COMUNE DI GENOVA

aster
AZIENDA SERVIZI TERRITORIALI COMUNE DI GENOVA

UFFICIO PROGETTAZIONE A.S.TER

TITOLO: **PROGETTAZIONE DEFINITIVA PER L'AMPLIAMENTO E LA REALIZZAZIONE DI NUOVE SPIAGGE TRA IL CONFINE OCCIDENTALE DI GENOVA E CAPO CREVARI**

LIVELLO DI PROGETTAZIONE: **PROGETTO DEFINITIVO**

REV.	DATA	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
00	Ott. 2003	PRIMA EMISSIONE	Ing. G. Berriolo	Ing. P. Bellingeri	Arch. A. Airenti

AMMINISTRAZIONE PROPONENTE:
COMUNE DI GENOVA

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA - CALCOLI DELLE STRUTTURE

Allegato alla nota n. 85a del 24 FEB. 2004
Il Dirigente dell'Ufficio

R 08

SCALA:
-

RESP. UNICO DI PROCEDIMENTO:
Ing. Stefano Pinasco

RESP. UFFICIO PROGETTAZIONE:
Arch. Annamaria Airenti

COORDINATORE PROGETTO:
Ing. Paolo Bellingeri

GRUPPO DI PROGETTO:
Ing. P. Bellingeri
Ing. G. Berriolo
Ing. P. Bocca
Ing. S. Giordano

COLLABORATORI:
Tec. Cad. Gigliola Genta
Ing. R. Pioli

CONSULENZA GEOLOGICA:
Dott. Geol. G. Andreola

REDAZIONE MODELLO MATEMATICO E FISICO
Prof. P. Aminti - Università Firenze

STUDI SEDIMENTOLOGICI E GRANULOMETRICI
Prof. Fierro-Dott. Ferrari -DIPTERIS

RILIEVO BATIMETRICO
Nuova Idrocart

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
Ing. R. Burlando

NOME FILE:	NOME LAYOUT:	FILE STAMPA:
EC46-DEF-Rel Calcoli Strutturali.doc	-	EC46. ctb

CODICE COMMESSA	DOC.N.	SCALA DI STAMPA	FORMATO	FOGLIO - DI -
00EC046	DCR08	-	-	

INDICE

1 OGGETTO DEL LAVORO 1
2 L'ARTICOLAZIONE COSTIERA 1
3 ESPOSIZIONE MARITTIMA 2
4 LA SITUAZIONE ATTUALE 2
4.1 ARTICOLAZIONE COSTIERA ED ESPLORAZIONE DEI FONDALI. 3
5 ANALISI DELLA EVOLUZIONE RECENTE DELLA SPIAGGIA IN ESAME 5
6 IMPOSTAZIONE DEL PROGETTO 12
6.1 PENNELLO SCOGLIO NAVE 14
6.2 SETTO SOMMERSO 14
6.3 LA SECCA DI FALCONARA 15
6.4.1 Il tipo di struttura 15
6.5 LE SECCHE DI VESIMA 16
6.6 PENNELLI LUPARA 17
6.7 CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA ARTICOLAZIONE PROPOSTA 18
6.8 PROFILI E GRANULOMETRIE 19
7 PROVE SU MODELLO E STUDIO SEDIMENTOLOGICO 22
A)STUDIO SU MODELLO FISICO IN CANALE 23
B)STUDIO SU MODELLO NUMERICO 28
C)STUDIO SEDIMENTOLOGICO 29
8 DIMENSIONAMENTI STRUTTURALI 33
9 VALUTAZIONE DELLA QUANTITA' ANNUALE DI RIPASCIMENTO 45
APPENDICI 47

3 ESPOSIZIONE MARITTIMA

Lo "Studio dell'esposizione marittima", allegato al progetto preliminare, affronta il problema sotto i diversi aspetti e giunge all'individuazione del clima del moto ondoso.

L'esposizione è quella della parte centrale del golfo ligure, quindi aperta ad un vasto settore da S-W con fetches di oltre 800 Km, un settore Sud con fetches di circa 180 Km e uno da S-E di 200 Km circa.

Lo studio dell'esposizione, basato essenzialmente sui dati K.N.M.I ('61 –'81 e '86 – '98) ossia su un periodo trentennale, ha individuato una netta prevalenza dei mari da S-W con onde che, in mare aperto, possono superare i 6 m di altezza.

Il diagramma, riportato in allegato, illustra chiaramente i rapporti tra le tre agitazioni considerate. Nello stesso allegato si sono tracciati i piani d'onda per le due agitazioni estreme S-W e S-E che possono essere considerate come determinanti, per il regime della spiaggia (ed in particolare del trasporto detritico costiero) essendo l'agitazione da Sud, oltre che molto limitata, anche praticamente frontale.

Si sono prese in considerazione, nel progetto preliminare, le due agitazioni di intensità medio massima con persistenza dell'ordine di 10-12 ore/anno, ossia rispettivamente Ho = 4.50 m e Ho = 2.50 m.

Come si può vedere, i fondali antistanti il capo di Arenzano, determinano una marcata rotazione dei fronti d'onda da S-W, per cui le onde di questa provenienza si attenuano nel litorale oggetto dello studio da Est verso Ovest.

Di conseguenza, i fronti d'onda da S-W considerati, procedendo verso levante, aumentano di intensità da H di circa 2.50 m ad oltre 3 m, in corrispondenza dello scoglio Nave, mentre l'inclinazione passa da valori di 40° gradi a circa 30°.

La marea astronomica è di debole escursione (0,2-0,3m), la sopraelevazione del livello medio può raggiungere, durante le mareggiate, il valore di circa 0,5m.

4 LA SITUAZIONE ATTUALE

La situazione attuale già descritta in sede di progetto preliminare con i rilievi batimetrici e sedimentologici dell'Università di Genova e illustrata sinteticamente nella tavola n° 2 allegata al progetto preliminare, è stata nuovamente rilevata in sede di progettazione definitiva, con i rilievi batimetrici affidati alla Soc. Nuova Idrocart e nella relazione Sedimentologica affidata alla Università di Genova DIPTERIS.

4.1 ARTICOLAZIONE COSTIERA ED ESPLORAZIONE DEI FONDALI.

Allo scopo di acquisire una particolare conoscenza della morfologia e costituzione della parte sommersa si sono operate, nel mese di giugno del 2000, una serie di esplorazioni dirette del fondale estese alla fascia 0-5,6m.

Alla luce di quanto sopra, si descrive una panoramica dello scenario che offre la zona oggetto dell'intervento.

Procedendo da Ovest verso Est in località Lupara, immediatamente a levante dello sfocio del rio omonimo, si nota un tratto di scogliera con ghiaia su un fronte di circa 150 m, seguito da un arco di spiaggia ghiaiosa e poco profonda (foto n. 7-8 App.) appoggiata ad un promontorio roccioso.

La scogliera, nei giorni seguenti le mareggiate (anche limitate) è quasi completamente sgombra da ghiaie e permangono solo grossi ciottoli.

Nei periodi di calma, si depositano letti di ghiaia e anche ghiaietto fine con qualche chiazza di sabbia. Dinanzi ad essa, sul fondale, si osserva una vasta zona di scogli anche di grandi dimensioni.

Nel tratto successivo la spiaggia è stretta e ghiaiosa con variazioni di granulometria e di estensione a seconda delle agitazioni (vedi a questo proposito il cap. VI-5)

Segue un tozzo saliente molto riflettente ed eroso dal mare (Lastroni) su un fronte di oltre un centinaio di ml.

Dinanzi ad esso, le rocce native emergono dal fondale sabbioso intorno ai 3-4m, insieme a scogli e grossi massi.

Si apre quindi una piccola insenatura compresa tra il saliente descritto e uno successivo ormai coperto dalla scogliera a protezione della via Aurelia dinanzi al quale emerge lo scoglio "Aguglia".

Dinanzi alla spiaggetta si notano ammassi di scogli e chiazze di sabbia e ghiaia, lo scoglio Aguglia ha propaggini ramificate che emergono dal fondale di sabbia (foto n 5-32 App.)

Oltre, per circa150 ml, si svolge una possente scogliera a protezione della via Aurelia (in galleria artificiale a quota circa + 7m l.m.m.) e dinanzi ad essa, per una profondità di 5-10m, si nota il piede immerso della scogliera che termina nella sabbia, con qualche scoglio affiorante dal fondale (foto N.4 App.).

La via Aurelia si articola in questo tratto ad una quota di circa + 7 m.

5 ANALISI DELLA EVOLUZIONE RECENTE DELLA SPIAGGIA IN ESAME

E' molto importante, al fine della impostazione del progetto, esaminare la evoluzione della spiaggia sul litorale in relazione alla lenta erosione dei salienti, all' immissione di materiale di discarica nel circolo sedimentario e alla realizzazione di opere marittime che possano avere turbato o influenzato il flusso sedimentario lungo costa.

In base allo Studio dell' evoluzione storica del litorale, svolto dalla Università di Genova (DIP.TE.RIS.) e dalla visura di alcuni documenti d'epoca e foto aeree, fornite dalla Regione Liguria, si è potuta condurre una analisi dei processi evolutivi, estremamente utili ed indispensabili per la impostazione di un progetto di intervento.

In uno scenario di lento e diffuso processo erosivo di oltre un secolo, posto in luce dai confronti batimetrici riportati nello studio di cui sopra, s'inquadra un panorama complesso in continuo divenire che si cercherà di descrivere ed interpretare.

In linea naturale, come si è visto, il tratto di litorale in esame fa parte di una grande unità fisiografica che si estende da Varazze a Voltri.

A causa del netto prevalere delle agitazioni ondose da SW, i sedimenti, in questo ampio tratto, si muovono prevalentemente e quasi a senso unico, da ponente a levante.

Pertanto, in passato, questo litorale era sostanzialmente alimentato dai bacini di Rio Martino, Torrente Cantarena e minori, oltre che, in piccola parte, dall'erosione costiera, mentre le alluvioni del Lerone, in linea naturale, a stento riuscivano a superare Capo di Arenzano, come è stato dimostrato dall'assenza di ripercussioni sulla spiaggia di Arenzano, dopo la costruzione del porto.

Gli scarsi sedimenti presenti, prevalentemente ghiaiosi a causa della limitatezza dei bacini, erano catturati dalle piccole insenature che i salienti (sempre modesti) determinavano lungo la costa.

Perciò le successive insenature, assai poco profonde, per la presenza dell'alta ed incombente falesia rocciosa, ospitavano spiaggette ghiaiose.

L'evoluzione naturale della costa era determinata inizialmente dalla lenta erosione dei risalti rocciosi che, a causa dell'esposizione severa e della composizione

Con il volo '44 degli alleati l'assetto, costiero appare molto chiaro: iniziando da ponente, in località Lupara la sede ferroviaria appare già difesa da scogliera ma ancora orlata da spiaggia abbastanza ampia, specie nella parte orientale. La piccola insenatura in località Aguglia, ospita una spiaggetta, in localita Vesima Stazione si vede una spiaggia abbastanza ampia con falcatura quasi rettilinea, il grande masso, attualmente interrato, è sfiorato dal mare mentre il masso saliente sul piccolo promontorio di appoggio è completamente in mare (con mare calmissimo).

Nel tratto successivo di Falconara si distingue la scogliera a difesa della linea ferroviaria che occupa i due terzi del fronte a ponente, ma, dinanzi ad essa, si nota una piccola spiaggia, all'estremo di ponente, mentre nella parte centrale, si stende ancora un'esile striscia di spiaggia, proprio nel tratto più prominente retrostante la secca attuale (allora nettamente emergente come quella più piccola a ponente che oggi affiora appena).

E' inoltre chiaramente visibile la spiaggia presso lo scoglio Nave che appare più ampia e profonda rispetto alla situazione attuale con quattro scogli emergenti immediatamente a ponente dello scoglio Nave (oggi 3).

Guardando verso Arenzano la situazione è ancora quasi naturale ma sono già realizzati due pennelli fra Rio Martino e Cantarena con accumulo a ponente.

Con il volo regionale del '64, (periodo nettamente estivo e ancora con mare calmissimo) la situazione presenta qualche novità: oltre all'inizio della costruzione del porto di Arenzano, nel bacino del rio Lupara, si nota l'apertura di una cava, inesistente nel '44 (evidentemente connessa con la costruzione dell'autostrada).

La spiaggia di Lupara appare nettamente migliorata, rispetto al '44, con profondità molto maggiore a levante, contro il promontorio dei Lastroni. Evidentemente l'apertura della cava e la costruzione dell'autostrada, hanno prodotto effetti. Anche la spiaggia di Vesima appare migliorata.

A Falconara sembra che la scogliera F.S. sia stata rifiorita e la secca centrale, ancora emergente nel '44, è ormai sommersa ma, nonostante ciò, si riconoscono ancora le tre spiaggette viste sopra (anche quella dietro la secca).

La constatazione che, almeno in periodo estivo, sia persistente la spiaggia centrale, in corrispondenza della secca, indica senza dubbio che la secca determinava un accenno di tombolo rovesciando la falcatura.

Visto anche ciò che si è potuto dedurre dalle carte precedenti, è molto probabile, per non dire sicuro, che, a suo tempo, la sede ferroviaria sia stata posta sulla spiaggia, seguendone l'andamento (secondo i metodi dell'epoca).

Ma ciò che è più significativo, in questa situazione, è il fatto che la falcatura continua di spiaggia è nettamente rovesciata con la formazione di un netto avanzamento proprio in corrispondenza della secca ormai (già dal '64) completamente sommersa.

Si ripete, in sostanza ma più marcata, la situazione già osservata nel '44 e '64.

Più oltre verso levante, la spiaggia, sempre esistente, appoggiata allo scoglio Nave, è fortemente aumentata fino quasi a saldarsi con lo scoglio con un sottile tombolo.

Evidentemente la dose di alimentazione detritica fornita dalle due discariche delle F.S. ha determinato un eccezionale aumento del materiale detritico che, stappato ai fronti discarica dalle onde, veniva trasportato verso levante, saturando e superando ampiamente la capacità di trattenimento di sedimento consentito dalla debole articolazione del litorale.

La situazione all'estremo di levante mostra chiaramente come, già da tempo, il sedimento stesse ormai superando lo scoglio Nave verso levante.

Le foto aeree di dieci anni dopo (anno '83) offrono un ben diverso panorama. Ad Arenzano la discarica sulla sinistra dello sfocio del Cantarena è stata difesa da scogliera e trasformata in un piazzale, la spiaggia del Pizzo è in grave arretramento nonostante sia stato costruito un pennello al Pizzo e altri due più a ponente.

