

2.4 VENTO

2.4.1 Generalità

Sono comunemente indicati col nome di *venti* i movimenti pressoché orizzontali compiuti dalle masse d'aria e strettamente collegati alla situazione esistente nel campo barico: allorché infatti tale campo non è più in equilibrio, si viene a determinare, conseguentemente, una differenza di pressione tra due regioni adiacenti; questa differenza di pressione origina una forza ed imprime alle particelle d'aria un impulso al movimento.

La componente orizzontale di detta forza, denominata *forza del gradiente barico orizzontale*, è diretta perpendicolarmente alle isobare e tende a fare affluire l'aria in tale direzione muovendo dalla regione a pressione più elevata a quella a pressione più bassa. Essa è inoltre proporzionale al gradiente barico orizzontale (rapporto fra la differenza di pressione esistente tra due punti e la loro distanza) e risulta, quindi, di maggiore intensità, laddove le isobare, opportunamente tracciate sulle carte meteorologiche ad eguali

intervalli di pressione, (di solito, di 4 in 4 mb), appaiono più ravvicinate tra di loro.

i venti sono originati anche da una eventuale differenza di temperatura che si dovesse verificare nella troposfera fra due masse di aria. Su di una



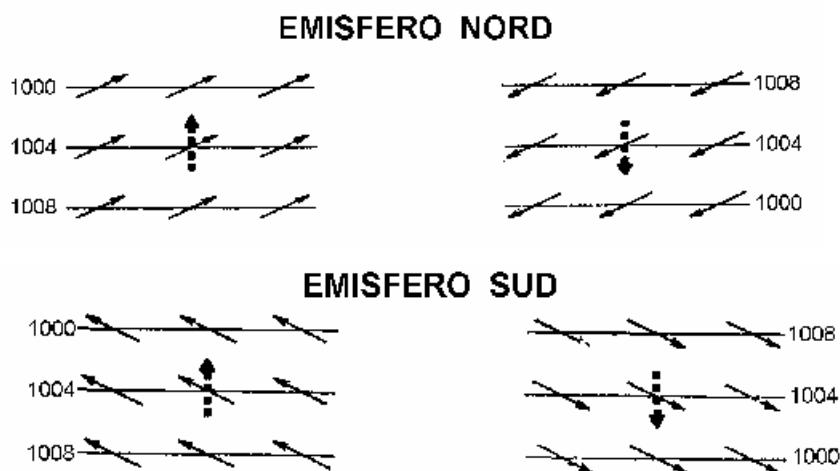
colonna di aria calda si ha in quota una pressione maggiore di quella che si ha, alla stessa latitudine, alla sommità di una colonna di massa d'aria più fredda. Alla sommità dell'aria calda si determina una divergenza e l'aria tende a traslare dalla colonna calda a quella fredda, dove, invece, si viene a determinare una zona di convergenza. Alla diminuzione di massa d'aria, (per divergenza), in quota si contrappone in superficie una bassa pressione, per la diminuzione del peso della colonna di aria calda. Nasce alla base della colonna un movimento compensativo di afflusso di aria, (convergenza). Alla sommità della colonna fredda si verifica un afflusso di aria e, quindi, convergenza; alla base della colonna si ha un aumento di pressione per divergenza. In corrispondenza delle due colonne si determinano, in superficie, una zona di alta pressione ed una di bassa pressione, e l'aria si muove dall'alta pressione verso la bassa pressione.

In sostanza il vento tende a livellare il campo barico e ripristinare l'equilibrio nella atmosfera che l'insolazione tende a rompere con continuità. Il moto dell'aria in vicinanza del suolo è molto influenzato dall'attrito e dalle irregolarità della superficie; cosa che, invece, non avviene in superficie.

2.4.2 Direzione e velocità del vento

Gli elementi caratteristici del vento sono: Direzione di provenienza e velocità, o forza o intensità.

Se la Terra fosse ferma, l'aria, sotto l'azione della forza del gradiente, si muoverebbe nella direzione della forza stessa: il moto risulterebbe, quindi, perpendicolare alle isobare e diretto dai punti a pressione superiore a quelli a pressione inferiore. Nella realtà, però, la Terra ruota su sé stessa e come conseguenza, nell'Emisfero Nord, il percorso del vento tende a deviare verso la destra della forza del gradiente; nell'Emisfero Sud verso sinistra.



A determinare la entità effettiva di tale deviazione concorrono:

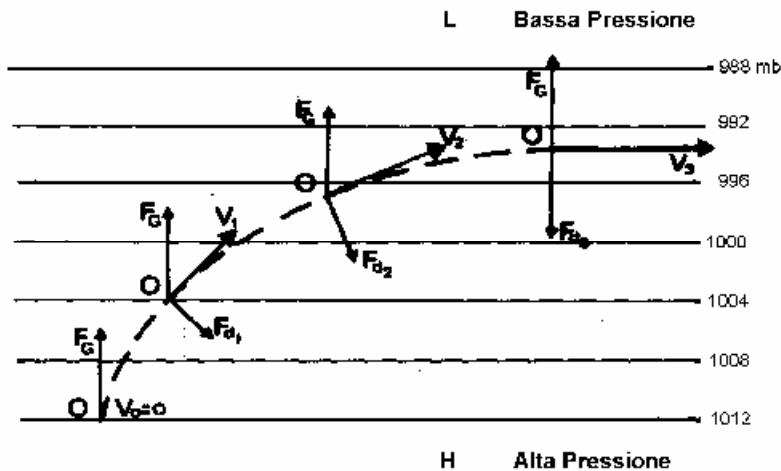
1. la forza del gradiente, di cui si è già detta, diretta dalla alta alla bassa pressione
2. la forza di Coriolis o forza deviante, dovuta alla rotazione terrestre; devia la forza di gradiente sulla destra nell'Emisfero Nord, a sinistra in quello Sud
3. la forza centrifuga, nel caso in cui il movimento della massa d'aria non fosse rettilineo; è diretta lungo il raggio di curvatura della traiettoria
4. la forza di attrito, dovuta al movimento della massa d'aria ed a questo proporzionale; è diretta in senso contrario alla direzione del moto ed è funzione anche della densità dell'aria e della natura della superficie su cui spirà il vento.

