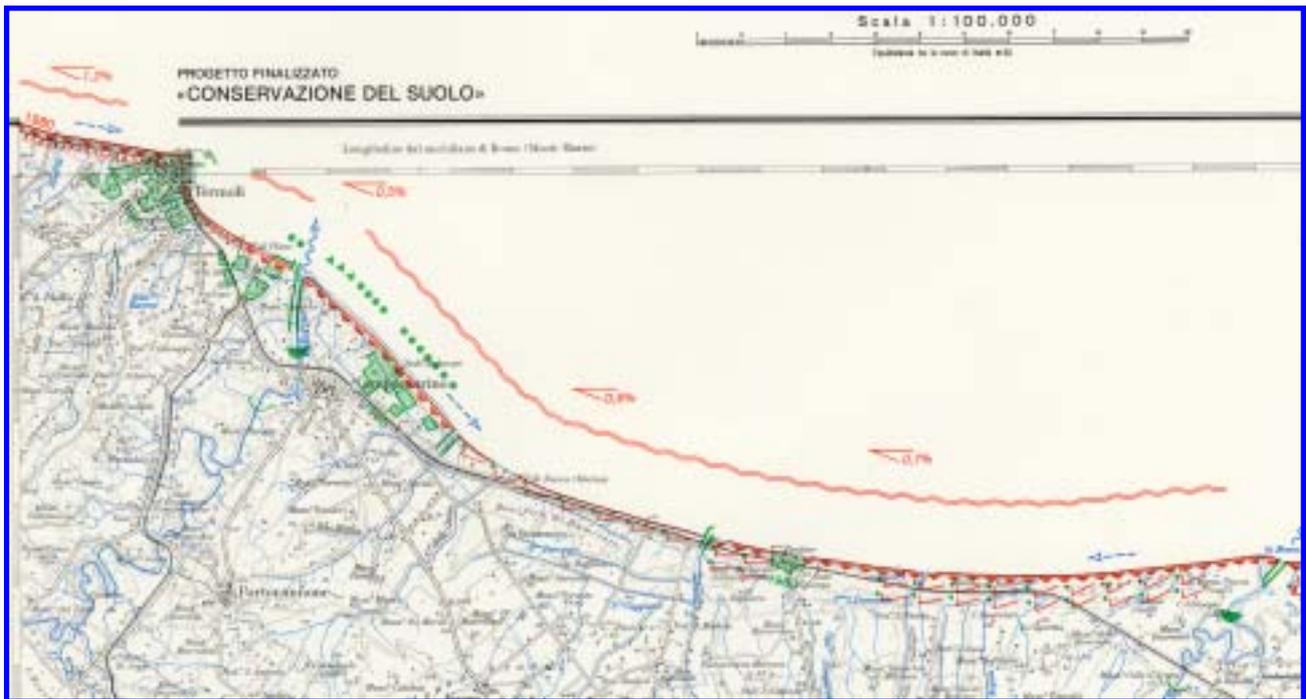


Fig.4 - Il tratto di costa di interesse nell'Atlante delle Spiagge Italiane, Foglio 155 -scala 1:100.000 (CNR-MURST, 1985)

In questo documento (Fig.4) risulta come, tra Termoli, a nord, e Campomarino, a sud, l'area litorale è interessata da fenomeni di arretramento; tra Campomarino e la foce del Saccione il litorale viene indicato come "stabile" e con presenza di ampi cordoni di dune costiere; nel tratto tra la foce del Saccione sino all'estremo margine orientale del foglio (che giunge a sfiorare la località Foce Nuova, foce del fiume Fortore) il litorale risulta nuovamente interessato da fenomeni di erosione e sono indicati i cordoni di dune costiere retrostanti che si sviluppano con continuità ed al cui interno si colloca il tracciato ferroviario tra la foce del Vallone delle Canne, a nord, e Marina di Fantina, a sud.

Il dettaglio della legenda è visibile in ALL1.