Evidentemente l'arresto dell'alimentazione diretta ed il riflesso operato dalla scogliera, hanno prodotto i loro effetti. Naturalmente, con la costruzione del pennello al Pizzo, vengono private praticamente della alimentazione le tre piccole spiagge nel tratto seguente fino a Lupara, che infatti appaiono fortemente ridimensionate.

In località Lupara, il fronte di discarica è arretrato, ma solo lievemente, rispetto al '73. Evidentemente l'arretramento del fronte e l'accumularsi sul fronte a mare del materiale più grossolano, secondo un processo di selezione ormai noto, ha drasticamente ridotto il gettito che può essere strappato e posto in circolo dal moto ondoso.

Questa situazione, unitamente all'effetto del molo del Pizzo, determina rapide ripercussioni sull'assetto delle spiagge a levante.

La spiaggia in località Lupara presso l'appoggio di levante si ritira nettamente rispetto al '73, la spiaggetta successiva, appoggiata allo scoglio dell'Aguglia ritorna alla situazione del '64, la spiaggia in località Vesima Stazione arretra e così pure quella in località Falconara che si assottiglia fino quasi a scomparire nella parte

Il pennello di Vesima è ridimensionato (evidentemente la struttura ha retto male l'urto del mare). Nell'inverno 1999-2000 per intervento dell'Amministrazione Provinciale il pennello è stato ricostruito e nei primi mesi del 2000, è stato effettuato un versamento di ripascimento (foto n.10 App.).

Nel tratto successivo la nuova sede Aurelia è stata già protetta da una nuova più massiccia scogliera per lo sviluppo di oltre 320 m. Rimane solo un piccolo lembo di spiaggia appoggiato allo scoglio Nave per uno sviluppo di circa 120 m.

Le analisi rese possibili dallo Studio storico, dalla cartografia e dalle successive foto aeree, confermano pienamente i risultati dello studio della esposizione e sedimentologico.

Esse offrono inoltre un prezioso panorama del meccanismo che ha determinato il divenire del tratto di costa in esame in presenza di un'alimentazione abbondante ma limitata nel tempo, anche in relazione al progressivo, seppur lento, fenomeno erosivo dei salienti ed alla costruzione di nuove strutture marittime.

In sostanza appare molto chiaro, dall'analisi che, nella situazione attuale dei salienti, non è certo possibile, anche in presenza di una forte alimentazione artificiale, determinare risultati di una certa importanza e neppure stabilizzare situazioni, anche solo paragonabili, a quelle viste nel '73.

Purtroppo il panorama che ci viene offerto dalle, purtroppo molto lontane, tra loro, nel tempo foto aeree, ci tratteggia un divenire in cui si è perduta la grande occasione di cambiare volto al litorale.

In effetti, se si fosse intervenuti allora con opportune opere per trattenere il materiale versato si sarebbero potuti raggiungere risultati di tutto rilievo. Viceversa il materiale versato è servito sostanzialmente ad un limitato ed effimero avanzamento delle piccole spiagge già esistenti, per ritornare, nel corso di una diecina di anni, alla situazione preesistente.

Con il prolungamento del pennello del Pizzo si è rinunciato, in cambio di un netto vantaggio a ponente, a quanto poteva giungere da ponente e con le due grandi scogliere realizzate in località Vesima Stazione e Falconara, si è instaurata un'azione di riflesso che minaccia di far scomparire anche quel poco che resta.

Né ovviamente è sufficiente a riequilibrare la situazione, la corretta costruzione del piccolo pennello a Vesima Stazione né i ripascimenti operati in una zona ormai squilibrata.

In primo luogo è necessario non solo ricostruire ma potenziare decisamente i salienti e le secche che, già limitati in origine, erosi dal mare negli ultimi secoli, costituiscono oggi le deboli strutture che, con i loro aggetti o rilievi rispetto alla linea di costa, consentono di trattenere le piccole spiagge ghiaiose.

In secondo luogo si tende a contrastare decisamente l'azione di riflesso che gli aggetti naturali, con la loro tozza e ripida forma, hanno determinato e che, purtroppo, è stata pericolosamente esaltata dalla realizzazione delle due scogliere a protezione della sede A.N.A.S.

Con il potenziamento dei salienti e con l'accorciamento dei fronti aperti si sono spezzati gli ampi tratti di litorale che, (come risulta dallo studio sedimentologico) attualmente, per azione di riflesso, determinano rip currents molto concentrate e quindi capaci di forti asportazioni di materiale.

Infine, dopo aver predisposto una nuova più efficace articolazione del litorale, atta a consentire la stabilizzazione di nuovi arenili opportunamente migliorati anche e soprattutto nel disegno di falcatura, si procederà alle operazioni di ripascimento.

L'alimentazione artificiale sarà operata in un primo tempo con versamenti diretti intesi a determinare un assetto, quanto più prossimo possibile al previsto.

Successivamente si dovrà tendere a concentrare in un unico punto, opportunamente scelto, ed attrezzato, i necessari versamenti di ripascimento.

A tale scopo dovrà essere articolato un sistema strutturale che, ad intervento ultimato (occorreranno ovviamente anni) consenta ai limitati sedimenti, anche artificiali, di superare gradualmente le strutture di appoggio per alimentare tutta la successione di spiagge.

D'altra parte, poiché come si è visto l'alimentazione naturale è oramai quasi inesitente, l'alternativa possibile sarebbe quella di separare nettamente tra loro i piccoli archi di spiaggia e provvedere quindi al ripascimento locale di ciascuno di essi.

Ciò evidentemente comporterebbe degli oneri ben più gravi sia per la scelta e selezione del materiale che per la relativa distribuzione e comporterebbe costi di impianto nettamente maggiori.

Ovviamente lo scoglio Nave, all'estremo di levante del tratto considerato, dovrà essere reso il più possibile insuperabile dai sedimenti (almeno fino ad una granulometria delle sabbie) e pertanto si è prevista la costruzione di un setto sommerso in prosecuzione dell'asse del pennello.

In sede di progetto preliminare detto setto era previsto in scogliera in base a quanto sperimentato con successo a Cecina.

Il setto sommerso in testata, realizzato in prefabbricati di calcestruzzo armato, a forma di T rovesciata con altezza di 1,50 m, e disposto in prosecuzione dell'asse del pennello (anche allo scopo di evitare turbolenze dovute al frangere di onde di mareggiata) avrà la funzione di completare l'azione del pennello in profondità, rallentando anche il flusso di materiali fini verso levante.

Per ottenere una continuità di tenuta tra il piede del pennello in scogliera ed il setto, si prevede di posare n. 6 sacchi da 2 mc di tessuto di polipropilene della capacità di 2 mc riempiti di sabbia.

6.3 LA SECCA DI FALCONARA

In corrispondenza della secca sommersa attualmente esistente proprio di fronte alla linea convessa della costa attualmente in scogliera, si prevede di costruire una nuova secca posizionata con ciglio a terra a circa 60 m dall'attuale piede della scogliera, realizzata mediante un cumulo di scogli naturali con ciglio a quota 0,0 l.m.m. su un fronte di circa 50 m.

Questa struttura, in base a quanto visto, è studiata in modo da rendere possibile, in presenza di adatto ripascimento, la formazione di un tombolo che determini un'articolazione della falcatura tale da stabilizzare una spiaggia (almeno inizialmente di ghiaia) che si estenda dinanzi all'attuale scogliera (opportunamente risagomata) con una larghezza dell'ordine di almeno 30-35 m (in periodo di mare calmo) per evitare il riflesso del moto ondoso anche durante le massime mareggiate.

E' necessario a questo proposito dire che questa impostazione risente nettamente della constatazione che l'andamento convesso della costa è un carattere nativo dell'antico assetto confermato dal fatto che, come si è visto, nella analisi della evoluzione della costa, negli anni '44-'64-e'73 dinanzi alla scogliera della ferrovia, arretrata rispetto all'attuale di circa 10 m, almeno nella stagione estiva, esisteva una spiaggia, la cui falcatura, per effetto della debole secca sommersa, era rovesciata con un accenno di tombolo.

La mantellata della struttura, interamente sommersa, sarà sistemata del tipo "aperto" per un migliore assorbimento del moto ondoso.

6.4.1 Il tipo di struttura

Questo tipo di struttura, che come vedremo sarà ripetuta anche a ponente, presenta una serie di vantaggi rispetto al tipo corrente di pennello.

Con la costruzione della nuova possente scogliera ANAS la spiaggia è arretrata decisamente, specie a ponente, (ruotando in senso orario) a causa del riflesso generato dalla stessa.

All'estremo di levante, l'azione delle onde contro gli scogli affioranti in battigia e le propaggini del promontorio, crea riflesso contribuendo ad impedire alla spiaggia di avanzare disponendosi secondo una normale falcatura.

Né la costruzione del piccolo pennello ha sensibilmente modificato la situazione. Esso ha certamente arginato leggermente la fuga di materiale verso levante e quindi, anche grazie al ripascimento, l'arretramento della spiaggia, ma proprio per l'azione di riflesso il suo effetto è alquanto blando.

Si prevede perciò, anche in questa posizione, di realizzare una struttura simile a quella proposta a levante. Anche in questo caso con mantellata del tipo "aperto".

Con una secca semiemergente su un fronte di una cinquantina di metri, posta ad una distanza di circa 60 m dal ciglio del promontorio, si conta di assorbire i moti ondosi incidenti rendendo possibile un avanzamento localizzato della battigia tale da rendere irraggiungibili dal moto ondoso le attuali superfici riflettenti e da riportare l'andamento della battigia alla forma concava.

Graduando opportunamente la saldatura a terra della nuova struttura sarà possibile dosare opportunamente il trasporto detritico alla quantità necessaria all'alimentazione della spiaggia di Falconara.

Analogamente all'altro estremo (scoglio Aguglia) si propone di realizzare ancora lo stesso tipo di struttura. Essa ha lo scopo di eliminare il riflesso attualmente prodotto dal risalto roccioso, enormemente incrementato e spostato verso levante, dalla nuova scogliera posta a protezione della via Aurelia

Il tombolo che potrà crearsi dietro la struttura, in presenza di adeguato ripascimento, e risagomatura della scogliera, dovrebbe consentire, anche con la rotazione della falcatura, di saldare la spiaggia dell'Aguglia con quella di Vesima stazione, costituendo un unico grande arenile che superi la scogliera.

Si consentirà con ciò la costituzione di un fronte arcuato di spiaggia secondo una marcata falcatura dominata dai due salienti semisommersi di estremità.

6.6 PENNELLI LUPARA

Procedendo ancora verso ponente si incontra il promontorio "Lastroni".

Per giungere al nuovo assetto, si è puntato sulla considerazione che, situazioni verificatesi in passato sono comunque sempre ripetibili, a patto di assicurare un'alimentazione corrispondente.

Pertanto, le falcature indicate, che, ovviamente hanno, per ora, carattere indicativo, sono state attentamente studiate in base alle successive posizioni assunte dalle linee di battigia, quali risultano dallo Studio storico e dalle successive foto aeree.

Ovviamente tenendo in conto la situazione che sarà determinata dai nuovi appoggi e dal nuovo regime di alimentazione.

In sostanza si prevede di realizzare circa 33.000 mq di nuova spiaggia assorbendo completamente l'area delle attuali scogliere (oltre 7.000mq) per cui, nella situazione finale, si disporrà di circa 50.000 mq di spiaggia.

6.8 PROFILI E GRANULOMETRIE

Per quanto riguarda i profili di spiaggia, esaminando l'andamento batimetrico nel litorale, si nota come le massime pendenze si raggiungano immediatamente a ponente dello scoglio Nave.

In effetti in questa zona si ha la più severa esposizione rispetto al rimanente litorale in quanto, procedendo verso levante, si fa più debole la protezione dalle massime agitazioni da S – W, da parte di Capo di Arenzano e fondali antistanti.

Non solo ma, come si è visto, a causa della brusca rotazione verso Nord della linea costiera, immediatamente oltre lo scoglio Nave, si manifesta, sulla parte appoggiata allo stesso, un forte richiamo di sedimenti che tendono a superare il risalto dello scoglio (vedi anche studio sedimentologico).

La spiaggia, nel tratto di un centinaio di metri a ponente, rispetto allo scoglio Nave, è poco profonda, in relazione alla esposizione, e in occasione di mareggiate, anche di modesta intensità, scompare quasi completamente in quanto le onde, superando anche la scogliera al piede, coperta da materiale sciolto, giungono a battere sul muro di sostegno della Via Aurelia e, anche a causa del riflesso, praticamente tutto il materiale costituente la spiaggia, viene asportato e spostato nel medio fondale (foto n.33-34-35).

I dati sedimentologici, riferiti al profilo medio invernale quali risultano dallo Studio DIP.TE.RIS. pongono in evidenza le caratteristiche dei sedimenti che la spiaggia assume in tale periodo.

Nel caso, la deposizione di sabbia avviene nella fase di stanca della mareggiata, ossia quando le onde non giungono più a battere sulla struttura riflettente. Il fatto però che la sabbia riesca a risalire indica che il profilo è anche alimentato da materiale relativamente fine.

Il profilo, nell'insieme, si presenta abbastanza regolare, costituito ovunque da materiale sciolto (salvo qualche affioramento sporadico di roccia).

In occasione di mareggiate, anche di normale intensità, le onde, come già visto, giungono a battere contro il muro della via Aurelia e quasi tutto il materiale della spiaggia emersa viene asportato e depositato nel medio fondale.

In tale fase ciò che rimane sulla battigia, a parte i grossi massi, è sostanzialmente ghiaietto da 5-10 mm circa e anche inferiore (foto n 35). Con il ritorno alla bonaccia, gradualmente viene ricostruito il corpo della spiaggia come visto sopra.

Tenuto conto dell'esposizione più severa, rispetto alle spiagge a ponente, come già accennato, questo stesso profilo sarebbe, a maggior ragione, stabile su tutto il litorale in questione.

Il costituire una spiaggia di questo tipo, con ampie falcature e con profondità tali da evitare che l'onda frangente giunga a battere su strutture riflettenti (con ciò si ridurrebbe notevolmente la granulometria nella spiaggia alta) sarebbe già un successo (si sarebbe, sui livelli della spiaggia occidentale di Mentone, foto n 45 App.).

Si ritiene anche in base allo studio sedimentologico, tuttavia che sia possibile ridurre decisamente la granulometria, pur rimanendo nel campo dei sedimenti misti, accettando un profilo decisamente più dolce.

Si è perciò, già in sede di progetto preliminare, preso in esame il profilo che si registra nella spiaggia di Spotorno (arco occidentale) in quanto abbastanza simile come esposizione marittima.