Consideriamo il caso di isobare rettilinee e parallele con attrito nullo. Sulla particella d'aria agiscono solo la forza del gradiente e quella deviante. Sia O la posizione della particella d'aria, di massa unitaria, inizialrnente ferma. Sotto l'azione della forza del gradiente F_G la particella subisce un'accelerazione ed acquista una

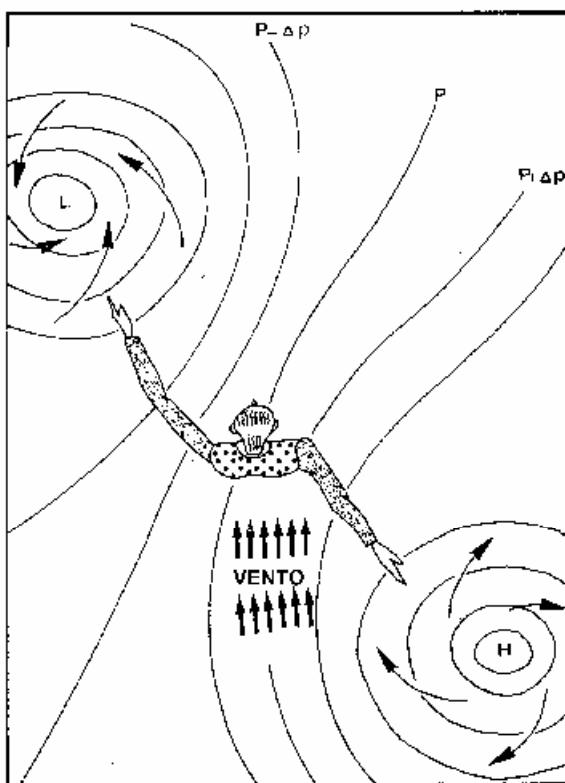
Corso meteorologia

velocità V che a sua volta genera la forza di Coriolis F_D , funzione del seno della latitudine e diretta sulla

destra del moto nell'emisfero nord. La traiettoria si incurva e si ha la situazione O_1 . Poiché la velocità aumenta, essendo il moto accelerato, anche la forza deviante aumenta e la traiettoria **continua ad incurvarsi** (situazione O_2) finché si perviene in O_3 ove la velocità è parallela alle isobare e la F_D diventa uguale alla F_G . Le forze



si fanno equilibrio ed il moto della particella risulta rettilineo ed uniforme. Pertanto il vento geostrofico spirà lungo le isobare lasciando la bassa pressione a sinistra nell'emisfero nord e a destra in quello sud come si può agevolmente dedurre ripetendo il ragionamento con la F_D diretta a sinistra.

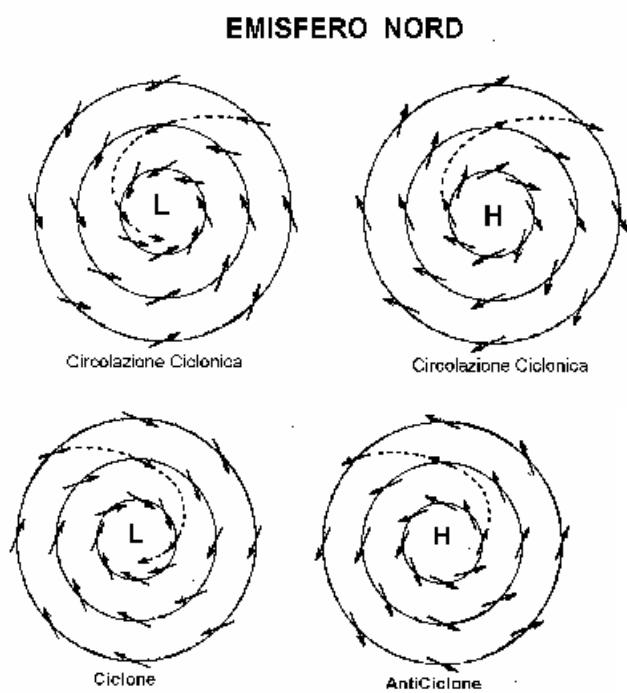


In base a quanto determinano le prime tre forze, qualunque sia la distribuzione della pressione su di una certa regione, il vento di gradiente soffia parallelamente alle isobare con un verso determinato dalla regola di Buys-Ballot: nell'emisfero Nord, un osservatore che volga la faccia al vento ha la bassa pressione sulla destra, un pò indietro, e l'alta sulla sinistra, un pò in avanti. Nell'emisfero Sud la bassa risulterà invece sulla sinistra, un pò indietro, e l'alta sulla destra, un pò in avanti.

Il vento reale sulla superficie terrestre, tuttavia, non spirà parallelamente alle isobare per la presenza della forza di attrito; sul mare, mediamente, l'angolo di deviazione del vento reale da quello di gradiente è di circa 20° .

In definitiva, nel nostro Emisfero, nel ciclone il moto dell'aria è convergente, a spirale, in senso antiorario

attorno alla bassa pressione; nell'anticiclone è divergente, a spirale, in senso orario attorno all'alta pressione; nell'Emisfero Sud, ovviamente, si invertono i sensi di rotazione.



