COMUNE DI COGOLETO

ASSOCIAZIONE BAGNI MARINI
DI COGOLETO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA PER IL POTENZIONAMENTO ED IL MIGLIORAMENTO DELLE SPIAGGE COMUNALI

PARTE PRIMA CONOSCITIVA

RELAZIONI TECNICHE SPECIALISTICHE
TOMO 2

- Studio meteomarino
- Relazione geologico-sedimentologica

FASCICOLO N.

5

data
Gennaio 2017

A	PRIMA STESURA	Ottobre 2016
B	SECONDA STESURA	Gennaio 2017
C		
D		
E		

STUDIO SIRITO
Savona

ing. Giorgio Sirito
ing. Roberto Sirito
geom. Vittorio Sirito

STUDIO METEOMARINO

INDICE

PARTE PRIMA
IL REGIME ANEMOMETRICO ED I FETCH

1- IL REGIME ANEMOMETRICO DEL MAR LIGURE 1

1.1 - Condizioni generali 1

1.2- La dinamica di alcune importanti situazioni tipiche 1

2 - ESPOSIZIONE MARITTIMA 7

3 - I FETCH 7

3.2 - Settore di traversia, Fetch geografici 7

3.3 - I Fetch efficaci 8

PARTE SECONDA
ANALISI DEL CLIMA MARITTIMO

4- ANALISI DELLE FONTI DI DATI 11

4.1 - Dati Atlante delle onde e del vento nel Mediterraneo (ISMAR) (Wind and Wave Atlas of the Mediterranean sea") (2004) 12

4.2 - Dati boa di La Spezia (RON) 17

4.3 - Dati boa Côte d'Azur e nodo modello CEP (METEO FRANCE) 18

4.4 - Dati Hindcast (Oceanweather) 20

4.5 - Dati KNMI 21

STUDIO METEOMARINO

PARTE PRIMA
IL REGIME ANEMOMETRICO ED I FETCH

1- IL REGIME ANEMOMETRICO DEL MAR LIGURE

1.1 - Condizioni generali

Il Mar Ligure é uno dei bacini italiani su cui l'influenza dei sistemi montuosi, che fanno da contorno, risulta determinante sull'andamento delle masse d'aria in evoluzione su tale area e soprattutto negli strati più bassi.

Le depressioni sottovento ai rilievi orografici sono qui periodicamente ricorrenti sotto la classica denominazione di CICLOGENESI SUL GOLFO LIGURE. La media annuale di questi casi è di circa 50 con un massimo in Dicembre-Gennaio ed un minimo in Settembre. Su I OO casi, ossia in 2 anni, si hanno i seguenti valori di persistenza:

43,4% dura fino a 24 ore
30,4% " 2 giorni
16,2% " 3 "
6,7% " 4 "
2,7% " 5 "
0,4% " 6 "
0,2% " 7 "

Queste ciclogenesi danno luogo ad una fenomenologia tipica in cui il campo del vento assume aspetti particolarmente complessi, considerandone le fasi evolutive su scala regionale.

1.2- La dinamica di alcune importanti situazioni tipiche

Le più importanti situazioni tipiche, sono illustrate sulle cartine da fig. 2 a fig. 9. Inqueste cartine e stata messa in particolare evidenza l'oro- grafia alpina ed appenninica e le correnti aeree sono state simboleggiate da apposite freccette.

1.2.1

Sulla cartina 2 un nucleo di bassa pressione (B) sulla Valle del Rodano richiama masse di aria del 2° quadrante. Il flusso, di tipo sciroccale, ossia da Sud-Est sul Tirreno e sull'Adriatico, modifica la propria traiettoria nell'ambito del Golfo di Genova, dove confluiscono, da Nord e da Nord-Est, correnti di provenienza adriatica, che hanno imboccato la Pianura Padana. Al largo del Golfo di Genova queste correnti confluiscono con i venti di Scirocco e Levante, provenienti dalle coste della Toscana e dalla Riviera Ligure di Levante, per poi proseguire da Est verso la Valle del Rodano, sede del nucleo depressionario, che quasi sempre tende a portarsi in direzione del Golfo Ligure.

1.2.2

Sulla cartina 3 l'elemento motore di questa situazione é costituito da un campo depressionario sulla Francia. Esso infatti richiama masse di aria umida dai bacini

occidentali italiani, lasciando indisturbato l'Adriatico, almeno nella fase iniziale, per cui non sussistono correnti settentrionali dall'entroterra ligure, come nel caso precedente. Sono queste le situazioni tipiche in cui il Golfo Ligure è temporaneamente battuto dal Sud-Est, moderato, ma talvolta anche forte, in cui l'altezza significativa Hs dell'onda può raggiungere i 3 metri. L'impatto di queste correnti contro i rilievi montuosi dell'entroterra 2 ligure può provocare abbondanti precipitazioni. A Sud delle Alpi Marittime queste correnti piegano da Est e poi da Sud-Est, prima di imboccare la Valle del Rodano, come si può dedurre anche dai diagrammi anemometrici di Sanremo e Bordighera.

1.2.3

Sulla cartina 4 un vasto e spesso profondo campo di basse pressioni a Nord dell'Arco Alpino, di provenienza atlantica ed in fase di movimento verso Levante, determina sul Golfo Ligure un notevole flusso di correnti da Sud-Ovest. Sono correnti particolarmente violente sul costone di Capo Mele per effetto orografico. Esse tendono a piegare da Sud-Sud-Ovest e, al limite, da Sud tra Capo Noli e Genova, specie se a ridosso dell'Appennino Ligure si forma una piccola depressione sottovento, che interessa le Langhe. Queste correnti tra Sud-Ovest e Sud superano la Pianura Padana e vanno oltre le Alpi centro-orientali, sotto 1 'azione del nucleo depressionario sopra citato.

Sono queste le situazioni dinamicamente più importanti e provocano le più grosse mareggiate sui litorali prospicienti il Golfo di Genova.

1.2.4

Il campo delle correnti nei bassi strati sulla Liguria è, come già accennato, fortemente influenzato dalla imponente orografia delle Alpi Occidentali. Depressioni sottovento sono qui frequenti, specie in presenza di correnti atlantiche, che penetrano nel Mediterraneo attraverso il varco tra i Pirenei e le Cevenne o lungo la Valle del Rodano per piegare poi da Ovest e da Sud-Ovest verso la Corsica ed il Golfo Ligure e proseguire verso l'Adriatico in conformità all'andamento delle correnti a quote più elevate. Parte di questo flusso dalla Valle del Rodano (mistral) investe la Sardegna da Nord-Ovest (maestrale) e raggiunge il bacino tirrenico (cartina 5).

Nella fase iniziale della ciclogenesi sul Golfo Ligure é frequente il caso in cui un nucleo depressionario, sottovento alle Alpi, sia già in atto sulla zona delle Langhe (vedi cartina 5). Analogamente, sottovento all'Appennino Tosco-Emiliano un'altra depressione si può formare sull'Adriatico Settentrionale, sotto 1 'azione delle correnti da Sud-Ovest, come simboleggiato in figura 5. Lungo le coste liguri di Ponente fortissimi venti di Sud-Ovest, sono in grado di provocare forti mareggiate, tuttavia tra Noli e Genova questi venti tendono ad attenuarsi, presentandosi davanti alla costa dal settore tra Sud-Sud-Ovest e Sud.

Al largo e verso la costa toscana le correnti sono ancora da Sud-Ovest. E' il caso della classica "libecciata" sulla Riviera Ligure di Levante e sulle coste toscane.

1.2.5

La cartina 6 mostra la ciclogenesi in pieno sviluppo sul Golfo Ligure. Sulla costa ligure il vento spira ora tra Nord e Nord-Est, mentre sulla Toscana e sul Tirreno Settentrionale è da Sud-Est. Sul mare di Corsica soffia da Ponente e Libeccio. Nelle sue fasi evolutive la depressione ligure tende a spostarsi più frequentemente verso Sud-Est, interessando l'area tirrenica, ma può anche trasferirsi verso l'Adriatico, inglobando il nucleo ciclonico ivi presente o portarsi verso il mare di Corsica, spinto da

correnti da 3 Nord-Est dall'Adriatico Settentrionale verso il Golfo Ligure. Vento forte di "bora" può soffiare in questi casi sul Golfo di Trieste. Queste correnti da Nord-Est possono perdurare più giorni, specie se sotto l'azione di un campo anticiclonico stabile a Nord ed a Levante dell'Arco Alpino.

1.2.6

La cartina 7 illustra il caso più frequente in cui la depressione ligure si sposta verso Sud- Est, interessando 1'area tirrenica, mentre continuano a spirare i venti, da moderati a forti, da Nord sulla Riviera di Ponente e da Nord-Est sulla Riviera di Levante. Ampie schiarite con buona visibilità accompagnano questa evoluzione, caratterizzata ovviamente da un aumento della pressione atmosferica.

1.2.7

Nel tipo di evoluzione, illustrato sulla cartina 8, il nucleo ciclonico originario delle Langhe o del Golfo Ligure, si é trasferito nella zona adriatica, specie se era qui presente la già citata area ciclonica sottovento all'Appennino Tosco-Emiliano. Questa evoluzione é sovente accompagnata da irruzione di aria fredda dai valichi alpini, evidenziata sulle carte del tempo da un fronte freddo che attraversa la Pianura Padana fino alle Venezie. Sulla costa ligure i venti moderati spirano dal settore tra Nord-Ovest e Nord-Est, ma a componente prevalente da Nord tra Genova e Capo Mele.

1.2.8

Nella terza situazione, illustrata sulla cartina 9, lo spostamento del nucleo ciclonico dal Golfo Ligure verso il Mare di Corsica prevede quasi sempre un campo di alta pressione a Nord ed a Levante dell'Arco Alpino, in contrasto con un campo depressionario sul Mediterraneo Occidentale. In questo caso persistono sulla Liguria moderate correnti da Nord-Est in fase di attenuazione, man mano che il minimo dal mare di Corsica si sposta verso il Mare di Sardegna o piò oltre, verso Sud. Sull'Adriatico Settentrionale e sulla Toscana le correnti da Sud-Est tendono a ruotare da Est e successivamente da Nord-Est nel caso in cui si consolidi il campo anticiclonico a Nord ed a Levante dell'Arco Alpino o che si sposti verso le Regioni Balcaniche.

1.2.9 - I venti del "Wind and Wave Atlas of the Mediterranean Sea" (2004)

L'Atlante è il risultato del "progetto Medatlas", realizzato dal 1999 al 2004 da un consorzio istituito fra Francia, Italia e Grecia, con l'obiettivo di ottenere dati statistici sul regime delle onde in specifici punti del Mar Mediterraneo, intervallati di circa 50 Km.
Le elaborazioni statistiche dei dati hanno permesso di definire il clima dei venti di ogni sito, definito per mezzo delle statistiche stagionali dei più significativi parametri del vento, in particolare la velocità e la direzione del vento a 10 metri al di sopra del livello medio mare.
Nella **Figura 2a** alla pagina seguente, si riporta dall'Atlante un esempio di rappresentazione spaziale della velocità e direzione del vento.
L'esempio considera i venti di velocità superiore ai 6 *m/s* e di frequenza superiore al 10%. La lunghezza delle frecce indica la frequenza.

