

Regione Sicilia
Assessorato Turismo Trasporti e Comunicazioni
Autorità Portuale di Palermo

P.O.R. Sicilia 2000 - 2006 mis. 4.20
Convenzione del 12 dicembre 2002 per la realizzazione
del Porto Turistico di S. ERASMO

PORTO DI PALERMO
COMPLETAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA
DELLA DARSENA TURISTICA DI S. ERASMO

Contratto di concessione per la progettazione definitiva ed esecutiva -
costruzione - infrastrutturazione - arredo e gestione della darsena turistica

PROGETTO DEFINITIVO

All. b.3 - Relazione sedimentologica - geomorfologica

Palermo: 27 - 02 - 2007

L'impresa:



RESEARCH S.p.A. ENGINEERING

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
IL DIRIGENTE DELL' AREA TECNICA
(Ing. Bartolomeo Salvo)

L'AUTORITA' PORTUALE:

Redatto da:



RESEARCH S.p.A. ENGINEERING



SIGMA S.r.l. INGEGNERIA

Con la collaborazione:

consulenza strutturale
consulenza bati-stratigrafia
consulenza geologica
consulenza geotecnica
impianti tecnologici
sicurezza cantiere
ingegneria marittima
studio impatto ambientale
studio incidenza ambientale

Ing. Achille Orlando
Dott. Giuseppe Di Grigoli
Dott. Oreste Adelfio
Prof. Ing. Calogero Valore
Ing. Mario Scaduto
Ing. Giuseppe Marineo
SIGMA s.r.l. INGEGNERIA
SIGMA s.r.l. INGEGNERIA
C.I.S.A.C. Università degli Studi di Palermo



COMUNE DI PALERMO

**PROGETTO DEFINITIVO DI
COMPLETAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA
DELLA DARSENA TURISTICA DI S. ERASMO**

**STUDIO SEDIMENTOLOGICO -
GEOMORFOLOGICO**

Dr. GEOLOGO ORESTE ADELFFIO
via Esterna Cretaze n. 3 -
90046 Monreale (Pa)
tel. 091 6402964
orestead@virgilio.it



FEBBRAIO 2007

IL PROGETTISTA

INDICE

1 - PREMESSA	3
2 - INDAGINI GEOGNOSTICHE – GEOMECCANICHE	
- GEOFISICHE – MORFOBATIMETRICHE - SEDIMENTOLOGICHE	5
2.1 - Indagini in terraferma	5
2.2 - Indagini a mare	6
3 – UBICAZIONE DEL SITO E CONTESTO GEOMORFOLOGICO	
3.1 - Ubicazione e Ambiente Fisico	8
3.2 - Il Litorale	9
3.3 - L'apparato di foce del fiume Oreto	10
3.4 - Il Fiume	11
4 - CARATTERIZZAZIONE FISIOGRAFICA DEL SITO	12
5 – RISULTATI DEI RILIEVI GEOMORFOLOGICI E SEDIMENTOLOGICI DEL FONDALE DEL SITO	14
5.1 - SEDIMENTOLOGIA DEL FONDALE	14
5.1.1 -Campionamenti e analisi granulometriche	15
5.1.2 – Distribuzioni granulometriche e dinamica dei sedimenti campionati	16
5.2 - GEOMORFOLGIA DEL FONDALE	20
6 – CONCLUSIONI	22
• Carta Geolitologica – Geomorfologica	
• Planimetria dell'area e ubicazione sondaggi e campionamenti dei fondali	
• Rilevamento geomorfologico subacqueo 1:1000	
• Classificazione granulometrie, peso spec. e parametri statistici - moda, sorting	
• Carte delle Isozone (Sorting, moda, D50)	

ALLEG. – indagini sedimentologiche, sismostratigrafiche, morfobatimetriche sui fondali

• 1 - PREMESSA

Lo scrivente ha condotto uno studio geologico sull'area del Porticciolo di S. Erasmo, finalizzato alla redazione del progetto definitivo per il completamento delle opere di difesa della darsena turistica.

Il progetto interviene sull'esistente porticciolo, razionalizzando il sistema di protezione mediante nuovi moli, come rappresentato nelle planimetrie di progetto e nelle cartografie tematiche allegate alla presente relazione. Inoltre saranno realizzati gli impianti di servizio ed assistenza, secondo i moderni criteri di accoglienza e rifugio del diporto turistico, stanziale e non, nel rispetto delle norme ambientali, urbanistiche e paesaggistiche.

Infatti saranno preservate le opere in muratura e le banchine esistenti, di antica fattura, oggi parzialmente interrato in corrispondenza del radicamento della banchina di sotto flutto esistente. Inoltre gli interventi di dragaggio e messa in opera della banchina della diga foranea, in corrispondenza del suo radicamento, saranno condotti salvaguardando le strutture fondali degli edifici e delle pertinenze del complesso "Padre Messina". È previsto che tali edifici vengano riutilizzati per l'insediamento dei servizi essenziali del porto.

Ai fini del rispetto dell'ambiente sono previste tutte quelle strutture e servizi per il corretto convogliamento e trattamento dei rifiuti e dei reflui, provenienti dai servizi igienici a terra e dalle acque di sentina, di lavaggio e rimessaggio.

Un particolare rispetto per le condizioni preesistenti dei luoghi deve essere riferito alle valenze storico-urbanistiche e paesaggistiche del porticciolo, di cui si ha documentazione sin dal '700. Infatti sono ancora presenti i ruderi del bastione settecentesco della "Batteria di S. Erasmo". Si è previsto inoltre di sfruttare l'edificato esistente, pur assicurando comunque la funzionalità dei luoghi e degli impianti portuali; pertanto non saranno realizzate nuove sagome in rilevato, oltre ai moli. Questi ed i muri

paraonde saranno realizzati o rivestiti con pietrame della stessa tipologia di quello esistente sui luoghi.

Lo studio geologico preliminare ha caratterizzato la litostratigrafia dei terreni costituenti il sottofondo delle banchine portuali, il fondale ed il substrato geologico di tutta l'area, al fine di indirizzare le verifiche geotecniche necessarie alla progettazione delle opere di presidio e di fondazione. Lo studio è stato esteso anche all'aspetto geomorfologico, al fine di inquadrare il contesto dinamico naturale ed antropico in cui andranno ad essere inserite le opere portuali e le possibili inferenze nella geomorfodinamica costiera.

Pertanto per quanto riguarda la geologia in terraferma, la presente relazione definisce, nel quadro geologico della piana di Palermo e della fascia costiera, le condizioni di affioramento e giacitura del substrato geologico e dei terreni di copertura e le relative interazioni geometriche, dimensionali e meccaniche con le opere in progetto. Del substrato vengono delineate la litologia, la struttura tettonica e sedimentaria; delle coperture recenti vengono delineate le caratteristiche costitutive e geomorfologiche, in relazione all'ambiente di provenienza e di sedimentazione.

Per quanto riguarda la geologia del fondale sommerso, in questa fase si riportano i dati emersi dalle indagini specifiche summenzionate, consistenti nella stratigrafia del fondale al largo e nella caratterizzazione delle strutture geolitologiche e delle morfologie lungo alcuni profili del fondale antistante il porticciolo.

2 - INDAGINI GEOGNOSTICHE – GEOMECCANICHE - GEOFISICHE – MORFOBATIMETRICHE - SEDIMENTOLOGICHE

Lo studio geologico si è avvalso di indagini a largo spettro, sia a mare che in terraferma ed in laboratorio, utilizzando sia verifiche pregresse che rilievi dei fondali e sondaggi eseguiti in sito. Sono stati eseguiti in particolare:

- sondaggi a carotaggio continuo;
- prove geomeccaniche in foro;
- rilievi del sub-bottom a profili di tipo sismostratigrafico,
- rilievi morfobatimetrici col sistema *Multibeam*,
- campionamenti di sedimenti del fondale lungo posizionamenti a transetti,
- prove di laboratorio sui campioni sia delle carote che dal sedimento mobile del fondale.

Di tali indagini si forniscono in allegato planimetrie, grafici e tabulati. La presente relazione fornisce le interpretazioni, con l'ausilio di elaborazioni statistico - granulometriche, colonne stratigrafiche e sezione geologica generale schematica dell'area. Inoltre in allegato si forniscono le sezioni geologiche di dettaglio sui profili dei manufatti di progetto.

2.1 - Indagini in terraferma

Sono state acquisite alcune campagne di indagini geognostiche eseguite lungo la fascia costiera, in prossimità della foce del F. Oreto. Fra di esse sono compresi alcuni sondaggi a carotaggio continuo eseguiti fra il 1990 ed il 1996 per conto del *Comune di Palermo*, sotto la direzione dello scrivente, nel sito dove è stato ristrutturato *l'ex deposito locomotive (ex Sicilferguson)* interessando il sottosuolo per 10 m di spessore.

Nel mese di Novembre 2006 sono stati eseguiti, sotto la direzione dello scrivente, 3 sondaggi a carotaggio continuo e n° 4 prove SPT in foro, lungo la fascia di terraferma interessata dal progetto, denominati S1, S2, S3.

2.2 - Indagini a mare

Si sono utilizzati i dati stratigrafici e geomorfologici, emersi da una campagna di indagini effettuata nel Maggio 2003 per conto dell'*Autorità Portuale di Palermo* e da questa forniti allo scrivente, nell'ambito degli studi per il *nuovo Piano Regolatore Portuale*.

In particolare si tratta dei rilievi del fondale compreso entro l'area del progetto attuale (rilievi geomorfologici subacquei in tutto lo specchio d'acqua compreso fra i punti dei sondaggi, i moli e la linea di costa) e delle colonne stratigrafiche di 2 sondaggi, effettuati da pontone galleggiante, denominati SM15 e SM16, che coincidono rispettivamente con un punto intermedio del tracciato dove è previsto il molo di sopraflutto (a circa 70 al largo dal molo di sopraflutto esistente) e con un punto prossimo alla sua estremità (a circa 100 m dalla linea di litorale orientale al porticciolo esistente).

Nel mese di Agosto 2005 sono state eseguite, a corredo del presente studio, indagini geofisiche (sismostratigrafiche) del subbottom e morfobatimetriche (Multibeam). Nel mese di Febbraio 2007 sono stati eseguiti campionamenti dei sedimenti del fondale, lungo 7 transetti ortogonali alla riva.

Le indagini geofisiche (sismostratigrafiche) del subbottom, morfobatimetriche (Multibeam) ed i campionamenti del fondale sono stati riportati nella planimetria allegata.

Per quanto riguarda le indagini sismostratigrafiche, queste sono descritte nella relazione specifica allegata. Si sono eseguiti n.° 27 profili sismostratigrafici per un totale di m 10.180 ml. in uno specchio d'acqua di circa 50 Ha. Sono inoltre stati elaborati i rispettivi sub-bottom profiler, dove sono stati identificati gli orizzonti corrispondenti alla copertura ed al substrato, rappresentati nell'allegato in pancromatico con falsi colori.