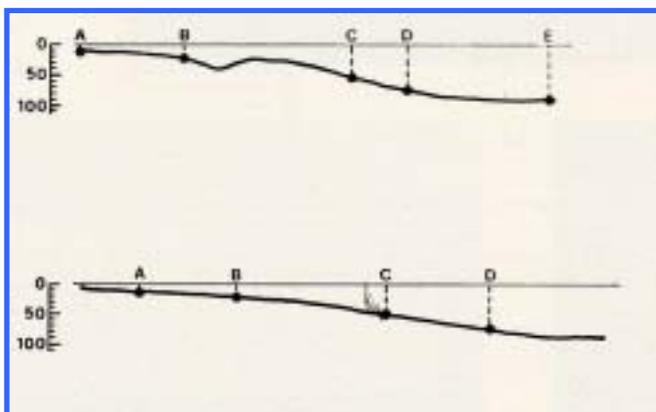


Fig. 5- Profili morfobatimetrici in corrispondenza del Lago di Lesina - da Ambrosiano et al., 1986.

I fenomeni di erosione non sono quantificati ed i cordoni dunari sono indicati con simboli dimensionali, cioè non relazionabili alle loro effettive dimensioni

areali. Nell'Atlante risultano presenti altre rilevanti informazioni: la pendenza della spiaggia sommersa, dalla battigia all'isobata 5 metri, che risulta, in questo tratto di costa, essere tra 0.6 e 0.7%. La zona presenta infatti profili batimetrici dolci da piana costiera. Al margine della zona di interesse sono stati reperiti alcuni profili morfobatimetrici effettuati negli anni '80 con rilievo ecografico montato su peschereccio (Fig. 5). In entrambi la batimetrica dei 100 metri risulta posizionata alla distanza di circa 15 km dalla linea di costa, e la pendenza aumenta gradualmente e regolarmente verso il largo (Ambrosiano et al, 1986).

RISULTATI: TENDENZA EVOLUTIVA DELLA LINEA DI COSTA TRA TERMOLI E RODI GARGANICO

In base al confronto tra le posizioni del limite di costa nei più datati documenti cartografici georiferibili disponibili per l'area (1:25.000 IGM), risalenti al 1954, e la cartografia georiferita disponibile a maggiore dettaglio, risalente al 1999, (1:10.000) è stato verificato lo spostamento di tale limite nell'intera Unità Fisiografica (UF) considerata. Lo scopo di questa fase allargata all'intera UF è la realizzazione di un'analisi di inquadramento generale del problema dell'erosione e dello stato del litorale esaminato.