2.4.3 Misura del vento

Un vento è individuato dalla *direzione da cui proviene* e dalla *velocità (o forza)* con cui spira. Esso viene rilevato strumentalmente a mezzo di anemometri o di anemografi; questi ultimi registrano con continuità direzione e velocità in un determinato periodo di tempo. Le unità di misura internazionalmente adottate sono: i *gradi*, per la direzione di provenienza; i *nodi* per la velocità.

È possibile procedere alla determinazione della intensità del vento. Nella parte inferiore del Mod. 2040 dell'I.I. della M.M. viene riportato un regolo calcolatore. In esso si entra con la latitudine della posizione geografica in esame e con la distanza fra le due isobare contigue poste attorno alla posizione; tale distanza, rilevabile con una apertura di compasso, si misura lungo una retta perpendicolare alle due isobare e passante per la posizione in questione. L'apertura del compasso, la più precisa possibile, è relativa alla distanza fra i due punti di incrocio fra la normale e le due isobare. Poiché la scala indicata è calcolata per una Δp di 4mb, è necessario tracciare le isobare intermedie mancanti. Con l'apertura del compasso, così ottenuta, si entra nella scala tenendo conto della latitudine; ponendo la punta sinistra del compasso sulla verticale a sinistra della scala stessa, l'altro estremo del compasso indicherà il valore in nodi della curva passante per esso. (Se la punta cade fra due curve, si procede ad una interpolazione). Il valore indicato dalla curva corrisponde alla velocità del vento di gradiente; per passare dal valore del vento di gradiente a quello del vento reale, (per tenere conto dell'attrito), sarà sufficiente ridurre tale valore del 30%. Se dovesse risultare un vento di

Corso meteorologia

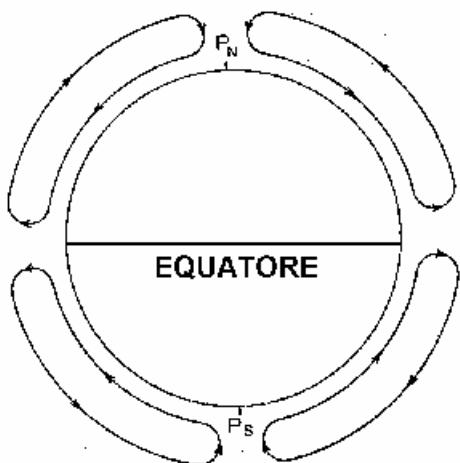
gradiente di 29 nodi, il vento reale è pari a $29 \times 0,7$, quindi 20,3 nodi. Per questo calcolo rifarsi alla copia di Modello 2040 che segue.

La misura della intensità del vento viene effettuata a mezzo di anemometri, il più comune strumento per misurare la direzione del vento. Lo strumento consiste di tre o quattro pale a coppa montate attorno a un asse verticale rotante. La intensità del vento viene letto su di una scala graduata; il valore è espresso in nodi. Sono disponibili anche anemometri dotati una bandiera; la loro funzione è quella di fornire la direzione di provenienza del vento. Nel caso in cui la misurazione viene effettuata da una nave in navigazione porre attenzione al fatto che i dati misurati sono relativi e non assoluti; bisognerà, quindi, effettuare il calcolo grafico per determinare il valore della direzione del vento assoluto. Attenzione ancora deve essere posta al prendere le misure, nel senso che non bisogna utilizzare lo strumento in una zona della imbarcazione non completamente esposta all'azione del vento. Di seguito alcuni anemometri; esistono anche anemografi, strumenti registrano i valori istantanei di direzione ed intensità del vnto.

Per quanto attiene la stima della forza del vento rifarsi alla scala dell'Ammiraglio Beaufort.

2.4.4 Circolazione generale dell'atmosfera

La causa della circolazione dell'atmosfera è l'ineguale riscaldamento della superficie terrestre a opera della radiazione solare: le zone equatoriali sono infatti sottoposte a un riscaldamento assai più prolungato e intenso di quello a cui sono soggette le regioni polari. In risposta alle differenze di temperatura che risultano da questa disparità di insolazione del globo, l'atmosfera è interessata da un continuo e complesso meccanismo di circolazione che tende a trasferire calore dalle basse latitudini verso i poli.



Premesso che i movimenti dell'aria hanno tutti carattere circolatorio, ossia si svolgono secondo traiettorie

chiuse, se la Terra fosse ferma e la sua superficie omogenea, la circolazione atmosferica avverrebbe secondo il seguente semplice schema: con movimento diretto dai Poli (freddi) verso l'Equatore (caldo), l'aria fluirebbe sulla superficie lungo i meridiani; giunta nelle zone equatoriali essa si solleverebbe, per poi dirigersi, in quota, verso i Poli; qui scenderebbe infine verso la superficie per avviarsi nuovamente, nei bassi strati, verso l'Equatore.

Nella realtà, però, le cose non si svolgono in maniera così semplice: diversi elementi (rotazione terrestre, attrito, effettiva distribuzione della temperatura e della pressione) intervengono a modificare il predetto

Corso meteorologia

schema, ed il quadro generale della circolazione atmosferica appare conseguentemente costituito, per grandi linee, da diversi cicli concatenati tra di loro.

Di tali cicli, la cui interdipendenza è molto complessa, sono state chiaramente individuate le seguenti fasi principali.