Il rilievo morfobatimetrico del fondale è stato eseguito col sistema *Multibeam*, su uno specchio acqueo di circa 65 HA. Esso viene visualizzato nello specifico elaborato. Vi si evidenziano le forme superficiali acquisite dal sedimento mobile e tracce di affioramenti del bed-rock.

Geologo Oreste Adelfio

Il campionamento di materiale sedimentario per le analisi granulometriche è stato effettuato in data 10.02.2007 con un'imbarcazione dotata di DGPS ed utilizzando una benna manuale. I campioni sono stati prelevati lungo 7 transetti ortogonali alla riva, equidistanziati di 150 m, in corrispondenza delle batimetriche -2, -5, -10, -15. E' stato possibile prelevare n.° 25 campioni in totale, mancando in 3 punti il sedimento sciolto. L'ubicazione dei punti di prelievo è riportata nella planimetria allegata. I campioni prelevati, fotografati e racchiusi in sacchetto trasparente, sono stati conferiti al laboratorio geotecnico, dove sono state eseguite le analisi granulometriche.

3 – UBICAZIONE DEL SITO E CONTESTO GEOMORFOLOGICO

3.1 - Ubicazione e Ambiente Fisico

Il porticciolo di S. Erasmo si ubica lungo il litorale della città di Palermo, al margine sud orientale del centro storico, limitrofo alla foce dell'Oreto. Esso ricade all'interno dell'unità fisiografica del golfo di Palermo, ed è inserito in un contesto geomorfologico costiero, fortemente controllato dalle manipolazioni antropiche intervenute in epoca storica. L'unico elemento geomorfologico di origine naturale dell'area oggetto dello studio è costituito dall'apparato di foce del F. Oreto, anch'esso fortemente modificato dall'uomo.

Le modifiche antropiche consistono nelle banchine portuali, nella scogliera a protezione della villa a mare, limitrofa a nord del sito, nella canalizzazione fluviale dell'Oreto e nelle discariche di detriti di riporto, che ingombrano la fascia costiera della foce e si estendono per lunghi tratti verso sud, costituendo spiagge e scarpate di terrapieni, con spessori di oltre 10 m. In definitiva tutto il litorale del golfo, escludendo brevi tratti a scogliera in corrispondenza dei promontori montuosi estremi del golfo, è completamente antropizzato; in particolare a sud del sito è ricoperto da vaste e potenti plaghe di riporto postbellici, che celano completamente la sua costituzione naturale originaria.

In definitiva gli elementi che interferiscono con la dinamica marina del golfo di Palermo, sono costituiti dalle banchine, dallo sbocco del F. Oreto e dalle discariche di inerti lungo il litorale e sull'apparato di foce.

La dinamica sedimentaria è alimentata dagli apporti del F. Oreto e la distribuzione naturale dei sedimenti avviene verso il largo per le frazioni più fini, e prevalentemente verso sud per quelle medie e grossolane, dove vengono distribuite e spiaggiate dalle dinamiche marine sottocosta lungo il litorale, commiste ai riporti.

3.2 - Il Litorale

Il litorale a nord del porticciolo di S. Erasmo è completamente banchinato per le strutture portuali del porto turistico – commerciale; il tratto interposto, per quasi km 1, costituito da riporti spianati dove è insediata la “villa a mare”, è protetto da una scogliera radente.

Il litorale a sud del porticciolo presenta un aspetto caotico per i numerosi corpi a discarica abbandonati in sequenza continua fino a ben oltre la foce dell'Oreto, lungo tutto il litorale comunale per circa 7 km, fino ai sistemi dunari sabbiosi nel territorio di Ficarazzi, dove il sistema litorale riacquista relitti di naturalità. La fascia costiera interposta è ricoperta dai detriti di riporto che si ritrovano a ricoprire gli affioramenti naturali, celando il passaggio fra le alluvioni di foce del F. Oreto, i sedimenti naturali di spiaggiamento, laddove originariamente presenti, e gli affioramenti del substrato, costituito dalle formazioni pelitiche e calcarenitiche pleistoceniche. Negli ultimi anni interventi parziali di bonifica hanno restituito l'andamento morfologico di spiaggia ad alcuni tratti, con sedimenti misti di sabbie grossolane, ciottoli e breccie di riporto, rielaborati dalla dinamiche marine negli ultimi decenni. Non è più distinguibile, sia a livello sedimentario che morfologico, l'elemento naturale da quello antropico.

Il sito dell'antico porticciolo di S. Erasmo si ubica a circa 300 m dalla attuale sponda sinistra dell'Oreto, ad una quota compresa entro 2 m sul livello del mare, in area a morfologia pianeggiante. L'area è stata ridisegnata dalle vicende della morfodinamica costiera, legate in misura preponderante all'urbanizzazione, che ne ha determinato negli ultimi secoli, ed in particolare nei decenni del dopoguerra, la conformazione attuale. Infatti gli elementi di più rilevante incidenza ambientale, con pesanti ricadute di carattere geomorfologico e paesaggistico, sono la completa cementificazione del letto fluviale e le discariche di inerti che invadono sia l'apparato di foce che il litorale.

I manufatti attualmente esistenti nel tratto terminale del fiume (Ponte Ammiraglio) nonché le documentazioni storiografiche, testimoniano un ben differente sviluppo

morfologico e fisiografico del fiume e della sua foce, rispetto all'attuale assetto, con un percorso meandriforme entro una piattaforma alluvionale costiera.

L'azione marina ha comunque modellato a grande scala la linea di costa, che mantiene la linearità generale della ampia falcatura costituente il golfo di Palermo. Lungo di essa l'apparato di foce deltiforme, si distingue con una leggera protuberanza.

3.3 - L'apparato di foce del fiume Oreto

Dai rilievi e indagini condotte, si riscontra una complessa situazione sedimentologica e geomorfologica della foce dell'Oreto, connessa alle divagazioni del letto fluviale lungo il tratto di costa corrispondente, alle differenti fasi di deposito di un delta fluviale e principalmente alle manipolazioni idrauliche operate dall'uomo. In ultimo, nell'immediato dopoguerra in modo addirittura esasperato, si è operato stravolgendo l'assetto fluviale e costiero, sia per il suo profilo longitudinale che trasversale. Infatti alle varie sistemazioni idrauliche del letto, rese indispensabili per consentire la colonizzazione stabile delle sue sponde e la urbanizzazione, si sono aggiunte le massicce discariche messe in opera lungo tutto il tratto costiero, senza risparmiare la foce. Il risultato è un aspetto paesaggistico caotico ed un intenso carico torbido delle acque fluenti e delle correnti marine sottocosta, sia in termini quantitativi che qualitativi, con inquinamento chimico, biologico, fisico. Ciò è riscontrabile nei caratteri fisici e granulometrici dei materiali fluitati.

In particolare si è operato negli ultimi secoli a rettificare il corso terminale del Fiume Oreto, al fine di proteggere i manufatti, bonificare le aree impaludate ed impedire i sovralluvionamenti e la creazione di aree malsane. Ciò ha agevolato l'allontanamento dei depositi più fini a mare, il deposito di brecce e sabbie poco rimaneggiate, la rettificazione delle scarpate spondali, a spese dei numerosi terrazzi fluviali che si susseguono nel suo tratto terminale.

I corpi di discarica costituiscono le fasce spondali del tratto terminale del fiume, annientando le aree di espansione fluviale nonché l'allungamento verso il largo della

piattaforma delizia sommersa, che ha progradato con i materiali di risulta scaricati. La successione di tali eventi ha determinato un continuo stravolgimento dell'equilibrio sedimentario e della pendenza idraulica, nonché della fisiografia di foce, della tipologia dei materiali costituenti i depositi di spiaggia e dei fondali prospicienti.

Nonostante lo stravolgimento morfologico e idraulico dell'apparato di foce e del tratto terminale del suo decorso, il fiume costituisce comunque il principale adduttore di sedimenti nel golfo, sedimenti di natura eterogenea, sia per origine che per taglia granulometrica; esso possiede un regime perenne, con modesti episodi di piena.

3.4 - Il Fiume

L'Oreto, che drena un bacino molto articolato per tettonica, litologia e geomorfologia, ha un decorso per vari tratti a carattere spiccatamente diverso. Passa da un ambiente a conformazione plastica pedemontana, ad un tratto intermedio incassato in profonde e strette gole di origine tettonica con carattere spiccatamente erosivo su substrati litoidi; quindi, raccordata nuovamente da un paesaggio plastico ad ampi orizzonti già in fase di moderato deposito, transita ad una ampia valle fluviale con deflussi a carattere perenne ed andamento meandriforme, incavata in canyon, approfondita di circa 20 m in seno al piastrone calcarenitico bioclastico tirreniano, (piattaforma calcarenitica della Piana di Palermo); quindi sbocca direttamente in una stretta piattaforma costiera alluvionale. Su questa poggiano i corpi di discarica di inerti, con spessori che raggiungono circa 10 m, direttamente sul letto di foce o a ridosso degli affioramenti calcarenitici lungo il restante litorale, costituendo morfologicamente una prosecuzione surrettizia del piastrone calcarenitico quaternario.

4 - CARATTERIZZAZIONE FISIOGRAFICA DEL SITO

Conformemente a quanto descritto sulla evoluzione geologica e della geomorfologia quaternaria, e più recente (Olocene e periodo storico) dell'area di foce del F. Oreto, nei depositi superficiali (spessori da 0,50 a 2 m) riscontrati durante i carotaggi nell'area si riscontra una sequenza di alluvioni sciolte a conglomerati e sabbie, con localmente materiali di riporto. Non mancano brevi episodi, anche interposti a quelli alluvionali, rivelati da orizzonti manifestamente detritico-continentali, come terreno vegetale e suoli bruni o a terre rosse, e da rimaneggiamento di depositi poligenici, con produzioni di breccie di vari centimetri di diametro, ricavate a spese degli affioramenti litologici del bacino dell'Oreto, identificabili già nel suo corso medio-basso.

Le litologie di base affioranti nel bacino idrografico che alimentano gli apporti alluvionali, sono costituite da due importanti formazioni dei Monti di Palermo, una flischioide silico-clastica ed una carbonatica. Non mancano i frammenti clastici dei banchi di calcarenite vacuolare, tipica di orizzonti del piastrone calcarenitico del Tirreniano.

