

$$R_n = \frac{1}{L} \int_0^L p_n v_n dx$$

$$R_t = \frac{1}{L} \int_0^L p_t v_t dx$$

Dove, la componente normale della potenza potrà scriversi come segue:

$$R_n = \frac{1}{2} S \rho_a (U - C)^2 CK^2 \left(\frac{H}{2}\right)^2$$

dove il segno positivo vale per $C < U$ e quello negativo per $C > U$.

Nella precedente formula si è adottata la seguente simbologia:

S = coefficiente di riparo;

ρ_a = densità dell'aria;

U = velocità del vento;

C = celerità delle onde.

Considerando anche l'energia trasmessa al mare per effetto degli sforzi tangenziali, è opportuno esprimere questi ultimi tramite la:

$$p_t = \delta^2 \rho_a U$$

La condizione di sviluppo delle onde, in tale più realistica ipotesi, comporta che:

$$|R_n + R_t| > |R_m|$$

L'energia dissipata per effetto della viscosità R_μ vale:

$$R_\mu = 2 \mu K^3 \left(\frac{H}{2}\right)^2 C^2$$

essendo μ la viscosità.

Durante la fase di sviluppo, l'energia dissipata per viscosità è un'aliquota trascurabile; può, pertanto, scriversi la seguente equazione di conservazione dell'energia in fase transitoria:

$$\frac{d}{dt}(EL) = \left\{ (R_t + R_n) + \frac{d}{dx}(C_g E) \right\} L$$

essendo:

E = energia totale media per unità di superficie;

Si può affermare che la direzione media β del moto ondoso relativa alla direzione media di provenienza del vento ϕ_w è individuata come il valore che rende massima la funzione:

$$f(\phi_w) = F_{e,\phi_w}^{0,28} \cdot (\cos \phi_w)^{0,44}$$

quindi per $f'(\beta) = 0$ e $f''(\beta) < 0$.

Analizzando i risultati ottenuti, si osserva che il valore più elevato della lunghezza del fetch geografico si ha secondo la direzione 280°N per la quale la lunghezza del fetch geografico risulta pari a circa 615 Km, mentre il fetch efficace più lungo si ha nella direzione 330°N e risulta pari a circa 365 Km (tab. 3.1).

I risultati numerici dei fetches geografici ed efficaci relativi al punto di analisi sono riportati nella figura 3.4.

3.2.2 - IL CALCOLO DELLE ALTEZZE E DEI PERIODI DELL'ONDA SIGNIFICATIVA

E' necessario definire preliminarmente l'estensione e la conformazione dell'area di generazione nonché la profondità dei fondali di detta porzione di mare. Nel caso che qui interessa, per quanto riguarda l'estensione e la conformazione, si riscontra la condizione di Restricted Fetches poiché le traversie geografiche sono delimitate dalla presenza della costa o comunque contraddistinte da distanze inferiori a quelle proprie dell'estensione delle perturbazioni atmosferiche¹¹ responsabili del processo di generazione del moto ondoso.

Per quanto riguarda la profondità dei fondali, si fa riferimento alla condizione di Deep-Water, valida per generazione del moto ondoso in aree ove i fenomeni dissipativi per attrito sono trascurabili; tali zone sono, in pratica, contraddistinte da profondità superiori a 90 m.

Si è proceduto, quindi, alla ricostruzione degli stati di mare conseguenti all'azione diretta del vento sulla superficie marina tramite il software "Altair". La serie storica di registrazioni anemometriche cui si è fatto riferimento è, ovviamente, quella già diffusamente descritta nel Capitolo 2.

¹¹ Per il Mediterraneo si è soliti considerare comunque un limite superiore dell'estensione delle perturbazioni atmosferiche pari a 600 km

Una ulteriore correzione al vento va fatta se la stazione di misura è situata entroterra. È possibile *traslare* i dati di vento da condizioni *overland* a situazioni *overwater* qualora il gradiente di pressione sia lo stesso nei differenti punti, e l'unica differenza risieda nel coefficiente di scabrezza delle superfici. Il fattore di locazione è indicato con R_L ed è funzione della velocità registrata entroterra. La relazione è riportata in figura 3.2.