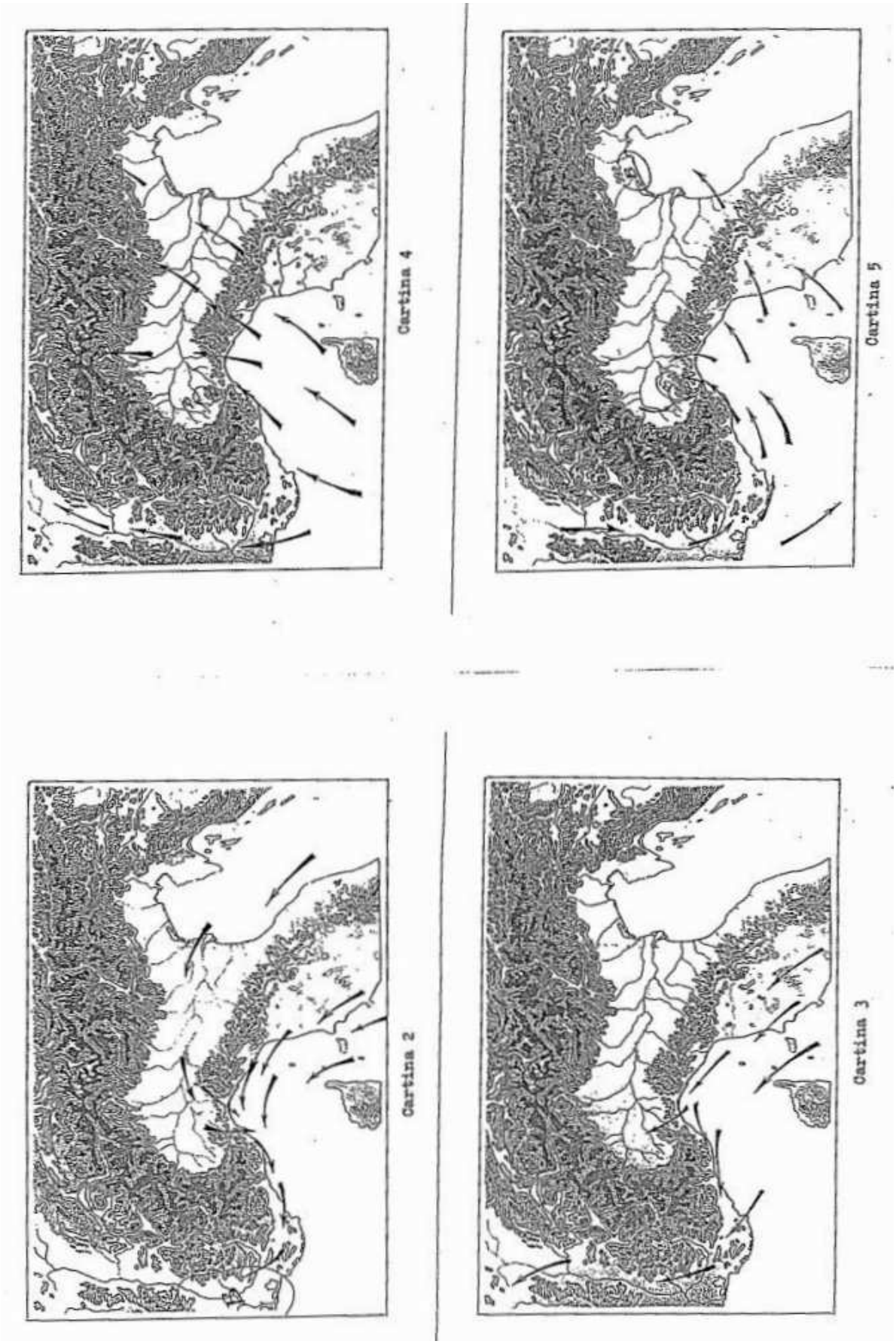


Fig. 1 – La dinamica di alcune importanti situazioni tipiche: cartine 2-3-4-5

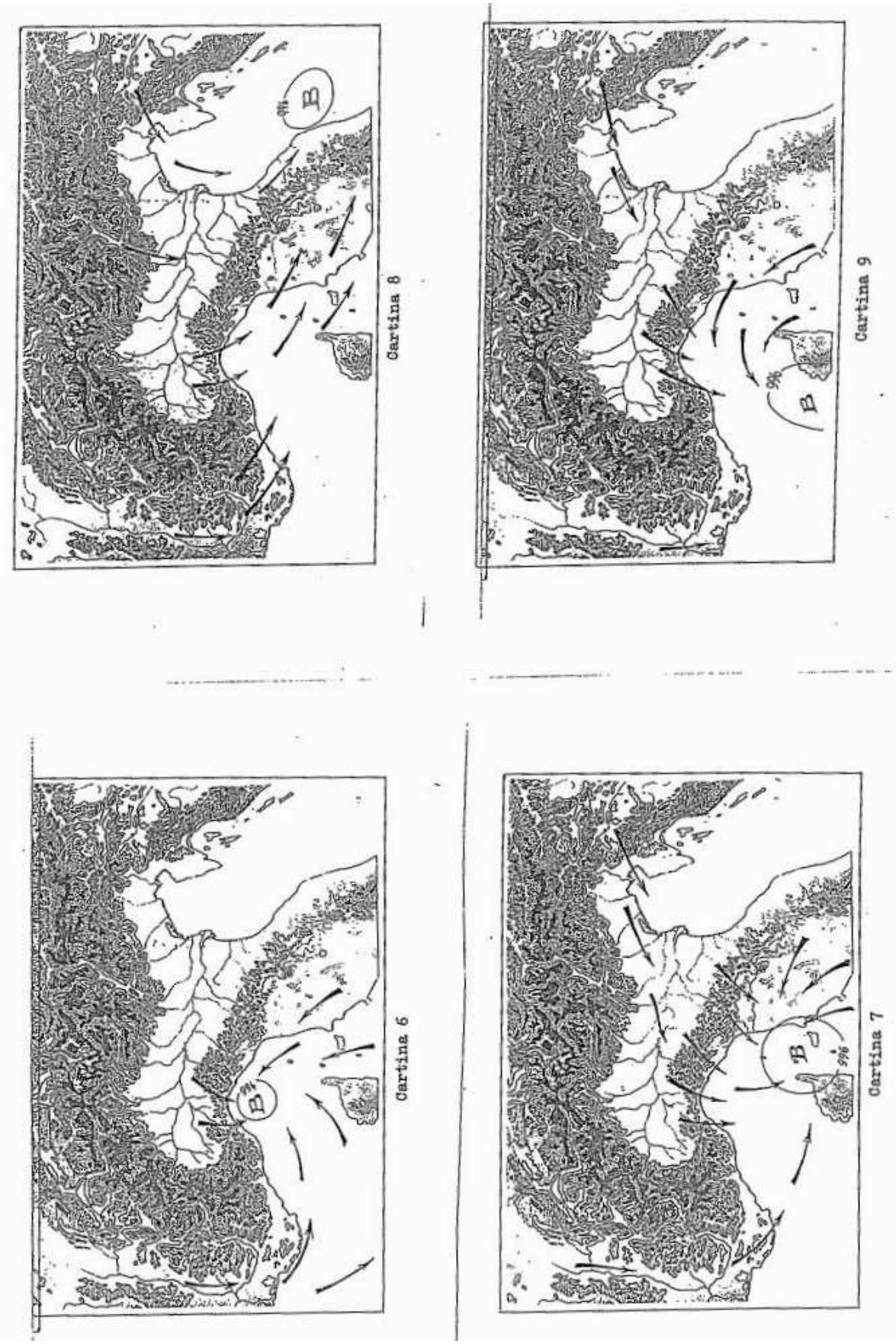


Fig. 2 – La dinamica di alcune importanti situazioni tipiche: cartine 6-7-8-9

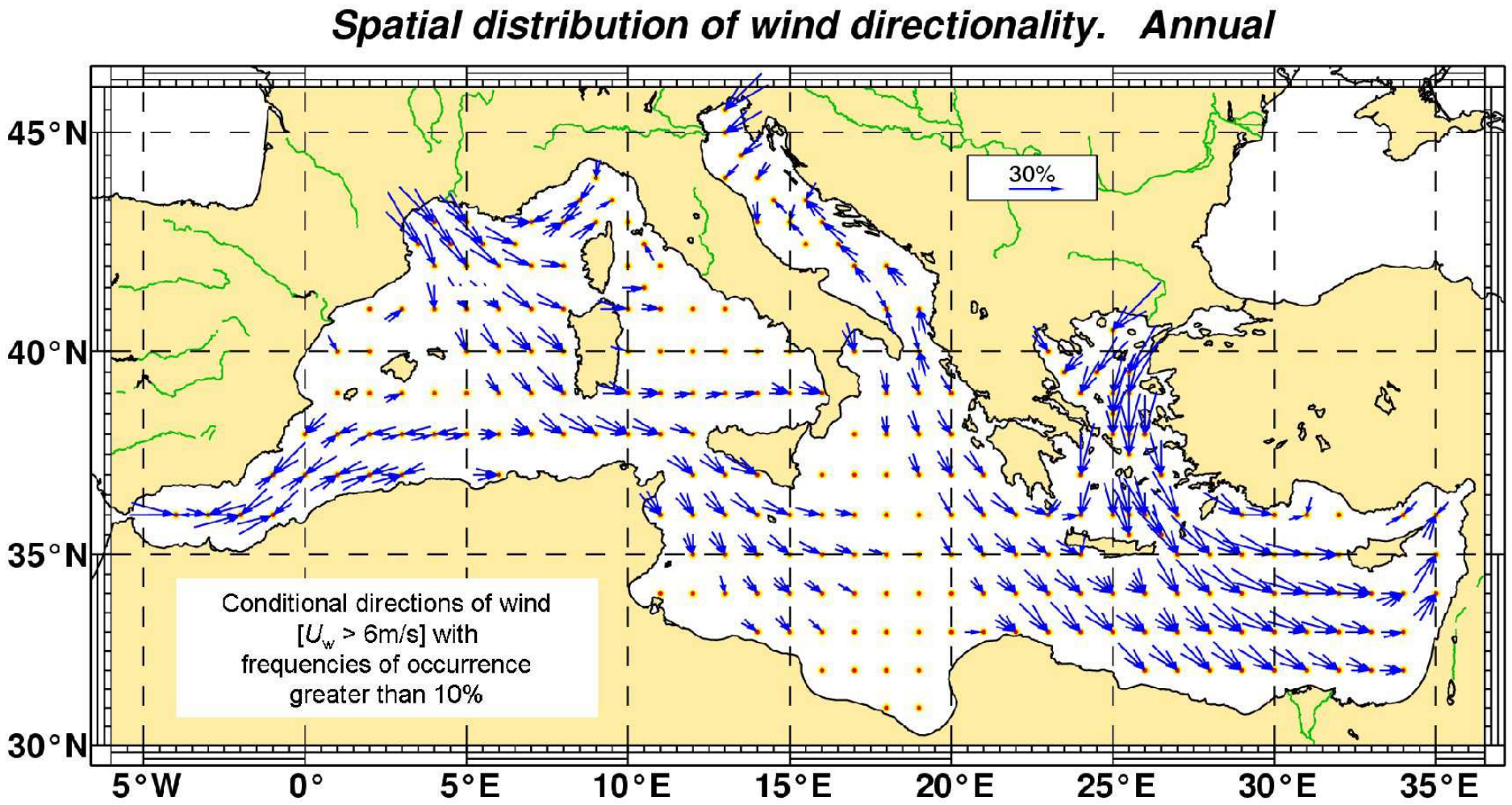


Fig. 2a – Distribuzione spaziale della velocità e direzione dei venti (atlante dei venti e delle onde del Mediterraneo - WEAO)

2 - ESPOSIZIONE MARITTIMA

Il litorale di Cogoleto è parte del tratto della costa del Ponente Ligure che da Capo Mele a Voltri si mantiene mediamente frontale alla direzione di provenienza del mare di Scirocco, ma con variazioni locali continue, determinate dai Capi, dalle Punte e dagli Estuari dei corsi d'acqua maggiori, che incidono notevolmente sull'influenza costiera del mare dominante di Libeccio che, molto angolato con la linea di costa determina il senso prevalente delle sabbie verso Levante.
Il litorale di Cogoleto non fa eccezione, con due bruschi cambiamenti della sua direzione: procedendo nel senso del trasporto litoraneo prevalente un primo tratto di 880 metri fra la Foce del Torrente Arrestra e quella del Torrente Rumaro, tranne per un breve tratto adiacente alla Foce dell'Arrestra, la direzione della costa è pressochè parallela al Libeccio-Mezzogiorno, che la investe quasi radente con difficoltà di formazione naturale di spiaggia in questa tratta, a tutto vantaggio delle successive spiagge antistanti il centro storico, ove, fino alla costruzione delle difese costiere di Ponente, venivano trasportati rapidamente gli inerti depositati alla Foce dell'Arrestra.
Infatti alla Foce del Rumaro avviene bruscamente un primo cambio di direzione della linea di costa di 45°, da SSW-NNE a WSW-ENE, con pari diminuzione di angolazione con la direzione di provenienza del Libeccio, accompagnata da un aumento di angolazione antagonista dello Scirocco. Il tutto, in favore della stabilità, che ha permesso la formazione delle spiagge del centro storico, dal Rumaro al molo Speca, grazie al rapido trasporto delle alluvioni dell'Arrestra in questa zona.
Procedendo ancora verso Levante, il litorale presenta un secondo brusco cambio di direzione fra il molo e la Foce del Rio Scandolaro, e ruota di altri 30° ponendosi ancora più frontale al Libeccio-Mezzogiorno, passando dalla direzione WSW-NNE a quella E-W.
E' questo il tratto più favorevole come esposizione marittima, al deposito dei sedimenti ed all'equilibrio di una spiaggia.

3 - I FETCH

Il presente capitolo è finalizzato alla definizione dei Fetch, vale a dire le distanze di mare libero, nelle diverse direzioni, lungo le quali si può formare l'onda che va ad investire la costa di interesse ed è così articolato:

- *definizione del settore di traversia;*
- *definizione dei Fetch geografici delle diverse provenienze;*
- *definizione dei Fetch efficaci.*

3.2 - Settore di traversia, Fetch geografici

Con la scorta della carta nautica I.I.M. N° 340 di cui si riporta stralcio alla **Tav.2**, si individua il settore di traversia del litorale di Cogoleto limitato nel 2° e nel 3° quadrante,

tra le congiungenti al Capo Mele ad Ovest (direzione 217°) ed all'isola Palmaria ad Est (113°), per un'ampiezza del settore di 104°.
Determiniamo i Fetch geografici interni al settore di traversia suddividendo ancora il settore in tre parti, tracciando le direzioni al Capo dell'Argentiera (186°) ed a Capo Corso.
Lungo le bisettrici dei tre sottosettori si ottengono quindi i Fetch geografici rispettivamente di Libeccio-Mezzogiorno da 200° limitato dalla costa dell'Algeria (900 km), di Mezzogiorno da 170° limitato dalla Corsica (190 km) e di Scirocco limitato dall'Isola d'Elba (210 km).
La distribuzione dei Fetch geografici individua un settore di traversia del moto ondoso molto esposto con onda prevalente dal settore di SW, provenienza delle mareggiate di Libeccio-Mezzogiorno.
Il Fetch geografico massimo che viene preso in considerazione è comunque 500 km, con una riduzione quindi del Fetch di quest'ultima provenienza principale.

3.3 - I Fetch efficaci

L'estensione effettiva della porzione di mare sulla quale si esplica "effettivamente" l'azione di trasferimento energetico dal vento al moto ondoso è detta fetch efficace o effettivo.
Il valore del fetch efficace relativo ad una determinata direzione è funzione anche dell'estensione dei fetch geografici associati alle direzioni contigue; in questo modo i fetch efficaci tengono conto del fatto che alla generazione del moto ondoso contribuiscono, oltre alla superficie marina individuata nella direzione media ϕ_w lungo la quale spira il vento, anche le porzioni di mare calcolate dalle direzioni comprese in un settore di $\pm\theta$ rispetto alla direzione media di azione del vento.
Il calcolo dei fetch efficaci puo' essere eseguito in base alla seguente relazione:

$$F_{e,w} = \frac{\sum_{\phi_i=\phi_w-\theta}^{\phi_w+\theta} F_i \cos^{n+1}(\phi_i - \phi_w)}{\sum_{\phi_i=\phi_w-\theta}^{\phi_w+\theta} \cos^{n}(\phi_i - \phi_w)} \qquad (1)$$

nella quale i simboli che compaiono rappresentano i seguenti parametri:

$F_{e,w}$	lunghezza del fetch efficace relativa alla direzione ϕ_w;
F_i	lunghezza del fetch geografico relativa alla direzione i-esima ϕ_i;
ϕ_w	direzione media (riferita al nord geografico) di possibile provenienza del vento responsabile del fenomeno di generazione del moto ondoso lungo la traversia;
$\phi_w - \theta \le \phi_i \le \phi_w + \theta$	direzione i-esima (riferita al nord geografico) relativa ad un settore di 2θ considerato nell'intorno della direzione ϕ_w;

θ ampiezza del settore di possibile provenienza del moto ondoso (il metodo di Saville prevede un valore di $\theta = \pm 45°$ mentre quello di Seymour fa riferimento ad un valore di $\theta = \pm 90°$);

n termine esponenziale definito in funzione della legge di distribuzione direzionale degli spettri di moto ondoso che caratterizzano il sito in esame (solitamente si assume n = 2).

L'equazione (1) deriva dalla teoria di ricostruzione indiretta del moto ondoso nota come metodo S.M.B. (Sverdrup, Munk e Bretsheneider, 1947) e dai suoi successivi aggiornamenti (Saville 1954, Seymour 1977, Smith 1991). Detto procedimento di fatto impone che la distribuzione dello spettro di energia del moto ondoso abbracci un settore di $\pm 90°$ rispetto a ciascuna direzione di vento considerata e che ogni direzione, compresa in tale settore, fornisca un contributo energetico proporzionale al quadrato del coseno dell'angolo che essa forma con la direzione in cui spira il vento.
Per il calcolo della relazione esistente tra la direzione del vento e quella del moto ondoso generato, si fa riferimento al criterio introdotto da Donelan.
Nell'ipotesi che:

- la direzione media del moto ondoso corrisponde alla direzione della componente spettrale associata al periodo di picco;
- il moto ondoso generato dal vento e ben definito e rappresentabile tramite le relazioni introdotte dalla campagna oceanografica JONSWAP (JOint North Sea WAve Project, Hasselmann 1976);

si puo affermare che la direzione media fÀ del moto ondoso relativa alla direzione media di provenienza del vento β e' individuata come il valore che rende massima la funzione:

$$f(\theta_w) = F_{e,\phi_w}^{0.28} \cdot (\cos \phi_w)^{0.44}$$

quindi imponendo le condizioni $f'(\beta) = 0$ e $f''(\beta) = 0$ è possibile individuare per ogni fetch efficace associato ad una determinata direzione di provenienza del vento la relativa direzione del moto ondoso generato.
I valori dei fetches geografici ed efficaci ottenuti per il paraggio in esame sono riportati nella **Tabella 1**.
Nel grafico seguente (**Figura 3**), i fetches sono rappresentati sotto forma di diagramma polare.