Nella figura seguente l'aria in ascesa raggiunge i confini della troposfera, che all'equatore è alta 18 km, (per l'elevato contenuto di vapor acqueo), mentre all'equatore solo di 7, e dopo aver perduto gran parte della umidità per condensazioni e precipitazioni, diverge verso latitudini più elevate dando luogo ai controalisei. Ai Tropici l'aria, in parte, discende, si comprime adiabaticamente e diventa più secca. Si generano al suolo le alte pressioni tropicali con divergenza di vento asciutto, (così si spiega anche perché i deserti della Terra si trovano nella fascia tropicale; vedasi figura). Un'altra parte dei controalisei dirige verso i Poli per la forza di Coriolis deviando verso Est; tra l'equatore ed i Tropici si ha una cella di circolazione detta anche cella di Hardley, vedasi figura.

Anche tra i Poli e le latitudini medie si formano delle celle di circolazione con aria dai Poli alle latitudini medie al suolo e verso i Poli in quota. La cella di Ferrel trasporta calore ai Poli e rimpiazza l'aria che diverge dalla cella Polare; la cella Polare assicura una continua divergenza e l'aria più pesante viene inviata alla Cella di Farrel

Al suolo l'aria delle alte pressioni tropicali si dirige anche verso le basse pressioni delle latitudini medie, deviando verso Est: Qui si scontra con l'aria fredda polare e genera una superficie di discontinuità inclinata verso i poli di circa 1° sul piano orizzontale. L'intersezione di tale superficie col suolo costituisce il *fronte polare*, ad andamento sinuoso, su cui si formano le depressioni o cicloni extratropicali.

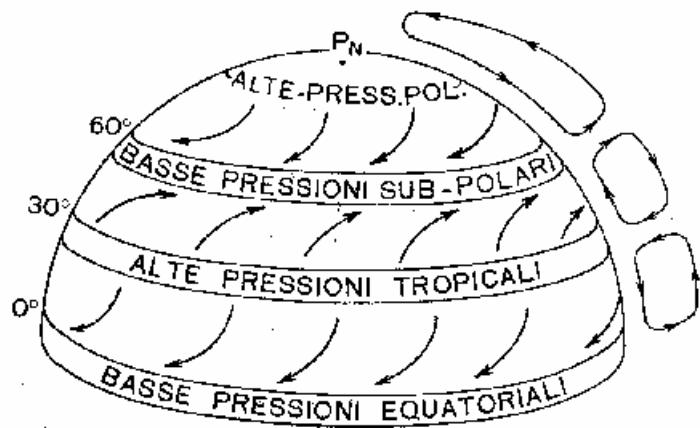
Da notare che i venti occidentali delle latitudini medie assumono, nell'alta troposfera, una concentrazione del flusso in fasce molto strette, simili a fiumi di aria con velocità superiori ai 60 nodi, e dette Correnti a getto, o jet stream; sono caratterizzate da elevati gradienti verticali, (5/10 m/s per km), e laterali, (5 m/s per 100km), da una lunghezza di alcune migliaia di km e largo centinaia

Nelle regioni intertropicali l'aria scorre in superficie dai Tropici verso l'Equatore, deviando verso destra nell'emisfero Nord, ove spirano quindi venti di NE, e verso sinistra nell'emisfero Sud, ove si hanno venti di SE. Nella zona equatoriale, il convergere di tali venti (di NE e di SE) provoca un flusso diretto verso l'alto, al cui sviluppo concorrono pure i moti ascensionali prodotti dal forte riscaldamento locale. In detta zona le correnti orizzontali in superficie risultano pressoché assenti (regione delle calme equatoriali).

Corso meteorologia

Le correnti verticali equatoriali ad una certa quota si riversano verso i Poli, determinando negli strati superiori

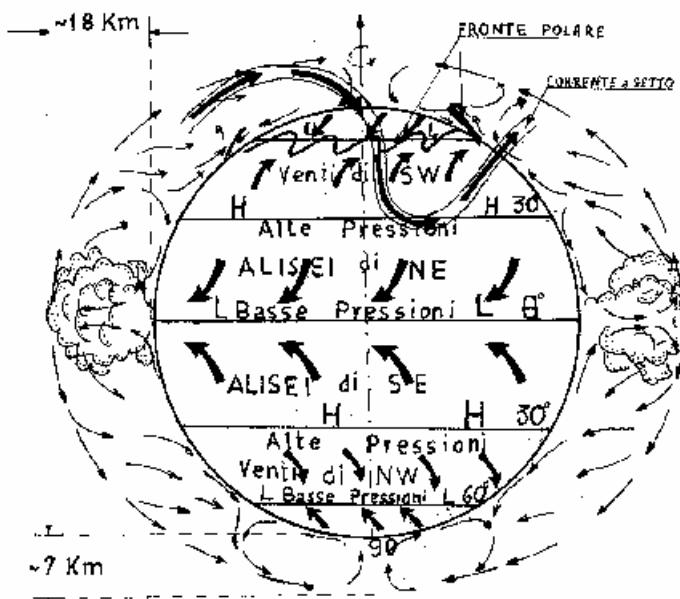
dei venti da SW nell'emisfero Nord e da NW nell'emisfero Sud, detti *controalisei*, i quali, giunti in prossimità dei tropici, discendono, almeno in parte, verso la superficie (*regioni delle calme tropicali*) venendo così a chiudere i rispettivi cicli.



superficie è in evidente accordo con la distribuzione geografica della pressione. All'incirca lungo l'equatore termico esiste una *fascia di basse pressioni equatoriali*, mentre più o meno in prossimità di ciascun Tropico corre una *fascia di alte pressioni tropicali (o subtropicali)*.

Nelle regioni extra-tropicali, e cioè tra le zone (sub)tropicali e quelle polari, la circolazione atmosferica si

presenta molto più complessa che nelle zone intertropicali e può essere messa in evidenza solo attraverso laboriose indagini. Tali indagini hanno indicato che la pressione diminuisce più o meno regolarmente dai Tropici fin verso i 60° di latitudine; più oltre essa torna ad aumentare. In relazione a ciò, le masse d'aria muovono, nei bassi strati dalle zone tropicali o subtropicali (di alta pressione) verso le zone sub-polari (di bassa pressione) e, deviando nella solita maniera, danno luogo a venti in superficie di SW nell'emisfero Nord e di NW nell'emisfero Sud i quali, al crescere della latitudine,



assumono man mano una direzione essenzialmente occidentale (venti *di W*).