Una significativa differenza stratigrafica fra i dati acquisiti è riferita alla scarsità, nel sito del porticciolo, di depositi organici torbosi, presenti solo in una piccola plaga interna all'attuale porticciolo (Sondaggio S2 – *Padre Messina*; rilievi geomorfologici subacquei – *Aut. Portuale*) e abbondanti invece nel sito della attuale foce anche ad alcuni metri di profondità (sondaggi ex deposito locomotive *Sicil Ferguson*). Ciò induce a ritenere il sito di S. Erasmo coinvolto sia da processi morfodinamici marini che da quelli fluviali, adduttori questi di detriti eterogenei e poco rimaneggiati dal bacino di drenaggio a monte nonché inquinanti. Questo giustifica la scarsità di deposito fine con sostanza organica (limi torbosi). Tuttavia sussiste un coinvolgimento nei processi di inquinamento fluitati, protagonisti delle ultime fasi storiche dell'area. Tale dato è confermato da analisi specifiche di carattere chimico fisico, condotte nell'ambito della campagna geognostica

preliminare (*Aut. Portuale*), per quanto riguarda il sito di S. Erasmo (sostanza organica, pesticidi organo-clorurati, PCB, idrocarburi policiclici aromatici).

Le analisi sedimentologiche rivelano curve granulometriche con prevalenza di sabbia (50-100%) e ghiaia, pressoché assente la frazione pelitica. Tali percentuali sono solo indicative, poiché variano sensibilmente fra le zone di campionamento, comunque sempre con prevalenza delle frazioni sabbiose o ghiaiose.

La giacitura degli orizzonti alluvionali e detritico-continentali di copertura appare piano-parallela, con una leggera pendenza verso il mare aperto, senza particolari strutture, peraltro difficilmente identificabili da una campagna di indagini come quella condotta con finalità ben diverse da una vera e propria ricostruzione paleo-ambientale. Dal rilievo morfobatimetrico si notano canali di erosione a spese dei banchi sabbiosi ad andamento conico verso il largo.

Il confinamento della componente limosa nella sequenza degli spessori di copertura indagati, e la preponderanza di sedimenti grossolani denotano per un verso la variabilità del ciclo sedimentario e, in generale, la prossimità del bacino di alimentazione e peraltro, con l'alta energia del trasporto, la bassa maturità del ciclo erosivo, dovuto a riattivazioni di origine tettonica. Inoltre la complessa e molto articolata struttura litoformazionale e tettonica del bacino, causano la varianza delle vicende idrauliche e sedimentarie del corso terminale del fiume, su cui è intervenuta l'azione dell'uomo nei tempi storici e protostorici.

La selezione dei materiali fluitati ha rilasciato, nei livelli indagati, alluvioni sciolte, costituite in prevalenza da ciottoli a grana centimetrica, con intervalli ad elementi che raggiungono il decimetro di diametro, di natura prevalentemente silicea ed arenacea, più raramente calcarea. Sono anche presenti i depositi sabbiosi addensati, di colore dal giallo al grigio-biancastro, commiste ad una scarsa matrice limosa, che in superficie si addensa in una sorta di crostone torboso, entro 1 - 1,5 metri dalla superficie. Sia in superficie che a livelli di qualche metro al di sotto del piano campagna, si possono constatare, commisti a quelli arrotondati, depositi continentali detritico-clastici a spigoli vivi, connessi ad attività antropiche.

5 – RISULTATI DEI RILIEVI GEOMORFOLOGICI E SEDIMENTOLOGICI DEL FONDALE DEL SITO

Lo studio geomorfologico e sedimentologico, che riguarda gli orizzonti più superficiali del sito, è stato supportato dalle indagini in sito, consistenti nel:

- rilevamento geomorfologico subacqueo dell'area di progetto;
- rilievo sismostratigrafico del sub-bottom;
- rilievo morfobatimetrico mediante Multibeam;
- analisi granulometriche ed elaborazioni statistiche e grafiche su campioni di sedimento prelevato dal fondale lungo transetti specifici, ortogonali alla linea di costa.

Si riportano nel seguito le interpretazioni derivate dall'integrazione delle varie tipologie di dati acquisiti in sito, attuali e pregressi.

5.1 - SEDIMENTOLOGIA DEL FONDALE

Dalla integrazione dei rilievi del fondale summenzionati, relativi alle coperture sciolte ed all'interfaccia sottostante col bedrock, si è rivelata la presenza di un articolato accostamento di sedimenti attuali e recenti (Quaternario – Olocene) e del bed-rock calcarenitico, che si presenta sottoforma di una piattaforma d'abrasione quaternaria.

Il bedrock presenta una leggera inclinazione verso il mare aperto (vd. *Rilievi subbottom profiler*), con dei gradini morfologici connessi a stadi di erosione terrazzata ed a testate di banchi a maggiore cementazione.

I sedimenti sono originati sia dalla attività antropica nelle fasce di fondale prossimali al litorale, che dagli apporti alluvionali di foce del F. Oreto, rimaneggiati dalla ondazione. In particolare predomina sedimento sciolto sul fondale marino, dalla batimetrica dei 3 m circa fino ad una profondità variabile arealmente dai 7 m ai 11 m

circa, caratterizzato da elementi di taglia assimilabile a blocchi e brecce, in abbondante matrice sabbiosa.

Plaghe a dominanza limosa di origine organica in ambiente chimico riducente, sono limitate al settore più interno del porticciolo esistente, fino a m 30 dalla attuale riva più interna e a qualche altra chiazza lungo il tracciato del molo sopraflutto in progetto (vd. *Rilevamento geomorfologico subacqueo 1:1000 – Autorità Portuale di Palermo*).

5.1.1 -Campionamenti e analisi granulometriche

Al fine di ricostruire la dinamica sedimentaria nell'area di progetto, è stata condotta una campagna di indagini sedimentologiche in sito e laboratorio, con successive elaborazioni statistiche e cartografiche delle analisi granulometriche. In tal modo si è conseguita una attendibile e dettagliata ricostruzione della distribuzione granulometrica proprio lungo la zona di intervento.

Per l'acquisizione dei dati in sito, sono stati eseguiti campionamenti del sedimento di fondo fino alla isobata – 15 m, lungo n°7 transetti, equidistanti 150 m. I transetti, ortogonali alla costa, hanno interessato la fascia sommersa fra la foce del F. Oreto e la "villa a mare", per un tratto di circa 1000 m longitudinali alla costa e 700 trasversali.

E' stata eseguita una analisi delle caratteristiche petro-granulometriche dei sedimenti campionati, finalizzata alla ricostruzione della dinamica sedimentaria in atto nell'area del porto di S. Erasmo.

Pertanto si è proceduto a:

1. campionamenti del sedimento mobile, a quote fisse (-2, -5, -10, -15) lungo 7 transetti ortogonali alla costa (vd. Planimetrie indagini);
2. determinazione del peso specifico e analisi granulometriche dei campioni, costruzione delle curve cumulative e identificazione delle classi (sabbie, ghiaie);

3. ripartizione in 14 sottoclassi delle frazioni granulometriche passanti ai setacci;
4. elaborazioni grafiche con costruzione di curve di frequenza granulometriche;
5. determinazione dei parametri statistici fondamentali (moda, deviazione standard o sorting, D50 – vd. Tavv. A fine testo);
6. individuazione della distribuzione spaziale delle relative classi granulometriche del sedimento e dei parametri statistici suddetti.

5.1.2 – Distribuzioni granulometriche e dinamica dei sedimenti campionati

Dall'insieme dei dati raccolti nel corso dello studio, è possibile ricostruire la dinamica dei sedimenti. Il vettore del trasporto litoraneo viene identificato mediante elaborazione statistica dei dati granulometrici e ricostruzione grafica delle normali alle isolinee di massima frequenza (isodensità modali, del sorting, D50) relative alle classi granulometriche predominanti nell'area indagata. Il verso del trasporto corrisponde al gradiente decrescente delle linee di isofrequenza. Nell'area in studio corrisponde ad una corrente litoranea controllata dal deflusso della foce del F. Oreto. In particolare emerge la presenza nel sedimento di fondo (compreso fra le isobate di -2 e -15 m) di 13 classi (subpopolazioni) afferenti alle classi delle sabbie e delle ghiaie, mancando le classi più fini (quasi assenti i limi, assenti le argille). Le classi granulometriche riscontrate sono state riportate nella seguente tabella:

CLASSE GRANULOMETRICA (subpopolazione)	range in mm di Φ	denominazione granulometrica
1	$d > 25$	ciottoli
2	$19 < d < 25$	
3	$12,5 < d < 19$	
4	$9,5 < d < 12,5$	
5	$6,3 < d < 9,5$	
6	$4,75 < d < 6,3$	
7	$3,35 < d < 4,75$	ghiaietto
8	$2 < d < 3,35$	
9	$1 < d < 2$	Sabbia grosse
10	$0,425 < d < 1$	
11	$0,25 < d < 0,425$	Sabbia media
12	$0,15 < d < 0,25$	Sabbia fine
13	$0,075 < d < 0,15$	Sabbia finissima
14	$< 0,075$	limo

La distribuzione granulometrica campionata evidenzia delle subpopolazioni di cui si è misurata la frequenza, ricavando la formula modale media del sedimento, che rappresenta la % di massima frequenza (vd. Tabelle a fine testo) :

$$\text{Subpop. } [N_1] \text{ d (valore del picco) * } z\% + \text{Subpop. } [N_n] \text{ d (valore del picco) * } y\%$$

Inoltre è stato calcolato l'indice di assortimento per ogni campione (Deviazione standard o sorting), rappresentativo del grado di coesistenza di granulometrie. I valori sono proporzionali alla selezione granulometrica del campione.

Sono state inoltre costruite le curve di frequenza di ogni classe granulometrica identificata entro lo stesso campione. Si riscontra in diverse curve la presenza di 2 picchi di frequenza.

Si nota, dallo studio di tali valori e da quello delle curve di frequenza, la ricorrenza di granulometrie selezionate in range ristretti, segno di forte selezione all'interno delle stesse granulometrie sabbio – ghiaiose, testimonianza di una attiva dinamica di mobilità sedimentaria per idrofluitazione. Tale interpretazione trova peraltro riscontro nelle osservazioni stratigrafiche e geomorfologiche condotte nell'area.

Dall'insieme dei dati si evince inoltre che la tessitura del sedimento è costituita prevalentemente da sabbia di ogni taglia, da grossa a finissima, con presenza di ghiaie con $[2 < \Phi \text{ mm} < 6]$. Il gradiente delle taglie granulometriche sabbiose decresce allontanandosi dall'asse della foce dell'Oreto.

Le ghiaie grossolane con taglie fino ai massi sono presenti lungo i transetti n° 6 e 7 ad ovest dell'area (in corrispondenza della "villa a mare", in posizione più distale rispetto alla foce del F. Oreto).