Direzione (°)	Fetches geografici (km)	Fetches efficaci (km)
110	99	96
120	148	116
130	197	134
140	218	158
150	200	186
160	160	217
170	187	252
180	204	274
190	500	285
200	500	282
210	500	265
220	500	234

Tab. 1 – Valori dei fetches geografici ed efficaci del paraggio Cogoleto

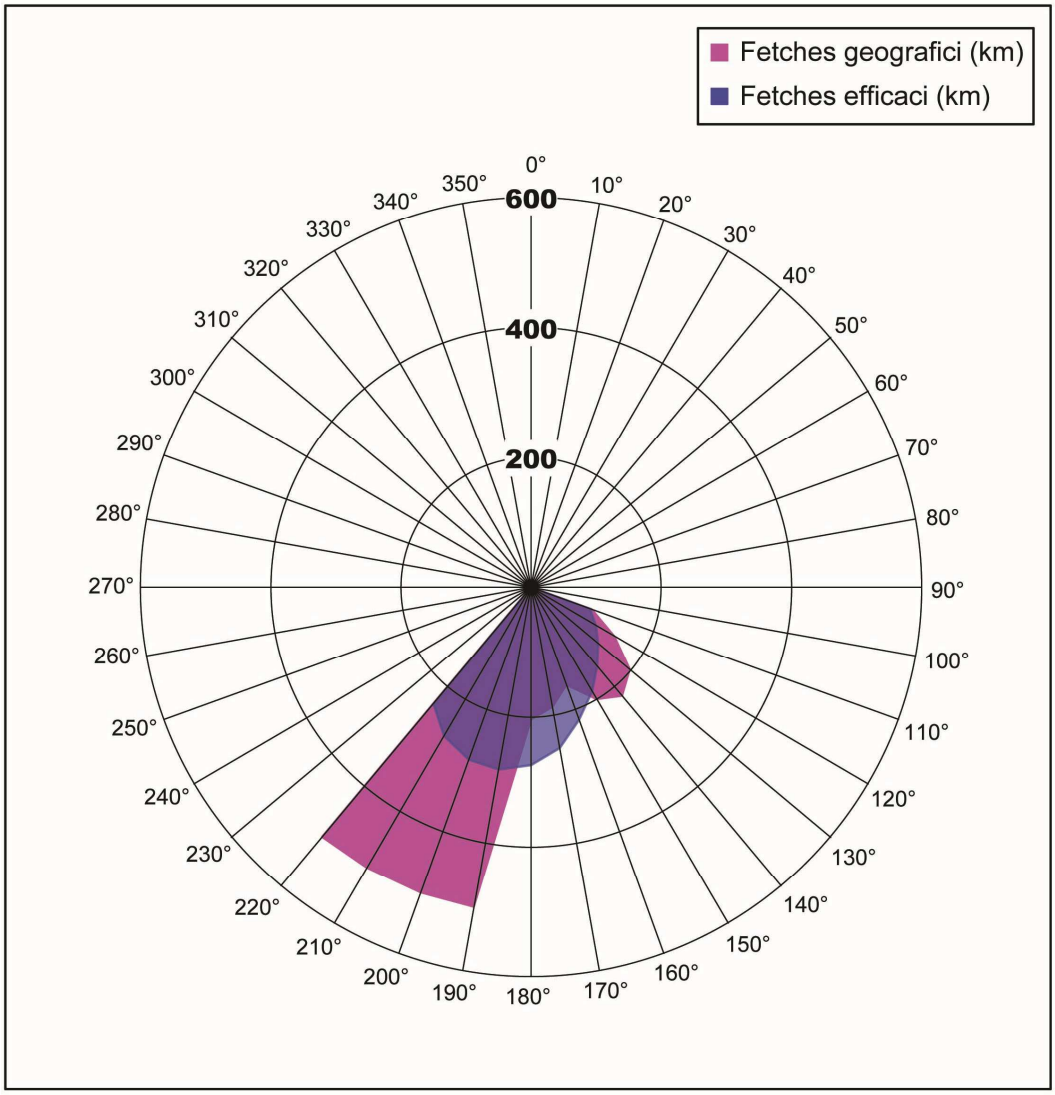


Fig. 3 – Diagramma polare dei fetches

PARTE SECONDA
ANALISI DEL CLIMA MARITTIMO

4- ANALISI DELLE FONTI DI DATI

In questo studio si analizzano le condizioni del clima meteomarino nel golfo ligure, con l'obiettivo di definire le condizioni del moto ondoso.



Figura 4 - Ubicazione geografica dell'area di studio e fonti di dati analizzate

La determinazione del regime di una spiaggia richiede sofisticate modellazioni matematiche, da cui derivano i bilanci energetici e le previsioni di comportamento delle linee di riva. La ricerca dei dati di input e le loro elaborazioni richiedono la maggior precisione, perché le previsioni possono venire completamente falsate da elaborazioni non accurate.

A monte di tutto c'è la determinazione del clima delle onde al largo, per le quali raramente si dispone di dati privi di errori.

E' per questo buona norma, soprattutto nell'ingegneria costiera, non affidarsi ad un'unica fonte, ma confrontarne diverse ed operare una scelta ragionata.

Nel caso specifico abbiamo potuto analizzare cinque distinte fonti di dati di clima meteomarino al fine di definire quella che permetta una miglior descrizione del clima stesso nella zona di studio.

Le cinque fonti di dati di clima sono le seguenti:

- ***Atlante delle onde e del vento del Mediterraneo (WEAO)***
- ***Dati Boa direzionale di La Spezia (RON)***
- ***Dati composizione boa Cote d'Azur e nodo modello CEP (METEO FRANCE)***
- ***Dati Hindcast (OCEANWEATHER)***
- ***Dati visuali KNMI***

Il punto di riferimento ISMAR, il posizionamento dei due PUNTI BOA e l'estensione delle aree dei dati KNMI ed OCEANWEATHER sono riportati in **Figura 1**.
Nei paragrafi successivi sono rappresentate le rose del moto ondoso annuale per ciascuna delle quattro fonti.

4.1 - Dati Atlante delle onde e del vento nel Mediterraneo (ISMAR) (Wind and Wave Atlas of the Mediterranean sea") (2004)

"L'Atlante delle onde e del vento del Mediterraneo", edito nel 2004, raccoglie i dati di 10 anni elaborati dal WEAO Research Cell (Wester Europe Armaments Organisation), con la collaborazione di sei Istituti di ricerca localizzati in Francia, Italia e Grecia fra cui, per l'Italia, ISMAR e THETIS.
Viene fornito gratuitametne dagli istituti sviluppatori. Detto Atlante fornisce per il Mediterraneo i valori integrati delle seguenti variabili: velocità e direzione del vento, altezza d'onda significativa, periodo di picco e direzione di provenienza del moto ondoso.
I dati dell'Atlante vengono calcolati in base ai risultati del modello atmosferico del ECMWF che vengono inseriti come forzanti nel codice di calcolo di generazione delle onde da vento (WAM). Successivamente viene effettuata una calibrazione attraverso le variabili altezza d'onda significativa e velocità del vento, telerilevate entrambe da satellite (Topex e ERS 1-2).
Dall'Atlante si riporta nella pagina successiva, la distribuzione spaziale della velocità e direzione delle onde (Figura 4a).
Nella compilazione dell 'Atlante, sono stati esaminati e discussi tutti i dati disponibili, le osservazioni visuali dalle navi in navigazione, le misurazioni registrate dalle boe, le misure altimetriche effettuate dai satelliti, i cartelli meteorologici ed i modelli dei centri meteo-oceanografici.

4.1.1 - Osservazioni visuali

In presenza di altre fonti più affidabili, sono state innanzitutto scartate le osservazioni visuali, sia perché limitate alle rotte marittime, sia perché non strumentali e quindi discrezionali, sia per la tendenza delle navi ad evitare le tempeste.

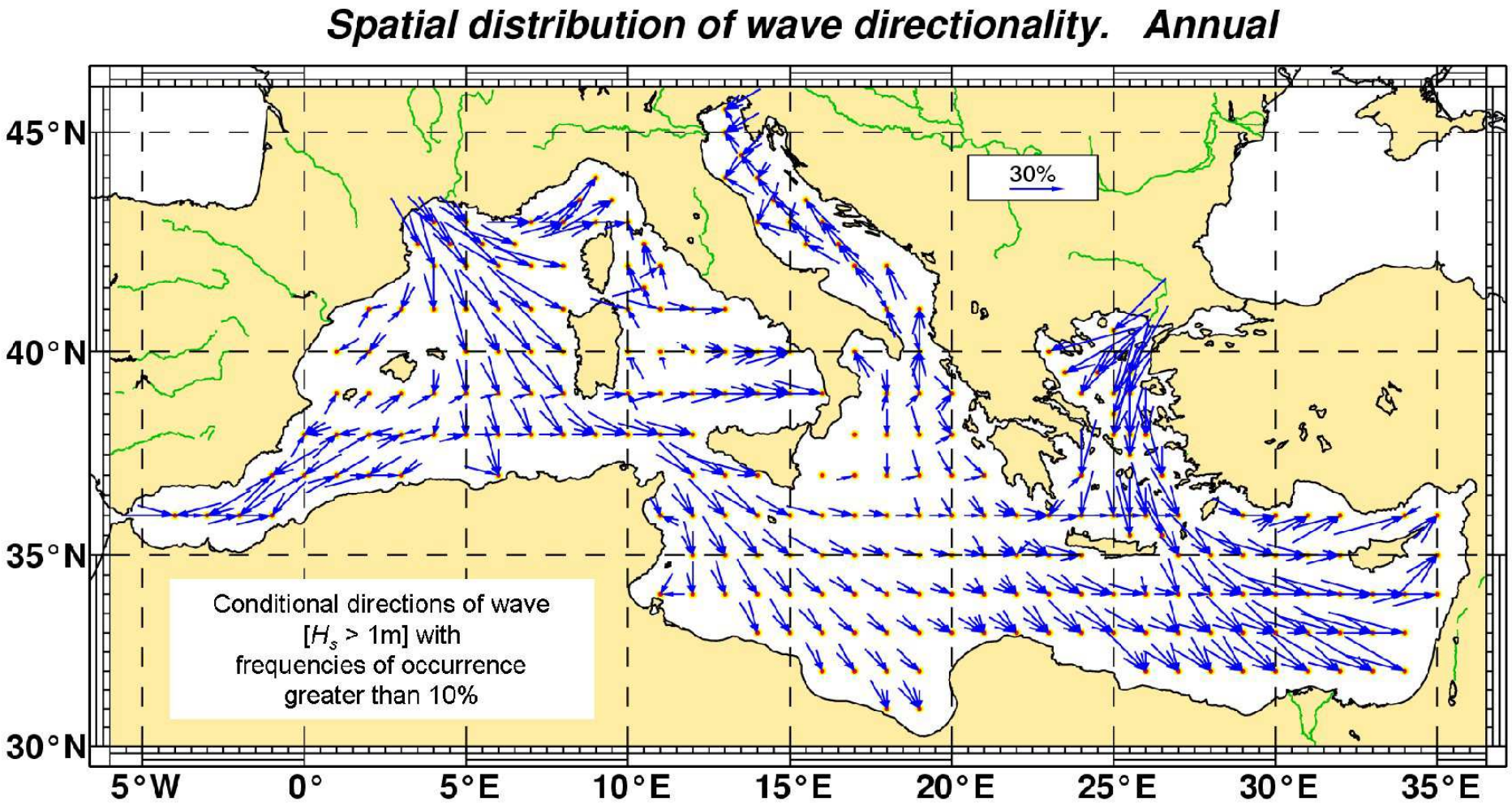


Figura 4a - Distribuzione spaziale della altezza Hs e distribuzione delle onde (atlante dei venti e delle onde del Mediterraneo - WEAO)

4.1.2 - Boe ondametriche

I dati più affidabili sono risultati quelli registrati e trasmessi dalle boe, con errori dell' ordine di pochi punti percentuali. Pur verificandosi una sottostima delle altezze d'onda maggiori, per la tendenza della boa a scivolare intorno alle alte creste, questa fonte di informazione è stata utilizzata nell'Atlante, pur tenendo conto che la vicinanza delle boe alla costa (generalmente ubicate su fondali di 80 - 100 metri) non sono molto rappresentative delle condizioni del mare al largo, soprattutto nella complicata geometria del Mediterraneo, suddiviso in diversi sub-bacini.

4.1.3 - Dati satellitari

Sono fomiti da altimetri radar satellitari, in grado di misurare sia l'altezza d'onda, sia la velocità del vento. I dati sono stati calibrati e validati con il confronto dei dati dei diversi satelliti e con i dati delle boe, per cui i risultati sono affidabili, sebbene non esenti da errori strumentali che incidono soprattutto sulle altezze d'onda minori.

4.1.4 - Modelli meteorologici e delle onde

Esistono numerose Istituzioni che elaborano modelli atmosferici e delle onde, che coprono tutto il globo, ma che perdono accuratezza nei bacini interni quali il Mediterraneo, per cui alcune di queste Istituzioni sono specializzate ad elaborare i dati "locali" di questi bacini.

Le condizioni richieste dagli estensori dell' Atlante per ottenere una maggiore attendibilità sono state:

- la disponibilità di dati almeno decennale, per l'intero Mediterraneo
- la libera disponibilità dei dati

La verifica delle condizioni e dell'accuratezza dei dati ha portato a scegliere il modello ECMWF (European Centre for Medium - range Wether Forecast - Reading - U.K.) come *fonte dati ufficiale utilizzata nell 'Atlante ed in particolare, per quanto riguarda le onde, il modello WAM,* modello avanzato di terza generazione, che utilizza i campi di vento, determinandone in ogni punto velocità e direzione e modella correttamente i complessi processi di trasferimento di energia dal vento all' onda, di dissipazione di energia, di scambio conservativo di energia fra le onde.

Peraltro il modello non è privo di inesattezze, ad esempio è meno attendibile per le piccole onde, a causa della insufficiente attendibilità dei rilevamenti dei venti deboli e risente delle irregolarità dei venti nell'avvicinarsi alla costa, per l'influenza dell'orografia e delle brezze.

Il modello ha inoltre la tendenza a sottostimare i picchi di tempesta, conseguenza anche questa, della sottostima della velocità dei venti.

4.1.5 - Conclusioni: i dati dell'Atlante

Gli estensori dell' Atlante, esaminate le qualità e difetti dei dati, hanno concluso che nessuna delle fonti di dati, da sola, è sufficiente per caratterizzare il clima delle onde nel Mediterraneo o per assicurare precisione.

Per cui i dati delle boe, molto precisi ma validi per un 'area ristretta, sono stati utilizzati unicamente per validare i dati satellitari.

Questi ultimi per calibrare i risultati di vento e onde del modello di previsione.

Da questi ultimi risultati calibrati si sono derivati i dati statistici tabellati per ciascuno dei "nodi" prescelti, nodi indicati sulla ***Figura 5****.*



Figura 5 - Distribuzione dei punti di calcolo dei dati statistici del regime dei venti e delle onde

Nella **Tabella 2** che segue sono riportate dlall'Atlante le frequenze di accadimento Rs/direzione, per il punto 44ºN, 9ºE, sito dinanzi a Genova.
Dai dati della **Tabella 2** è stata derivata la relativa rosa delle onde di **Figura 6**.