Questo profilo, caratterizzato da una spiaggia sufficiente ampia e tale da evitare riflesso, almeno in occasione delle ordinarie mareggiate, è caratterizzato da una disposizione che si può descrivere come segue:

<u>Dopo un periodo abbastanza lungo di bonaccia:</u>

parte alta della spiaggia:: sabbia 0.2 – 0.4 mm

striscia di 4 – 5 m dalla battigia: ghiaia e ghiaietto 0.5 – 20 mm con qualche elemento fino a 60-100 mm

battigia ghiaietto 20 – 0.5 mm

Prove su modello fisico e numerico e Studio sedimentologico per la realizzazione della nuova spiaggia di Vesima

A corredo del progetto esecutivo in corso di redazione da parte della ASTER, si sono svolti :

a) Presso la Università di Firenze, dipartimento di Ingegneria Civile:

Studio su modello fisico della dinamica evolutiva della spiaggia di Vesima

Studio su modello numerico della dinamica evolutiva della spiaggia di Vesima ed analisi degli effetti delle opere di difesa della costa.

b) Presso la università di Genova DIP.TE.RIS.

Studio sedimentologico

Il primo studio è consistito in una serie di prove in canale intese a valutare i possibili profili di equilibrio che potranno stabilirsi a seguito di versamenti di materiali di apporto di determinate granulometrie.

Il secondo studio prende in considerazione l'intero tratto costiero interessato dallo intervento, allo scopo di valutare il regime attuale e le modifiche allo stesso che saranno determinate dalle opere di difesa previste in progetto.

Lo studio sedimentologico, in una prima parte, indaga sulla dinamica sedimentaria nella situazione attuale su tutto il fronte del progetto, mentre in una seconda parte affronta il problema della stabilità dei profili di spiaggia in relazione con le granulometrie dei materiali di apporto.

A)STUDIO SU MODELLO FISICO IN CANALE

PREMESSA

Il progetto preliminare per la realizzazione della spiaggia di Vesima, prevede il versamento di complessivi 290.000 mc di materiale di apporto.

Si prevedeva di versare il 50% del totale iniziando con granulometrie comprese tra 100 e 30mm e proseguire con granulometrie più minute fino a circa 5mm e possibilmente oltre.

Il profilo adottato alla base del progetto per determinare le quantità, era, in linea prudenziale, quello relativo alla spiaggia di Spotorno (leggermente ghiaiosa) che

I risultati ottenuti con le 4 configurazioni sono riassumibili come segue:

Configurazione 1

Volume di apporto		mc/m 138
Avanzamento		20,7mm
Pendenza Profilo bagnato	0,0-3,0m	20,90%
""	-3,00-4,50m	40,20%
Distanza cresta – battigia		7,00m
Altezza cresta		+4,10m

Configurazione 2

Si sono sottratti 38 mc/m di materiale di apporto mantenendo invariata la granulometria e si è proceduto a sottoporre il modello alle stesse ondazioni usate in precedenza giungendo ad una nuova situazione :

Volume di apporto		mc/m 100
Avanzamento		15,80m
Pendenza Profilo bagnato	0,0-2,7m	20,50%
""	-2,70-4,00m	37,00%
Distanza cresta – battigia		8,00m
Altezza cresta		+4,00m

Configurazione 3

Alla situazione assestata di configurazione 2 si è aggiunto un volume di 38 mc/m di materiale corrispondente a 30 mm di diametro, riportando il volume a 138 mc/m e si è provveduto a spianare la cresta valutata in circa 10 mc/m.

Il volume relativo allo strato esposto al moto ondoso è quindi risultato costituito da una miscela tra 10 mc da 60 mm e 38 mc da 30mm con granulo medio di circa 36mm

Si è quindi proceduto agli attacchi ondosi, come nelle prove precedenti giungendo ad una nuova situazione:

Volume di apporto		mc/m 138
Avanzamento		20,02m
Pendenza Profilo bagnato	0,0-3,5m	12,86%
""	-3,5m-5,00	50,00%

L'avanzamento è quasi identico alla conformazione 1 ma il profilo bagnato passa ad una pendenza di quasi 13% circa fino a- 3,50m che aumenta al 50% fino ai –5m mentre la cresta si allontana dalla battigia e si abbassa a meno di 3m.

Con la configurazione n 4 si procede alla miscelazione preliminare del materiale che pertanto è costituito da una miscela tra i due materiali da 60mm e 30mm nelle proporzioni di 100mc e 38mc con granulo medio di 52mm.

La situazione finale è lievemente migliore rispetto alla precedente: L'avanzamento aumenta lievemente a 21m, il profilo bagnato diviene leggermente più ripido con pendenza del 13,40% mentre oltre i –3,50 aumenta al 28,00% e la cresta arretra ulteriormente fino a 14m e si abbassa di quota fino a circa 2m.

Dallo svolgimento delle prove si traggono i seguenti risultati:

a)Con materiali da 30 a 60 mm la pendenza del profilo bagnato è sempre superiore al 13 %.

Ciò significa che, con tali granulometrie, per ottenere gli avanzamenti previsti nel progetto preliminare, le quantità necessarie sarebbero molto inferiori (attorno al 50-60%)salvo calcoli più precisi in fase di elaborazione progettuale.

b) In tale situazione le perdite di materiale verso il largo sarebbero del tutto trascurabili.

c) Versando materiali di granulometrie più ampie si ottengono vantaggi sia per quanto riguarda l'avanzamento (e quindi la resa) il profilo bagnato, la posizione della cresta e la sua altezza.

d) le differenze relative al versamento di granulometrie inizialmente elevate per scendere a piu' fini nei tempi successivi, rispetto al versamento di materiali misti dallo inizio, sono molto modeste.

Il vantaggio di usare granulometrie ampie, già conosciuto in teoria, deriva dal fatto che la miscela granulometrica, pur rimanendo permeabile quanto necessario per permettere una buona percolazione del flutto di ritorno e quindi pendenze abbastanza sostenute nel profilo bagnato, consente una migliore distribuzione del sedimento sul lato asciutto del profilo (minore cresta).

E' interessante , dal punto di vista della ricerca confrontare le configurazioni n 3 e 4.

Esse differiscono solo per le diverse composizioni granulometriche:

Lo Studio su modello numerico dell'intero arco costiero relativo al progetto, è basato sulla situazione morfologica della costa e sulla sedimentologia dei fondali.

Esso ha confermato pienamente la natura del regime attualmente esistente quale era stato individuato con il progetto preliminare, caratterizzato da un flusso detritico da Ovest verso Est, pur ridotto rispetto alle condizioni storiche passate.

L'analisi dei moti ondosi, modificati dai fenomeni di rifrazione, ha accertato come già posto in luce dalle indagini di progetto, il regime di correnti da moto ondoso che determinano forti turbolenze per azione di riflesso, incentivando il flusso detritico in direzione Est, rendendo precarie le situazioni delle piccole spiagge.

Con l'analisi della nuova situazione determinata dalla realizzazione delle opere previste in progetto, si è in particolare constatato che:

L'inserimento delle nuove strutture determina una marcata attenuazione delle correnti "soprattutto nelle zone dove si formano i vortici che sono ridotti a minori estensioni essendo contenuti tra le strutture".

"L'evidente attenuazione del regime di correnti che si instaura su tutta la fascia".

Il modello evidenzia come le opere previste esercitino una influenza positiva (per la sedimentazione) su tutta una fascia aderente alla linea di costa interessata.

Il pennello Scoglio Nave è risultato idoneo a provocare accumuli nella fascia di riva in quanto può essere superato solo da sedimenti sottili.

In sostanza lo Studio ha confermato l'impostazione del progetto che prevede il sostanziale ripristino del regime esistente in passato con la ricostruzione e ampliamento delle strutture naturali per contenere il materiale di apporto e quindi consentire la creazione di nuove spiagge e l'ampliamento delle esistenti.

Il mantenimento del flusso detritico ma con una forte attenuazione dei volumi in movimento, consentirà di alimentare le spiagge dal "fronte di alimentazione" previsto, con volumi ridotti mantenendo l'equilibrio nonostante la diminuzione degli apporti solidi naturali.

C)STUDIO SEDIMENTOLOGICO

Lo studio sedimentologico, nelle sua prima parte, relativa alla distribuzione granulometrica, è giunta a conclusioni molto simili allo Studio, nella situazione iniziale, su modello matematico.

In particolare sono risultati convergenti le risultanze relative alle situazioni di riflesso che si verificano in corrispondenza delle scogliere a protezione dell'Aurelia e

una valutazione dei volumi di sedimento necessari secondo le varie ipotesi considerate nello Studio sedimentologico.

La tabella sotto riportata illustra i risultati ottenuti.

Profilo	Volume Tot [mc]	Volume I Stralcio [mc]
Spotorno	492.014	264.597
Dean 5mm	351.739	198.588
Dean 10mm	230.171	122.339
13%	225.456	110.020

Come si può osservare i volumi necessari per stabilire un profilo tipo Spotorno, risultano notevolmente maggiori rispetto a quanto previsto in sede preliminare 492.000 e 264.000 mc rispettivamente per progetto generale e I Stralcio contro 350.000 e 190.000 mc.

I volumi previsti nel progetto preliminare sarebbero sostanzialmente rispettati usando materiale con D50 = 5mm (ossia con una granulometria compresa tra 2 e 8mm).

Si ritiene tuttavia opportuno, per ridurre il volume necessario ed per ottenere un primo stato di equilibri, adottare nel progetto definitivo una granulometria D50= 10mm con la quale risulterebbe possibile ottenere gli avanzamenti previsti con volumi di 230.000 e 122.000 mc rispettivamente per progetto generale e I Stralcio.

Resta evidentemente aperta la possibilità di migliorare la granulometria nel seguito della vita della spiaggia.

Tuttavia già con un D50 =10mm, che corrisponde ad un fuso tra 3 e 15mm circa, la spiaggia avrebbe caratteristiche simili alla attuale situazione che si può osservare sul lato Vesima Stazione che pare del tutto accettabile.

Per quanto riguarda il lato operativo,per l'alimentazione della spiaggia di Vesima sarà opportuno iniziare a versare materiale molto grossolano in modo da ottenere forti avanzamenti iniziali con quantità relativamente limitate di sedimento.

Nel seguito per migliorare la situazione saranno necessari versamenti di materiale progressivamente più sottile, che nell'ambito del progetto raggiungeranno la granulometria D50=10mm, ma nel seguito potranno anche scendere oltre che potranno raggiungere, e, con il tempo, superare lo 0,25mm (almeno con l'estremo del fuso).

Concludendo si prevede di versare inizialmente circa il 50% del volume necessario di materiale con granulometria compresa tra 100 e 5mm con possibilità di superare questi limiti con l'attenzione che l'eventuale quantità di materiale più sottile non andrà a contare nel volume previsto con il fuso granulometrico adottato (D50=10mm) ed ovviamente con le tolleranze per materiale inferiore a 0.0625 mm che saranno concesse dall'Amministazione Regionale per la salvaguardia ambientale.

E' pertanto possibile che almeno per questa fase, (ma forse anche per la successiva) sia possibile ricorrere a materiali risultanti dalla sistemazione di corsi d'acqua.

In fase di completamento dei versamenti sarà opportuno cercare di avvicinarsi quanto più possibile alla granulometria prescelta (D50=10mm) sempre con l'attenzione ai volumi utili di cui sopra, per costituire la coltre superiore della spiaggia.

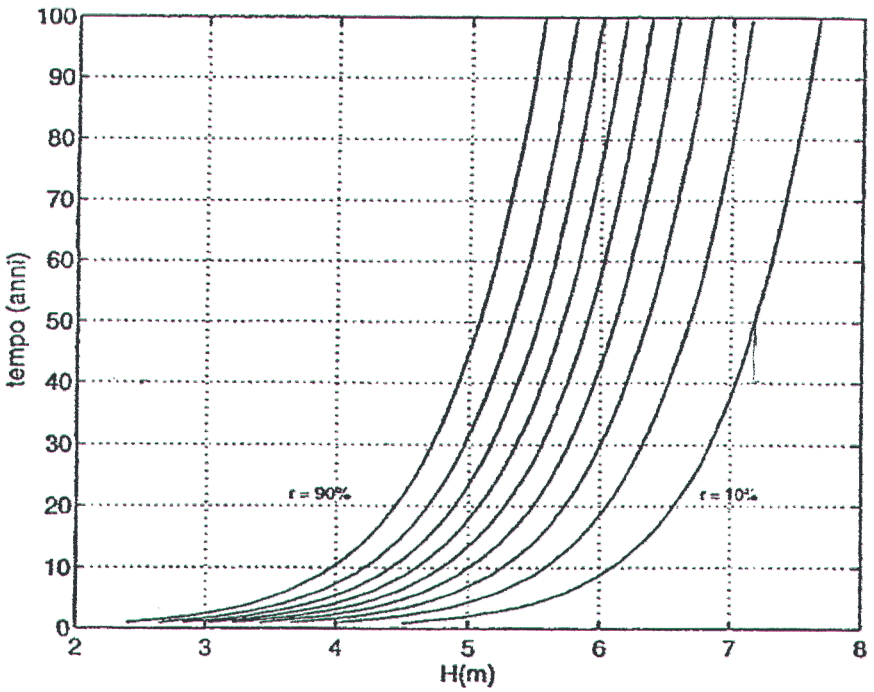
Per le norme igieniche si dovranno rispettare i criteri previsti dalle Norme ARPAL relative alla disciplina dei rinascimenti delle spiagge (ved. "Protocollo relativo ai criteri di campionamento e valutazione del materiale destinato a ripascimento stagionale degli arenili").

8 DIMENSIONAMENTI STRUTTURALI

CALCOLO DI STABILITA' DELLE STRUTTURE MARITTIME

Lo studio dell'esposizione marittima, condotto nel corso della progettazione preliminare, ha evidenziato come le massime agitazioni ondose provengano dal settore centrale del III quadrante.

Per quanto riguarda le relazioni tra altezza, periodo e lunghezza d'onda si utilizzano le correlazioni fornite da Leopoldo Franco (A.I.P.C.M. 1977).