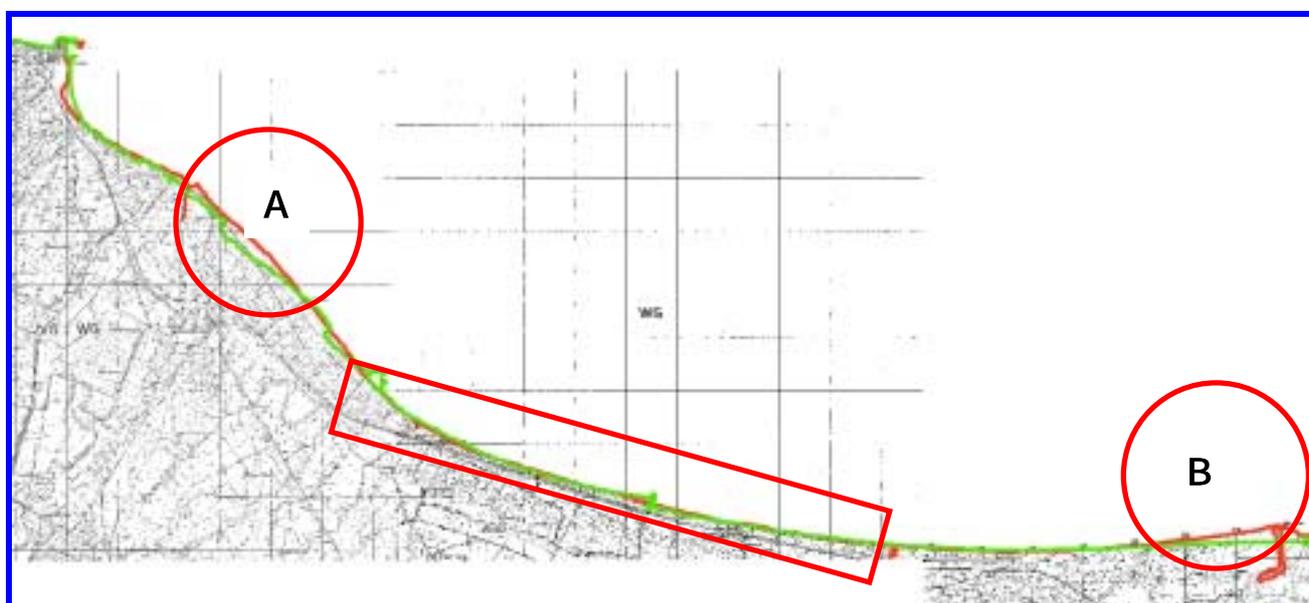


Fig. 6- Rappresentate sulla cartografia IGM le diverse posizioni della linea di costa nel 1954 (tratto rosso) e nel 1999 (verde). Nelle aree indicate dai cerchi, sono presenti fenomeni di arretramento più rilevanti i cui dettagli sono rappresentati nelle Fig. 7, 8; nel riquadro rosso l'area studiata nel dettaglio.

Si osservano fenomeni di arretramento nell'intero tratto esaminato ed essi assumono entità localmente consistenti come si può verificare nell'Al 2 che propone a scala 1:40000 i risultati dell'indagine. I tratti in arretramento prevalgono su quelli, pure localmente presenti, in avanzamento, sia per lunghezza di litorale interessato sia per entità del fenomeno.

Esaminando in dettaglio tale evoluzione si osserva come gli effetti di maggiore rilevanza siano connessi con la presenza di opere a mare realizzate alle foci dei corsi d'acqua o per difesa del litorale. Procedendo da nord si osserva (area A in Fig.6) come gli effetti delle opere portuali di Termoli abbiano indotto uno sconvolgimento, nel tratto sottocorrente (a Sud) inducendo, in un primo brevissimo tratto l'avanzamento del litorale (in circa 800 metri di lunghezza si ha un avanzamento di circa 180 metri) ma hanno anche indotto nei successivi 4 chilometri di costa, un vistoso arretramento con valori di oltre 250 metri oltre alla demolizione del delta del Fiume Biferno (fig. 7).