La velocità del vento, a seguito dell'introduzione del parametro R_L , si modifica come segue:

$$U = R_L \cdot U_{10}$$

Nel caso in esame, essendo la stazione anemometrica in mare si ha $R_L = 1$.

Nella maggior parte dei casi per la ricostruzione delle onde da vento si utilizza la velocità del vento adattata, U_a , ottenuta con la seguente formula che tiene conto della non linearità della relazione tra forza del vento e velocità del vento (Tomasicchio e Longo, 1987):

$$U_a = 0.71 \cdot U_{10}^{1.23}$$

3.1.1.2 - I FETCHES GEOGRAFICI ED EFFICACI NEL PARAGGIO IN ESAME

Il fetch è la porzione di superficie attraverso la quale si attua il fenomeno di trasmissione di energia dal vento al mare, e, di conseguenza la generazione delle onde.

Nell'ipotesi di processo monodimensionale, il fetch è surrogato dalla sua lunghezza che, sinteticamente, può ancora chiamarsi fetch.

Tuttavia, il fetch, proprio per la sua estensione areale, non è individuabile semplicemente attraverso la lunghezza, nella direzione di propagazione delle onde, della zona di generazione, che dipende da quella prevalente del vento, bensì tenendo in opportuna considerazione il contributo sulla formazione del moto ondoso delle azioni ventose relative alle direzioni adiacenti a quella principale di propagazione, ma inclinate rispetto a questa; si è pertanto introdotto il concetto di fetch efficace F_e , che, appunto, mette in conto il rilievo assunto dalle direzioni trasversali.

Generalmente, nel Mare Mediterraneo, il fetch è limitato dalla presenza del fronte costiero, perché la perturbazione meteorologica, in particolare in concomitanza ad eventi di notevole severità, si estende su superfici maggiori dello specchio liquido sul quale ha sede il trasferimento di energia dal vento al mare; ciò consente di confondere il fetch, che è una grandezza essenzialmente meteorologica, con la distanza di mare libero che, viceversa, è una grandezza geografica.

output fornisce l'altezza e il periodo dell'onda significativa. Si rammenta, altresì, che l'ipotesi a base del metodo è strettamente connessa al dominio di taratura del modello stesso.

Inoltre, il metodo SMB, com'è noto, è stato originariamente calibrato nei grandi laghi americani e successivamente ulteriormente verificato in una miriade di situazioni differenti, tanto da farne il criterio maggiormente utilizzato; esso può essere, quindi, ragionevolmente applicato in situazioni geografiche, come quella in esame, che presentino fetches limitati, dell'ordine non superiore a poche centinaia di chilometri, condizioni nelle quali è, pertanto, plausibile l'ipotesi secondo la quale il campo di vento si possa ritenere costante, in direzione e intensità, su tutto lo specchio liquido di generazione delle onde, all'interno del quale, cioè, ha sede il processo di trasferimento di energia del vento al mare.

L'applicazione del metodo SMB prevede il calcolo preventivo dello *wind stress factor*, nonché il calcolo dei fetches efficaci perché il valore della velocità del vento da porre a base dei calcoli è quello relativo alla quota di 10 m sul livello del mare e, inoltre, bisogna tenere conto dell'influenza di ulteriori parametri sull'andamento della stessa velocità; infine, occorre valutare nel processo formativo delle onde, il contributo laterale rispetto alla direzione prevalente del moto nell'aeriforme da parte del vento, mettendo così in conto il solo trasferimento di energia lungo la direzione di propagazione del moto ondoso.

3.1.1.1 - IL CALCOLO DELLO WIND STRESS FACTOR

Il metodo indiretto SMB richiede la preventiva valutazione di un ben determinato valore della velocità, ricavabile da quello misurato⁸ attraverso l'acquisizione di alcune informazioni facilmente reperibili. Qui di seguito si esaminano separatamente i fattori che entrano in gioco.