Esse sono relative alle onde provenienti dal settore 150-210° N e sono basate sulle misure dirette ottenute dalla Boa ondametrica di La Spezia:

Periodo di picco $T_p = 4{,}93\sqrt{H_s}$ $L_o = 1{,}56 \times T_o^2$ e pertanto, nel caso, l'onda proveniente dal settore di massima traversia (zona centrale del III quadrante) ha le seguenti caratteristiche:

Onda di Libeccio

H_o=5,00m $T_o = 4{,}93\sqrt{5} = 11''$ $L_o = 1{,}56 \times 11^2 = 188$m da 225° N

Si è quindi proceduto al tracciamento del piano d'onda per questa ondazione giungendo a determinare l'intensità H_b dell'onda incidente le strutture in fondale di circa 10m

$H_b = 5{,}00\sqrt{8/15} = 3{,}65$m (Vedi Figura 1 in Appendice)

La massima ondazione considerata proveniente dal III quadrante si presenta perciò, in corrispondenza delle strutture con le seguenti caratteristiche:

$H_b = 3{,}65$ m $T_o = 11''$

Non si prende in considerazione la provenienza da 120° N in quanto nel caso il fetch fino ad oltre 130° N non supera i 160km .

Considerando il periodo di picco come in precedenza si ha:

$$Ho=4,40m \ ; \ To=10sec \ ; \ Lo=156m$$

Procedendo al tracciamento del piano d'onda (Vedi Figura 2 in Appendice) risulta:

$$H_b = Ho\ 4,49\sqrt{25/28} = 4,18m \text{ essendo } m = 0,05$$

Applicando ancora Goda (Grafico 1 in Appendice)

$$H_b/L_0 = 4,18/156 = 0,027$$

Nel grafico, quindi, si media tra 0,02 e 0,04 :

Pennello Scoglio Nave: $d/H_b = 11/4,18 = 2,63$ risulta $H_{1/3} / H_b = 1,00$
$H_{1/3} = 4,18m$

Secche: $d/H_b = 6/ 4,18 = 1,43$ risulta $H_{1/3}/ H_b = 1,00$
$H_{1/3} = 4,18m$

Frangimento

Dal Grafico 2 in Appendice (Shore Protection) con

$H_b/gT^2 = 4,18 /9,81x10^2 = 0,0043$; $m=0,05$

si ottiene $\beta = 0,98$, $d_b/H_b = 0,98$, $d_b = 0,98 \times 4,18 = 4,09m$ che corrisponde al minimo fondale in cui può iniziare il frangimento.

E anche $\alpha = 1,5$ $d_b /H_b = 1,5$ $d_b = 1,5x4,18 = 6,27m$ che corrisponde al fondale massimo in cui può iniziare il frangimento.

Pertanto il frangimento può iniziare tra i fondali di 4,09 e 6,30m .

Tuttavia occorre considerare che ciò è valido nel caso di strutture non tracimabili.

Nel caso in esame essendo la testata molto bassa (a solo + 0,50m l.m.m.), la struttura è ampiamente tracimabile con testata a quota + 0,50m l.m.m., anche a causa della struttura di mantellata sistemata di tipo chiuso.

In "Progettazione e gestione degli interventi di difesa costiera" di Ing. Andrea Ferrante del CSLLPP, secondo il procedimento proposto da Van Der Meer, si consiglia, per onda frangente in caso di strutture ampiamente tracimabili di aumentare fino al doppio il coefficiente K_d il che corrisponde a dimezzare il peso dei massi.

Nel caso di onda non frangente la raccomandazione non è applicabile. Occorre tuttavia tenere conto che, senza dubbio anche nel caso, una parte non trascurabile dell'energia dell'onda non si dissipa sulla mantellata in quanto la massa d'acqua si riversa oltre la struttura.

Si è quindi adottato il coefficiente K_d =3,00 e con $\cot\alpha$ = 2,5 pertanto:

$$P = 2{,}7 \times 4{,}18^3 / K_d \, (2{,}63 - 1)^3 \, \cot\alpha = 6{,}15\,t$$

Si adotta pertanto una mantellata di massi naturali da 5 a 7t .

Lo spessore del doppio strato risulta $S = 2x(6/2{,}7)^{(1/3)} = 2{,}50$ m

Il peso dei massi si dimezza a profondità superiore all'altezza dell'onda incidente (secondo Shore Protection Manual) e quindi da – 5m.

La sistemazione della mantellata per la parte emergente e fino almeno a quota –1m sarà del tipo chiuso anche per facilitare la tracimazione.

Corpo del pennello di scoglio Nave

Il corpo del pennello è strutturato attorno alla roccia nativa di Scoglio Nave che si protende in mare fino a sfiorare la futura testata del Pennello.

Il nucleo della struttura è pertanto estremamente stabile ed in conseguenza non esiste pericolo di rovina della struttura ma solo quello di danni minori.

Il frangimento dell'onda provocato dalla testata e dai vicini scogli affioranti determina una rapida flessione dell'energia incidente che si valuta del 20% assumendo H_b=3,5m e, tenendo anche conto che la struttura è tracimabile, si assume per K_d il valore di 3 e per Cotα il valore 1,5.

Tenendo conto che la struttura è tracimabile (essendo la testata a + 1,00m) si adotta per K_d il valore 3 e per Cotα = 2

$$P = 2{,}7 \times 3{,}10^3 / 3\,(2{,}63 - 1)^3\ 2 = 3{,}10\,t$$

Essendo $S = 2(3/2{,}7)^{(1/3)} = 2{,}10m$

Si prevede pertanto una mantellata di massi naturali di cava in doppio strato da 2-4 t con pendenza 1/2 e spessore S di 2,10 m fino al piede.

Per i corpi dei pennelli che si trovano interamente entro la linea di riva si assume Cotα = 2/3 con mantellata di massi naturali di cava da 2-4 t e spessore 2,10m.

La mantellata sarà sistemata del tipo piuttosto aperto per ottenere un migliore assorbimento del moto ondoso.

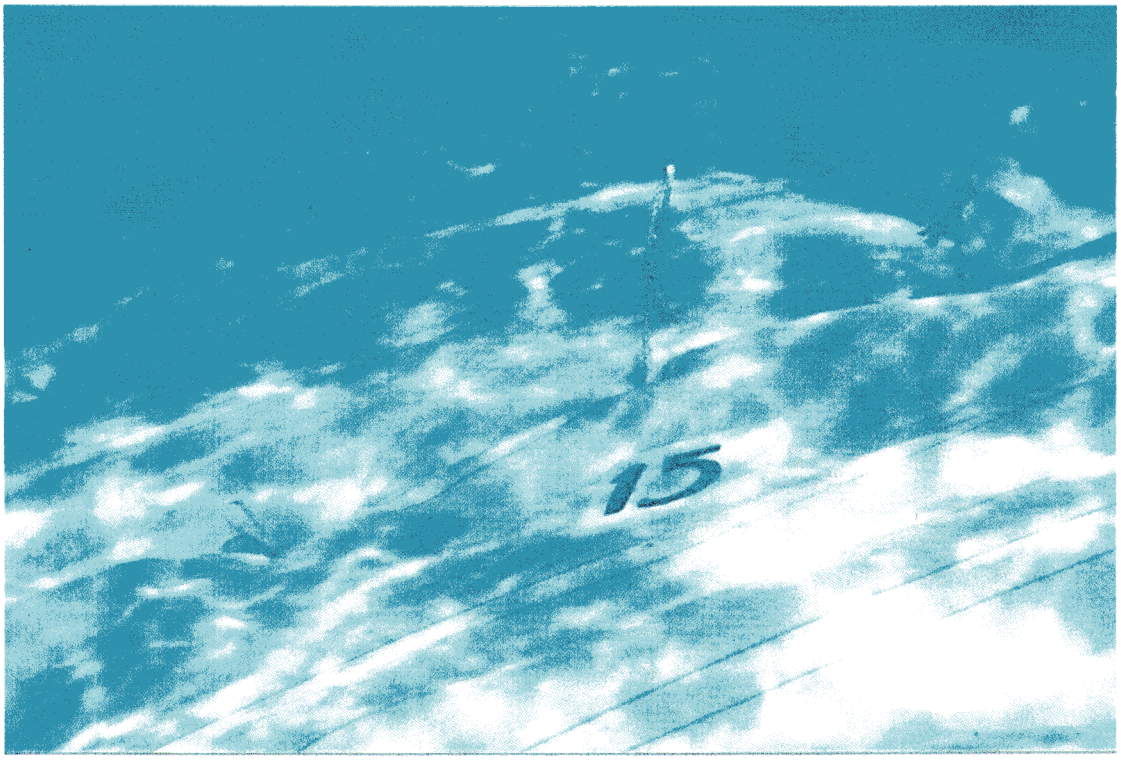


Foto1: setto sommerso in sacchi appena posato.

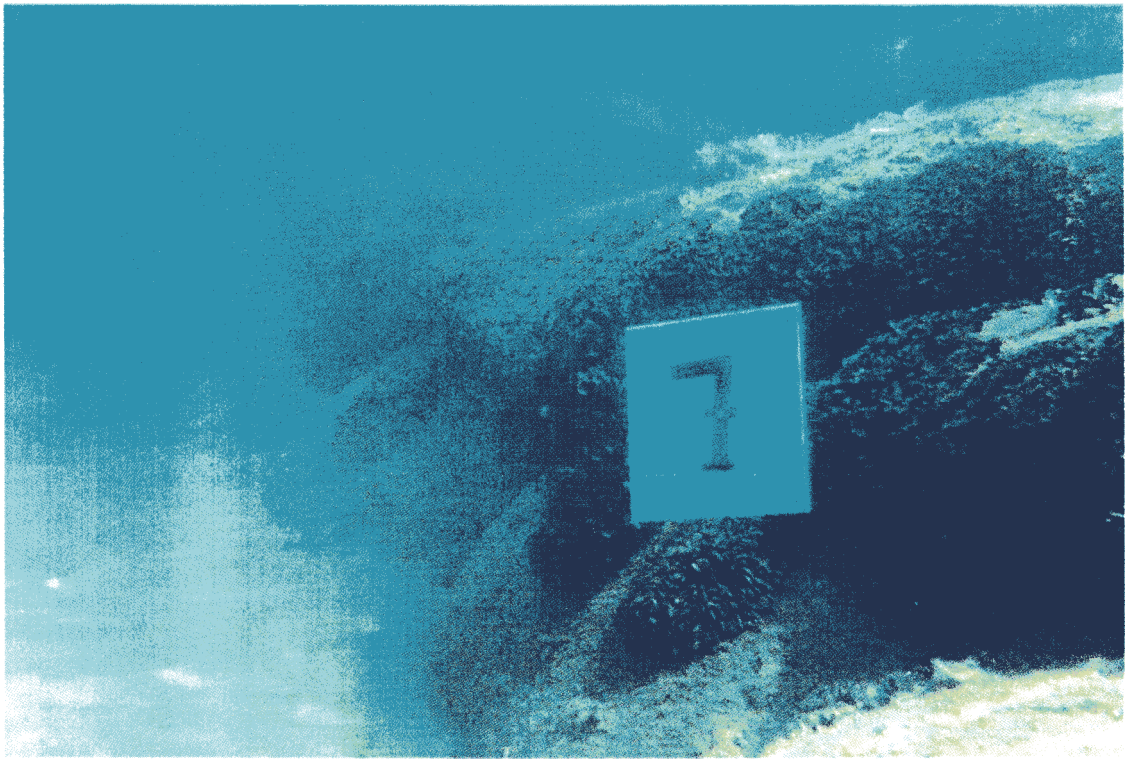


Foto2: setto sommerso in sacchi a due anni dalla posa.

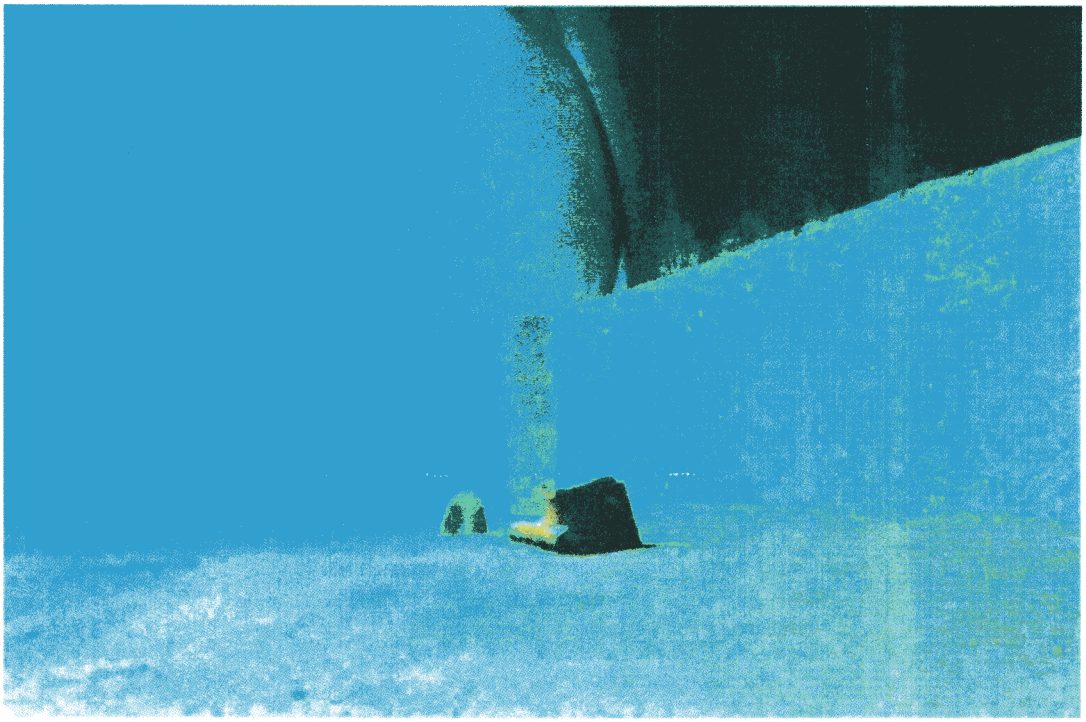


Foto 3: setto sommerso in prefabbricati di cls appena posato (particolare accostamento elementi ed ancoraggi).