Tali dati sono stati ulteriormente soggetti ad elaborazioni geometriche nello spazio fisico del porticciolo e dello specchio d'acqua antistante, in corrispondenza degli areali interessati dai campionamenti del fondale (vd. Fotoplanimetrie dei transetti). In

particolare sono state elaborate le seguenti cartografie tematiche, incentrate sulla ripartizione in isozone delle caratteristiche granulometriche, derivate dalla classazione operata dalla dinamica marina:

- *isozone del D50*, che rappresenta le zone con eguale distribuzione delle granulometrie corrispondenti al 50% del sedimento campionato;
- le *isodensità modali delle subpopolazioni granulometriche* dei fondali (la distribuzione delle classi granulometriche rappresentata con maggiore frequenza);
- *isovalori del sorting* delle subpopolazioni granulometriche dei fondali

Dalla osservazione della distribuzione e andamento di tali isozone si evincono le seguenti considerazioni:

Si ribadisce la gradazione granulometrica allontanandosi radicalmente dall'asse del collettore di deflusso dell'Oreto, sia fra sottoriva ed il largo sia longitudinalmente alla costa. Si assiste a una netta risalita delle taglie granulometriche grossolane nella zona nord-occidentale (fondale antistante la villa a mare), dove si ha la massima concentrazione selettiva delle frazioni granulometriche di taglia maggiore (blocchi, ghiaie e sabbie grossolane), nella zona centrale prospiciente l'area di progetto si hanno maggiori assortimenti granulometrici e tagli di misura inferiore (sabbie fini). Le zone del primo tipo sono soggette a regimi energetici maggiori, sia per correnti longitudinali che per ondate trasversali.

L'andamento planimetrico di tali isozone risulta ovoidale, con l'asse maggiore ortogonale alla costa, segno che si creano settori a diverso regime energetico e conseguente movimentazione sedimentaria. Tale andamento è legato al profilo longitudinale di questa, ma connesso piuttosto al diverso potere riflettente dei tratti di questa rispetto alla ondazione. Infatti l'elemento di differenziazione del tratto di costa ad nord ovest è la scogliera in massi ciclopici insediata a protezione della "villa a mare". In conseguenza si hanno sul fondale carenze di sedimento della copertura e affioramento

del substrato calcarenitico. Tale dato viene confermato dalla interpretazione delle immagini morfobatimetriche acquisite dal Multibeam (ecoscandaglio). Quello a sud-est è la foce dell'Oreto che contribuisce non poco alla energizzazione del fondale, con un maggiore allontanamento dei sedimenti verso il largo.

Pertanto la situazione presenta una vergenza del trasporto sottocosta in direzione est, nonché una diversa capacità riflettente della energia incidente sui vari segmenti costieri.

5.2 - GEOMORFOLOGIA DEL FONDALE

L'integrazione delle tipologie di dati acquisiti ha consentito una attendibile ricostruzione geomorfologica del fondale dell'area di progetto.

Gli elementi che controllano la geomorfologia del fondale sono riconducibili alla estesa e monotona plaga della spianata di abrasione calcarenitica, che caratterizza tutta l'area costiera di Palermo, ai corpi alluvionali fluitati dalla foce del F. Oreto, ai sedimenti sciolti prevalentemente sabbiosi mobilizzati dal moto ondoso e correntizio sottocosta, dati peraltro confortati dallo studio della distribuzione granulometrica. Sono riscontrati dalle immagini *morfobatimetriche Multibeam* in corrispondenza del sito di progetto, morfologie di erosione canalizzata a spese del sedimento mobile sabbioso nonché alcuni allineamenti di testate di banco del bedrock (vd. immagini commentate nella relazione sulle indagini geofisiche e quelle di restituzione dei rilievi Multibeam).

In particolare si sono rilevate (vd. *Rilevamento geomorfologico subacqueo 1:1000 – Autorità Portuale di Palermo*) delle fasce di sedimenti mobili interessate da micromorfologie a *ripple marks* a profilo simmetrico, indice di attiva ondazione, che hanno dimensioni di $h=7$ cm $L = 30$ cm, la cui orientazione parallela alla costa è significativa della dominanza del principale fattore morfoevolutivo del fondale e della costa in generale. Questo è riconoscibile all'azione morfodinamica combinata del moto ondoso e correntizio, connesso al regime dei venti dominanti, sia per ragioni locali della

conformazione della Coca d'Oro e del Golfo di Palermo, che più in generale del basso Tirrenico, dai quadranti nord - orientali. L'azione morfodinamica è dunque a prevalente direttrice ortogonale alla costa, con una risultante di trasporto longitudinale, in accordo a quanto riportato nella Carta Geomorfologica allegata alla presente relazione ed all'andamento generale del litorale. In tale quadro il tratto litoraneo orientale, a partire da S. Erasmo nel Golfo di Palermo, è quello maggiormente protetto dall'azione erosiva e soggetto al trasporto e deposito marino, infatti corrisponde alla distribuzione delle spiagge, ora degradate per cause antropiche, che vanno dalla foce del F. Oreto fino a quella del F. Eleuterio, azione protettiva che si esplica a ridosso del promontorio di Capo Zafferano, alla estremità orientale del Golfo di Palermo

In generale comunque il fondale presenta un andamento omogeneo, tabulare e con leggera pendenza verso il largo. Tale andamento è interrotto da piccole scarpate di qualche metro, di banchi conglomeratici o calcarenitici, dovute a variazioni eustatiche del livello marino e quindi della sua linea di costa.

6 - CONCLUSIONI

E' stata eseguito uno studio geologico, sedimentologico e geomorfologico esecutivo, a corredo del progetto definitivo di completamento delle opere di difesa della darsena turistica di S. Erasmo. Lo studio è stato preceduto da uno studio geologico di massima e da acquisizioni di indagini pregresse, che ha consentito di inquadrare le problematiche geologiche, alla base delle caratterizzazioni sedimentologiche, geomorfologiche e geotecniche determinate dal presente studio per il progetto definitivo. In base a tali premesse sono state configurate anche le indagini eseguite.

Lo studio relazionato con la presente, è stato supportato da indagini in sito e laboratorio, effettuati fra il 2005 ed il 2007, di carattere geofisico, litostratigrafico, geomeccanico, sedimentologico e geomorfologico, in terraferma ed in mare. Sono stati utilizzati anche dati pregressi forniti dallo scrivente (stratigrafie in terraferma) e dalla Autorità portuale di Palermo del 2003 (indagini a mare).

L'insieme dei dati è stato sottoposto alle opportune integrazioni in un contesto interpretativo coerente, tenendo conto delle conoscenze fisico-ambientali possedute sulla zona. Pertanto è stato descritto un quadro esaustivo dell'ambiente su cui è previsto l'intervento, al fine di adeguate scelte progettuali.

Per ricostruire la dinamica sedimentaria nell'area di progetto, è stata condotta una campagna di indagini sedimentologiche in sito e laboratorio, con successive elaborazioni statistiche e cartografiche delle analisi granulometriche. In tal modo si è conseguita una attendibile e dettagliata ricostruzione della distribuzione granulometrica proprio lungo la zona di intervento.

Dalla integrazione dei rilievi del fondale summenzionati, relativi alle coperture sciolte ed all'interfaccia sottostante col bedrock, si è rivelata la presenza di un articolato accostamento di sedimenti attuali e recenti (Quaternario - Olocene) e del bed-rock calcarenitico, che si presenta sottoforma di una piattaforma d'abrasione quaternaria.

Geologo Oreste Adelfio

Dall'insieme dei dati raccolti nel corso dello studio, è stata ricostruita la dinamica dei sedimenti. Il vettore del trasporto litoraneo viene identificato mediante elaborazione statistica dei dati granulometrici e ricostruzione grafica delle normali alle isolinee di massima frequenza (isodensità modali) e delle isodensità del sorting e del D50, relative alle classi granulometriche predominanti nell'area indagata. Il verso del trasporto corrisponde al gradiente decrescente delle linee di isofrequenza. Nell'area in studio corrisponde ad una corrente litoranea controllata dal deflusso della foce del F. Oreto.

Si nota, dallo studio di tali valori e da quello delle curve di frequenza, la ricorrenza di granulometrie selezionate in range ristretti, segno di forte selezione all'interno delle stesse granulometrie sabbio – ghiaiose, testimonianza di una attiva dinamica di mobilità sedimentaria per idrofluitazione. Tale interpretazione trova peraltro riscontro nelle osservazioni stratigrafiche e geomorfologiche condotte nell'area.

Gli elementi che controllano la geomorfologia del fondale sono riconducibili alla estesa e monotona plaga della spianata di abrasione calcarenitica, che caratterizza tutta l'area costiera di Palermo, ai corpi alluvionali fluitati dalla foce del F. Oreto, ai sedimenti sciolti prevalentemente sabbiosi mobilizzati dal moto ondoso e correntizio sottocosta, dati peraltro confortati dallo studio della distribuzione granulometrica. Sono riscontrati dalle immagini morfobatimetriche *Multibeam* in corrispondenza del sito di progetto, morfologie di erosione canalizzata a spese del sedimento mobile sabbioso nonché alcuni allineamenti di testate di banco del bedrock.

IL GEOLOGO



GRANULOMETRIE E PARAMETRI STATISTICI - MODA, SORTING

**CLASSI GRANULOMETRICHE E FREQUENZE PER OGNI CAMPIONE
- PESO SPECIFICO**

**PERCENTUALI DELLE CLASSI GRANULOMETRICHE DEI SINGOLI CAMPIONI E
RELATIVO PESO SPECIFICO**

CAMPIONE	γ_s gt/cm ³	GHIAIA %	SABBIA %	LIMO %	ARGILLA %
T1 -2.00		0.35	99.65	-	-
T1 -5.00	2.699	0.27	99.73	-	-
T1 -10.00		4.38	95.62	-	-
T1 -15.00		1.96	98.04	-	-
T2 -2.00		-	100	-	-
T2 -5.00		-	100	-	-
T2 -10.00		-	100	-	-
T2 -15.00	2.711	-	100	-	-
T3 -2.00		0.24	99.76	-	-
T3 -5.00		0.15	99.85	-	-
T3 -10.00	2.625	30.12	69.88	-	-
T3 -15.00		22.85	77.15	-	-
T4 -2.00	2.639	0.53	99.47	-	-
T4 -5.00		1.34	98.66	-	-
T4 -10.00		19.57	80.43	-	-
T4 -15.00		10.61	89.39	-	-
T5 -5.00	2.654	1.37	98.63	-	-
T5 -10.00		0.30	99.70	-	-
T5 -15.00	2.684	1.32	98.68	-	-
T6 -2.00		62.63	37.37	-	-
T6 -5.00	2.655	46.01	53.99	-	-
T6 -10.00		76.29	23.71	-	-
T6 -15.00	2.612	97.77	2.23	-	-
T7 -2.00		83.59	16.41	-	-
T7 -5.00	2.515	40.00	60.00	-	-
T7 -10.00		100	-	-	-
S1 -11.00	2.683	8.43	91.57	-	-
S1 -15.00	2.663	86.28	13.72	-	-
S2 -3.50	2.589	34.87	65.13	-	-
S2 -8.00	2.656	43.94	56.06	-	-
S3 -5.0	2.709	28.09	46.83	12.5	12.58
S3 -11.00	2.644	40.63	59.38	-	-