In primo luogo il valore della velocità (U_z), misurato dallo strumento posto alla generica quota z , deve essere, preliminarmente riferito alla quota di 10 m poiché l'attrito in superficie riduce la velocità del vento in aria libera. A tal fine si definisce un coefficiente correttivo tramite la relazione:

$$U_z = U^* / 0,4 [\ln(z/z_0) - \psi(z/L)]$$

dove

⁸ Le velocità del vento, espresse in nodi, vengono trasformate in m/s ricordando che 1 nodo = 0,5144 m/s.

in cui è rappresentata la distribuzione delle frequenze per classi di velocità del vento, espressa in nodi.

Dall'esame delle suddette figure si osserva che, per velocità minori di 21 nodi, i venti provengono prevalentemente da Nord e Nord - Est; per velocità comprese tra 21 nodi e 51 nodi la direzione più frequente è Sud - Ovest; mentre i venti più intensi, velocità maggiori di 51 nodi, provengono da Nord - Ovest.

Messina; in base a questa osservazione, quindi, è lecito ritenere che il sito in esame ricada nell'area climatica di tipo 4C.

Per quanto concerne l'umidità dell'aria presso la Stazione meteorologica di Patti non ne sono stati rilevati i valori, per cui si può far riferimento solo ai dati di Messina, che però possono fornire indicazioni solo orientative, in quanto la distribuzione dei venti prevalenti, secondo quanto precedentemente esposto, risulta alquanto diversa da quella derivata dall'analisi dei dati provenienti dalle Stazione di Stromboli e di Ustica.

Circa l'entità delle precipitazioni, si può affermare che una piovosità media annua compresa tra i 700 e gli 800 mm può essere presa come un valore apprezzabilmente rappresentativo di questa zona.

Dal confronto delle due serie di dati, quelli della Stazione di Messina e quelli rilevati a Patti, è possibile notare valori di escursione termica piuttosto simili (di 14,9 gradi a Messina e 14,7 gradi a Patti), anche se le temperature medie risultano, rispetto a Patti, sensibilmente superiori a Messina, che, di fatto, dal punto di vista geografico, può godere di una maggiore protezione da parte dei monti calabresi nei confronti dei venti freddi provenienti da Nord.

Per le cose dette in precedenza è ragionevole ritenere che i dati rilevati a Patti meglio si prestano a descrivere il clima di S. Stefano di Camastra, anche se, in vero, le differenze con Messina non sono sensibili.

1.3 - UMIDITÀ DELL'ARIA

L'umidità relativa, in genere, aumenta al diminuire della temperatura dell'aria, e viceversa; quindi, sarà maggiore d'inverno e durante le ore notturne piuttosto che in quelle diurne.

Il fenomeno è, tuttavia, reso più complesso perché l'umidità è fortemente influenzata dalla presenza del vento che, in particolare, spira su una determinata zona in particolare: i venti di terra, notoriamente più secchi, ovviamente, abbassano i valori della medesima umidità relativa, mentre i venti di mare, più umidi, ne determinano il loro aumento.

I valori di umidità disponibili, riportati nella figura 1.1.c, provengono esclusivamente dalla Stazione di Messina e mostrano una discreta stagionalità: nei mesi invernali, durante i quali i venti sopraggiungono prevalentemente da NW e da SW, i valori minimi di umidità relativa si aggirano intorno al 60%, per poi scendere, durante la stagione estiva, in concomitanza a venti prevalenti da NE, a circa il 50%. I valori massimi, invece, rimangono, per tutto l'anno, intorno all'85%, senza oscillazioni di particolare rilievo.

1.4 - NUVOLOSITÀ E GIORNI SERENI

E' possibile procedere ad un commento sulla nuvolosità⁴ e sul numero di giorni sereni⁵, che in un mese caratterizzano questa zona, solo riferendosi ai dati rilevati presso la Stazione di Messina. Attraverso la lettura degli istogrammi, riportati nelle figure 1.1.a e

⁴ Nuvolosità: in genere, è rappresentata da un valore medio dei decimi di cielo coperto. La stima qualitativa dello stato del cielo fornita dalle stazioni UCEA (Ufficio Centrale di Ecologia Agraria) è effettuata riferendosi alle seguenti equivalenze: cielo sereno = 0 decimi; cielo misto = 5 decimi; cielo coperto = 10 decimi.