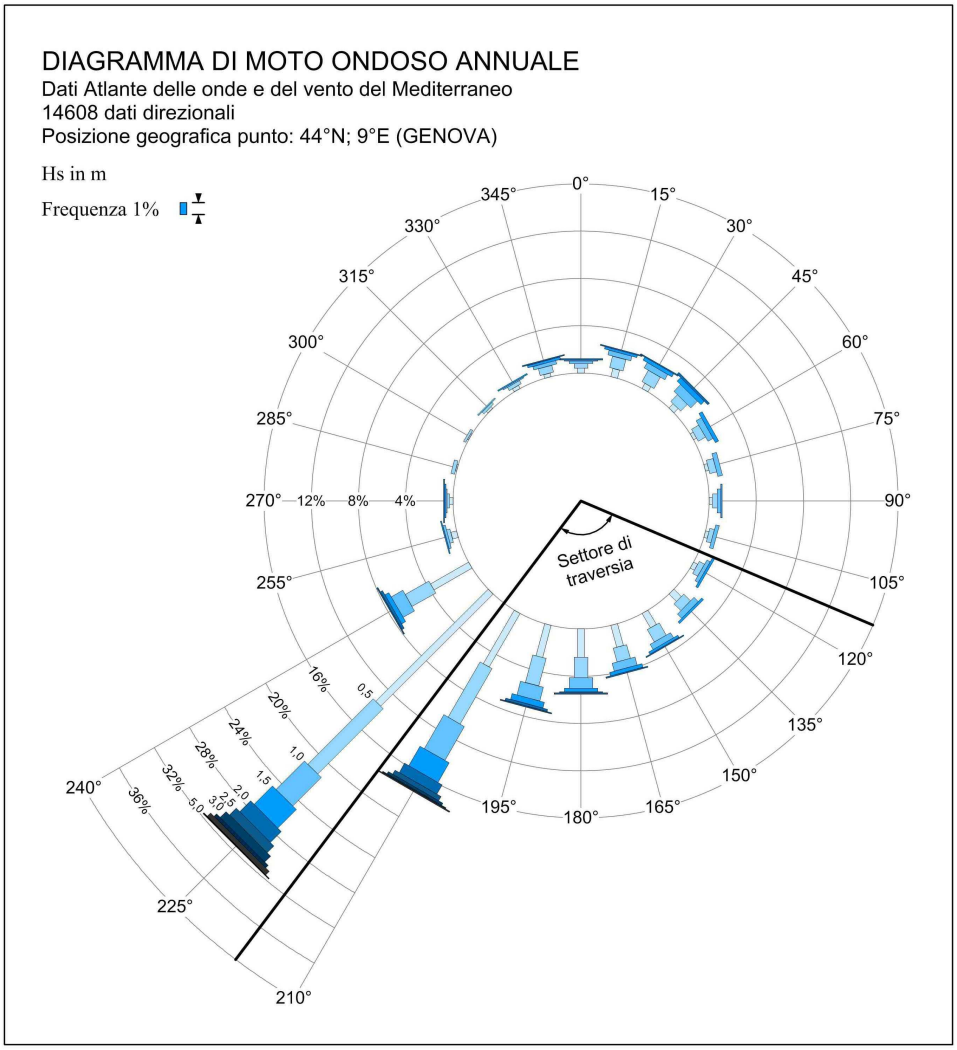


Figura 6 - Rosa del moto ondoso annuale. Dati Atlante delle onde e del vento del Mediterraneo

th_wave-hs(m)	0-0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-5	5-6	6-7.5	7.5-9	9-10	Total
0	4	4	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12
15	7	10	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	24
30	5	11	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	25
45	5	8	8	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	27
60	3	7	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
75	3	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
90	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
105	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
120	4	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
135	9	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
150	14	12	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	34
165	19	12	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	42
180	24	17	9	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	55
195	28	24	12	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	72
210	52	54	33	19	9	4	2	1	1	0	0	0	0	175
225	134	78	34	22	13	8	7	3	4	1	0	0	0	304
240	37	23	11	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	78
255	5	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
270	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
285	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
300	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
315	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
330	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
345	3	6	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Total	372	308	161	81	36	15	9	4	5	1	0	0	0	992

Tabella 2 - Atlante delle onde e del vento del Mediterraneo (WEAO), punto 44°N, 9° E (Genova): 14608 dati direzionali - Frequenze

Bivariate frequency table of hs and th_wave
(44N, 9E)
Months: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Totalnumber of observations: 14608

4.2 - Dati boa di La Spezia (RON)

La boa direzionale di La Spezia, appartenente alla Rete Ondametrica Nazionale (RON) è posizionata nel punto di coordinate 43.928º N di latitudine e 9.827 E di Longitudine. Il periodo di registrazione si estende dal 1º Luglio 1989 al 31 Dicembre 2001, per un periodo complessivo di 12 anni e mezzo.

La distribuzione per settori del moto ondoso annuale a partire dai dati della boa di La Spezia è rappresentata in **Figura 7**.

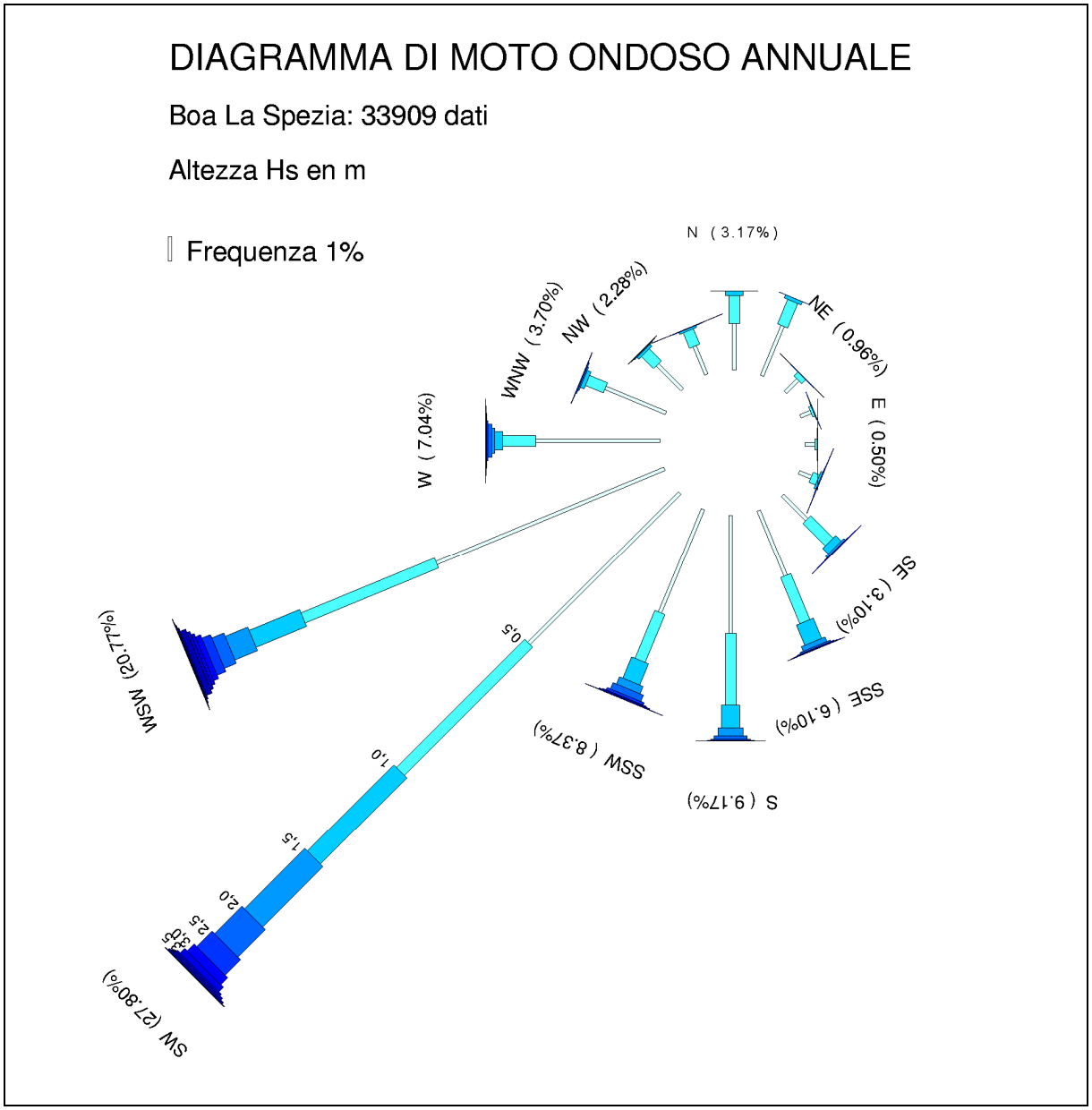


Figura 7 - Rosa del moto ondoso annuale. Dati boa direzionale di La Spezia. Periodo dal 1º Luglio 1989 al 31 Dicembre 2001.

4.3 - Dati boa Côte d'Azur e nodo modello CEP (METEO FRANCE)

L'insieme dei dati forniti dalla Meteo France è costituito da dati strumentali registrati dalla Boa "Cote d'Azur" ubicata al largo di Sanremo e dai dati di tipo hindcast del modello CEP (Meteo France).

La boa scalare della Cote d'Azur è situata in un punto di coordinate 43.4º N di latitudine e 7.8º E di longitudine, con profondità 2300m (**Figura 1**).
Il punto utilizzato dal modello CEP è posto accanto alla boa della Cote d'Azur, con coordinate geografiche 43,5º N di latitudine e 8º E di longitudine, e quindi in acque profonde. Il periodo di registrazione considerato in questo studio è compreso tra il 17 Marzo 1999 al 31 Marzo 2004, corrispondente ad un intervallo di tempo pari a 5 anni.
I dati hindcast (cioè di tipo predittivo a posteriori) sono stati ottenuti dal Dipartimento di Clima Meteomarino della Meteo France mediante un modello di predizione del moto ondoso (CEP).
I dati strumentali dalla boa hanno una maggior precisione sulle misure ottenute con altri metodi, ma la registrazione non è continua, a causa di vuoti (o intervalli di tempo senza registrazione) di notevole importanza, ed inoltre non contengono informazione sulla direzione di provenienza delle onde.
I dati del modello CEP, invece, presentano un insieme temporalmente continuo di valori, malgrado la affidabilità degli stessi dipenda dalla bontà del modello predittivo e, a sua volta, quest'ultimo dipenda dall'affidabilità dei dati di vento disponibili.

4.3.1- Composizione dei dati della boa Côte d'Azur con i dati CEP

Dal momento che i dati della boa non contengono informazioni sulla direzione del moto ondoso e che i dati CEP sono poco precisi sui valori di altezza d'onda e periodo, esistono diverse metodologie che consentono di ottenere un campione di dati in acque profonde con informazione direzionale.

Tra le possibili metodologie, la maggior parte basate sulla ricerca di una correlazione tra i valori di altezza d'onda sperimentali con valori del moto ondoso che devono essere corretti (fonti di dati direzionali), si evidenziano le seguenti:

- Informazioni raccolte nella letteratura scientifica (es.: Cartwright, 1964; Jardin, 1979; Nordenstrom, 1984).
- Correlazione diretta (simultanea) tra le variabili.
- Confronto del regime medio scalare di ciascuna delle variabili.

Di questi tre metodi, il secondo ed il terzo sono soliti fornire risultati migliori. L'ultimo è il più comune, dal momento che per stabilire una correlazione diretta (simultanea) è necessario disporre di registri di dati temporalmente simultanei. Inoltre, per poter ottenere una correlazione con massima flessibilità è necessario che entrambe le fonti di dati si trovino spazialmente vicine, cosa non sempre possibile a causa del fatto che la rete di boe è piuttosto limitata.

In questo caso, poichè la boa scalare della Côte d'Azur ed il nodo CEP sono situati a poca distanza l'una dall'altro e le loro registrazioni sono simultanee in un dato intervallo di tempo, è stato possibile effettuare un'analisi dei valori di altezza d'onda "ora per ora" di entrambe le fonti di informazione.
Mediante la composizione dei dati di entrambe le fonti per intervalli di tempo simultanei, è stato ottenuto un insieme con dati della boa (Hs e Tp) ed informazioni direzionali ricavate dal nodo CEP. A partire da questo nuovo campione è stato quindi definito il regime di moto ondoso in acque profonde, come se si trattasse di una boa direzionale reale.

La distribuzione per settori del moto ondoso annuale a partire dai dati ottenuti dalla composizione boa scalare della Cote d'Azur e nodo modello CEP è rappresentata in **Figura 8**.

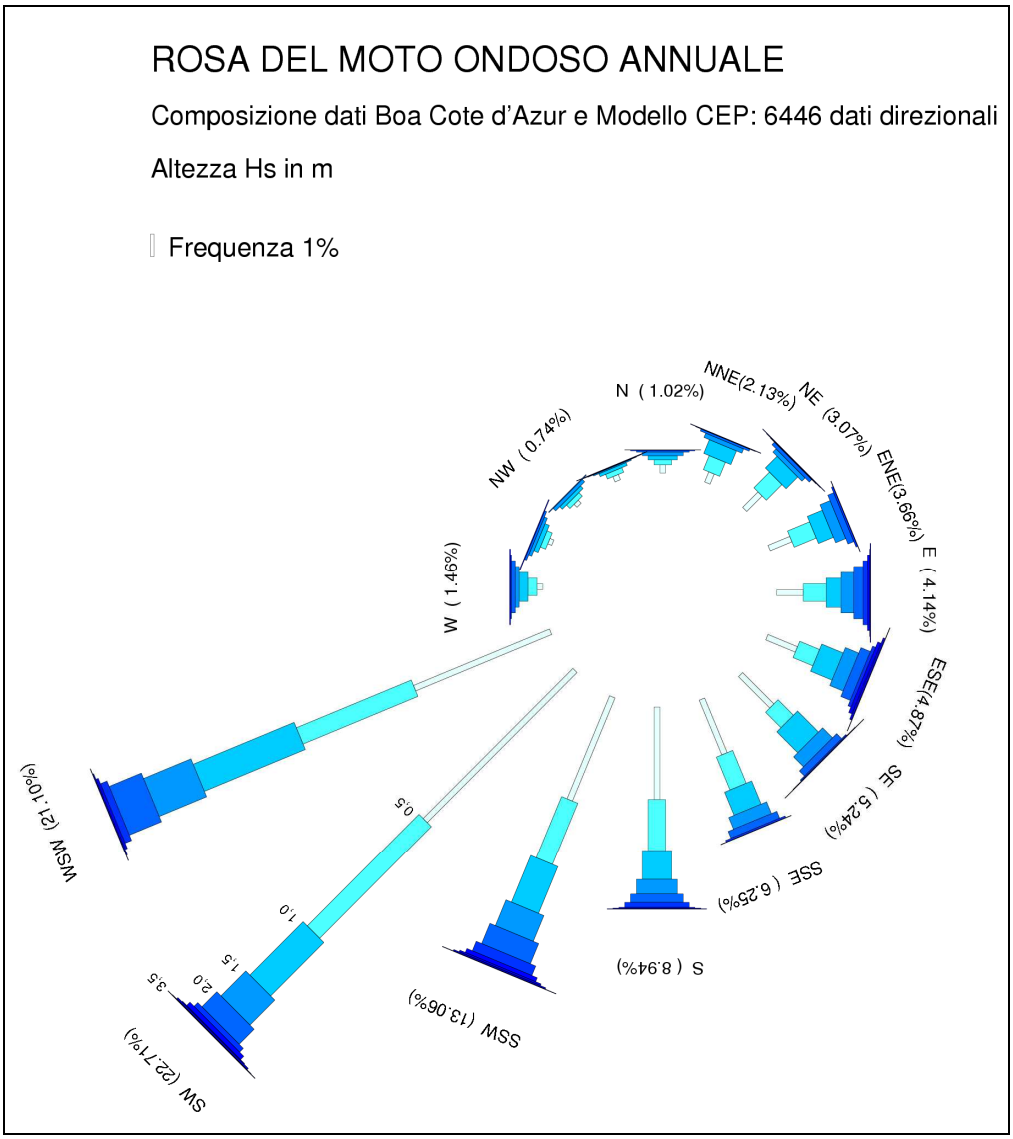


Figura 8 - Rosa del moto ondoso annuale. Composizione boa scalare della Cote d'Azur e nodo modello CEP. Periodo dal 17 Marzo 1999 al 31 Marzo 2004.

4.4 - Dati Hindcast (OCEANWEATHER)

I dati di moto ondoso forniti dalla ditta Oceanweather Inc. (U.S.A.) sono ottenuti mediante un metodo di predizione a posteriori di tipo Hindcast. Il nodo utilizzato, corrispondente al G2040753, è situato nel punto di coordinate 43.75º N di latitudine e 8.75º E di longitudine, che rappresenta il nodo centrale della griglia di analisi dei dati che si estende da punto di coordinate 43.44º N, 8.12º E al punto di coordinate 44.06º N, 9.37º E. Il periodo della serie di dati è compreso tra Gennaio del 1990 e Dicembre del 1999, coprendo un arco di tempo complessivo di 10 anni.
La distribuzione per settori del moto ondoso annuale a partire dai dati Hindcast (OCEANWEATHER INC.) è rappresentata in **Figura 9**.