Oltre la latitudine di 60°-65°, l'esistenza delle alte pressioni polari determina dei venti prevalentemente orientali diretti da queste verso le basse pressioni sub-polari.

2.4.5 Direttrici delle aree cicloniche e relative perturbazioni

I venti caratterizzano il tempo alle nostre latitudini in quanto condizionano il movimento delle aree cicloniche e delle relative perturbazioni. Condizionate dalle correnti occidentali e dalla posizione dei centri di azione, (Cycloni ed Anticicloni permanenti o stagionali, Anticiclone delle Azzorre , Ciclone dell'Islanda), per quanto riguarda l'Italia si riconoscono 5 tipi di direttrici:

- 1 *la occidentale*; ha una durata media di cinque giorni e si presenta più spesso nei mesi invernali ed autunnali. Le perturbazioni si muovono rapidamente verso E-NE ed interessano solo marginalmente l'Italia
- 2 *la sud-occidentale*; le perturbazioni atlantiche si dirigono verso il Mediterraneo attraverso il Golfo di Biscaglia o attraverso la Spagna. Normalmente dura sette giorni
- 3 *a saccatura* cui sono associate condizioni di maltempo specie sulla Liguria; ha una durata media di tre giorni, è autunnale e comporta precipitazioni di grande intensità
- 4 *a promontorio*; le perturbazioni seguono una traiettoria che dalla Scandinavia arriva in Russia interessando anche il Mediterraneo e l'Italia Centro-Meridionale. Tipica dei mesi freddi ed ha una durata dell'ordine dei venti giorni
- 5 *la orientale*, caratterizzata da una vasta depressione nel mar Mediterraneo, determinata dalla saccatura sulla Russia. Attraverso i Balcani giunge aria fredda sulle regioni Settentrionali e Centrali dell'Italia e violente piogge su quelle meridionali; dura pochi giorni, mediamente tre, ed è tipica dei mesi invernali.

2.4.6 Distribuzione geografica dei venti.

L'analisi inizia con la descrizione dei venti permanenti o stagionali più importanti; a seguire i venti locali più noti o di maggiore interesse.

2.4.6.1 Venti Permanenti

Alisei - Venti permanenti che soffiano con velocità e direzione pressoché costanti durante tutto l'anno nelle zone oceaniche comprese, grosso modo, tra l'Equatore ed il 30° parallelo N (*alisei di NE*), e tra l'Equatore ed il 30° parallelo S (*alisei di SE*). La loro velocità media è sui 13 nodi ed il massimo valore medio è sui 18 nodi. In entrambi gli emisferi spirano con maggiore forza alla fine dell'inverno; in tale epoca nella loro direzione si accentua la componente polare, mentre d'estate si accentua quella orientale.

Gli alisei di NE mancano nel nord dell'Oceano Indiano, nel Mar della Cina e in altre zone più limitate; quelli di SE mancano nel Golfo di Guinea e in parte del Pacifico Meridionale. In tali zone essi sono spesso

Corso meteorologia

mascherati da quei venti stagionali denominati monsoni che si stabiliscono fra terra e mare con meccanismo analogo a quello delle brezze costiere, ma in una scala molto più ampia.

Zona di Convergenza Intertropicale – Gli Alisei dei due emisferi, (da NE a Nord e da SE a Sud), convergono su di una stretta fascia depressionaria in prossimità dell’Equatore termico, (non coincidente con quello geografico).

Durante l'estate boreale, la zona di convergenza intertropicale si trova spostata a Nord dell'equatore geografico, specialmente sull'Oceano Indiano e sul Pacifico Settentrionale a causa del maggior riscaldamento del vasto continente afro-asiatico rispetto al mare e della conseguente instaurazione della circolazione monsonica. Mentre gli alisei di SE nell'emisfero Sud rimangono immutati, gli alisei di NE, nell'emisfero Nord, sono sostituiti, sull'Oceano Indiano e sul Pacifico Sud Occidentale, da venti di Sud Ovest, i monsoni estivi.

Nel corso della Estate Australe, la zona di convergenza intertropicale si porta a sud dell'equatore geografico, sull'Oceano Indiano e sul Pacifico Occidentale, dove gli alisei di NE, nell'emisfero Nord, dopo aver attraversato l'Equatore geografico diventano venti da Nord Ovest.

Zona delle calme equatoriali – Presso l'Equatore le correnti verticali ascendenti che si generano per il forte riscaldamento della superficie terrestre determinano in ogni oceano una regione di calma larga da 3° a 5° di latitudine, che si sposta periodicamente verso Nord o verso Sud in relazione al variare della declinazione del Sole. In tali zone l'aria spesso si innalza molto energeticamente, provocando intensa nuvolosità accompagnata da abbondanti piogge e temporali.

Zone delle calme (sub)tropicali. - Nelle regioni in cui hanno sono posizionati i centri degli anticlini tropicali e sub-tropicali, e cioè sugli oceani, fra i 30° ed i 35° di latitudine Nord e di latitudine Sud, si verificano generalmente calme o venti deboli e tempo buono.