⁵ Giorni sereni: numero dei giorni nei quali la nuvolosità non supera i 4 decimi.

regime delle precipitazioni; il grado di marittimità, determinato dalla distanza del sito in esame dal mare; la presenza di grandi sistemi montuosi che possono dare luogo ad un "effetto barriera", o, anche, produrre semplici variazioni di percorso, nei confronti delle correnti atmosferiche; l'esistenza di specchi d'acqua interni di estensione considerevole, i quali agiscono attenuando localmente le escursioni di temperatura e modificando l'umidità, così come il Mar Mediterraneo fa a più ampia scala; l'esposizione a venti di origine locale; la presenza di correnti marine litoranee, con riguardo a località situate in prossimità della costa; ed, infine, i caratteri del suolo, intesi come composizione geologica, uso del suolo e copertura vegetale, che, quindi, assume contemporaneamente il doppio ruolo di prodotto del clima e di agente dello stesso

In merito alla collocazione della Sicilia al congiungimento di entrambi i bacini, quello occidentale e quello orientale, si è già accennato poc'anzi e, pertanto, in base alle considerazioni svolte, è possibile farsi un'idea di quali siano le caratteristiche dei fattori climatici determinanti la regione citata.

Ma è molto importante, altresì, sottolineare la presenza in questa regione di una grande catena montuosa, la quale, come estensione dell'arco appenninico peninsulare, percorre tutta la Sicilia in direzione da Est verso Ovest, dando origine ad un "effetto barriera" che, in base alla provenienza dei venti, sarà, localmente, elemento fortemente caratterizzante il clima dell'Isola.

Tuttavia si può, con ragionevolezza, affermare che non esiste uno specifico clima siciliano, ma molte varietà individuate da combinazioni diverse dei vari fattori climatici, che, peraltro, appartengono anche ad altre regioni mediterranee.

Pur rimanendo, quindi, l'intero territorio in esame all'interno di una fascia climatica di tipo *subtropicale con estate asciutta*, si rileva, a grandi linee, un clima con caratteristiche temperate tipicamente mediterraneo con estati molto calde ed inverni miti e poco piovosi.

1.2 - TEMPERATURA

Il clima che si impone nel paraggio in esame può essere descritto tramite l'ausilio dei dati rilevati presso le Stazioni meteorologiche di Messina e di Patti, nel periodo compreso tra il 1950 ed il 1995.

Secondo quanto emerso dall'analisi dei dati, i rilievi eseguiti presso la Stazione di Messina mostrerebbero alcune delle caratteristiche fondamentali di un'area climatica che, secondo la classificazione adottata dall'Enea, è indicata con la sigla 3C. Il principio che sta alla base di questo tipo di classificazione si ispira al concetto di "comfort" e,

CAPITOLO 1 – STUDIO CLIMATOLOGICO

1.1 - GENERALITA'

Nel procedere alla descrizione della situazione climatica di un determinato luogo, è necessario, preliminarmente, ricordare che il clima non è altro che un insieme di “tipi di tempo”, i quali, a loro volta, derivano dalla combinazione, temporanea e locale, delle condizioni di temperatura, pressione, umidità ed di altri elementi secondari.

Ma quando ci si accinge ad esaminare le condizioni climatiche generali della Sicilia, si deve necessariamente prendere le mosse dal Mar Mediterraneo; questo, infatti, riveste un ruolo decisivo nella determinazione del clima dei Paesi che vi si affacciano, sia per la sua stessa presenza, sia per le caratteristiche geomorfologiche che lo rendono tanto diverso da molti altri mari, da poterlo considerare unico.

Il Mar Mediterraneo ha la forma di un bacino notevolmente esteso nel senso della longitudine, ben 42 gradi, mentre la scarsa ampiezza in latitudine, circa 15 gradi e mezzo, ne fa una immensa massa d'acqua, approssimabile a $4.251.955 \text{ km}^3$, per $2.966.000 \text{ km}^2$ di superficie, con caratteristiche termiche piuttosto omogenee.