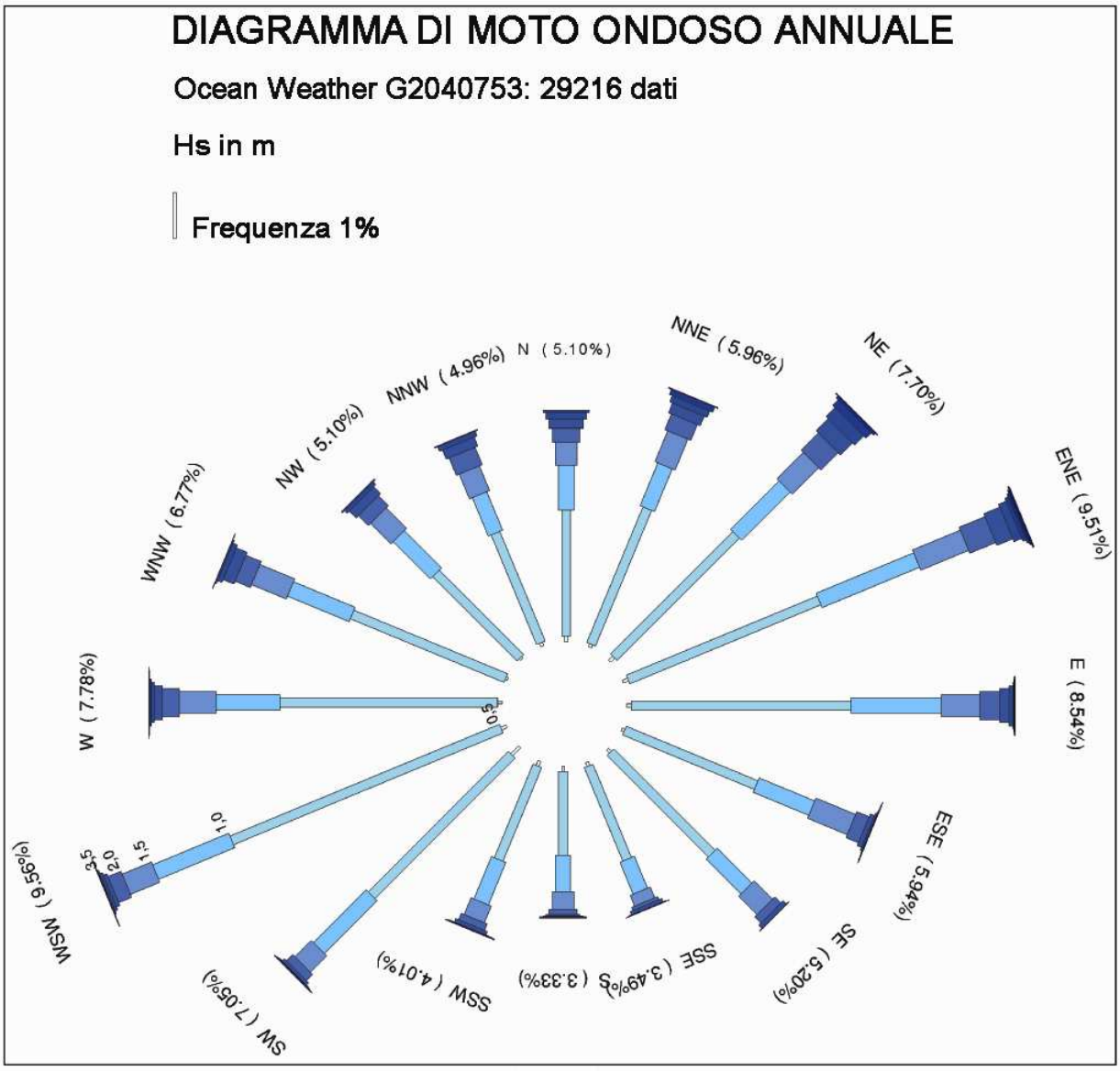


Figura 9 - Rosa del moto ondoso annuale. Dati Hindcast (Ocean Weather), nodo G2040753. Periodo da Gennaio del 1990 a Dicembre del 1999.

4.5 - Dati KNMI

I dati di clima meteomarino forniti dalla KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorogisch Institut) sono dati di tipo visuale raccolti dalle navi in transito nel Mar Mediterraneo per un periodo di 30 anni, dal 1961 al 1980. L'area di raccolta dati considerata per questo studio si estende dal punto di coordinate 43,0º N – 7.0º E al punto di coordinate 43.9º N – 9.9º E.

La distribuzione per settori (limitatamente ai settori di interesse per l'area di studio, dall'E al WSW) del moto ondoso annuale a partire dai dati KNMI è rappresentata in **Figura 10**.

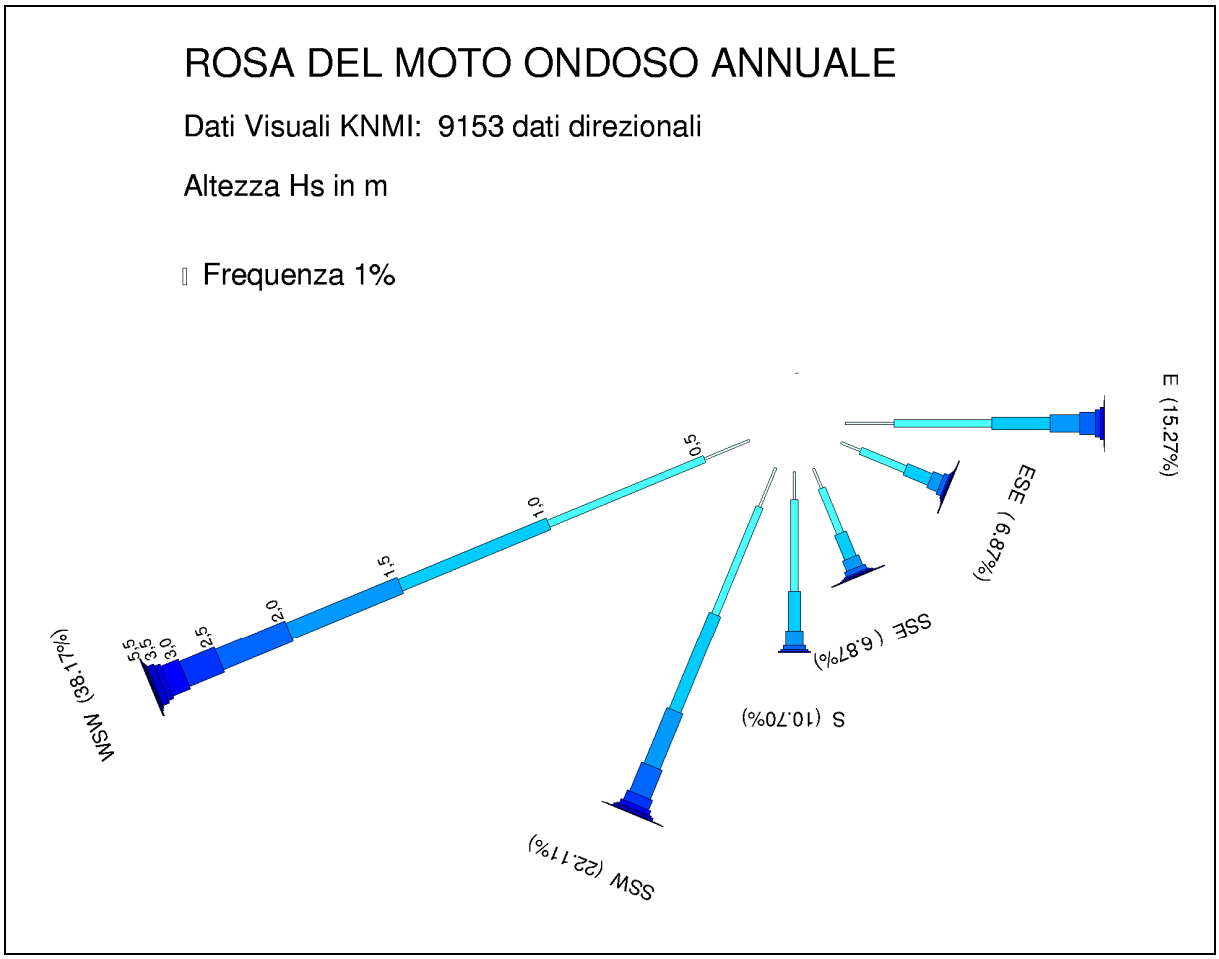
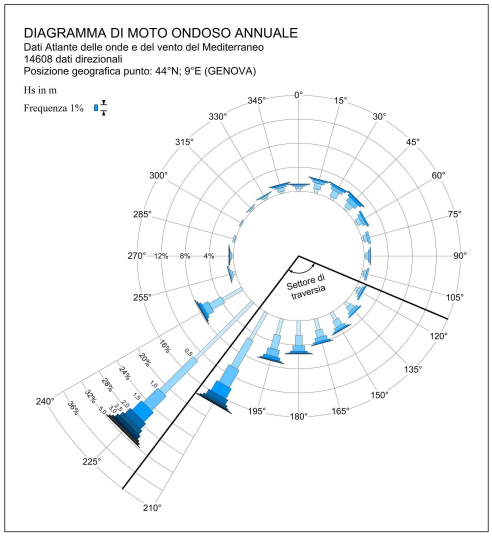
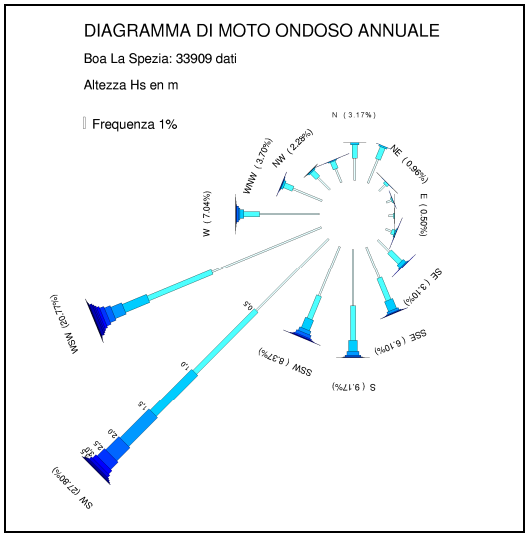


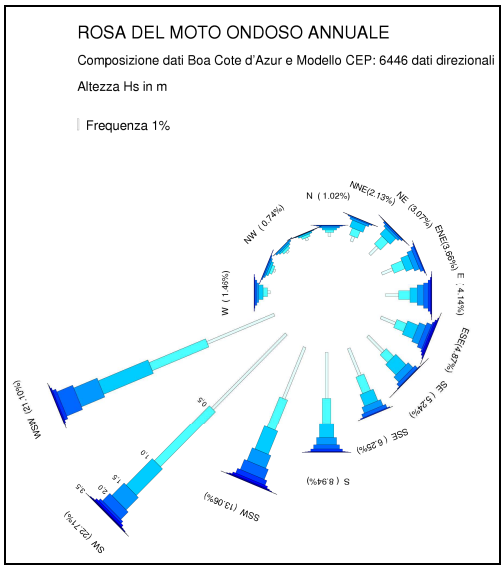
Figura 10 - Rosa del moto ondoso annuale. Dati visuali KNMI. Periodo dal 1961 al 1980.



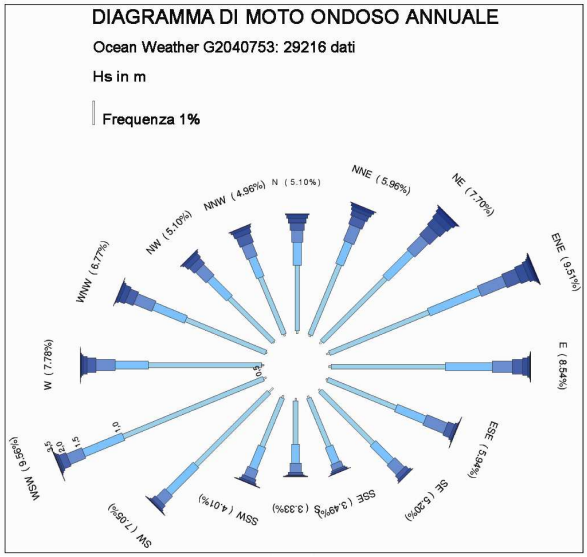
1 - Atlante onde Mediterraneo (WEAO)



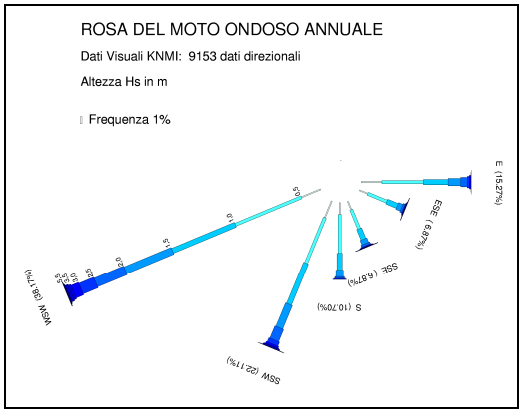
2 - Boa La Spezia



3 – Meteo France



4 - Hindcast (Ocean Weather)



5 - KNMI

Figura 11 – Raffronto fra le rose del moto ondoso annuale delle diverse fonti dei dati del clima del moto ondoso esaminati

RELAZIONE GEOLOGICO-SEDIMENTOLOGICA

INDICE

1 – Prelievo campioni ed analisi Studio Sirito Ottobre 2016 pag. 1

2 – Esame di studi sedimentologici pregressi pag. 2

2.1 – Premessa pag. 2
2.2 – Spiaggia di Levante dal Lerone a Lo Scoglio (tratta di intervento commissariale Stoppani) pag. 2
2.3 – Spiaggia di levante da "Lo Scoglio" al Rio Scandolaro (tratta di intervento comunale) pag. 7
2.4 – Le linee di riva esaminate dallo Studio Sirito nell'ambito del presente progetto pag. 9

RELAZIONE GEOLOGICO-SEDIMENTOLOGICA

1 - PRELIEVO CAMPIONI ED ANALISI STUDIO SIRITO OTTOBRE 2016

Nell'Ottobre 2016 lo Studio Sirito ha effettuato il prelievo dei campioni di battigia, preceduto da un'accurata ricognizione, che ha consentito di constatare una marcata uniformità sia cromatica che granulometrica lungo la battigia della spiaggia di Cogoleto, per cui si sono limitati i prelievi ad un campione per ogni cella, ad eccezione della cella Remondino-Rumaro per la quale si è valutata la opportunità di prelevare due campioni.

Nella spiaggia di Levante si è effettuata quindi una prima valutazione visiva di raffronto dei campioni prelevati, constatando una marcata identità dei due campioni delle celle comprese fra il pennello "provvisorio" ed il pennello "Lo Scoglio" (campioni N°6 e N°7) e si è analizzato il solo campione N°7.
Così pure per le due celle comprese fra "Lo Scoglio" e lo Scandolaro valutando come rappresentativo il campione N°9 che è stato analizzato. Le ubicazioni dei prelievi sono indicate sulla Tav.4. Quelli analizzati hanno l'indicazione "a" accanto al N° di prelievo.

Nella spiaggia del centro abitato, uniformità fra il molo Speca ed il molo Remondino, per cui si è adottato come rappresentativo il campione prelevato fra i due pennelli stabilizzatori (N°2).
Circa la cella terminale Ovest si è reputato necessario invece prelevare due campioni, N°4 e N°5, ambedue analizzati.