Venti di W. - Si osservano nelle zone temperate oceaniche comprese all'incirca tra i paralleli 40° e 60° in entrambi gli emisferi, con oscillazioni di pochi gradi di latitudine a seconda delle stagioni. Tali zone sono però frequentemente disturbate dal passaggio di depressioni mobili, le quali fanno sì che la regolarità e la costanza dei venti di W siano notevolmente inferiori a quelle degli alisei. I venti di W diventano spesso violenti nell'emisfero Sud ove, specie d'estate, corrono attorno al globo lungo una fascia pressoché continua.

2.4.6.2 Venti Periodici

Monsoni. Sono dovuti ai grandi anticlini ed alle grandi depressioni che, a seconda della stagione, si stabiliscono sui continenti. È noto, infatti, che d'estate il suolo dei continenti si riscalda più intensamente dei mari circostanti. I continenti divengono così sedi di vaste depressioni che richiamano aria meno calda dai

Corso meteorologia

mari circostanti, sui quali la pressione è più elevata. D'inverno, invece, i continenti si raffreddano più rapidamente dei mari: ne segue che, mentre sui continenti si stabiliscono degli anticlioni, sui mari si determinano delle depressioni che richiamano l'aria più fredda esistente nelle aree antcloniche. D'estate viene, quindi, a crearsi un flusso dal mare verso terra e d'inverno un flusso da terra verso il mare.

Tali flussi costituiscono appunto i *monsoni*, e sono particolarmente marcati nelle zone settentrionali dell'Oceano Indiano e del Pacifico Occidentale. Durante l'Estate il continente asiatico si riscalda più rapidamente dell'Oceano Indiano; gradualmente si forma una fascia di basse pressioni centrata sulla catena dell'Himalaya, che raggiunge il suo massimo sviluppo nel mese di Luglio; la conseguenza sono i monsoni da W; questi venti raggiungono forza 7/8 ed apportano intense piogge, rovesci e tempeste violente. Lungo le coste della Somalia e della Arabia Saudita il monsone raggiunge la massima intensità, Forza 8. Forza e direzione, SW, sono costanti e condizionano la navigazione dal Golfo Persico ed Arabia verso l'Africa Orientale. Superata la catena dell'Himalaya, dirige ad Est attenuandosi e diventando secco. Il monsone di SW dell'Oceano Indiano è di intensità considerevolmente più rilevante del monsone di NE.

Durante l'inverno, abbiamo i monsoni di NE, determinati dall'anticiclone invernale asiatico centrato sulla Siberia. Questi, nel tragitto che compiono nell'emisfero Nord coincidono con gli alisei di NE caratteristici di quelle latitudini; quando poi, proseguendo, oltrepassano l'Equatore vengono deviati verso sinistra (per effetto della rotazione terrestre) diventando così venti di NW, i quali vanno ad incontrare gli alisei di SE a circa 10° di latitudine S.

Brezze di mare e di terra. Sono dovuti alle differenze di temperatura che si stabilisce fra il mare e la terra. Nelle ore diurne il suolo si riscalda molto più rapidamente del mare; l'aria a contatto del suolo si riscalda quindi con maggiore intensità rispetto a quella a contatto del mare e, sollevandosi in maniera più energica, determina negli strati atmosferici più bassi un richiamo d'aria dal mare verso terra. Tale flusso costituisce la *brezza di mare*. Esso, di solito, si manifesta chiaramente nella tarda mattinata, raggiungendo la massima intensità nel pomeriggio; poi prende a diminuire ed in serata si annulla. Di notte poi, a causa del maggior raffreddamento del suolo rispetto al mare, si determina in superficie un flusso contrario a quello precedente, dalla terra verso il mare. Tale flusso costituisce la *brezza di terra*, in genere ha inizio verso mezzanotte e dura fino a poco dopo il sorgere del Sole. Entrambe le brezze si svolgono in uno strato atmosferico di spessore assai limitato; al disopra di esse si hanno dei venti di ritorno molto più deboli che chiudono il ciclo verticale delle rispettive circolazioni.

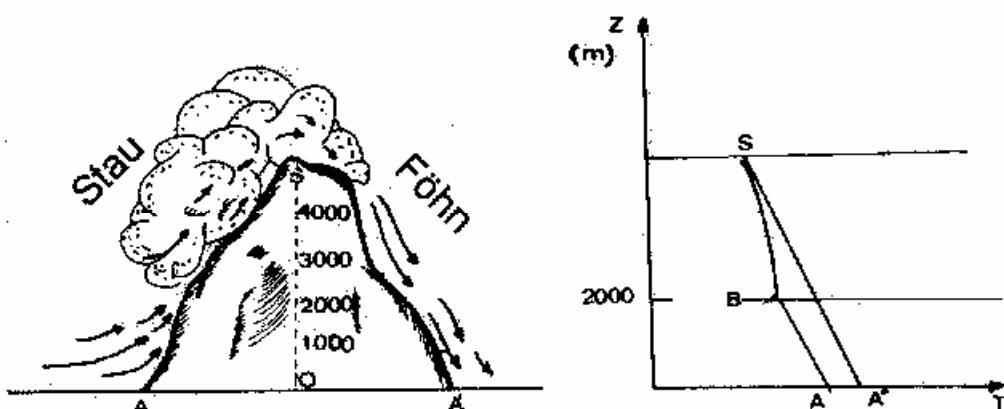
La velocità delle brezze è in genere piuttosto modesta, ma può anche raggiungere (alle medie latitudini) i 10-20 nodi; la brezza di mare è di solito più forte di quella di terra e può essere avvertita da 15 a 25 Km. al largo della costa fino ad altrettanti chilometri nell'entroterra.

Corso meteorologia

Naturalmente, quando sulle zone costiere spirano già altri venti, le brezze restano per lo più mascherate; esse tuttavia agiscono in maniera più o meno sensibile sui venti preesistenti, modificandone la velocità e spesso anche la direzione.