Si può, dunque, pensare al Mediterraneo come ad una vera e propria componente unitaria, dotata di un proprio profilo sia climatico sia biologico, esteso, con caratteristiche quasi costanti, a tutta la massa liquida che lo forma.

L'influenza che questa massa d'acqua esercita sul clima dei Paesi che vi si affacciano si esplica attraverso un'opera di mitigazione, essenzialmente dovuta alla sua propria inerzia termica, che come conseguenza ha la riduzione delle escursioni termiche sia giornaliere sia annuali e lo smorzamento delle temperature estreme nel corso dell'anno.

Tra i vari Paesi rivieraschi, l'Italia è quello che risente in maggior misura degli effetti climatici derivanti dal cennato processo di mitigazione operato dal Mediterraneo, poiché, presentandosi come una lunga e stretta protensione al centro del bacino, presenta un territorio per circa l'80% della sua estensione, a meno di 100 km dalla costa; per tale motivo le caratteristiche climatiche e, dunque, le connotazioni ambientali dell'Italia sono ben differenti dalle altre due penisole che si spingono in questo bacino: la penisola iberica e la penisola balcanica; in realtà, tali differenze sono evidenti non solo rispetto all'Italia stessa, ma anche tra le altre due appena citate formazioni geografiche.

Il grande bacino del Mediterraneo, in effetti, può essere ulteriormente suddiviso in bacino occidentale e bacino orientale. Il primo è tanto esteso in latitudine quanto in longitudine, con una superficie complessiva di 821.000 km^2 , ed è, a sua volta, suddiviso in tre mari: il

- 3.15 LINEA DEI FRANGENTI PER EVENTI CON TEMPO DI RITORNO 25 ANNI E DIREZIONE AL LARGO 300 °N
- 3.16 LINEA DEI FRANGENTI PER EVENTI CON TEMPO DI RITORNO 100 ANNI E DIREZIONE AL LARGO 300 °N
- 4.1 LAY -OUT PRESCELTO DEL PORTO DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
- 4.2 COEFFICIENTE DI RIFLESSIONE DI UN PIANO INCLINATO LISCIO DI DIVERSA PENDENZA IN FUNZIONE DELLA RIPIDITÀ DELL'ONDA INCIDENTE
- 4.3 COEFFICIENTE DI RIFLESSIONE DI UN PIANO INCLINATO LISCIO PER DIVERSE RIPIDITÀ DELL'ONDA INCIDENTE IN FUNZIONE DELLA PENDENZA DELL'OSTACOLO
- 4.4 ANDAMENTO DEL VALORE DEL COEFFICIENTE DI RIFLESSIONE REALE IN RELAZIONE A QUELLO TEORICO ATTRAVERSO L'INTRODUZIONE DI UN FATTORE CORRETTIVO ρ
- 4.5 ANDAMENTO DEL COEFFICIENTE DI RIFLESSIONE PER TRE CASI RELATIVI AD ALTRETTANTE DIVERSE NATURE DELLA PARETE IN FUNZIONE DEL PARAMETRO SURF SIMILARITY
- 4.6 ANDAMENTO DEL COEFFICIENTE RIDUTTIVO α_1
- 4.7 ZONE IN CUI È STATO SUDDIVISO LO SPECCHIO ACQUEO PORTUALE
- 4.8 DIFFRAZIONE PER ONDE PROVENIENTI DA 0°N E PERIODO $T=7.0$ S
- 4.9 DIFFRAZIONE PER ONDE PROVENIENTI DA 0°N E PERIODO $T=9.0$ S
- 4.10 DIFFRAZIONE PER ONDE PROVENIENTI DA 0°N E PERIODO $T=11.0$ S
- 4.11 DIFFRAZIONE PER ONDE PROVENIENTI DA 60°N E PERIODO $T=7.0$ S
- 4.12 DIFFRAZIONE PER ONDE PROVENIENTI DA 60°N E PERIODO $T=9.0$ S
- 4.13 DIFFRAZIONE PER ONDE PROVENIENTI DA 60°N E PERIODO $T=11.0$ S