camp. T1 -5m			frazione granulometrica e sua frequenza		classe
d mm	% pass	% tratt			
2	99,733	0,27	diametro maggiore di 2 mm	0,27%	1-8
1	98,396	1,60	compreso tra 2 e 1 mm	1,34%	9
0,425	92,781	7,22	diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	5,61%	10
0,25	77,807	22,19	diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	14,97%	11
0,15	32,353	67,65	compreso tra 0.25 e 0.15 mm	45,45%	12
0,075	4,278	95,72	compreso tra 0.15 e 0,075 mm	28,07%	13
0	0,000	100,00	compreso tra 0 e 0,075 mm	4,28%	14
			deviaz. standard	0,17	
			moda (classe granulom. di massima frequenza)		12

camp. T1 -2m			frazione granulometrica e sua frequenza		classe
d mm	% pass	% tratt			
2	99,65	0,35	diametro maggiore di 2mm	0,35%	1-8
1	98,94	1,06	diametro compreso tra 2 e 1 mm	0,71%	9
0,425	93,26	6,74	compreso tra 1 e 0.425 mm	5,67%	10
0,25	79,43	20,57	diametro compreso tra 0.425 e 0.25mm	13,83%	11
0,15	31,91	68,09	diametro compreso tra 0.25 e 0.15 mm	47,52%	12
0,075	4,61	95,39	compreso tra 0.15 e 0.075 mm	27,30%	13
0	0,00	100,00	compreso tra 0 e 0,075 mm	4,61%	14
			deviaz. standard	0,17	
			moda (classe granulom. di massima frequenza)		12

camp. T1 -15m			frazione granulometrica e sua frequenza		classe
d mm	% pass	% tratt			
2	98,04	1,96	diametro maggiore di 2 mm	1,96%	1-8
1	92,83	7,17	diametro compreso tra 2 e 1mm	5,22%	9
0,425	83,48	16,52	diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	9,35%	10
0,25	73,26	26,74	diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	10,22%	11
0,15	36,96	63,04	compreso tra 0.25 e 0.15 mm	36,30%	12
0,075	3,70	96,30	compreso tra 0.15 e 0.075 mm	33,26%	13
0	0,00	100,00	compreso tra 0 e 0,075 mm	3,70%	14
			deviaz. standard	0,14	
			moda (classe granulom. di massima frequenza)		12

camp. T1 -10 m

d mm	% pass	% tratt
2	99,66	0,34
1	98,99	1,01
0,425	95,62	4,38
0,25	87,54	12,46
0,15	52,86	47,14
0,075	10,77	89,23
0	10,77	89,23

frazione granulometrica e sua frequenza

diametro maggiore di 2 mm	0,34%	1-8
compreso tra 2 e 1 mm	0,67%	9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	3,37%	10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	8,08%	11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm	34,68%	12
compreso tra 0.15 e 0.075 mm	42,09%	13
compreso tra 0 e 0,075 mm	0,00%	14

deviaz. standard 0,18

moda (classe granulom. di massima frequenza) 13

camp. T2 -5m

d mm	% pass
2	99,742
1	95,747
0,425	37,371
0,25	10,696
0,15	1,031
0,075	0,129
0	0,000

% tratt	0,26
	4,25
	62,63
	89,30
	98,97
	99,87
	100,00

frazione granulometrica e sua frequenza

diametro maggiore di 2 mm	0,26%	1-8
compreso tra 2 e 1 mm	3,99%	9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	58,38%	10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	26,68%	11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm	9,66%	12
compreso tra 0.15 e 0,075 mm	0,90%	13
compreso tra 0 e 0,075	0,13%	14

deviaz. standard 0,22

moda (classe granulom. di massima frequenza) 10

camp. T2 -2m

d mm	% pass
2	99,77
1	94,27
0,425	37,96
0,25	11,12
0,15	1,15
0,075	0,11
0	0,00

% tratt	0,23
	5,73
	62,04
	88,88
	98,85
	99,89
	100,00

frazione granulometrica e sua frequenza

diametro maggiore di 2 mm	0,23%	1-8
diametro compreso tra 2 e 1 mm	5,50%	9
compreso tra 1 e 0.425 mm	56,31%	10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25mm	26,83%	11
diametro compreso tra 0.25 e 0.15 mm	9,98%	12
compreso tra 0.15 e 0.075 mm	1,03%	13
compreso tra 0 e 0,075 mm	0,11%	14

deviaz. standard 0,21

moda (classe granulom. di massima frequenza) 10

camp. T2 -15m

d mm	% pass
1	95,893
0,425	90,179
0,25	84,107
0,15	60,179
0,075	15,000
0	0,000

% tratt	4,11
	9,82
	15,89
	39,82
	85,00
	100,00

frazione granulometrica e sua frequenza

diametro maggiore di 1mm	4,11%	1-9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	5,71%	10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	6,07%	11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm	23,93%	12
compreso tra 0.15 e 0.075 mm	45,18%	13
compreso tra 0 e 0,075 mm	15,00%	14

deviaz. standard 0,16

moda (classe granulom. di massima frequenza) 13

camp. T2 -10 m

d mm	% pass
1	95,75
0,425	77,22
0,25	64,86
0,15	41,12
0,075	9,07
0	0,00

<u>frazione granulometrica e sua frequenza</u>		classe
diametro maggiore di 1 mm	4,25%	1-9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	18,53%	10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	12,36%	11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm	23,75%	12
compreso tra 0.15 e 0.075 mm	32,05%	13
compreso tra > 200 e 0,075 mm	9,07%	14
deviaz. standard	0,10	
moda (classe granulom. di massima frequenza)		13

camp. T3 -5m		<u>frazione granulometrica e sua frequenza</u>		classe	
d mm	% pass	% tratt			
2	99,847	0,15	diametro maggiore di 2 mm	0,15%	1-8
1	98,926	1,07	compreso tra 2 e 1 mm	0,92%	9
0,425	93,405	6,60	diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	5,52%	10
0,25	85,123	14,88	diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	8,28%	11
0,15	52,454	47,55	compreso tra 0.25 e 0.15 mm	32,67%	12
0,075	8,896	91,10	compreso tra 0.15 e 0,075 mm	43,56%	13
0	0,000	100,00	compreso tra 0 e 0,075 mm	8,90%	14
			deviaz. standard	0,17	
			moda (classe granulom. di massima frequenza)	13	

camp. T3 -2m		<u>frazione granulometrica e sua frequenza</u>		classe	
d mm	% pass	% tratt			
2	99,76	0,24	diametro maggiore di 2 mm	0,24%	1-8
1	95,67	4,33	diametro compreso tra 2 e 1 mm	4,09%	9
0,425	88,21	11,79	compreso tra 1 e 0.425 mm	7,46%	10
0,25	79,90	20,10	diametro compreso tra 0.425 e 0.25mm	8,30%	11
0,15	52,23	47,77	diametro compreso tra 0.25 e 0.15 mm	27,68%	12
0,075	10,23	89,77	compreso tra 0.15 e 0.075 mm	42,00%	13
0	0,00	100,00	compreso tra 0 e 0,075 mm	10,23%	14
			deviaz. standard	0,15	
			moda (classe granulom. di massima frequenza)	13	

camp. T3 -15m		<u>frazione granulometrica e sua frequenza</u>		classe	
d mm	% pass	% tratt			
9,5	96,38	3,62	diametro maggiore di 9.5 mm	3,62%	1-4
2	77,15	22,85	diametro compreso tra 9.5 e 2 mm	19,23%	5-8
1	56,11	43,89	diametro compreso tra 2 e 1mm	21,04%	9
0,425	21,27	78,73	diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	34,84%	10
0,25	15,16	84,84	diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	6,11%	11
0,15	7,47	92,53	compreso tra 0.25 e 0.15 mm	7,69%	12
0,075	1,13	98,87	compreso tra 0.15 e 0.075 mm	6,33%	13
0	0	100,00	compreso tra 0 e 0,075 mm	1,13%	14
			deviaz. standard	0,12	
			moda (classe granulom. di massima frequenza)	10	

camp. T3 -10 m

d mm	% pass
9,5	95,18
2	69,88
1	50,12
0,425	12,05
0,25	5,78
0,15	2,17
0,075	0,24
0	0,24

<u>frazione granulometrica e sua frequenza</u>		classe
% tratt		
4,82	diametro maggiore di 9.5 mm	4,82%
30,12	diametro compreso tra 9.5 e 2 mm	25,30%
49,88	compreso tra 2 e 1 mm	19,76%
87,95	diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	38,07%
94,22	diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	6,27%
97,83	compreso tra 0.25 e 0.15 mm	3,61%
99,76	compreso tra 0.15 e 0.075 mm	1,93%
99,76	compreso tra 0 e 0,075 mm	0,00%
	deviaz. standard	0,14
	moda (classe granulom. di massima frequenza)	10

camp. T4 -5m

d mm	% pass
2	98,661
1	95,089
0,425	83,929
0,25	74,554
0,15	31,696
0,075	1,339
0	0

% tratt
1,34
4,91
16,07
25,45
68,30
98,66
100,00

frazione granulometrica e sua frequenza

		classe
diametro maggiore di 2 mm	1,34%	1-8
compreso tra 2 e 1 mm	3,57%	9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	11,16%	10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	9,38%	11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm	42,86%	12
compreso tra 0.15 e 0,075 mm	30,36%	13
compreso tra 0.075 e 0 mm	1,34%	14

deviaz. standard 0,16

moda (classe granulom. di massima frequenza) 12

camp. T4 -2m

d mm	% pass
2	99,47
1	96,62
0,425	84,52
0,25	71,53
0,15	28,11
0,075	1,78
0	0

% tratt
0,53
3,38
15,48
28,47
71,89
98,22
100,00

frazione granulometrica e sua frequenza

		classe
diametro maggiore di 2 mm	0,53%	1-8
compreso tra 2 e 1 mm	2,85%	9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	12,10%	10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	12,99%	11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm	43,42%	12
compreso tra 0.15 e 0,075 mm	26,33%	13
compreso tra 0.075 e 0 mm	1,78%	14

deviaz. standard 0,16

moda (classe granulom. di massima frequenza) 12

camp. T4 -15m

d mm	% pass
9,5	97,41
2	89,39
1	77,83
0,425	29,72
0,25	19,10
0,15	4,48
0,075	0,24
0	0