Pertanto sono stati prelevati N°9 campioni dei quali sono stati analizzati i cinque della tabella seguente con i seguenti risultati:

Campione analizzato	**Ubicazione**	**Media (M_Z) (mm)**	**Class. (σ_1) (ϕ)**	**Asimm. (S_K) (ϕ)**	**Litologia**
N°7	ad Est Passo del Diavolo	1,25	1,53	0,17	materiale eterogeneo derivante principalmente da Serpentiniti (rocce appartenenti al gruppo di Voltri)
N°9	Savina/Scandolaro	1,56	1,78	0,34	id
N°2	Stabilizzatore/Stabilizzatore	1,58	1,68	0,29	id
N°4	Bagni Aldebaran	1,09	1,73	0,29	id
N°5	Bagni Marechiaro	3,93	1,13	0,33	id

Tabella 1 - Risultati delle analisi dei campioni di battigia prelievo Studio Sirito 23/10/2016 (Ubicazione prelievi alle Tavv. 4 e 5)

Si allegano i cinque cerificati delle analisi effettuate dal laboratorio Servizi Geotecnici Liguri di Vado Ligure, comprensivi di tabelle di setacciatura, curve granulometriche e calcolo dei parametri di Folk e Ward, Media, Classazione, Curtosi ed Asimmetria.

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www.servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Data emissione: 28/10/2016

ANALISI GRANULOMETRICA WENTWORTH

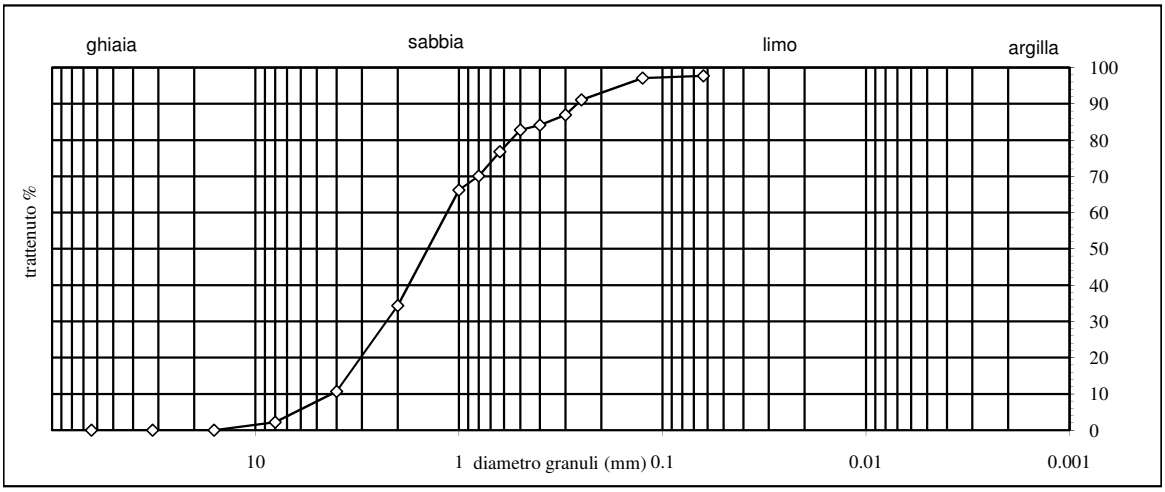
Certificato n° 2808

Committente: Studio Sirito
Cantiere: Studio spiagge Cogoleto
Località: Cogoleto (GE)
Verbale di accettazione n°: 145
Data verbale: 26/10/2016
Note: Materiale eterogeneo derivante principalmente da Serpentiniti (Rocce appartenenti al gruppo di Voltri)

Sondaggio:
Campione: 7
Profondità: battigia
Data esecuzione prova: 27-28/10/2016
Specifica di prova: ASTM
Rep: 16/144

Analisi con setacci — **Terreno analizzato M (gr) = 413.28**

Setacci (ϕ)	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
-7	**128**	0.00	0.00	0.00	100.00
-6	**64**	0.00	0.00	0.00	100.00
-5	**32**	0.00	0.00	0.00	100.00
-4	**16**	0.00	0.00	0.00	100.00
-3	**8**	9.12	2.21	2.21	97.79
-2	**4**	35.01	8.47	10.68	89.32
-1	**2**	97.83	23.67	34.35	65.65
0	**1**	131.72	31.87	66.22	33.78
0.32	**0.80**	16.07	3.89	70.11	29.89
0.67	**0.63**	27.61	6.68	76.79	23.21
1	**0.50**	24.91	6.03	82.82	17.18
1.32	**0.40**	5.53	1.34	84.16	15.84
1.73	**0.30**	11.61	2.81	86.97	13.03
2	**0.25**	17.05	4.13	91.09	8.91
3	**0.125**	24.84	6.01	97.10	2.90
4	**0.063**	2.61	0.63	97.73	2.27
Fondo		70.19			



Parametri granulometrici			**Classi granulometriche**		
Media Mz (ϕ)	ϕ 5 (ϕ)	ϕ 16 (ϕ)	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
-0.32	**-2.66**	**-1.72**			
Classazione (ϕ)	ϕ 25 (ϕ)	ϕ 50 (ϕ)	**10.68**	**87.05**	**2.27**
1.53	**-1.38**	**-0.49**			
Curtosi	ϕ 75 (ϕ)	ϕ 84 (ϕ)			
0.47	**0.58**	**1.25**			
Asimmetria	Media Mz (mm)	ϕ 95 (ϕ)	**Nota: N.D. = non determinabile**		
0.17	**1.25**	**2.56**	**ϕ = -log2(ϕ (mm))**		

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www.servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Data emissione: 28/10/2016

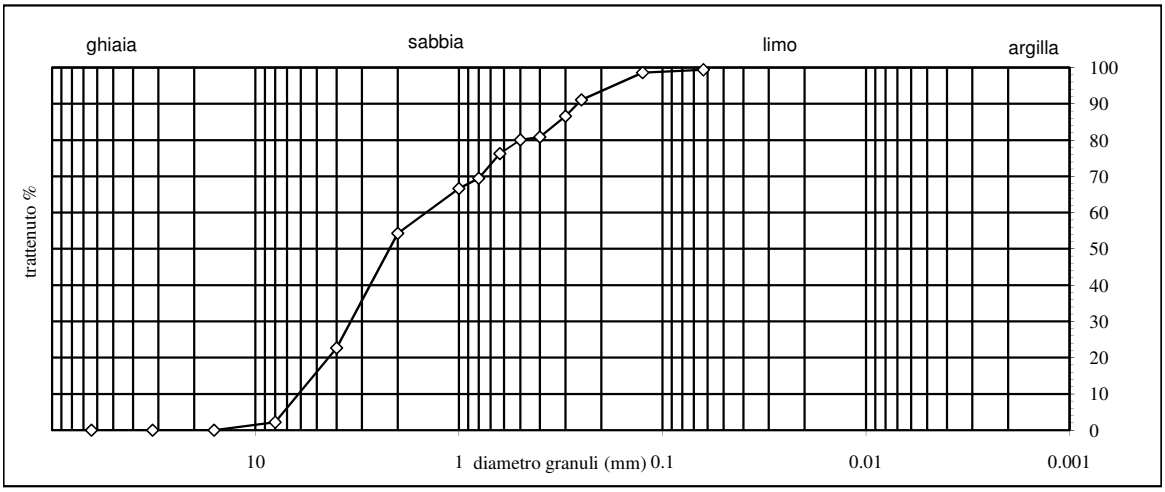
ANALISI GRANULOMETRICA WENTWORTH

Certificato n° 2809

Committente: Studio Sirito	**Sondaggio:**
Cantiere: Studio spiagge Cogoleto	**Campione: 9**
Località: Cogoleto (GE)	**Profondità: battigia**
Verbale di accettazione n°: 145	**Data esecuzione prova: 27-28/10/2016**
Data verbale: 26/10/2016	**Specifica di prova: ASTM**
Note: Materiale eterogeneo derivante principalmente da Serpentiniti (Rocce appartenenti al gruppo di Voltri)	**Rep: 16/144**

Analisi con setacci **Terreno analizzato M (gr) = 469.00**

Setacci (ϕ)	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
-7	**128**	0.00	0.00	0.00	100.00
-6	**64**	0.00	0.00	0.00	100.00
-5	**32**	0.00	0.00	0.00	100.00
-4	**16**	0.00	0.00	0.00	100.00
-3	**8**	10.13	2.16	2.16	97.84
-2	**4**	96.22	20.52	22.68	77.32
-1	**2**	148.48	31.66	54.33	45.67
0	**1**	57.94	12.35	66.69	33.31
0.32	**0.80**	13.10	2.79	69.48	30.52
0.67	**0.63**	32.03	6.83	76.31	23.69
1	**0.50**	17.62	3.76	80.07	19.93
1.32	**0.40**	3.79	0.81	80.88	19.12
1.73	**0.30**	26.91	5.74	86.61	13.39
2	**0.25**	21.06	4.49	91.10	8.90
3	**0.125**	35.32	7.53	98.64	1.36
4	**0.063**	3.40	0.72	99.36	0.64
Fondo		78.83			



Parametri granulometrici			Classi granulometriche		
Media Mz (ϕ)	ϕ 5 (ϕ)	ϕ 16 (ϕ)	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
-0.64	**-2.85**	**-2.38**			
Classazione (ϕ)	ϕ 25 (ϕ)	ϕ 50 (ϕ)	**22.68**	**76.68**	**0.64**
1.78	**-1.93**	**-1.10**			
Curtosi	ϕ 75 (ϕ)	ϕ 84 (ϕ)			
0.56	**0.62**	**1.56**			
Asimmetria	Media Mz (mm)	ϕ 95 (ϕ)	**Nota: N.D. = non determinabile**		
0.34	**1.56**	**2.40**	**ϕ = -log2(ϕ (mm))**		

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www.servizigeotecniciliguri.it

SERVIZI GEOTECNICI
LIGURI

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

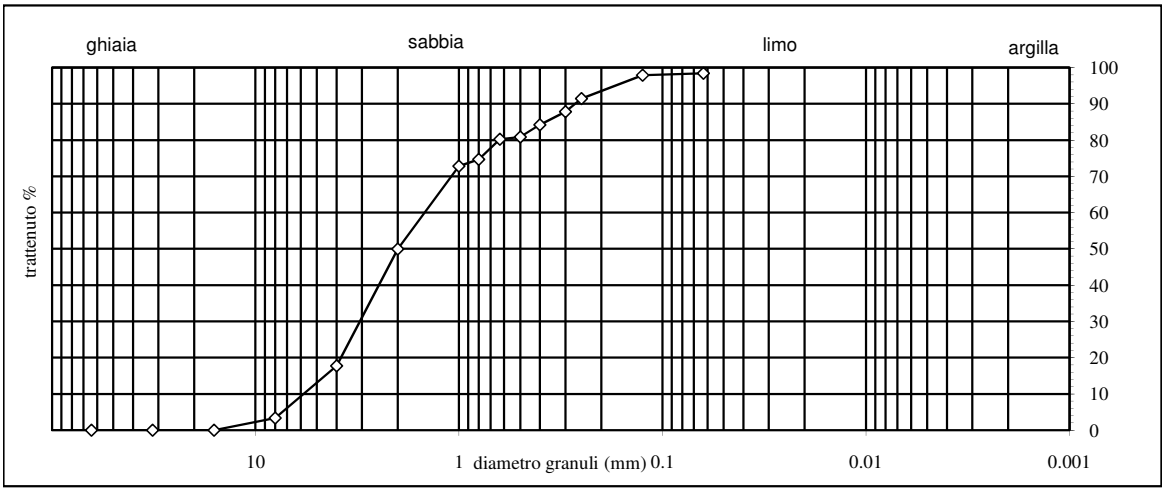
Data emissione: 28/10/2016

ANALISI GRANULOMETRICA WENTWORTH

Certificato n° 2805

Committente: Studio Sirito	**Sondaggio:**
Cantiere: Studio spiagge Cogoleto	**Campione: 2**
Località: Cogoleto (GE)	**Profondità: battigia**
Verbale di accettazione n°: 145	**Data esecuzione prova: 27-28/10/2016**
Data verbale: 26/10/2016	**Specifica di prova: ASTM**
Note: Materiale eterogeneo derivante principalmente da Serpentiniti (Rocce appartenenti al gruppo di Voltri)	**Rep: 16/144**

Analisi con setacci		**Terreno analizzato M (gr) =**	**487.43**		
Setacci (ϕ)	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
-7	**128**	0.00	0.00	0.00	100.00
-6	**64**	0.00	0.00	0.00	100.00
-5	**32**	0.00	0.00	0.00	100.00
-4	**16**	0.00	0.00	0.00	100.00
-3	**8**	16.25	3.33	3.33	96.67
-2	**4**	70.27	14.42	17.75	82.25
-1	**2**	156.98	32.21	49.96	50.04
0	**1**	111.52	22.88	72.84	27.16
0.32	**0.80**	9.11	1.87	74.70	25.30
0.67	**0.63**	27.16	5.57	80.28	19.72
1	**0.50**	2.99	0.61	80.89	19.11
1.32	**0.40**	16.17	3.32	84.21	15.79
1.73	**0.30**	17.70	3.63	87.84	12.16
2	**0.25**	17.50	3.59	91.43	8.57
3	**0.125**	31.61	6.49	97.91	2.09
4	**0.063**	2.38	0.49	98.40	1.60
Fondo		77.93			



Parametri granulometrici			**Classi granulometriche**		
Media Mz (ϕ)	ϕ 5 (ϕ)	ϕ 16 (ϕ)	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
-0.66	**-2.87**	**-2.23**			
Classazione (ϕ)	ϕ 25 (ϕ)	ϕ 50 (ϕ)	**17.75**	**80.65**	**1.60**
1.68	**-1.77**	**-0.99**			
Curtosi	ϕ 75 (ϕ)	ϕ 84 (ϕ)			
0.49	**0.34**	**1.25**			
Asimmetria	Media Mz (mm)	ϕ 95 (ϕ)	**Nota: N.D. = non determinabile**		
0.29	**1.58**	**2.47**	**ϕ = -log2(ϕ (mm))**		

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www.servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Data emissione: 28/10/2016

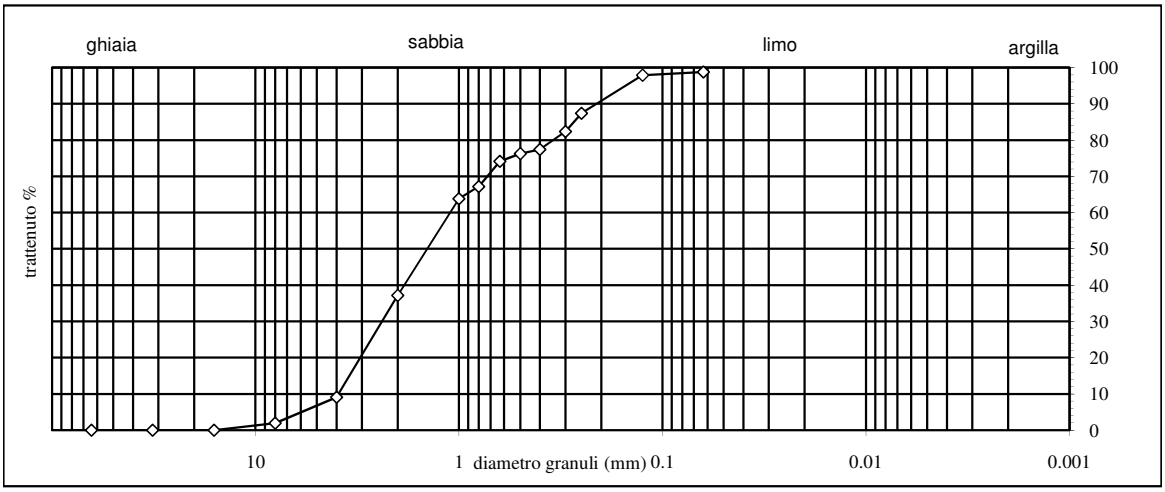
ANALISI GRANULOMETRICA WENTWORTH

Certificato n° 2806

Committente: Studio Sirito	**Sondaggio:**
Cantiere: Studio spiagge Cogoleto	**Campione: 4**
Località: Cogoleto (GE)	**Profondità: battigia**
Verbale di accettazione n°: 145	**Data esecuzione prova: 27-28/10/2016**
Data verbale: 26/10/2016	**Specifica di prova: ASTM**
Note: Materiale eterogeneo derivante principalmente da Serpentiniti (Rocce appartenenti al gruppo di Voltri)	**Rep: 16/144**