INDICE DELLE TABELLE

- 3.1 FETCHES GEOGRAFICI ED EFFICACI AL LARGO DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
- 3.2 DISTRIBUZIONE DEL CLIMA D'ONDA AL LARGO ANNUALE PER CLASSI DI HS E DIREZIONE DI PROVENIENZA
- 3.3 DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DEL CLIMA D'ONDA AL LARGO ANNUALE PER CLASSI DI HS E DIREZIONE DI PROVENIENZA
- 3.4 EVENTI ESTREMI AL LARGO DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA
- 3.5 EVENTI ESTREMI AL LARGO DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA PROVENIENTI DAL SETTORE 270°N – 330°N
- 3.6 EVENTI ESTREMI AL DI SANTO STEFANO DI CAMASTRA PROVENIENTI DAL SETTORE 330°N – 30°N
- 3.7 DISTRIBUZIONE DEL CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA ANNUALE PER CLASSI DI HS E DIREZIONE DI PROVENIENZA
- 3.8 DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DEL CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA ANNUALE PER CLASSI DI HS E DIREZIONE DI PROVENIENZA
- 3.9 EVENTI ESTREMI SOTTOCOSTA
- 3.10 PROFONDITÀ DI FRANGIMENTO
- 4.1 COEFFICIENTE CORRETTICO α_2 AL VARIARE DEL NUMERO DI ORDINI CHE FORMANO LA MANTELLATA E DEL RAPPORTO TRA DIMENSIONE CARATTERISTICA DEI BLOCCHI ED ALTEZZA DELL'ONDA
- 4.2 DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DEL CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA ANNUALE
- 4.3 ALTEZZE D'ONDA DIFFRATTE PER IL LAY OUT PRESCELTO – ZONA 1
- 4.4 CONDIZIONE DI COMFORT PER IL LAY OUT PRESCELTO – ZONA 1
- 4.5 CONDIZIONE DI SICUREZZA E SOPRAVVIVENZA PER IL LAY OUT PRESCELTO – ZONA 1

RELAZIONE SPECIALISTICA

INDICE

PREMESSA	6
CAPITOLO 1 – STUDIO CLIMATOLOGICO	7
1.1 - GENERALITA'	7
1.2 - TEMPERATURA	9
1.3 - UMIDITÀ DELL'ARIA	11
1.4 - NUVOLOSITÀ E GIORNI SERENI.....	11
1.5 - PRECIPITAZIONI.....	12
1.6 - VENTI.....	12
1.7 - CONCLUSIONI	12
CAPITOLO 2 - STUDIO ANEMOLOGICO.....	14
2.1 – L'ANEMOMETRO.....	14
2.2 - IL REGIME DEL VENTO.....	14
CAPITOLO 3 - STUDIO IDRAULICO MARITTIMO.....	16
3.1. STUDIO ONDAMETRICO	16
3.1.1 LA RICOSTRUZIONE DELLA SERIE ONDAMETRICA TRAMITE METODO SMB.....	16
3.1.1.1 - IL CALCOLO DELLO WIND STRESS FACTOR	17
3.1.1.2 - I FETCHES GEOGRAFICI ED EFFICACI NEL PARAGGIO IN ESAME.....	19
3.2.2 - IL CALCOLO DELLE ALTEZZE E DEI PERIODI DELL'ONDA SIGNIFICATIVA	21
3.1.2.1 - LE DEFINIZIONI PROPEDEUTICHE.....	22
3.1.2.2 - LA MESSA IN EQUAZIONE.....	22
3.1.3 - L'ELABORAZIONE STATISTICA DELLE ONDE ESTREME.....	26
3.1.3.1 - IL METODO POT.....	26
3.1.3.2 - I METODI DI STIMA DEI PARAMETRI E LA BONTÀ DELL'ADATTAMENTO	28
3.1.3.3 - LA DETERMINAZIONE DEL VALORE DI SOGLIA.....	30
3.1.3.4 - LA DURATA DEGLI EVENTI ONDOSI ESTREMI.....	30
3.1.4 - L'ESITO DELLE ANALISI.....	31
3.1.4.1 - IL CLIMA ONDOSO AL LARGO.....	31