% tratt
2,59
10,61
22,17
70,28
80,90
95,52
99,76
100,00

frazione granulometrica e sua frequenza

		classe
diametro maggiore di 9.5 mm	2,59%	1-4
diametro compreso tra 9.5 e 2 mm	8,02%	4-8
diametro compreso tra 2 e 1mm	11,56%	9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	48,11%	10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	10,61%	11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm	14,62%	12
compreso tra 0.15 e 0.075 mm	4,25%	13
compreso tra 0.075 e 0 mm	0,24%	14

deviaz. standard 0,15

moda (classe granulom. di massima frequenza) 10

camp. T4 -10 m

d mm	% pass
9,5	86,833
2	80,427
1	71,530
0,425	30,605
0,25	20,996
0,15	4,982
0,075	0,000
0	0

% tratti
13,17
19,57
28,47
69,40
79,00
95,02
100,00
100,00

frazione granulometrica e sua frequenza

classe

diametro maggiore di 9.5 mm	13,17%	1-4
diametro compreso tra 9.5 e 2 mm	6,41%	4-8
diametro compreso tra 2 e 1mm	8,90%	9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm	40,93%	10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm	9,61%	11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm	16,01%	12
compreso tra 0.15 e 0.075 mm	4,98%	13
compreso tra 0.075 e 0 mm	0,00%	14

deviaz. standard 0,12

moda (classe granulom. di massima frequenza) 10

camp. T5 -5m

d mm	% pass
2	98,632
1	93,161
0,425	80,395
0,25	72,036
0,15	29,483
0,075	1,672
0	0,000

% tratt
1,37
6,84
19,60
27,96
70,52
98,33
100,00

frazione granulometrica e sua frequenza**classe**

diametro maggiore di 2 mm 1,37% 1-8
compreso tra 2 e 1 mm 5,47% 9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm 12,77% 10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm 8,36% 11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm 42,55% 12
compreso tra 0.15 e 0.075 mm 27,81% 13
compreso tra 0 e 0,075 mm 1,67% 14

deviaz. standard 0,15

moda (classe granulom. di massima frequenza) 12

camp. T5 -15m

d mm	% pass
2	98,68
1	95,48
0,425	81,85
0,25	69,78
0,15	28,12
0,075	2,41
0	0,00

% tratt
1,32
4,52
18,15
30,22
71,88
97,59
100,00

frazione granulometrica e sua frequenza**classe**

diametro maggiore di 2 mm 1,32% 1-8
compreso tra 2 e 1 mm 3,19% 9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm 13,63% 10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm 12,07% 11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm 41,67% 12
compreso tra 0.15 e 0.075 mm 25,70% 13
compreso tra 0 e 0,075 mm 2,41% 14

deviaz. standard 0,15

moda (classe granulom. di massima frequenza) 12

camp. T5 -10m

d mm	% pass
2	99,70
1	98,18
0,425	89,68
0,25	78,15
0,15	32,47
0,075	2,12
0	0,00

% tratt
0,30
1,82
10,32
21,85
67,53
97,88
100,00

frazione granulometrica e sua frequenza**classe**

diametro maggiore di 2 mm 0,30% 1-8
compreso tra 2 e 1 mm 1,52% 9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm 8,50% 10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm 11,53% 11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm 45,68% 12
compreso tra 0.15 e 0,075 mm 30,35% 13
compreso tra 0 e 0,075 mm 2,12% 14

deviaz. standard 0,17

moda (classe granulom. di massima frequenza) 12

camp. T6 -2m

d mm	% pass
25	72,238
12,5	61,671
9,5	55,908
2	37,368
1	30,067
0,425	5,476
0,25	0,384
0,15	0,096
0,075	0,000
0	

% tratt
27,76
38,33
44,09
62,63
69,93
94,52
99,62
99,90
100,00

frazione granulometrica e sua frequenza

		classe
diametro maggiore di 25 mm	27,76%	1
diametro compreso tra 25 e 12,5 mm	10,57%	2-3
diametro compreso tra 12,5 e 9,5 mm	5,76%	4
diametro compreso tra 9,5 e 2 mm	18,54%	5-8
compreso tra 2 e 1 mm	7,30%	9
diametro compreso tra 1 e 0,425 mm	24,59%	10
diametro compreso tra 0,425 e 0,25 mm	5,09%	11
compreso tra 0,25 e 0,15 mm	0,29%	12
compreso tra 0,15 e 0,075 mm	0,10%	13

deviaz. standard 0,10

moda (classe granulom. di massima frequenza) 1

camp. T6 -5m

d mm	% pass
12,5	90,45
9,5	85,10
2	53,99
1	27,26
0,425	0,61
0,25	0,00
0,15	0,00
0,075	0
0	

% tratt
9,55
14,90
46,01
72,74
99,39
100,00
100,00
100,00

frazione granulometrica e sua frequenza

		classe
diametro maggiore di 12,5 mm	9,55%	1-3
diametro compreso tra 12,5 e 9,5 mm	5,35%	4
diametro compreso tra 9,5 e 2 mm	31,11%	5-8
diametro compreso tra 2 e 1 mm	26,73%	9
compreso tra 1 e 0,425 mm	26,64%	10
diametro compreso tra 0,425 e 0,25mm	0,61%	11
diametro compreso tra 0,25 e 0,15 mm	0,00%	12
compreso tra 0,15 e 0,075 mm	0,00%	13

deviaz. standard 0,13

moda (classe granulom. di massima frequenza) 5-8

camp. T6 -15m

d mm	% pass
25	50,07
19	31,19
9,5	6,42
2	2,23
1	1,57
0,425	0,66
0,25	0,26
0,15	0,131062
0,075	0

% tratt
49,93
68,81
93,58
97,77
98,43
99,34
99,74
99,87
100,00

frazione granulometrica e sua frequenza

		classe
diametro maggiore di 25 mm	49,93%	1
diametro compreso tra 19 e 25 mm	18,87%	2
compreso tra 19 e 9,5 mm	24,77%	3-4
diametro compreso tra 9,5 e 2 mm	4,19%	5-8
diametro compreso tra 2 e 1mm	0,66%	9
diametro compreso tra 1 e 0,425 mm	0,92%	10
diametro compreso tra 0,425 e 0,25 mm	0,39%	11
compreso tra 0,25 e 0,15 mm	0,13%	12
compreso tra 0,15 e 0,075 mm	0,13%	13

deviaz. standard 0,17

moda (classe granulom. di massima frequenza) 1

camp. T6 -10 m

d mm	% pass
25	26,80
2	23,71
1	20,62
0,425	6,19
0,25	4,12
0,15	1,03
0,075	0,00

% tratt
73,20
76,29
79,38
93,81
95,88
98,97
100,00
100,00

frazione granulometrica e sua frequenza

classe

diametro maggiore di 25 mm	73,20%	1
compreso tra 25 e 2 mm	3,09%	2-8
diametro compreso tra 2 e 1 mm	3,09%	9
diametro compreso tra 1 e 0.425	14,43%	10
compreso tra 0,425 e 0.25 mm	2,06%	11
compreso tra 0,25 e 0.15 mm	3,09%	12
fra 0,15 e 0,075 mm	1,03%	13
< 0,075	0	

deviaz. standard 0,25

moda (classe granulom. di massima frequenza) 1

camp T7 -2m

d mm	% pass
9,5	96,25
2	16,41
1	3,75
0,425	1,09
0,25	0,31
0,15	0,16
0,075	0,00

% tratt
3,75
83,59
96,25
98,91
99,69
99,84
100,00

diametro maggiore di 9.5 mm 3,75% 1-4
diametro compreso tra 9.5 e 2 mm 79,84% 5-8
compreso tra 2 e 1 mm 12,66% 9
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm 2,66% 10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm 0,78% 11
compreso tra 0.25 e 0.15 mm 0,16% 12
compreso tra 0.15 e 0,075 mm 0,16% 13

deviaz. standard 0,29

moda (classe granulom. di massima frequenza) 5-8

camp T7 -5m

d mm	% pass
9,5	90,00
2	60,00
1	48,75
0,425	36,25
0,25	23,75
0,15	10,00
0,075	1,25

% tratt
10,00
40,00
51,25
63,75
76,25
90,00
98,75
100,00

diametro maggiore di 9.5 mm 10,00% 1-4
diametro compreso tra 9.5 e 2 mm 30,00% 5-8
diametro compreso tra 2 e 1 mm 11,25% 9
compreso tra 1 e 0.425 mm 12,50% 10
diametro compreso tra 0.425 e 0.25mm 12,50% 11
diametro compreso tra 0.25 e 0.15 mm 13,75% 12
compreso tra 0.15 e 0.075 mm 8,75% 13
< 0,075 mm 1,25% 14

deviaz. standard 0,08

moda (classe granulom. di massima frequenza) 5-8

T7 -10m

d mm	% pass
25	0,00
2	0,00
1	0,00
0,425	0,00
0,25	0,00
0,15	0,00
0,075	0,00

% tratt
100,00
100,00
100,00
100,00
100,00
100,00
100,00





diametro maggiore di 25 mm 100,00% 1
diametro compreso tra 25 e 2 mm 0,00
compreso tra 2 e 1 mm 0,00
diametro compreso tra 1 e 0.425 mm 0,00
diametro compreso tra 0.425 e 0.25 mm 0,00
compreso tra 0.25 e 0.15 mm 0,00
compreso tra 0.15 e 0.075 mm 0,00

deviaz. standard 0,38










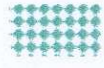


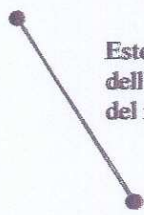
moda (classe granulom. di massima frequenza) 1