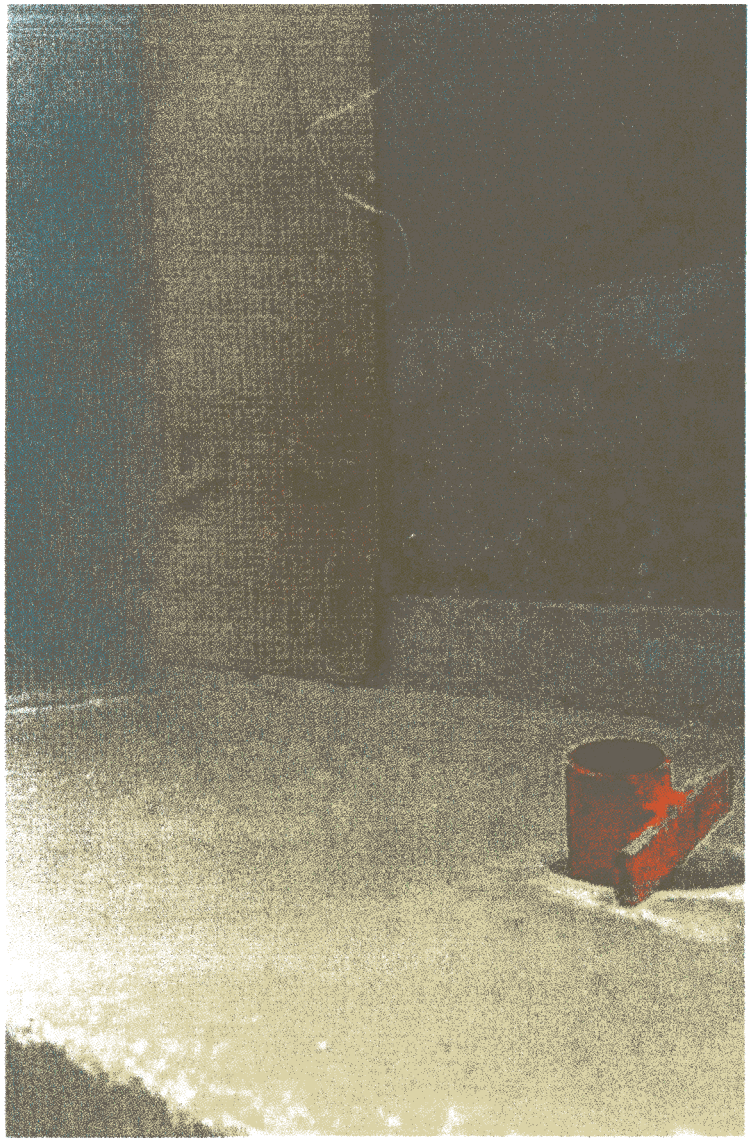


Foto 4: particolare lastra di collegamento ed ancoraggio

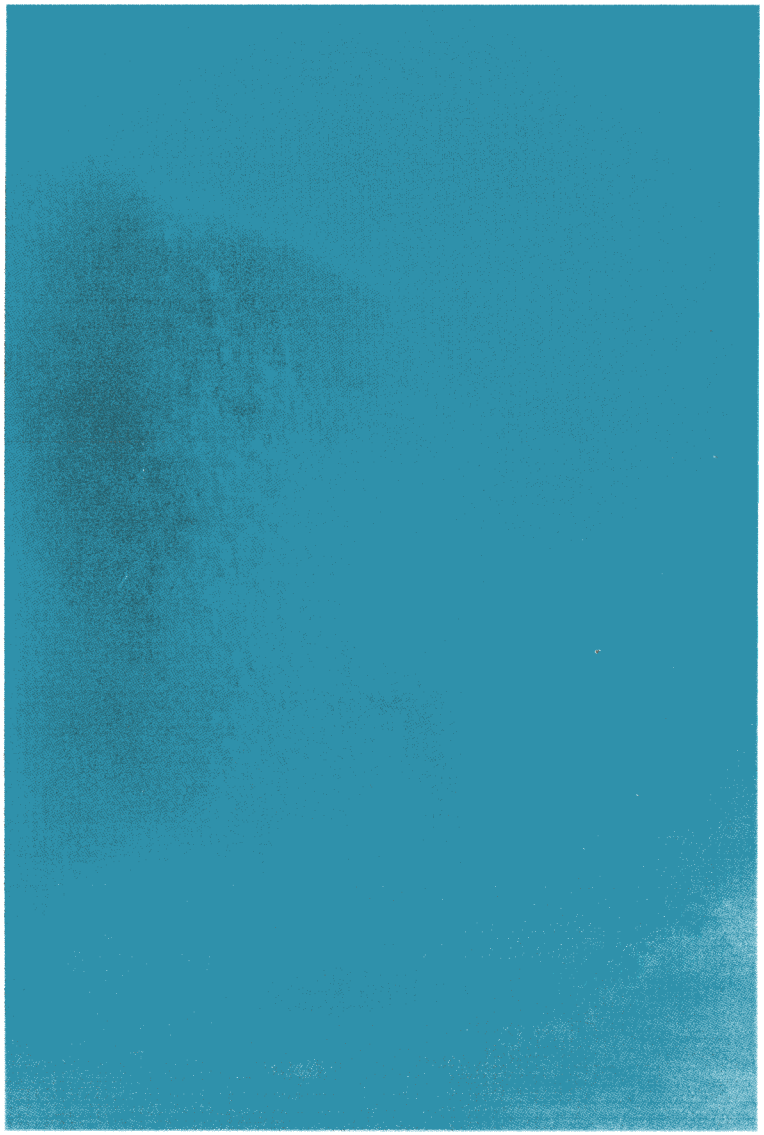


Foto 5: setto cls a 3 anni dalla posa

Foto Terracina

Il setto sommerso è realizzato, come si è visto in elementi prefabbricati in calcestruzzo armato a forma di T rovesciata dello spessore di 15-20 cm e della lunghezza di 6m.

Il peso di un elemento risulta pertanto di circa 10 t .

Detti elementi saranno posati sul fondo secondo l'allineamento previsto. Il collegamento tra gli elementi sarà ottenuto per mezzo di lastre metalliche aventi lo scopo di assicurare la continuità e la tenuta (al transito di sabbie) tra gli elementi (ved. foto, particolari più dettagliati saranno proposti in fase esecutiva).

La stabilità degli elementi, essendo essi posati normalmente alla direzione di propagazione delle onde di maggiore altezza, non desta preoccupazioni anche tenuto conto del fondale di posa elevato.

Tuttavia è previsto il fissaggio al fondo per mezzo di quattro ancoraggi con tubi in acciaio di 2m infissi nel fondale (attraverso appositi fori) per mezzo di getti di acqua in pressione.

Due elementi tuttavia potranno essere lasciati privi di ancoraggi allo scopo di valutarne la stabilità in vista di future applicazioni.

9 VALUTAZIONE DELLA QUANTITA' ANNUALE DI RIPASCIMENTO

Come si è visto, il litorale compreso tra Arenzano e lo scoglio Nave, è alimentato naturalmente, oltre che dall' insignificante prodotto dell' erosione costiera, dai bacini di rio Martino, Cantarena, rio Vesima e minori, per complessivi 38 kmq circa, costituiti quasi esclusivamente, da calcescisti prasimiti, come risulta dallo Studio Sedimentologico.

Operando secondo il metodo di Gavrilovic-Zembjic, il trasporto solido sedimentabile, alla foce di questi corsi d'acqua, è valutabile in circa 5000 mc\anno.

Tenuto conto del tragitto in mare tra le foci ed il fronte delle spiagge, si può prudentemente stimare in non più di 5000 mc\anno il materiale che originariamente alimentava queste spiagge (grosso modo nella situazione anteguerra).

Come dimostra lo Studio Storico, tale quantità, era allora, ossia prima delle trasformazioni introdotte, per azione umana, (pennello al Pizzo, scogliere ANAS e piccolo pennello a Vesima) sufficiente a mantenere le piccole spiagge allora esistenti di Lupara, Aguglia, Vesima stazione e Falconara, pur esistendo già dal 1944 (e quindi probabilmente da parecchi anni innanzi) il pennello in sponda destra del Cantarena.

APPENDICI



N 1: La spiaggetta appoggiata allo scoglio Nave



N 2 Come sopra dalla scogliera ANAS

AGOSTO '99 durante una leggera agitazione



N 3 :La spiaggia di Vesima Stazione dal promontorio Aguglia

AGOSTO '99 durante una leggera agitazione



N 4 :Come sopra dalla scogliera ANAS



N 5 : La spiaggetta dell'Aguglia da ponente (Si confronti con foto n 32)



N 6:: Come sopra Il sedimento è grossa ghiaia.

AGOSTO '99 durante una leggera agitazione

N 7 :La spiaggia di Lupara dal promontorio Lastroni. Sullo sfondo la vecchia discarica F.S

AGOSTO '99 durante una leggera agitazione

N 8 : La spiaggia di Lupara da ponente [illegible] F.S. Si noti la ghiaia e scogli



N 9 :La spiaggia dello scoglio Nave da ponente



N 10 :La spi ggi di Vesim : Staz

03\MARZO\2000 : Inizio del ripascimento (leggera agitazione)



N 11 :Vesima Stazione presso il promontorio Bonetti. Si inizia il ripascimento



N 12 :Vesi... Stazio... da l... ...o del ripa...mento

03\MARZO\2000 : Inizio del ripascimento (leggera agitazione)

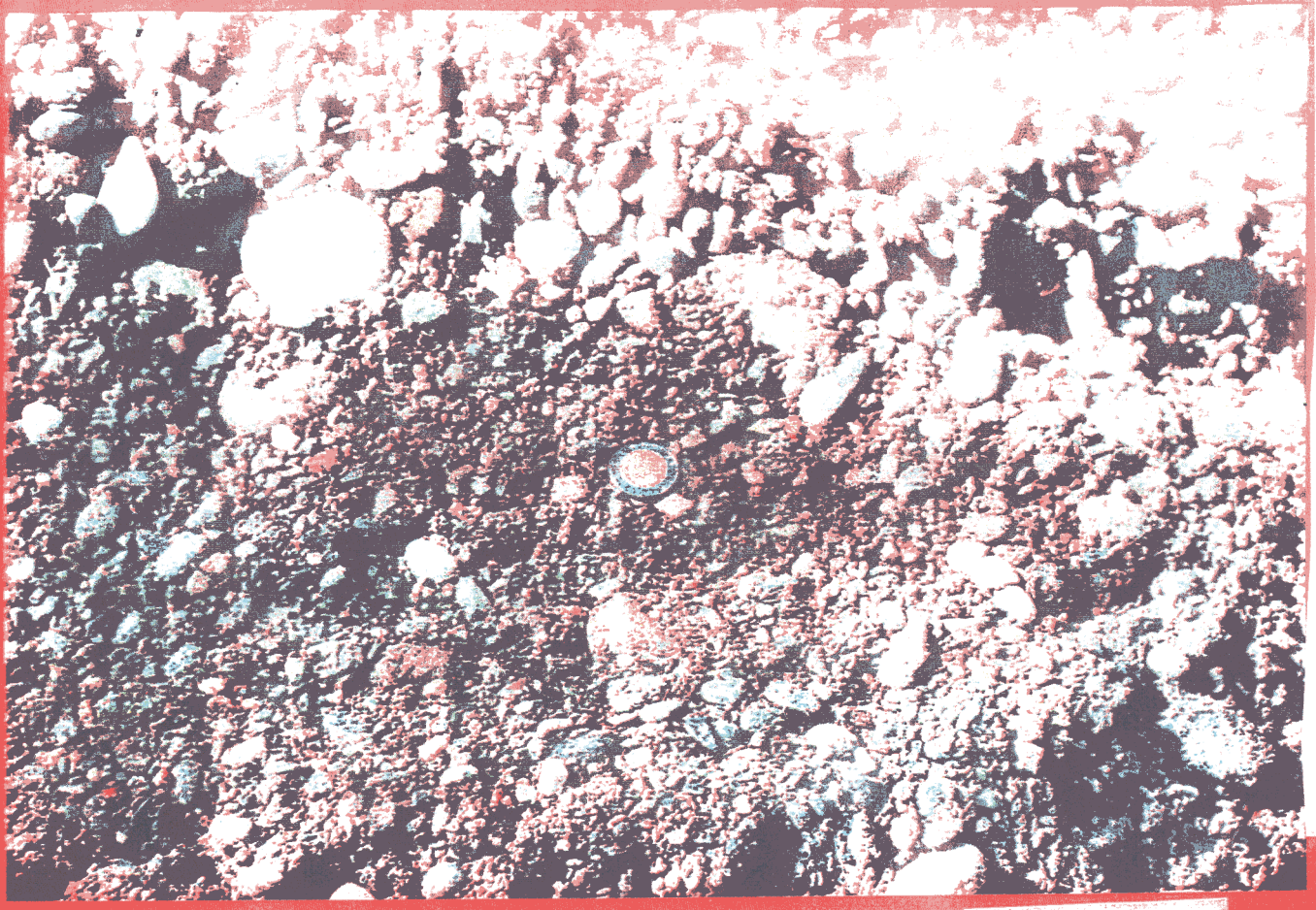


N 13 : Vesima Stazione dal promontorio Bonetti. In primo piano il versamento.



N 14 : Vesima stazione dalla scogliera ANAS.

03\MARZO\2000 : Inizio del ripascimento (leggera agitazione)



N 15 : Vesima Stazione : particolare del materiale di ripascimento. Notare la moneta.



N 16 : Vesima Stazione : Il ve[illegible] a mare.

03\MARZO\2000 : Inizio del ripascimento (lavoro svolto in

20\MARZO\ 2000. Versamento in corso.



N 17 : Vesima Stazione : Versamento in corso



N 18 : Vesima Stazione : Versamento in corso.

20\MARZO\ 2000. Versamento in corso.

N 19 :Vesima Stazione : Versamento in corso.

N 20 :Vesima Stazione:Il materiale.(il portamonete misura 9x9 cm)

20\MARZO\ 2000. Versamento in corso.