Venti catabatici. – Si formano di notte lungo i pendii del terreno allorché, specie con cielo sereno, il suolo perde per irraggiamento una forte quantità del proprio calore e raffreddandosi fa sì che l'aria a contatto divenga più pesante e scivoli verso il basso per effetto della gravità. Nelle regioni con notevoli rilievi montuosi tali venti possono essere particolarmente violenti. Alle medie ed in particolare alle alte latitudini - come in Groenlandia e in Norvegia - i venti catabatici possono formarsi sia di giorno che di notte; l'aria gelida accumulatasi tra i monti dell'immediato entro terra subisce un impulso verso il mare. Tale aria, allora, si riversa repentinamente, lungo i pendii che si affacciano al mare, dando luogo a venti forti e violenti, che possono riuscire pericolosi per le piccole navi e per le unità all'ancora e che giungono in basso molto freddi nonostante il riscaldamento adiabatico subito durante la discesa.

Föhn. È un vento caldo con scarso contenuto di umidità, che - come quelli catabatici - scende dai monti; esso giunge a valle relativamente caldo e secco. Quando una corrente d'aria contenente abbastanza vapor d'acqua è costretta a scavalcare una catena montuosa, essa, nel corso della salita lungo il pendio da superare, si raffredda adiabaticamente: di circa 1°C per ogni 100 m. di dislivello, finché non sorpassa la quota alla quale il suo vapor d'acqua comincia a condensare; da questa quota sino alla vetta il raffreddamento è inferiore, (nel passaggio da vapore ad acqua c'è cessione di calore), con un gradiente "umido-adiabatico" e pari a $0,5^{\circ}$ ogni 100 metri. Raggiunta la cresta, la stessa aria si riversa lungo l'altro pendio, scaldandosi adiabaticamente, di circa 1°C per ogni 100 m, per il resto della discesa. Se durante la fase della condensazione gran parte dell'umidità posseduta è andata dispersa attraverso abbondanti precipitazioni, l'aria che giunge a valle, dopo una discesa abbastanza rilevante, ha subito un sensibile riscaldamento ed una forte diminuzione della propria umidità relativa.



2.4.6.3 Venti Locali

Corso meteorologia

Bora. - È un vento freddo, molto secco, che soffia da NE giù dai monti del litorale nord-orientale dell'Adriatico e che spesso è accompagnato da raffiche impetuose. La bora sovente è pericolosa e può insorgere all'improvviso. Si verifica quanto si forma un'alta pressione sull'Europa Centrale e sui Balcani e una depressione sul Mediterraneo; può persistere per più giorni e presentare un massimo di intensità al mattino e un minimo la notte. È più frequente ed assume la violenza massima d'inverno, specie sulla zona nord del litorale; a Trieste sono state rilevate velocità fino a 70 nodi, con raffiche anche superiori ai 100 nodi, con temperature fino a -10°C ed umidità relativa del 15%, (*bora chiara*). Qualora dovesse insorgere per la presenza di una depressione sull'Adriatico o sull'Italia Centro-Settentrionale, è accompagnato da intensi annuvolamenti e da pioggia o neve (*bora scura*).

Ghibli. - È un vento meridionale molto caldo e secco che soffia sul Nord Africa ed in particolare sulla Libia: frequentemente è impetuoso ed accompagnato da violente raffiche, da temperature assai elevate e da umidità relativa bassissima. Si determina allorché sull'Africa esiste un vasto anticiclone e sul Mediterraneo una depressione.

Mistral. - Soffia nella valle del Rodano e sul Golfo del Leone, nonché sulle adiacenti coste spagnole e su quelle liguri fino a Genova. Proviene da N o da NW e si verifica di frequente, è intenso, freddo e secco. Spesso insorge all'improvviso e con notevole violenza. Nel Golfo del Leone provoca forti tempeste; sulle coste sono state osservate velocità fino a 40 nodi e nella Valle del Rodano fino a 70 nodi.

Grecale - È un forte vento di NE che si osserva principalmente durante l'inverno sul Mediterraneo Centro-Meridionale; è determinato dall'esistenza di un'alta pressione sull'Europa Centrale e sui Balcani e di una pressione relativamente bassa sulla Libia, oppure da una depressione in movimento verso SE attraverso lo Ionio o la Grecia.

Scirocco - Comunemente, vengono così denominati tutti i venti meridionali che soffiano sul Mediterraneo. In particolare assume tale nome il gibli quando lo stesso, dopo aver attraversato le coste settentrionali del Nord Africa come vento caldo e secco ed acquistata molta umidità sul mare, giunge sulla Sicilia, sulla penisola italiana e, in altre parti dell'Europa come vento caldo e umido; talvolta tanto caldo ed umido da creare disagi al fisico umano. È il principale responsabile dell'acqua alta sulla Laguna Veneta, quando interessa L'Adriatico Settentrionale.

Libeccio - Vento proveniente da Sud Ovest, caratteristico del Mediterraneo centrale e di particolari aree come, ad esempio, la costa livornese. Raggiunge una notevole intensità, raffiche sino a 60-70 nodi, ed è causa di violente mareggiate. Le onde raggiungono una altezza compresa fra 4 e 9 metri; altezza considerevole se rapportate alle ore di durata ed alla lunghezza del tratto di mare su cui soffia, (fetch).

Corso meteorologia

Maestrale – Vento di Nord Ovest apportatore di aria fredda e scarsamente umida. Frequente ed intenso sul Mediterraneo Occidentale e Centrale, dove si presenta come la continuazione del mistral, vento tipico della Valle del Rodano e del Golfo del Leone.

Tramontana – Vento da Nord che sul Tirreno si presenta come un vento freddo e secco.