Analisi con setacci **Terreno analizzato M (gr) = 493.6**

Setacci (ϕ)	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
-7	**128**	0.00	0.00	0.00	100.00
-6	**64**	0.00	0.00	0.00	100.00
-5	**32**	0.00	0.00	0.00	100.00
-4	**16**	0.00	0.00	0.00	100.00
-3	**8**	9.59	1.94	1.94	98.06
-2	**4**	35.38	7.17	9.11	90.89
-1	**2**	138.27	28.01	37.12	62.88
0	**1**	131.70	26.68	63.80	36.20
0.32	**0.80**	16.60	3.36	67.17	32.83
0.67	**0.63**	34.45	6.98	74.15	25.85
1	**0.50**	10.30	2.09	76.23	23.77
1.32	**0.40**	6.07	1.23	77.46	22.54
1.73	**0.30**	24.37	4.94	82.40	17.60
2	**0.25**	24.51	4.97	87.37	12.63
3	**0.125**	51.80	10.49	97.86	2.14
4	**0.063**	4.69	0.95	98.81	1.19
Fondo		87.36			



Parametri granulometrici			Classi granulometriche		
Media Mz (ϕ)	ϕ 5 (ϕ)	ϕ 16 (ϕ)	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
-0.12	**-2.61**	**-1.72**			
Classazione (ϕ)	ϕ 25 (ϕ)	ϕ 50 (ϕ)	**9.11**	**89.70**	**1.19**
1.73	**-1.43**	**-0.54**			
Curtosi	ϕ 75 (ϕ)	ϕ 84 (ϕ)			
0.49	**0.74**	**1.89**			
Asimmetria	Media Mz (mm)	ϕ 95 (ϕ)	**Nota: N.D. = non determinabile**		
0.29	**1.09**	**2.84**	**ϕ = -log2(ϕ (mm))**		

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio
Dr. Dario Filippi

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241
e-mail: sgllabo@alice.it - www.servizigeotecniciliguri.it

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

SERVIZI GEOTECNICI LIGURI

Data emissione: 28/10/2016

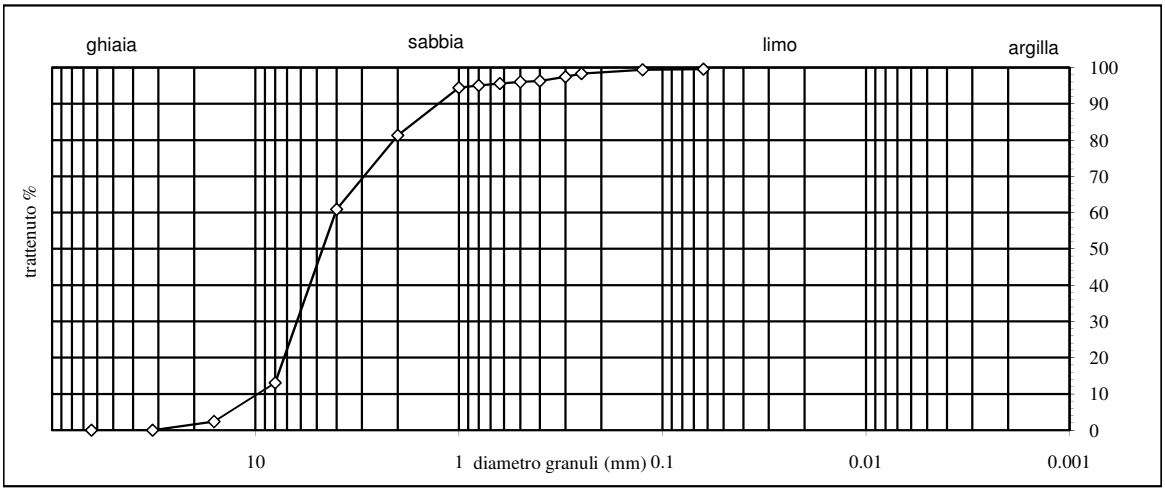
ANALISI GRANULOMETRICA WENTWORTH

Certificato n° 2807

Committente: Studio Sirito	**Sondaggio:**
Cantiere: Studio spiagge Cogoleto	**Campione: 5**
Località: Cogoleto (GE)	**Profondità: battigia**
Verbale di accettazione n°: 145	**Data esecuzione prova: 27-28/10/2016**
Data verbale: 26/10/2016	**Specifica di prova: ASTM**
Note: Materiale eterogeneo derivante principalmente da Serpentiniti (Rocce appartenenti al gruppo di Voltri)	**Rep: 16/144**

Analisi con setacci **Terreno analizzato M (gr) = 571.28**

Setacci (ϕ)	Apertura maglie (mm)	Peso terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
-7	**128**	0.00	0.00	0.00	100.00
-6	**64**	0.00	0.00	0.00	100.00
-5	**32**	0.00	0.00	0.00	100.00
-4	**16**	13.36	2.34	2.34	97.66
-3	**8**	61.47	10.76	13.10	86.90
-2	**4**	273.11	47.81	60.91	39.09
-1	**2**	116.52	20.40	81.30	18.70
0	**1**	75.21	13.17	94.47	5.53
0.32	**0.80**	3.58	0.63	95.09	4.91
0.67	**0.63**	3.08	0.54	95.63	4.37
1	**0.50**	2.15	0.38	96.01	3.99
1.32	**0.40**	1.77	0.31	96.32	3.68
1.73	**0.30**	6.32	1.11	97.43	2.57
2	**0.25**	5.16	0.90	98.33	1.67
3	**0.125**	6.32	1.11	99.43	0.57
4	**0.063**	0.94	0.16	99.60	0.40
Fondo		17.04			



Parametri granulometrici			**Classi granulometriche**		
Media Mz (ϕ)	ϕ 5 (ϕ)	ϕ 16 (ϕ)	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
-1.97	**-3.58**	**-2.93**			
Classazione (ϕ)	ϕ 25 (ϕ)	ϕ 50 (ϕ)	**60.91**	**38.69**	**0.40**
1.13	**-2.79**	**-2.23**			
Curtosi	ϕ 75 (ϕ)	ϕ 84 (ϕ)			
0.49	**-1.26**	**-0.77**			
Asimmetria	Media Mz (mm)	ϕ 95 (ϕ)	**Nota: N.D. = non determinabile**		
0.33	**3.93**	**0.29**	**ϕ = -log2(ϕ (mm))**		

Lo Sperimentatore

Il Direttore di laboratorio
Dr. Dario Filippi

2 - ESAME DI STUDI SEDIMENTOLOGICI PREGRESSI

2.1 - Premessa

Per quanto riguarda la granulometria delle spiagge di Levante, oggetto di interventi recenti, si sono effettuate le seguenti ricerche:

- *Spiaggia di Levante dal Lerone allo Scoglio (tratta di intervento commissariale Stoppani):*

  - Esame delle analisi granulometriche STI dello stato di fatto antecedente all'intervento (documento di progetto 7/12/2007).
  - Esame delle granulometrie progettualmente previste per gli inerti.
  - Esame delle quantità di ripascimento di progetto.

- *Spiaggia di Levante da Lo Scoglio al Rio Scandolaro (tratta di intervento comunale)*

  - Esame delle analisi granulometriche STI (Allegato F alla relazione tecnica progetto esecutivo Agosto 1998).
  - Esame delle granulometrie progettualmente previste per gli inerti.

2.2 - Spiaggia di Levante dal Lerone a Lo Scoglio (tratta di intervento commissariale Stoppani)

2.2.1 - Esame delle analisi granulometriche STI dello stato di fatto antecedente all'intervento (documento di progetto 7/12/2007)

La fase degli studi preliminari per l'intervento commissariale Stoppani è iniziata ben prima della data di progetto Luglio 2009, tanto che le indagini sedimentologiche si trovano nel fascicolo R01 datato 07/12/2007 oggetto *"relazione idraulico marittima" - "Studio del moto ondoso e dinamica costiera nel tratto di mare antistante ricadenti nel sito di interesse nazionale Stoppani di Cogoleto"*. Elaborato redatto da STI - Studio Tecnico di Ingegneria s.r.l. per conto di Sviluppo Italia Aree Produttive:

Alle indagini granulometriche sono dedicate alcune righe al paragrafo 2.1 - *"Indagini granulometriche e stratigrafiche" pagg.12 e 13*:

"L'intervento di bonifica prevede di asportare il "crostone" nel tratto di spiaggia emersa e di effettuare un intervento di ripascimento con materiale di granulometria adeguata al fine di stabilizzare la spiaggia ed evitare l'instaurarsi di fenomeni di erosione, che possano riportare in superficie o a contatto con l'azione del moto ondoso sedimenti inquinati. Le analisi granulometriche effettuate sui campioni prelevati, ed ulteriormente supportate dai sondaggi effettuati nell'area Envireg da Sviluppo Italia Aree Produttive nel 2007, hanno rilevato che il materiale superficiale di spiaggia è costituto prevalentemente da sabbie grosse e ghiaia con **diametro D50 dell'ordine di 2 mm**. Nelle figure 3 e 4 si riporta a titolo di esempio la curva granulometrica e il relativo posizionamento del sondaggio S27 effettuato nel 2007 nel tratto di spiaggia (area Envireg) adiacente alla sponda destra del torrente Lerone".

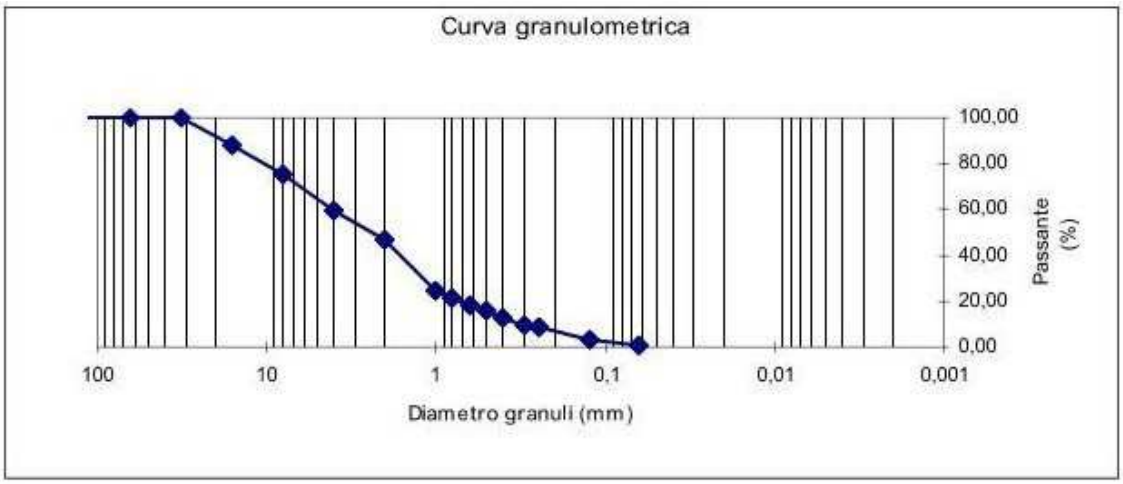


Figura 1 - Curva granulometrica sondaggio S27 (sondaggi eseguiti da Sviluppo Italia Aree Produttive)

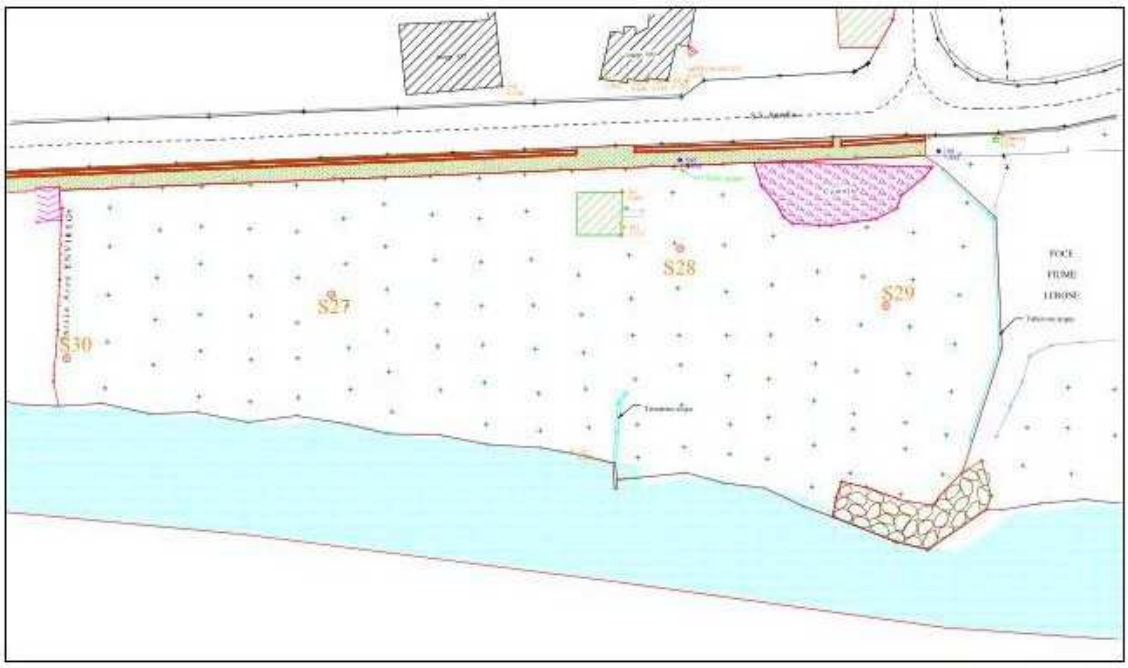


Figura 2 - Stralcio planimetrico con ubicazione dei sondaggi effettuati nell'area Envireg (sondaggi eseguiti da Sviluppo Italia Aree Produttive)

Al momento non sono state eseguite indagini riguardanti la granulometria del tratto di spiaggia sommersa, tuttavia lo studio svolto dalla società IDROTEC S.r.l, a cui si è fatto riferimento, indica che per fondali da –2.0 m a oltre –4.0 m i sedimenti sono più fini e composti da sabbie con ***D50 dell'ordine di 0.2 mm***.

Purtroppo la notizia è parziale, perchè riferita ad un unico prelievo, fra l'altro effettuato a scopo stratigrafia con carotaggio e quindi a scopo diverso da uno studio sedimentologico di spiaggia. Infatti non risulterebbero prelievi di inerti di battigia, quelli che si dispongono a difesa di tutto il resto della spiaggia e sono quindi i più significativi.
Anche *sull'elaborato A - relazione generale*, troviamo un accenno al paragrafo 6.6.1, pag.32 - *caratterizzazione granulometrica*, identico a quello del fascicolo precedente,

solo con le curve granulometriche estese a tre sondaggi anzichè uno. Tutti e tre i sondaggi sono lontani dalla battigia e sono fuori dalla zona poi bonificata. Uno è nell'apparato di Foce del Lerone, ridossato dal pennello di Foce. ***Viene confermato prevalente il D_{50} dell'ordine di 2mm***, che viene definito "sabbia grossa e ghiaia". Poichè la più usata è la classificazione di Wentworth, ridefiniamo "da sabbia molto grossolana a ghiaia molto fine (granuli).