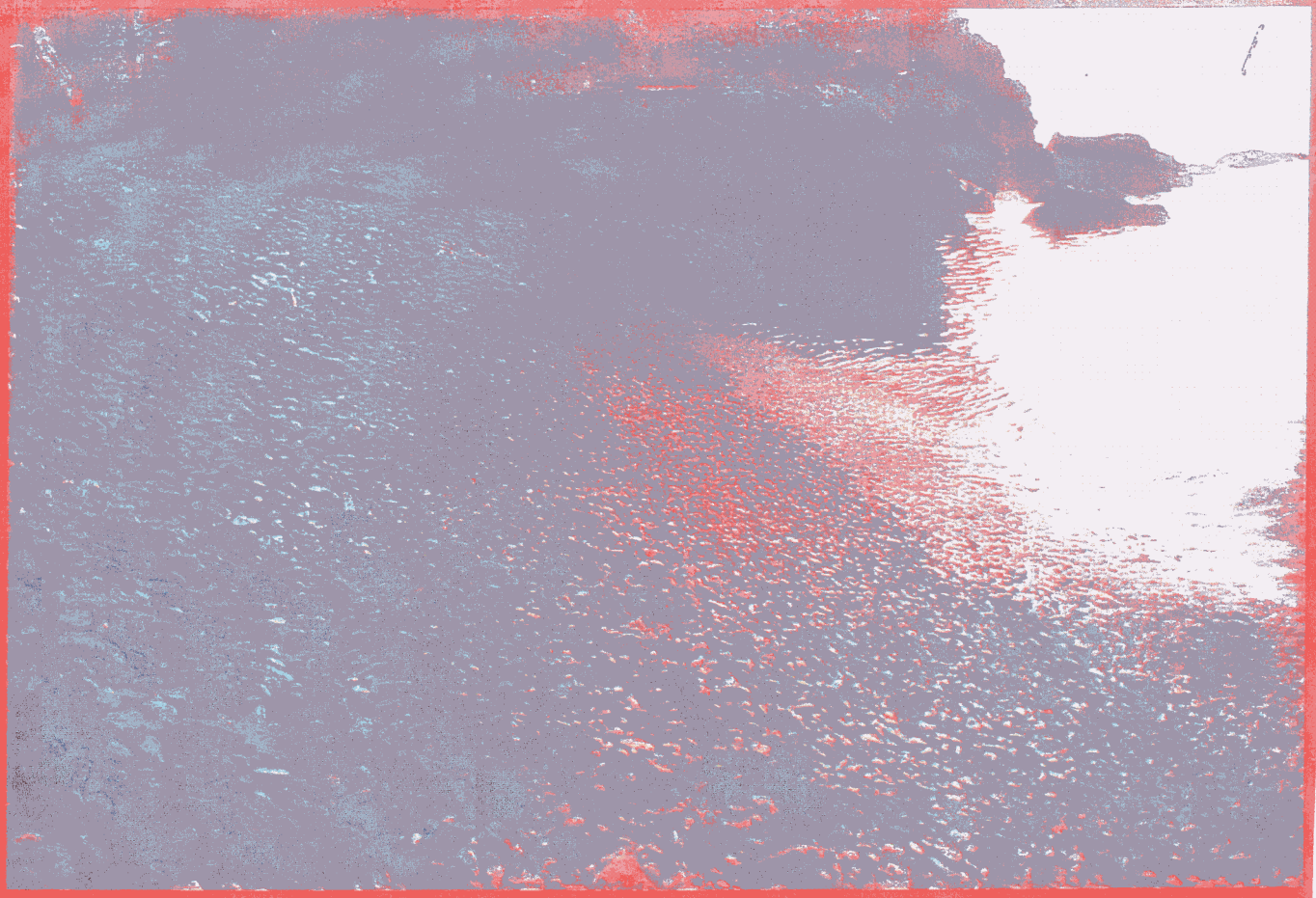


N 21 :La spiaggia di scoglio Nave

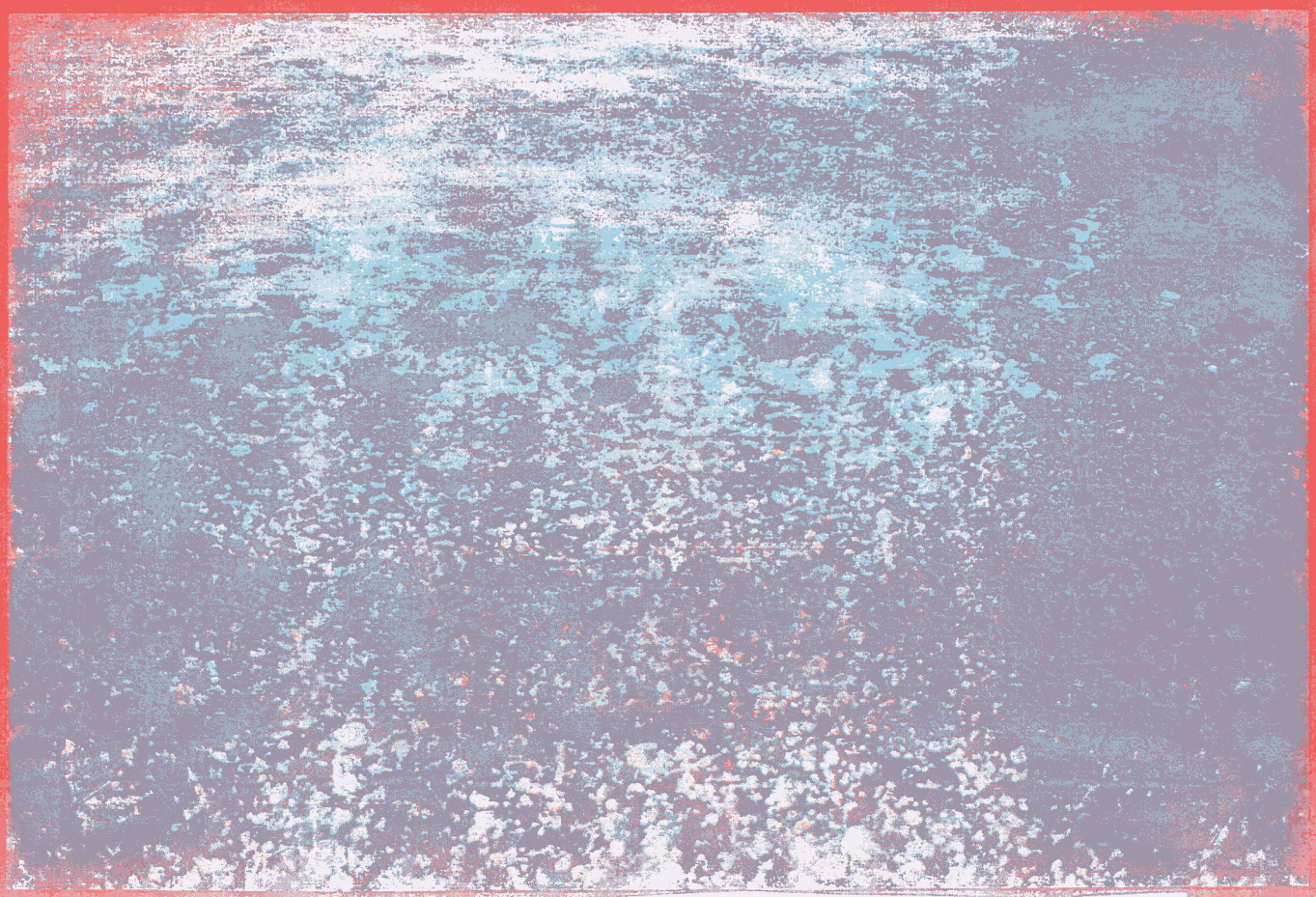


N 22 :La spiaggia di scoglio Nave dalla scogliera ANAS.

20\MARZO\ 2000. Versamento in corso.



N 23 :La spiaggia presso lo scoglio Nave. Si noti la granulometria



N 24 :La spiaggia sommersa presso lo scoglio Nave.Si noti la granulometria

26\STTEMBRE\2000 dopo un lungo periodo di bonaccia



N 25 :La spiaggia scoglio Nave da levante. Si noti la granulometria (Da confrontare con foto n 35).



N 26 :Presso lo scoglio Nave . La spiaggia sommersa.

26\STTEMBRE\2000 dopo un lungo periodo di bonaccia



N 27 :La spiaggia scoglio Nave. All'estremo di ponente si notano chiazze di sabbia.

26\STTEMBRE\2000 dopo un lungo periodo di bonaccia



N 28 :Spiaggia scoglio Nave : La granulometria presso la battigia.



N 29 :La spiaggia di Vesima stazione. Si notino le chiazze di sabbia.

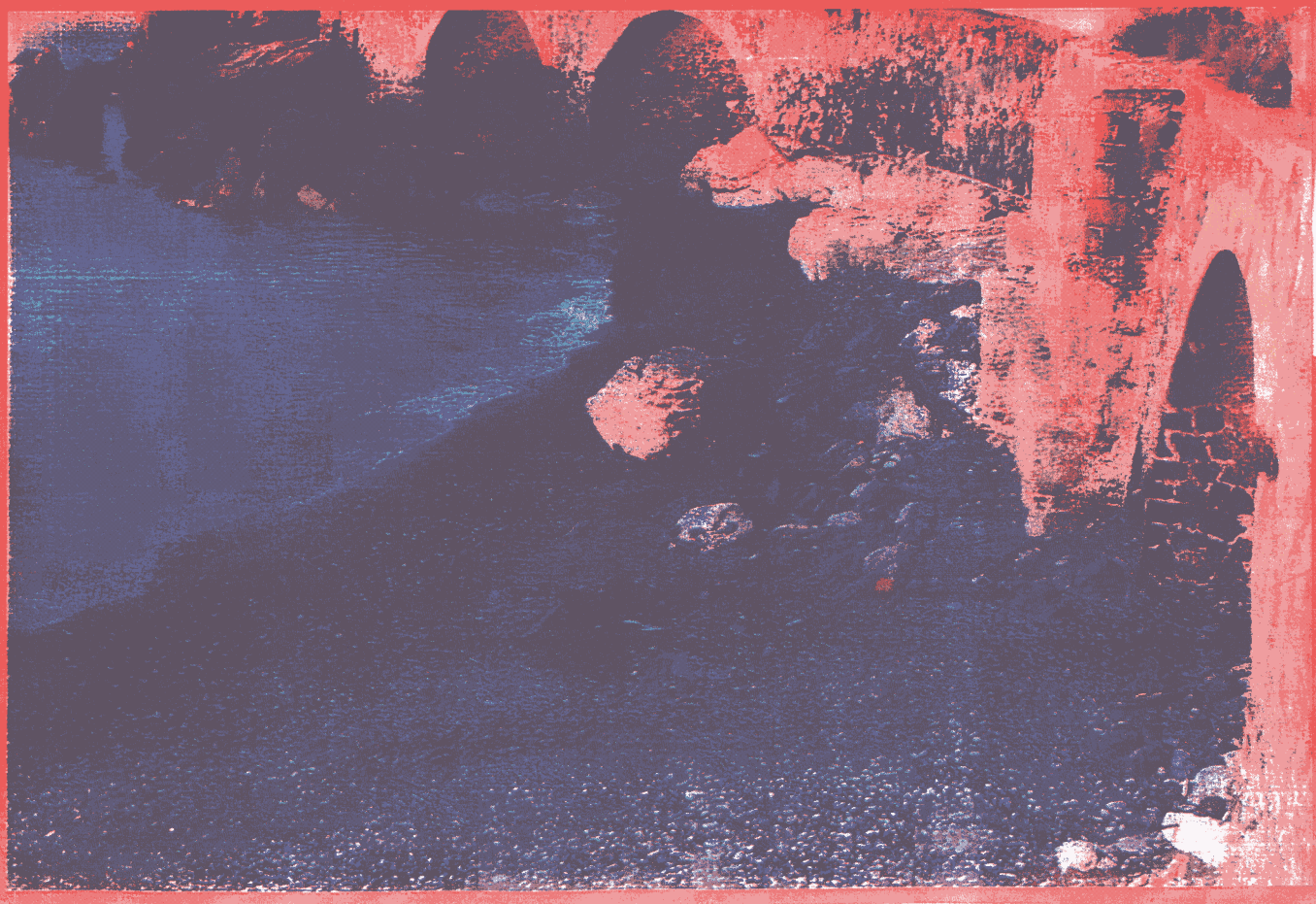


N 30 :Vesima Stazione . Granulometria.

26\STTEMBRE\2000 dopo un lungo periodo di bonaccia



N 31 :La spiaggia di Vesima Stazione con il pennello Bonetti.



N 32 : La spiaggia dell'Acquolia . Si notino le chiazze di sabbia.

26\STTEMBRE\2000 dopo un lungo periodo di bonaccia

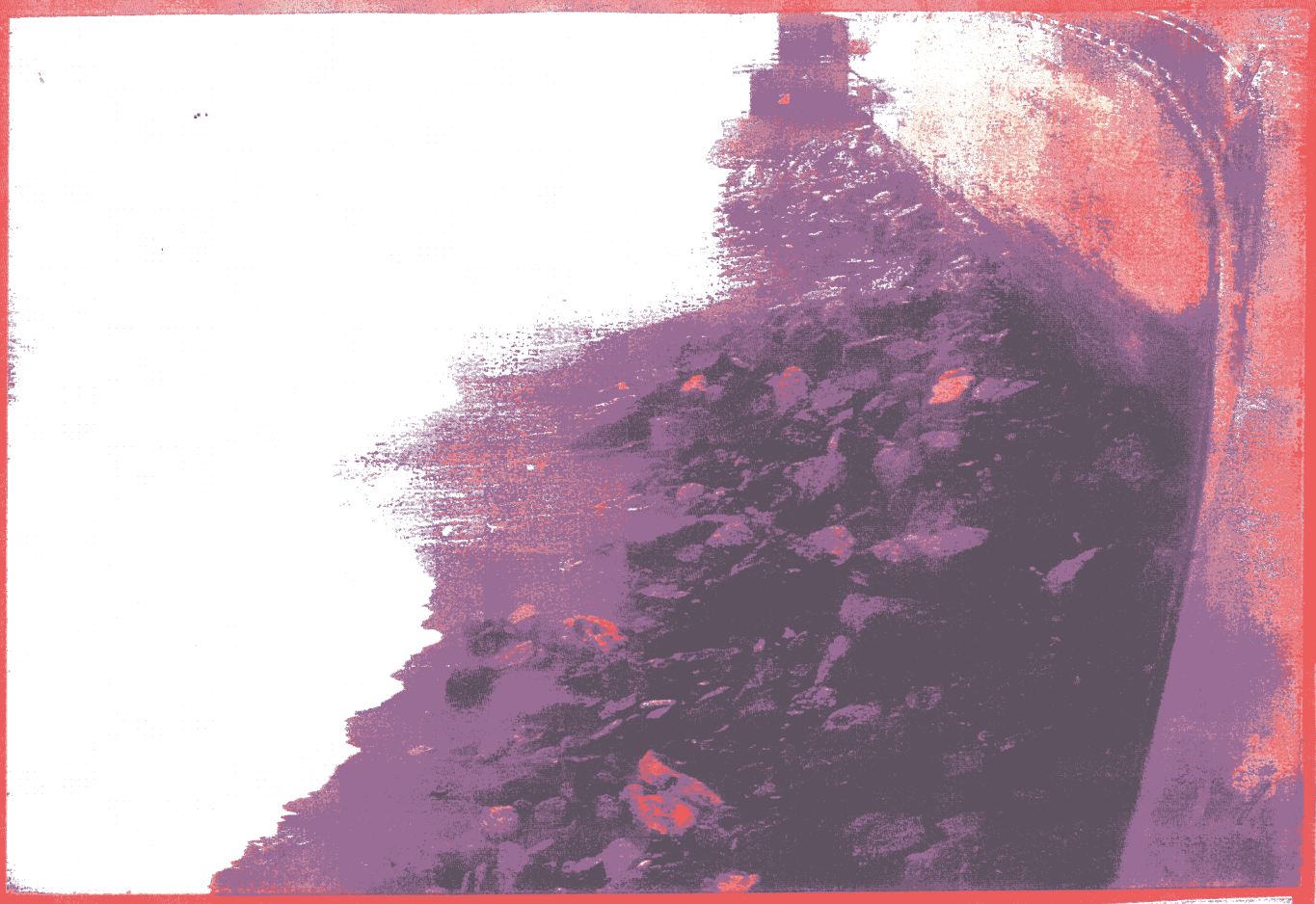


N 33 :La discarica FS a Lupara.