LEGENDA

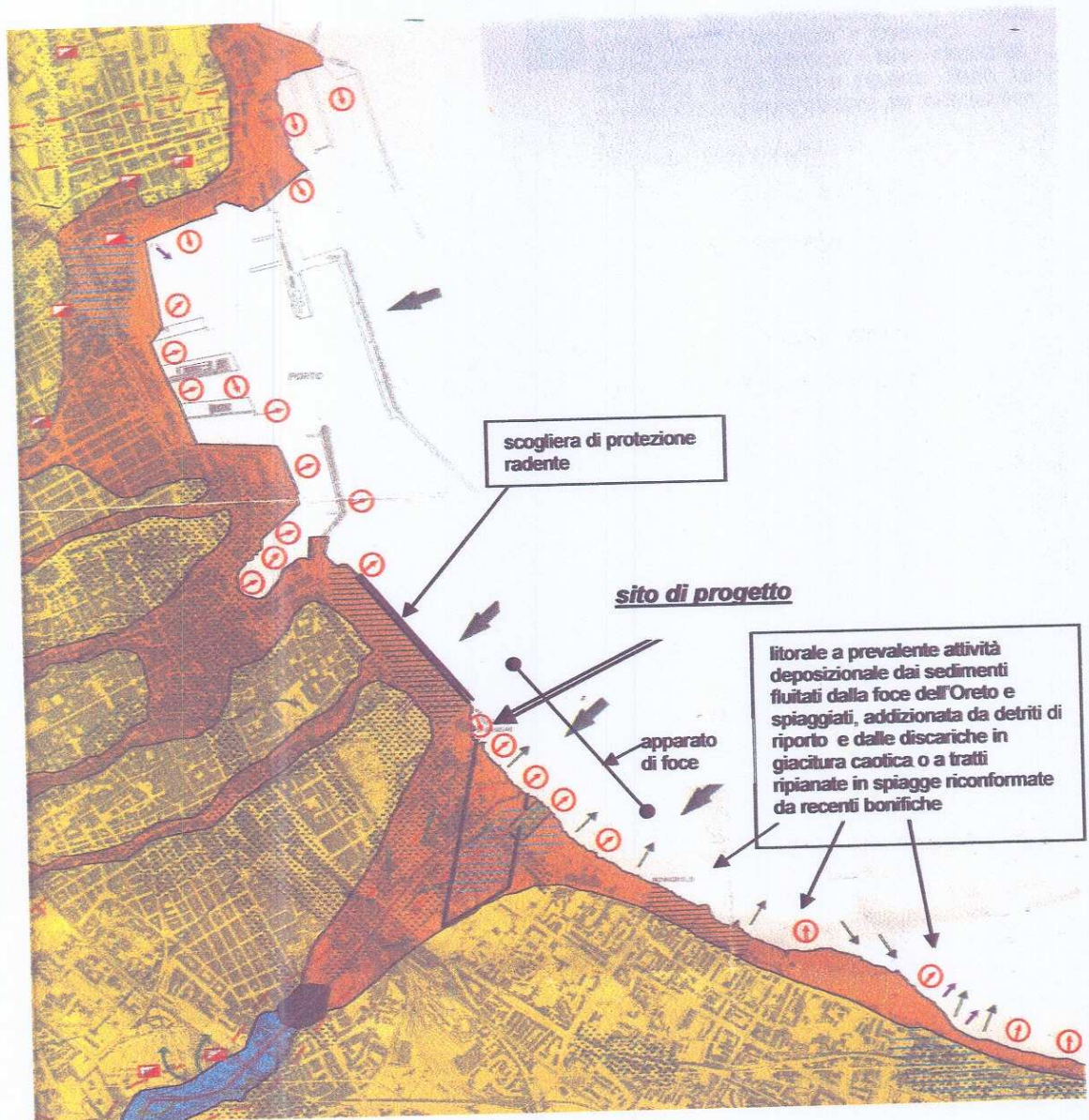
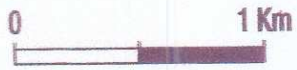
LITOLOGIA

-  Coperture recenti da riporti artificiali e discariche
 -  Depositi alluvionali del letto di piena ordinaria: ciottoli, sabbie e limi torbosi
 -  Biocalcareniti e biocalciruditi giallastre in banchi e strati a vario grado di cementazione, con livelli intercalati di sabbie e sabbie argillose, limi ed argille siltose – Spessore max 40 – 50
- Gli affioramenti tabulari persistono lungo la fascia costiera ed i fondali, mentre lungo la costa emersa sono ricoperti con continuità da materiali di riporto
-  Argille azzurre fossilifere, argille sabbiose e siltose, determinano livelli acquiferi multistrato

MORFOTIPI E FENOMENI MORFOGENETICI

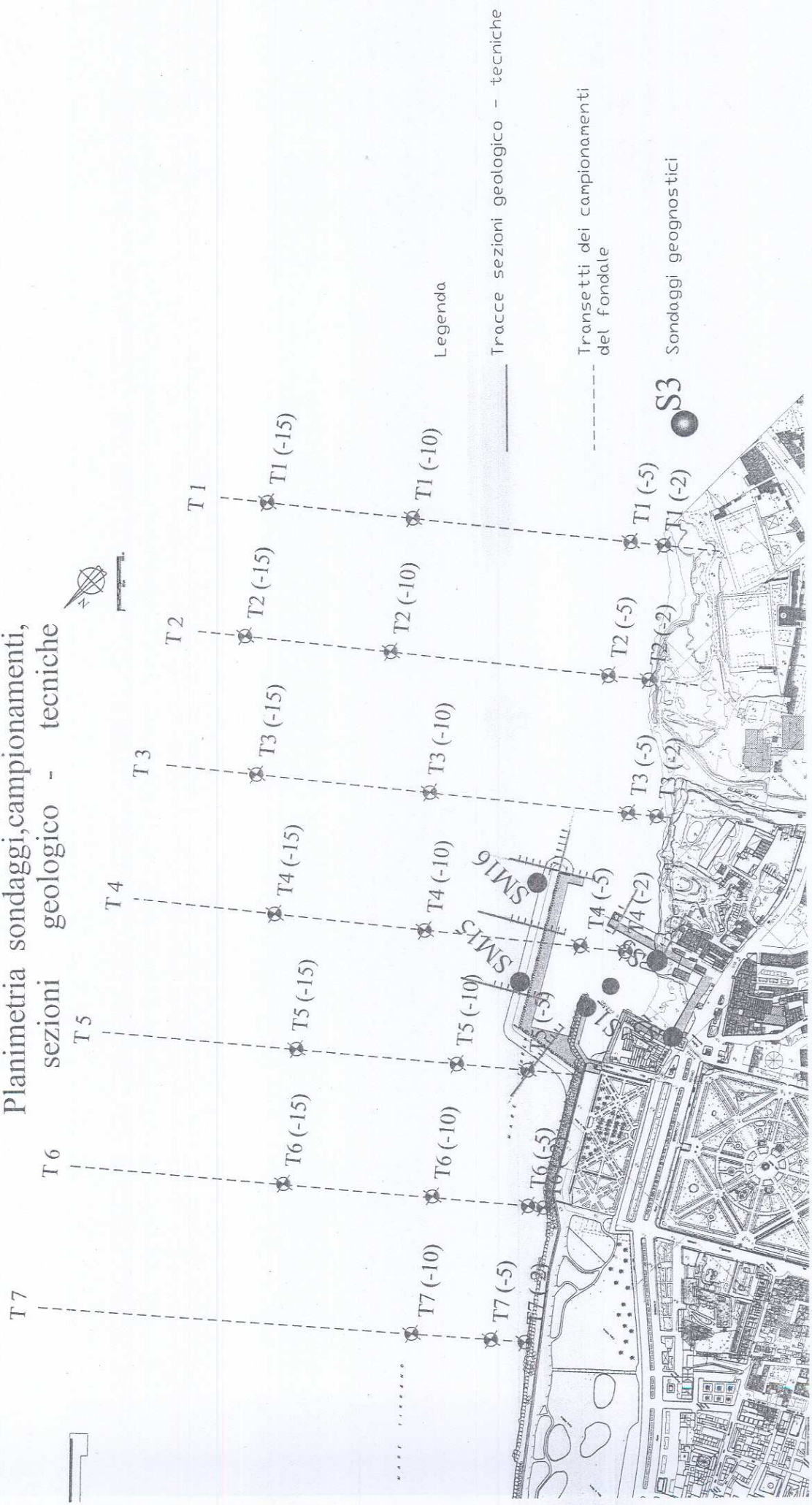
-  Costa a tratti in avanzamento alternati ad arretramenti (rimaneggiamenti di discariche)
 -  Direzione di massima ondazione
 -  Rotte fluviali
 -  Rotte di argine
 -  Aree soggette a inondazione e lagunaggi
 -  Aree a piezometrica subaffiorante
 -  Aree soggette a mareggiate
 -  Aree soggette a cedimenti differenziali del suolo sotto carichi per emungimenti idrici
 -  Recapito di reflui urbani
 -  Aree ad intensa infiltrazione di idrocarburi in falda
 -  Deflusso in mare di acque dolci
 -  Area d'infiltrazione di inquinanti in falda dall'alveo del F. Oreto
-  Estensione costiera dell'apparato di foce del fiume Oreto

CARTA GEOLITOLOGICO - GEOMORFOLOGICA



(su dati di base pubblicati dalla Università di Palermo)

Planimetria sondaggi, campionamenti, sezioni geologico - tecniche



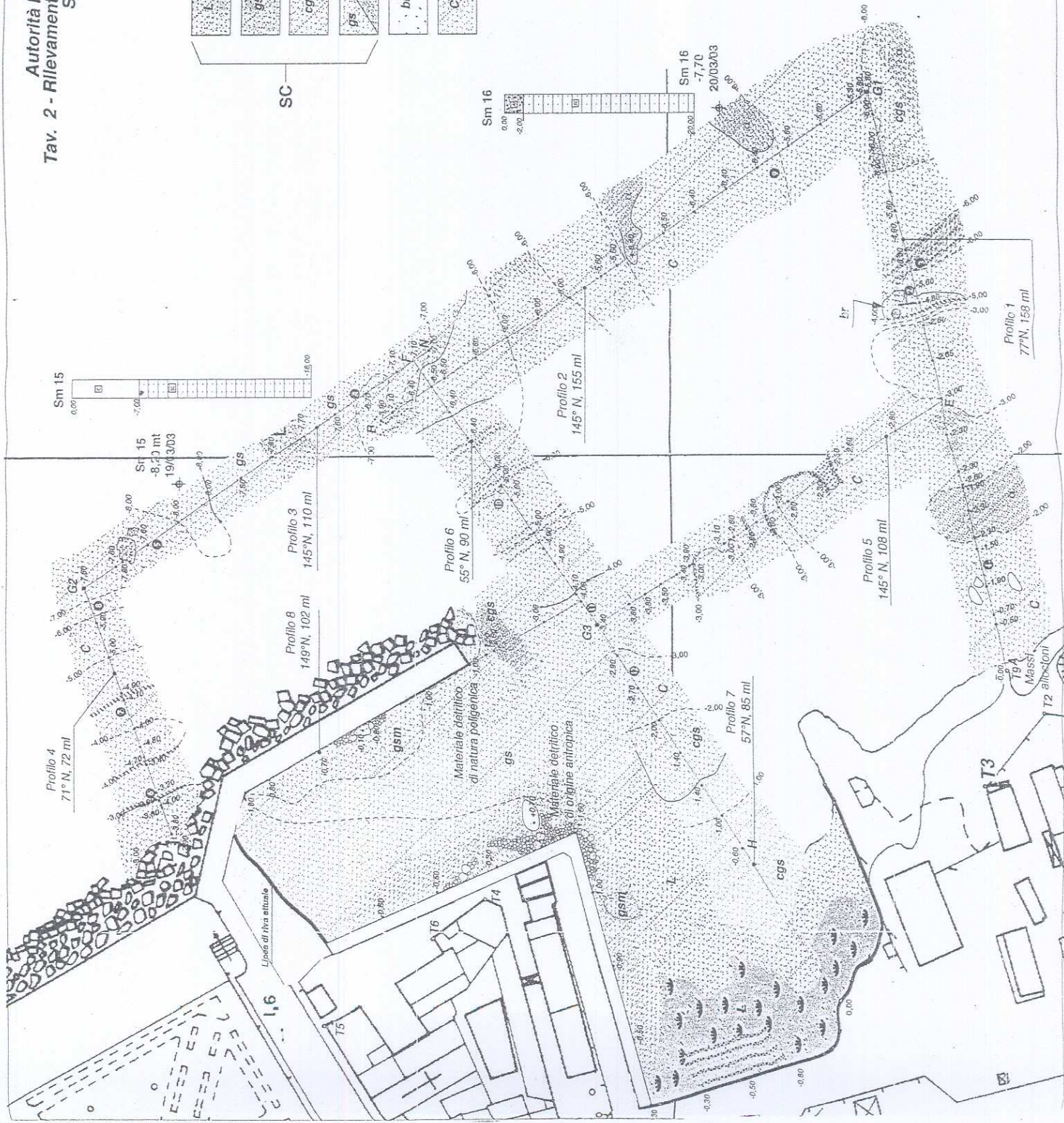
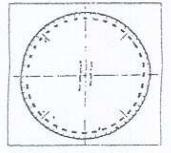
Autorità Portuale di Palermo
Tav. 2 - Rilievamento geomorfologico subacqueo
Scala 1:1.000