Maggiori notizie si trovano sullo *"Elaborato C" dell'"Allegato b" - Relazione tecnica Opere Marittime, paragrafo 3.1 - Studio dello stato attuale, sottoparagrafo 3.1.1 - Analisi dei dati a disposizione da cui si riporta*:

"Al fine di definire la granulometria attuale dei sedimenti presenti negli arenili, si è fatto riferimento ai 3 sondaggi effettuati in area Envireg, e già riportati all'interno della relazione generale.
In aggiunta è possibile far riferimento ai dati forniti dall'esame dell'Atlante delle Spiagge Italiane, edito dal CNL nel 1999, dal quale si evince quale fosse la granulometria media dei sedimenti marini antistanti il paraggio di interesse.
Dalla figura si osserva che all'epoca la pendenza era inferiore a quella attuale, segno di un aumento del diametro medio dei granuli, e che la granulometria nella aree prossime alla battigia era compresa tra 0.18 - 2 mm, mentre procedendo poi verso il largo, a profondità maggiori della linea di chiusura, il diametro medio diminuiva arrivando nel range 0.13 – 0.18 mm in alcune aree, e conservava un diametro maggiore alle estremità."

Circa la spiaggia emersa viene riportata l'analisi granulometrica sempre dei tre soli campioni di spiaggia emersa ricavati dai sondaggi, che riportiamo insieme alla curva granulometrica:

Apertura maglie (mm)	S27 Parziale dei trattenuti %	S28 Parziale dei trattenuti %	S29 Parziale dei trattenuti %	Valore medio %	Totale dei trattenuti (%)
128	0	0	0	0.0	0.0
64	0	0	0	0.0	0.0
32	0	0	0	0.0	0.0
16	12.16	16.72	17.38	15.4	15.4
8	12.35	14.22	9	11.9	27.3
4	16.06	14.49	5.92	12.2	39.4
2	12.25	13.15	5.87	10.4	49.9
1	22.69	16.75	11.82	17.1	66.9
0.8	3.16	3.04	6.17	4.1	71.1
0.63	3.2	4.36	10.26	5.9	77.0
0.5	2.46	3.51	11.56	5.8	82.9
0.4	3.05	3.41	10.34	5.6	88.5
0.3	2.79	2.95	6.34	4.0	92.5
0.25	1.23	1.16	2.25	1.5	94.0
0.125	5.31	4.55	2.03	4.0	98.0
0.063	2.43	1.46	0.37	1.4	99.4
Fondo	0	0	0	0.0	99.4

Tabella 2 - Caratteristiche del materiale in sito area Envireg (Sviluppo Italia 2009)

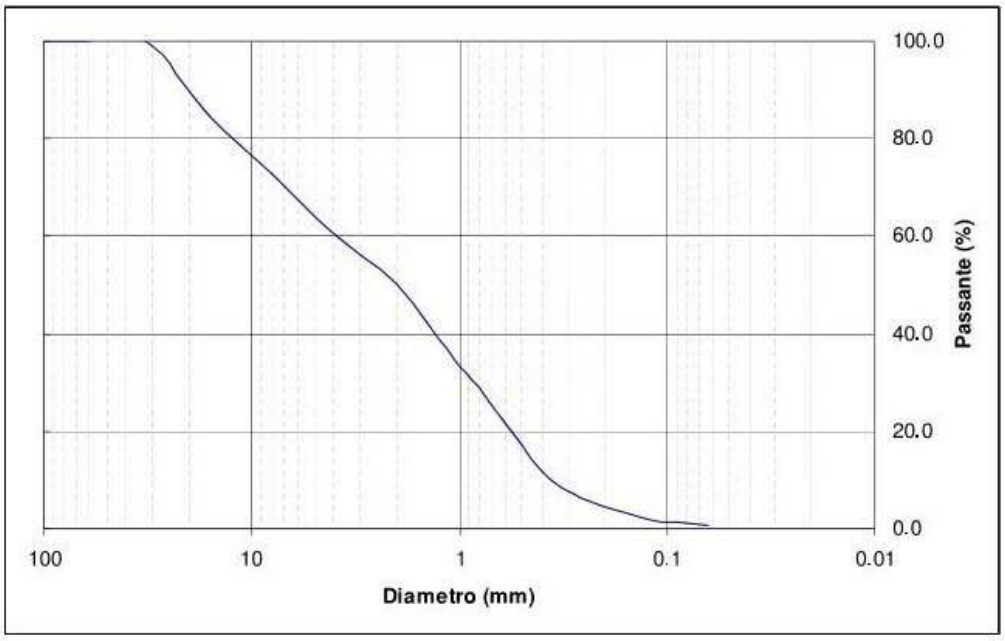


Figura 3 - Fuso granulometrico "medio" area Envireg (Sviluppo Italia) 2009

Le notizie finiscono qui. I parametri di Folk e Ward non vengono calcolati ed abbiamo provveduto a calcolarli secondo i dati della tabella 2, risultando: Media Mz (mm) = 2,43, Classazione σ_1 = 2,27, Curtosi 0,60, Asimmetria -0,13.

2.2.2 - Esame delle granulometrie progettualmente previste per gli inerti da ripascimento

Non essendovi dati sul materiale versato si è ripiegato su quelli previsti progettualmente: la descrizione dell'intervento proposto è contenuta nell'Elaborato C dell'Allegato b del progetto 2009 - *Relazione Tecnica Opere Marittime*. La parte sedimentologica è l'oggetto del paragrafo 3.2 - *Dimensionamento dell'intervento di ripascimento*, di cui si riportano le caratteristiche raccomandate per i ripascimenti:

Apertura maglie (mm)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti (%)	Totale dei passanti (%)
128	0.0	0.0	100.0
64	0.0	0.0	100.0
32	0.0	0.0	100.0
16	14.0	14.0	86.0
8	13.0	27.0	73.0
4	14.0	41.0	59.0
2	14.0	55.0	45.0
1	14.0	69.0	31.0
0.8	6.0	75.0	25.0
0.63	6.0	81.0	19.0
0.5	6.0	87.0	13.0
0.4	3.5	90.5	9.5
0.3	3.0	93.5	6.5
0.25	2.0	95.5	4.5
0.125	3.0	98.5	1.5
0.063	1.5	100.0	0.0
Fondo	0.0	100.0	0.0

Tabella 3 - Caratteristiche del materiale da ripascimento raccomandate nel progetto 2009 Sviluppo Italia

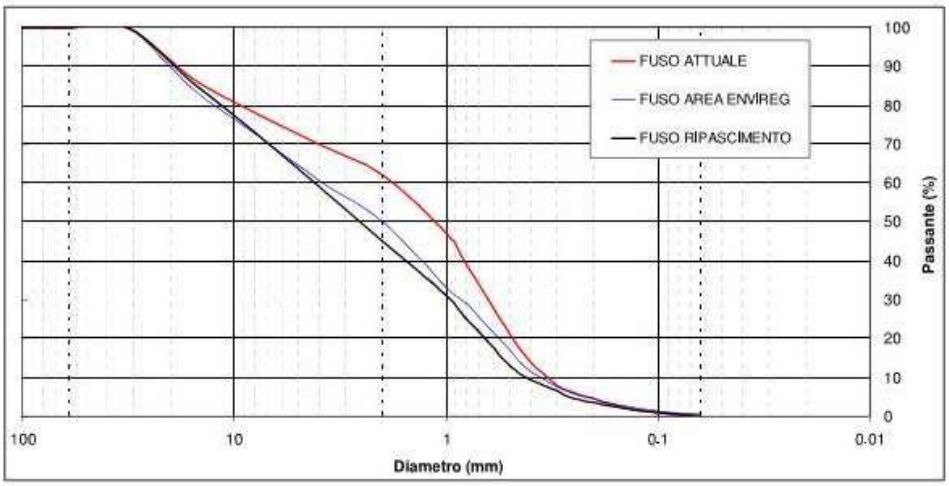


Figura 4 - Fuso granulometrico del materiale per ripascimento proposto

I parametri di Folk e Ward non vengono calcolati, per cui anche qui abbiamo proceduto al loro calcolo risultando: Media Mz (mm) = 2,69, Classazione σ_1 = 2,20, Curtosi 0,58, Asimmetria -0,05.

2.2.3 - Esame delle quantità di ripascimento di progetto

Al sottoparagrafo 3.2.2 - "*Calcolo del volume di ripascimento*" vengono calcolati i volumi di ripascimento, suddivisi nelle voci "*ripristino dello stato ante opera*" (cioè riempimento a compenso dei materiali inquinati asportati) e "*ripascimento strutturale*", cioè potenziamento della spiaggia.
Riportiamo alcuni passi della relazione:

"Come detto in precedenza il volume richiesto dall'intervento si compone di due voci:
1. ripristino dello stato ante opera; 2. ripascimento strutturale.

La stima ***del volume di ripristino*** è direttamente correlata al volume di scavo, conseguentemente si rimanda alla relazione tecnica di bonifica per i dettagli.
Le quantità totali sono rispettivamente:

Cogoleto = 23'404 mc;
Arenzano = 7'452 mc.

Per il calcolo del ***volume di sedimenti necessari al ripascimento strutturale con l'avanzamento della linea di costa di 10 m (alla quota della berma), e considerando la berma alla quota di +1 m***, si è fatto uso delle formulazioni riportate nel Coastal Engineering Manual (CEM), basate sul concetto di profilo di equilibrio di Dean, e illustrate a seguire. Come primo punto è necessario calcolare il tipo di profilo che la spiaggia assumerà a seguito del ripascimento.
OMISSIS
si ha un profilo del tipo intersecting, come riportato in Figura 3-16, e ***un volume di ripascimento pari a 25.2 mc/m***".

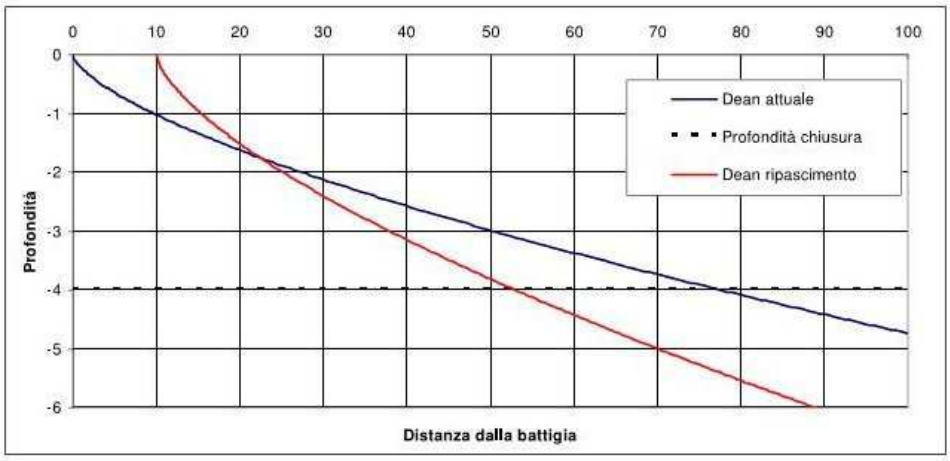


Figura 5 - Profilo di ripascimento

L'argomento viene pure trattato all'*"elaborato b" dell'allegato b del progetto 2009 - Relazione tecnica - Intervento di bonifica, capitolo 4 - attività di escavazione dei terreni, dalla pagina 24 alla 31*, di cui si riportano qui di seguito le notizie od i passi di interesse:

"Sarà cura dell'Affidataria procedere con l'esecuzione di una battuta topografica georeferenziata (OMISSIS) a conclusione dell'intervento per ogni arenile (Cogoleto ed Arenzano), finalizzata a determinare lo stato finale delle aree".

paragrafo 4.1 fasi di scavo e ripascimento

OMISSIS

"Considerando che lo spessore medio del crostone nei due arenili, comprensivo della copertura in sabbie sciolte, è variabile da 1 a 2 metri, il volume medio dei terreni da rimuovere risulta essere pari a:

Arenile	Superficie (mq)	V crostone (mc)	Scarto	V sabbia (mc)	Scarto
Arenzano	3.726	1.754,55	22,83%	4.575,45	27,15%
Cogoleto	12.275	14.991,40	31,29%	3.941,10	39,09%

OMISSIS

Al fine di evitare l'erosione operata dal mare nell'area scavata, dal momento che **la rimozione del crostone comporta in più punti il raggiungimento di quote inferiori al livello medio mare, e che l'intervento avviene sino in corrispondenza della linea di battigia, si prevede di alternare nella stessa giornata lo scavo con il ripascimento con sabbie provenienti da cave di prestito**".

OMISSIS

"Complessivamente si ha quindi il seguente schema":

Attività	u.m.	Cogoleto	Arenzano
Attività di scavo			
Volume complessivo da rimuovere tra sabbia e crostone (valore massimo stimabile)	mc	**23.404**	7.452
Attività di ripascimento			
Volume complessivo (valore massimo stimabile)	mc	**37.796**	20.802

2.3 - SPIAGGIA DI LEVANTE DA "LO SCOGLIO" AL RIO SCANDOLARO (TRATTA DI INTERVENTO COMUNALE)

Il progetto di messa in sicurezza di questa tratta è il "progetto esecutivo di opere marittime per la difesa ed il consolidamento del tratto di litorale tra Piazzale Giovanni

XXIII e la località Lo Scoglio" commissionato dal Comune di Cogoleto all'ATI: STI Studio Tecnico di Ingegneria, Prof. SANDRO STURA ed IDROTEC, progetto datato Agosto 1998.

Le notizie sedimentologiche sono contenute in diversi fascicoli:

2.3.1 - Esame dello stato di fatto precedente all'intervento

dal Vol.I - Relazione Tecnica Agosto 1998, si riporta dal paragrafo 3.4 - *Caratteristiche morfologiche e sedimentologiche*:

"L'indagine sedimentologica, i cui risultati sono riportati in Allegato F, indica che la fascia di battigia e fino a circa -1.0 è costituita da sabbie grosse e ghiaia con diametro D_{50} dell' ordine di 2 mm.
Nel fondale da -2.0 a oltre -4.0 m i sedimenti sono più fini e composti da sabbie con Dso dell'ordine di 0.2 mm".

2.3.2 - Esame delle granulometrie progettualmemte previste per gli inerti da ripascimento

La granulometria scelta per il ripascimento è indicata al successivo paragrafo 7.4 - Interventi di ripascimento:

Per l'esecuzione del versamento si è previsto l'uso di sedimenti più grossolani di quelli attualmente presenti lungo i tratti di spiaggia sabbiosa naturale in modo da ottenere versamenti più stabili e da ridurre gli oneri di manutenzione: verranno utilizzati **materiali nel campo granulometrico delle sabbie grossolane e ghiaie fini e medie con diametro compreso tra 0.6 mm e 50 mm**.

L'elenco prezzi di progetto così si esprime:

"**Sabbie grossolane e ghiaie medio-fini, granulometria compresa tra 0.6 e 50 mm, di origine alluvionale**".

Al Volume II - allegati, all'allegato F sono contenute le analisi granulometriche, ma prive del calcolo dei parametri di Folk e Ward. e dei riferimenti sull'ubicazione dei prelievi.
Il capitolato speciale Agosto 1998, *all'art.3 - Descrizione delle opere , Lotto 2*, pag.7 cita:

"Il materiale da ripascimento è costituito **da sabbia grossolana e ghiaia medio/fine (0,6 mm<D<50mm) a spigoli stondati**".

Id per il "Lotto 3".