N 34 :Il lembo estremo della spiaggia di Lupara a ponente: Si noti la granulometria anche della spiaggia sommersa.

26\STEMBRE\2000 dopo un lungo periodo di bonaccia



N 35 : La spiaggia scoglio Nave. Si noti la granulometria (10-15 mm) e si confronti con foton 25



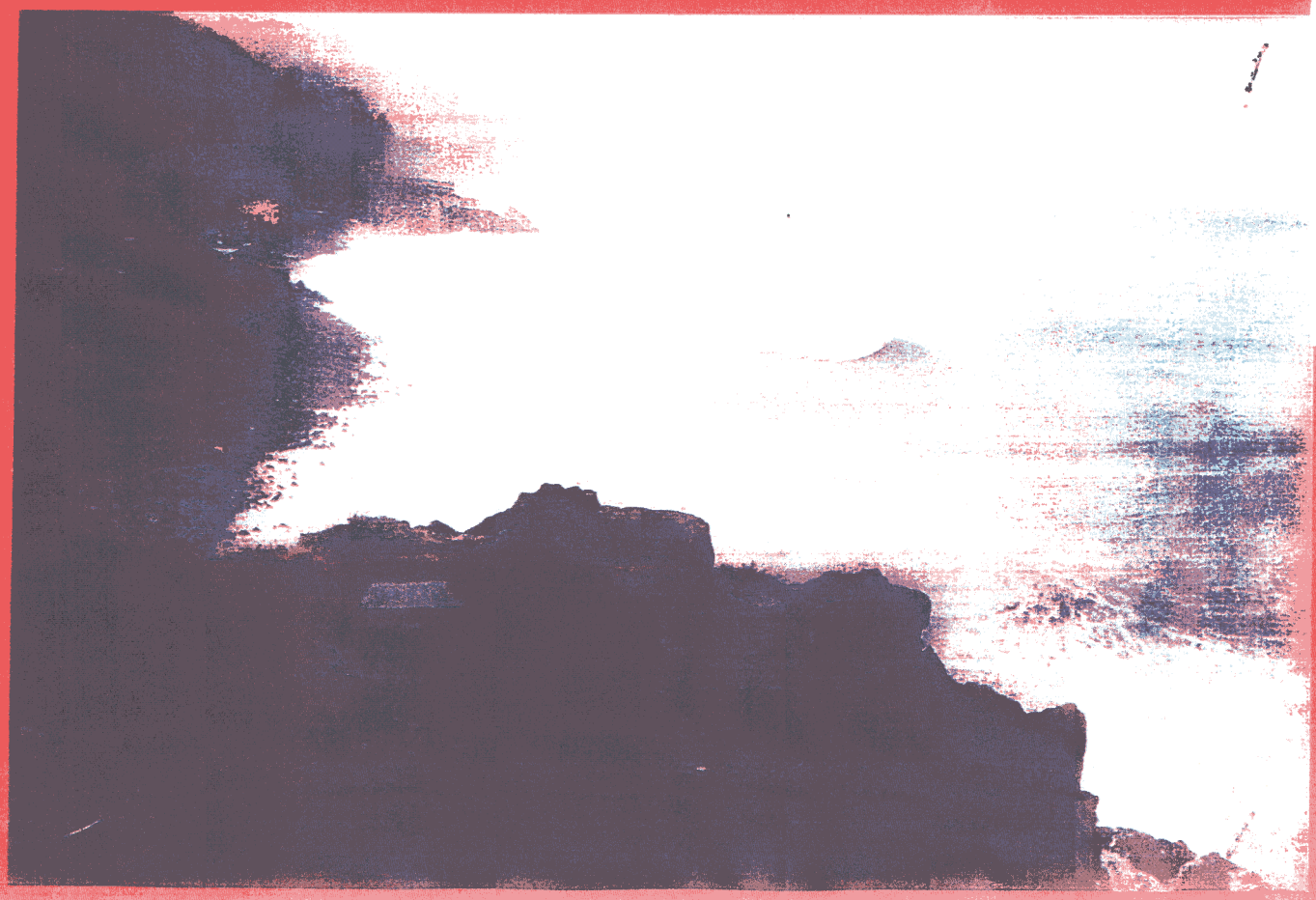
N 36.: Come sopra dalla scogliera ANAS.

30\SETTEMBRE\2000 : Sul finire di una buona scirocata



N 37 :Vesima stazione sul finire della mareggiata

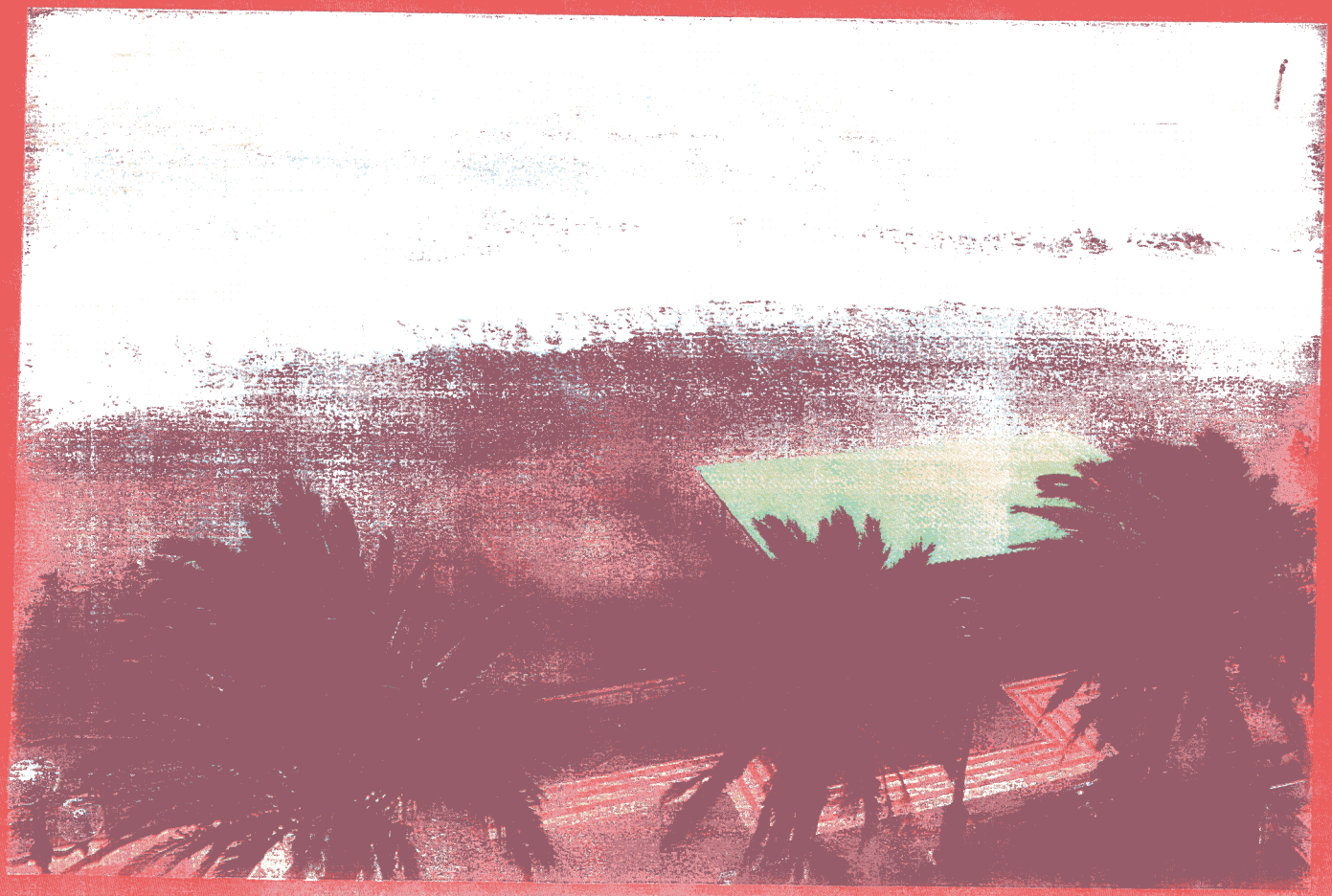
30\SETTEMBRE2000 : Sul finire di una buona scirocata



N 38 : La discarica di Lupara con onde di scirocco.



N39 : La spiaggia di Spotorno Lido sul finire di una normale mareggiata.



N40 : Come sopra. Si noti la granulometria.



N 41 : La spiaggia di Spotorno Lido dopo quattro giorni di bonaccia.



N 42: Comesopra Si noti la granulometria. Il bordellino misura 9x9 cm:



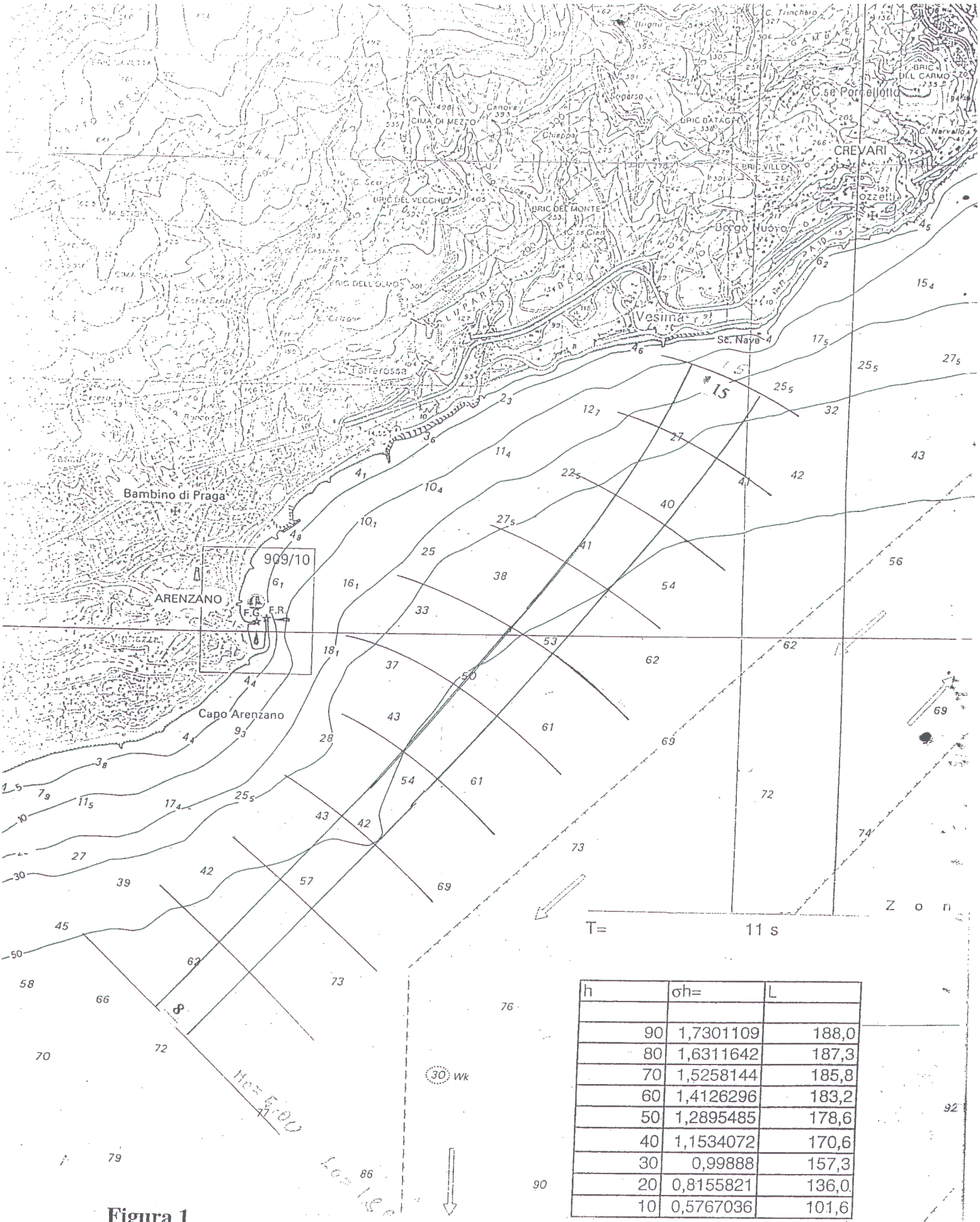
N43 : Bergeggi.Il fronte di alimentazione della spiaggia artificiale.