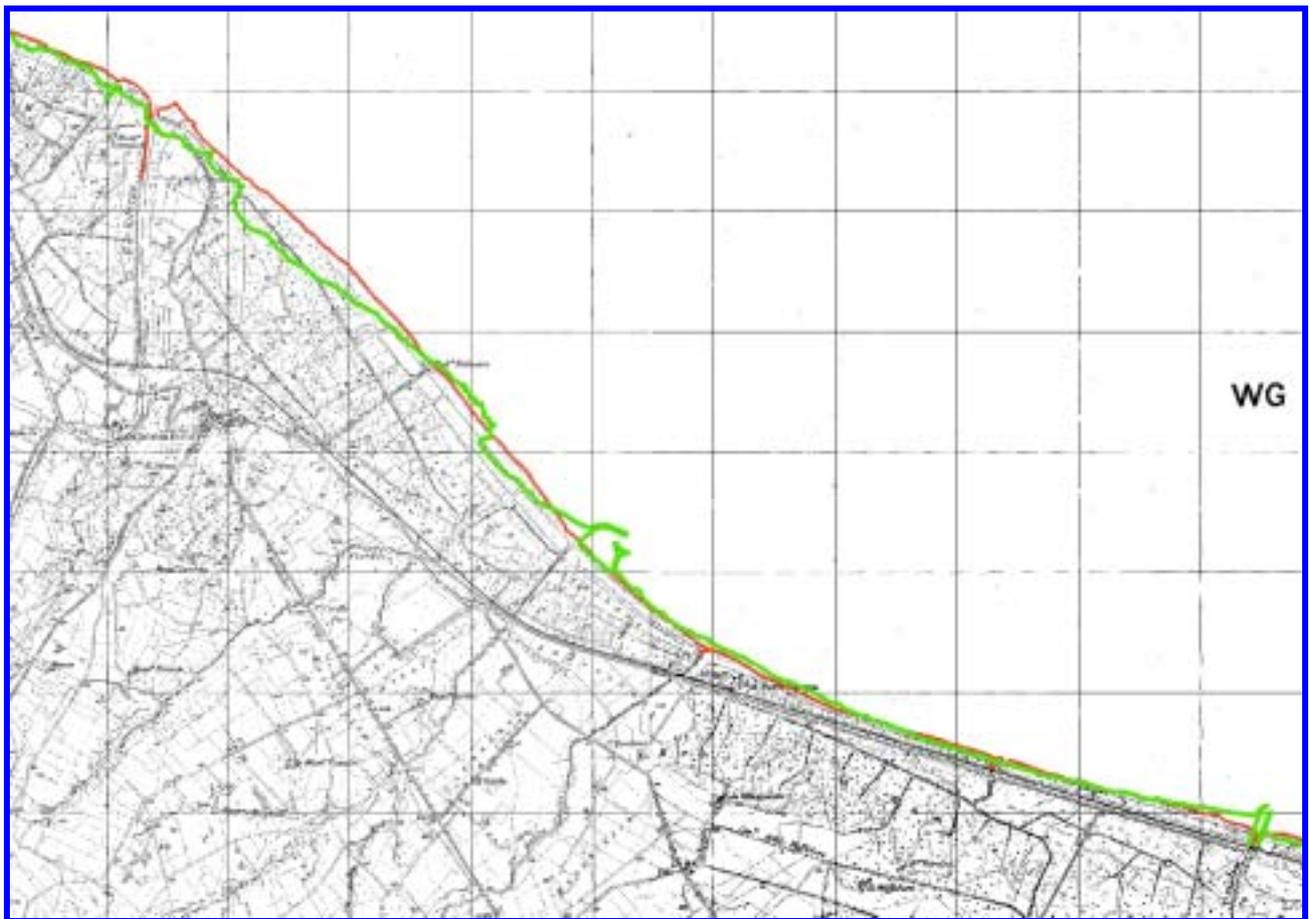
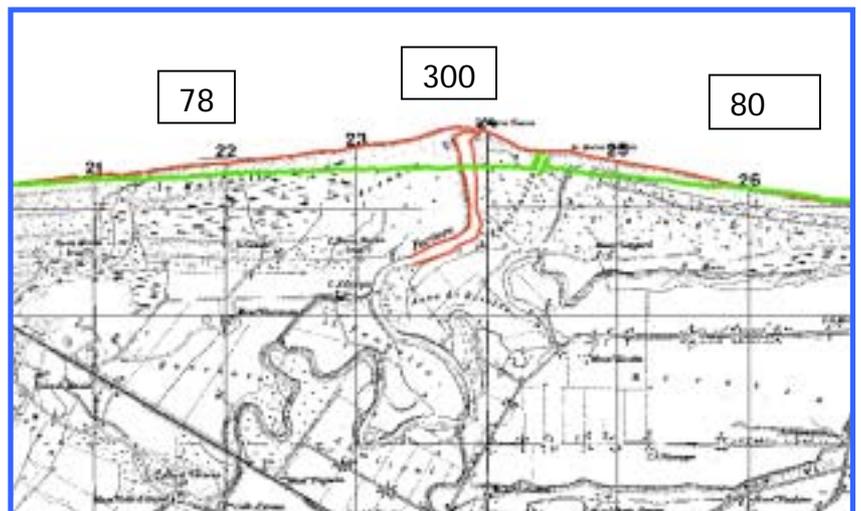


Fig.7-Particolare, indicato con A, in Fig.6- Arretramento costa tra Termoli e Campomarino connesso alle strutture del porto di Termoli.

Fig.8- Arretramento nell'area di Foce del Fortore (Foce Nuova). Particolare, indicato con B, dell'elaborazione generale descritta in Fig. 6. Indicati nei riquadri le entità degli arretramenti espressi in metri.



Nella zona litorale compresa tra Campomarino e Marina di Fantina appare come, più che nella restante area costiera, siano diffuse le evidenze di arretramento. In conseguenza a tale valutazione, unitamente al fatto già esposto, che qui la linea ferroviaria si trova alla minore distanza dalla costa, sono state concentrate le indagini e spinte al maggior dettaglio possibile, in questo contesto.