Legenda

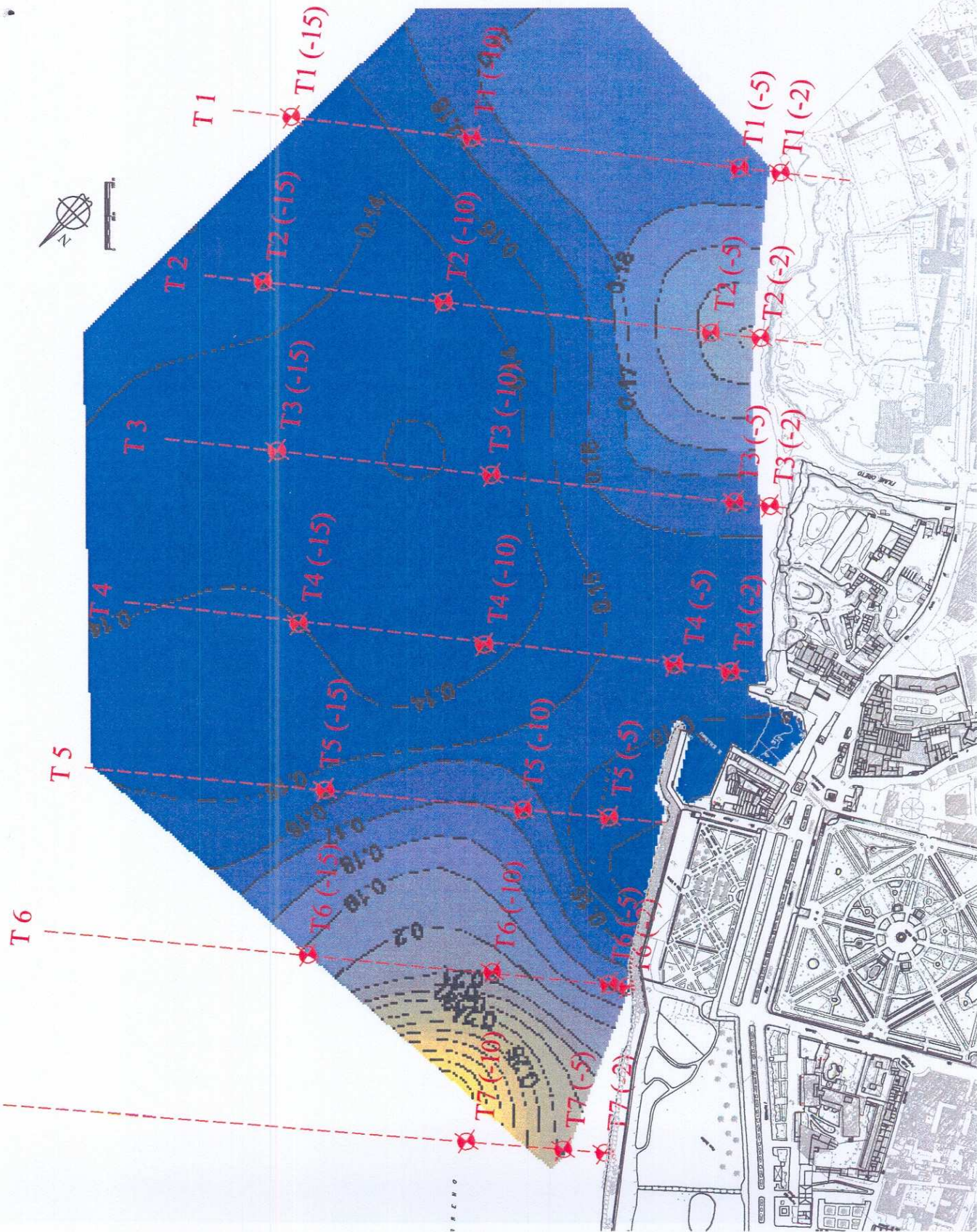
- | | |
|--|--|
| | Fondo mobile costituito da sabbia fine e limo scuro e limi residui di palude |
| | Fondo mobile costituito da ghiaia, sabbia grossolana e materiale detritico |
| | Fondo mobile costituito da ciottolame carbonatico e ghiaia e sabbia |
| | Fondo mobile costituito da ghiaia e sabbia e talvolta con ciottolame (c) |
| | Conglomerato di genesi alluvionale quaternario (beach rock) |
| | Calcarenite organogena quaternaria massiva o a plaghe |

Simboli

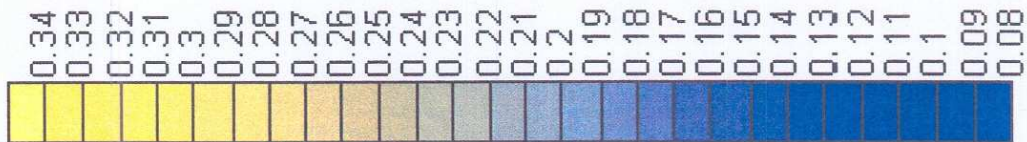
- | | |
|--|---------------------------|
| | Ripple marks |
| | Isobatimetriche e quota |
| | Scarpate |
| | Limiti netti di litologia |
| | Sondaggi meccanici a c.c. |
| | Tracce dei profili |
| | Punti di stazione |
| | Punti di traguardo |
| | Foto |



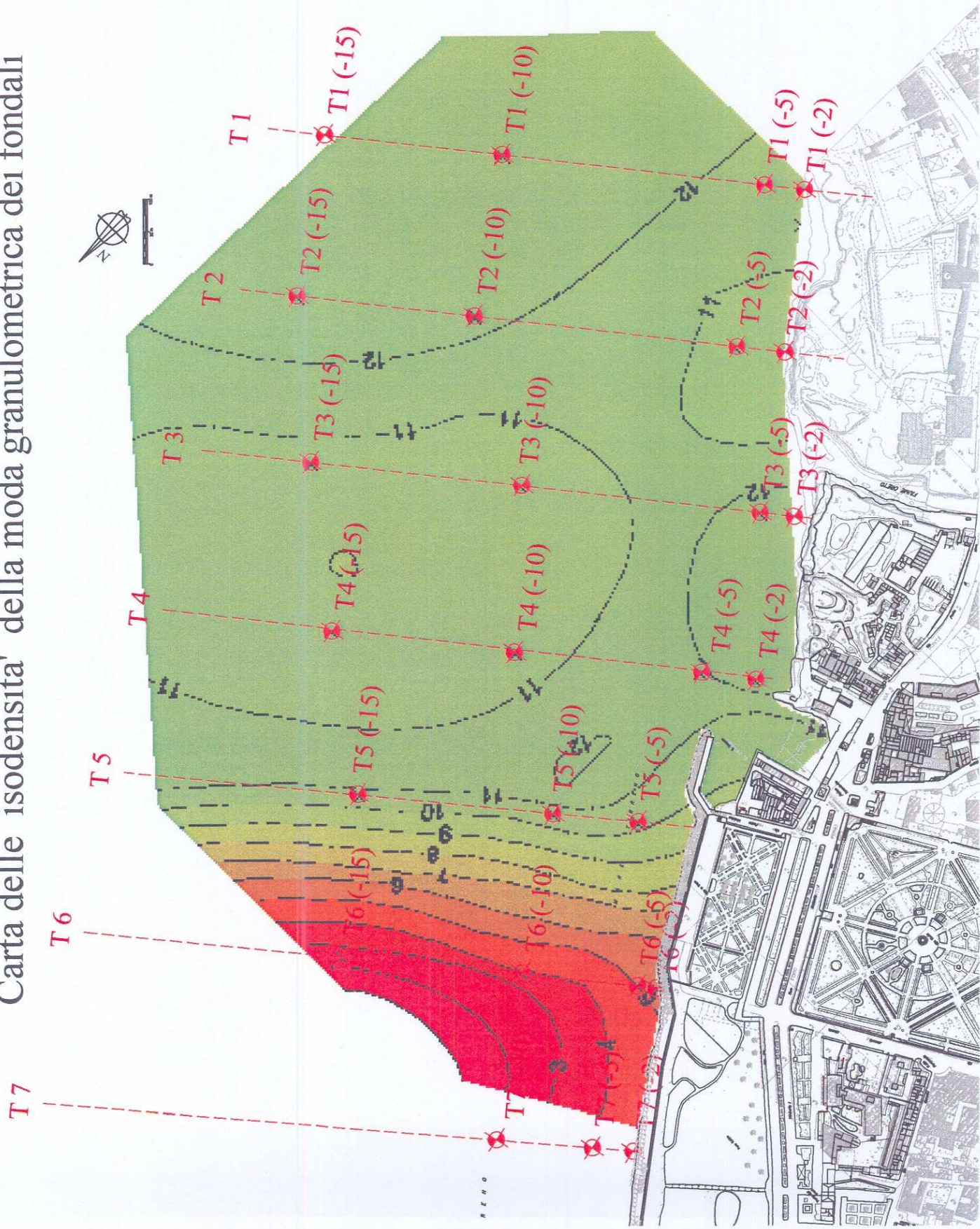
Carta delle isodensità del sorting granulometrico dei fondali



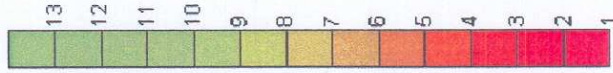
Legenda



Carta delle isodensita' della moda granulometrica dei fondali



Legenda



Carta delle isotessiture dei fondali



Legenda
D 50 (mm)