N 44 :Ceriale: 1970, poco dopo la costruzione della prima isola.
Si noti il tombolo (Oggi, in gran parte occupato da viabilità e passeggiata)

APPENDICE

FIGURE E GRAFICI

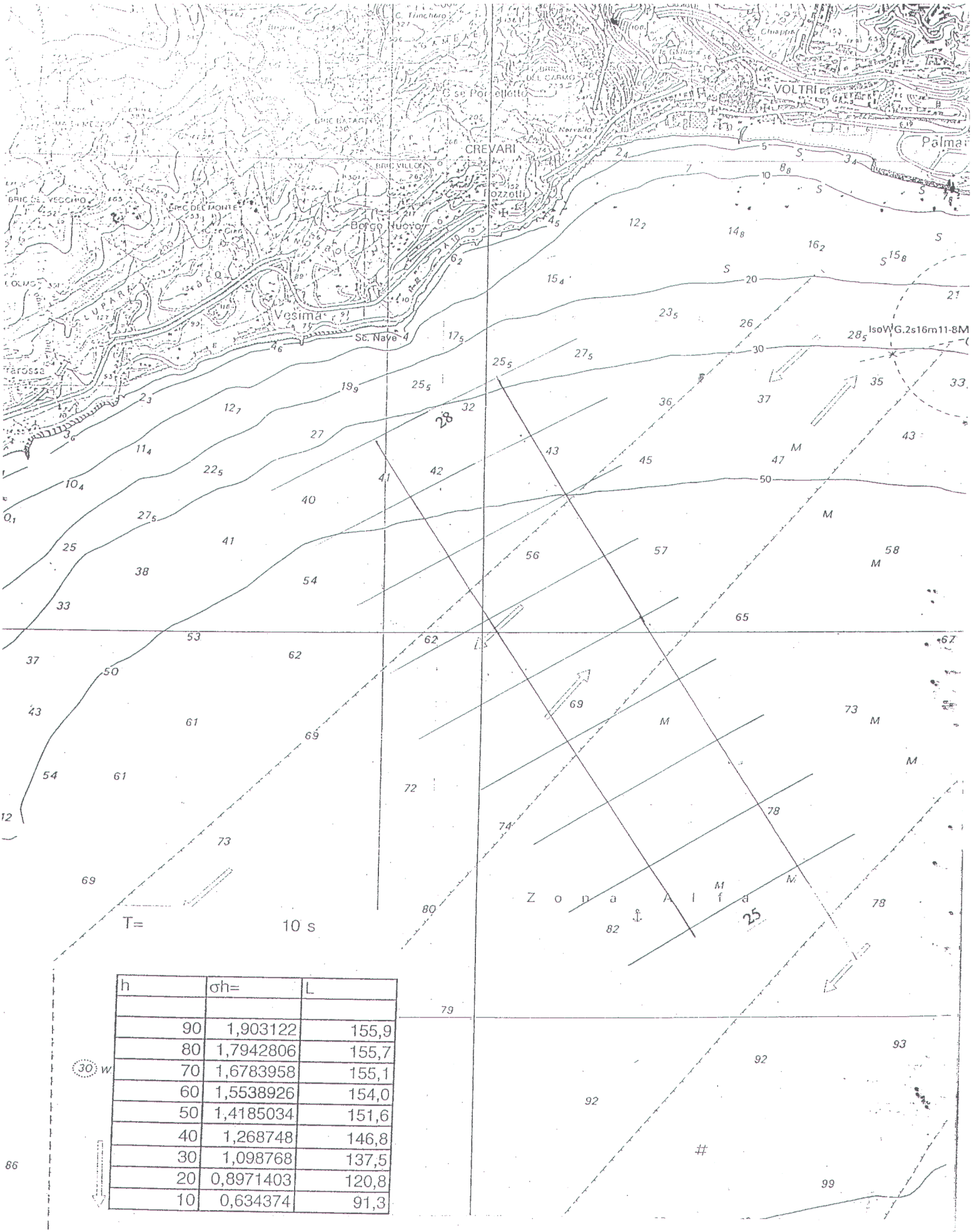


h	σh=	L
90	1,7301109	188,0
80	1,6311642	187,3
70	1,5258144	185,8
60	1,4126296	183,2
50	1,2895485	178,6
40	1,1534072	170,6
30	0,99888	157,3
20	0,8155821	136,0
10	0,5767036	101,6

Figura 1

Studio della rifrazione sotto costa dell'onda Ho= 5,00m Lo=188m To =11" da 235N

Scala 1/30.000



h	σh=	L
90	1,903122	155,9
80	1,7942806	155,7
70	1,6783958	155,1
60	1,5538926	154,0
50	1,4185034	151,6
40	1,268748	146,8
30	1,098768	137,5
20	0,8971403	120,8
10	0,634374	91,3

(30) W

Figura 2 Studio della rifrazione sotto costa dell'onda Ho= 4,40m Lo=156mTo= 10" da 150N
Scala 1/30.000

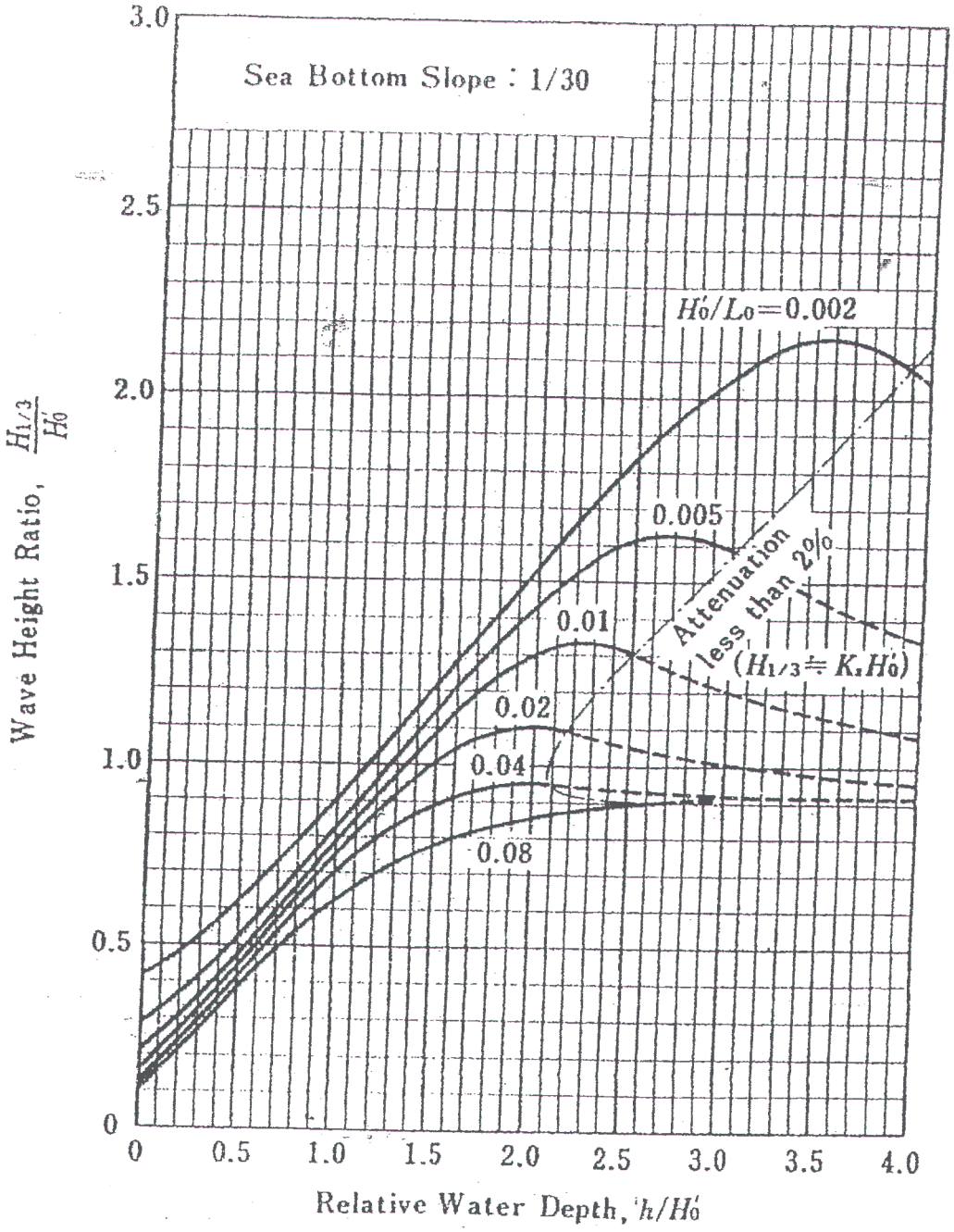


Grafico 1 **Estimation of wave height in the surf zone**

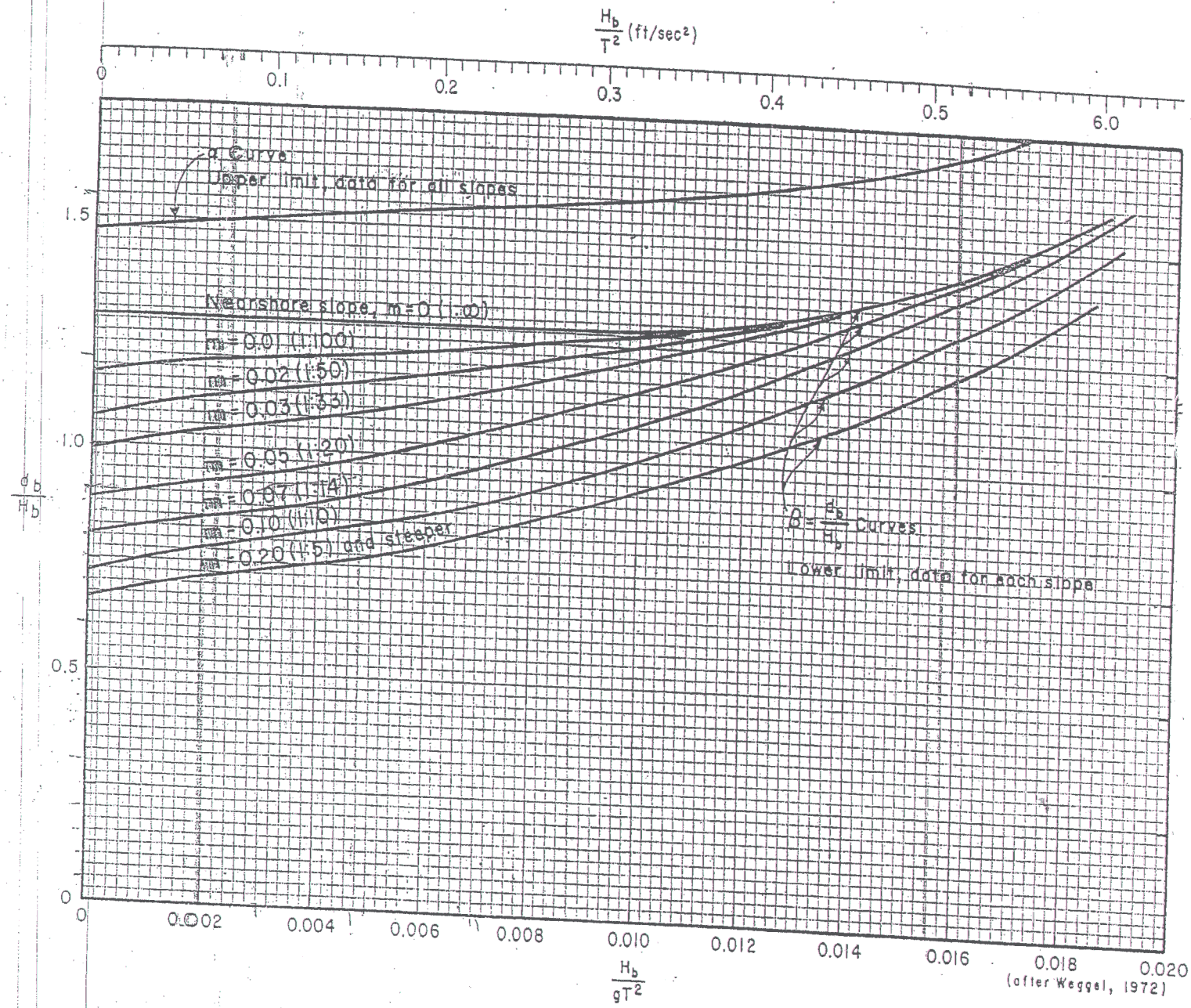


Grafico 2 α e β versus H/gT^2 .

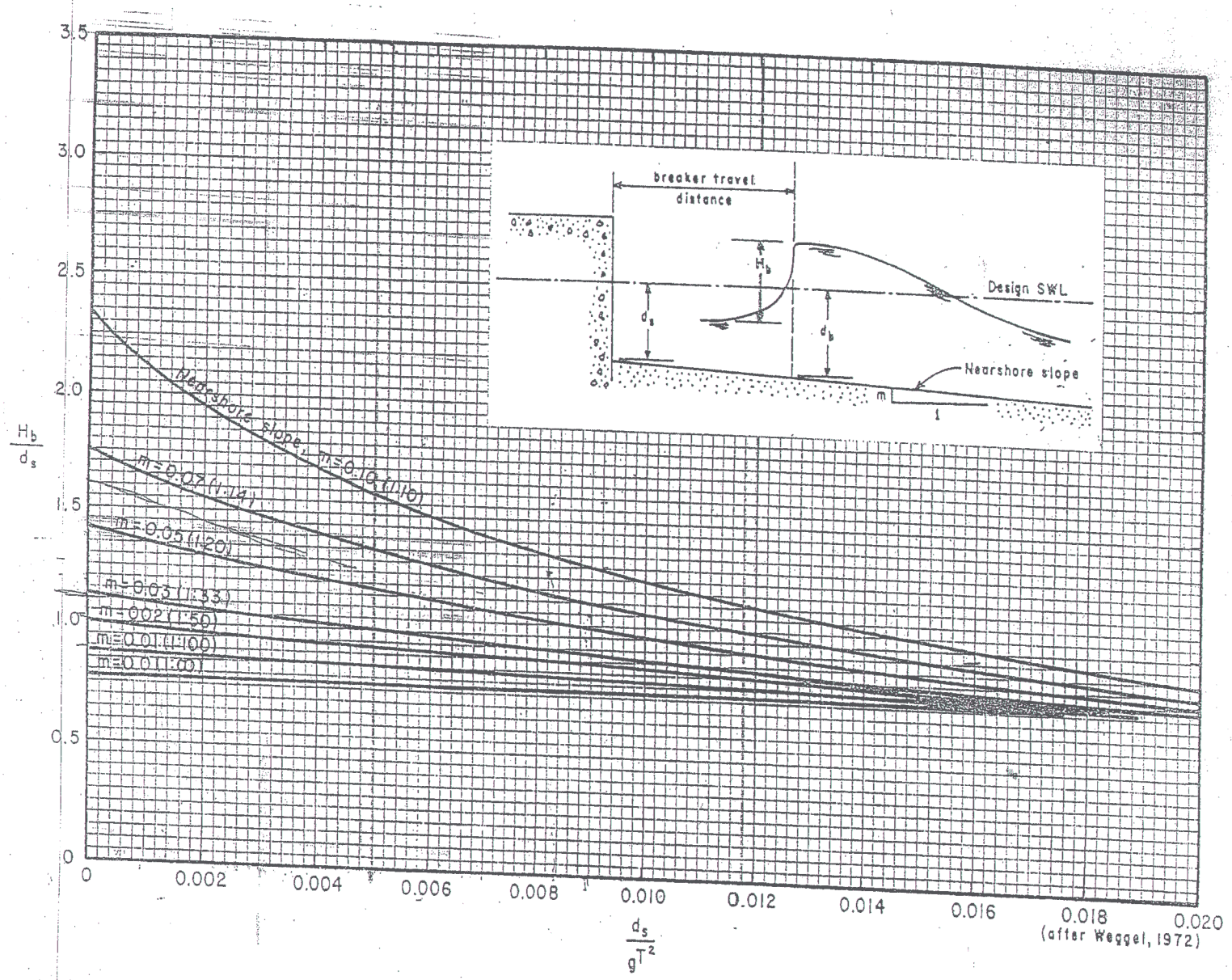


Grafico 3 **Dimensionless design breaker height versus relative depth at structure**