2.4.7 Effetti del vento sul mare - Onde marine

Quando su un tratto di mare, supposto calmo, inizia a soffiare un vento, questo provoca sulla superficie dell’acqua piccole onde, le quali si propagano nella direzione del vento stesso e, col persistere della causa, vanno man mano ingrandendosi. Le loro dimensioni sono in rapporto alla forza del vento, alla superficie marina che il medesimo investe, al tempo ed alla grandezza dello spazio interessato in cui le onde sono alimentate. Una volta ben formate, queste proseguono poi il loro viaggio fino ad uscire dalla zona di influenza del vento che le ha originate.

Le onde sollevate dal vento che soffia sul posto sono chiamate *onde vive*; quelle che provengono da altre zone, sono denominate *onde morte*. Spesso i due sistemi di onde sono sovrapposti ed allora può riuscire difficile distinguerli separatamente, specie quando si ha il così detto *mare incrociato*, in cui le onde morte e quelle vive provengono da direzioni differenti. In tali casi, tuttavia, il *mare morto* (*o mare lungo*) è reso sensibile dai forti movimenti di beccheggio e di rollio impressi alle navi; per mare morto o mare lungo si intende un sistema di onde che, cessato il vento che le ha generate, diventano regolari e ritmiche con la cresta ondulata ma che non frangono ulteriormente in quanto non più polverizzate dal vento. In particolare si parla di *mare lungo* quando il vento è localmente assente e le onde provengono da una zona sede di perturbazione lontana nella quale si sono formate e dalla quale si sono propagate; si parla di *mare morto* quando il movimento ondoso, formatosi per il vento che ha spirato per un determinato periodo di tempo in un determinato tratto di mare, permane ancora per un certo periodo di tempo dopo che il vento ha cessato di soffiare.

Gli elementi che concorrono allo sviluppo dell’onda sono essenzialmente tre:

- 1 *intensità* del vento che insiste su di un dato tratto di mare
- 2 *durata* del vento stesso, se costante in direzione ed intensità media
- 3 il *fetch*, cioè l’estensione del tratto di mare interessato dal vento

È bene ricordare che solo con vento uguale o superiore a 15 nodi, si può generare, dal fetch minimo in poi, una agitazione ondosa pari a mare forza 3, altezza delle onde fra 0,25 e 1,25m; con venti inferiori si avranno condizioni di mare 1 o 2, almeno che non persista ancora una situazione di mare lungo o morto; fatto, questo, deducibile dalle osservazioni precedenti.

Corso meteorologia

Le onde sono caratterizzate da quattro elementi:

- 1 *lunghezza* definita dalla distanza orizzontale tra una cresta e quella successiva
- 2 *altezza* definita dalla distanza verticale tra una cresta ed il cavo che segue
- 3 *periodo* definito dal tempo che intercorre fra il passaggio di due creste successive
- 4 *velocità* definita dal rapporto fra la lunghezza ed il periodo

Scala del mare agitato

	Altezza media delle onde (m)	Termine specifico	Descrizione
0	0	Calmo-piatto	Liscio, senza increspature
1	0-0,1	Quasi calmo	Piccole increspature
2	0,1-0,5	Leggermente mosso	Onde appena accennate, molto corte, con qualche piccola cresta schiumosa
3	0,5-1,25	Mosso	Piccole onde. Qua e là le creste si rompono formando schiuma
4	1,25-2,5	Molto mosso	Onde piccole che tendono ad allungarsi. Frequenti marosi con schiuma
5	2,5-4,0	Agitato	Onde di media altezza con forma allungata. Molti marosi biancheggianti di schiuma
6	4,0-6,0	Molto agitato	Si formano onde più ampie. Creste di schiuma ovunque estese con spruzzi
7	6,0-9,0	Grosso	Il mare si gonfia. Il vento trascina gli spruzzi in strisce
8	9,0-14,0	Molto grosso	Onde moderatamente alte e lunghe. La sommità delle creste si rompe in spruzzi vorticosi. La schiuma viene soffiata in strisce ben visibili
9	Oltre 14	Tempestoso	Onde alte. Le creste rotolano a valle dell'onda. Compatte strisce di schiuma distese nella direzione del vento.

2.4.8 Metodo pratico per la previsione del mare vivo

Per tale previsione si sfrutta il nomogramma di Dorrestein; le linee curve, numerate da 1 a 14, con andamento da sinistra a destra e dall'alto verso il basso, forniscono l'altezza in metri delle onde di mare pienamente sviluppato; quelle tratteggiate e contrassegnate con i numeri da 6 a 48 indicano le ore di durata del vento; le linee continue orizzontali, contrassegnate con i valori da 16 a 60, corrispondono alla velocità del vento in nodi; la linea continua che chiude il grafico in basso, indica, di 60 miglia in 60, il fetch minimo misurabile su una carta a 60° di latitudine; le linee continue oblique che partono dal vertice inferiore sinistro del grafico forniscono i fetch minimi misurabili alle altre latitudini.

Dall'andamento delle linee di ugual altezza si desume che lo sviluppo del mare tende ad arrestarsi oltre certi limiti di fetch e di durata. In pratica fetch di 500 miglia e durata di 24 ore sono sufficienti allo sviluppo completo o quasi del mare per quasi tutte le intensità del vento. Effetti addizionali che possono derivare da valori superiori a quelli indicati sono trascurabili.

Si entra nel grafico con le ore della durata del vento, quando queste superano la durata delle Analisi al Suolo; nel grafico le ore relative alla durata del tempo sono le linee rette tratteggiate con andamento dall'alto verso il basso e da destra a sinistra. Si cerca di fissare dei periodi di tempo di 6 ore o multipli di 6; quando non sia possibile, si effettuerà una interpolazione fra le due curve comprendenti il periodo calcolato.

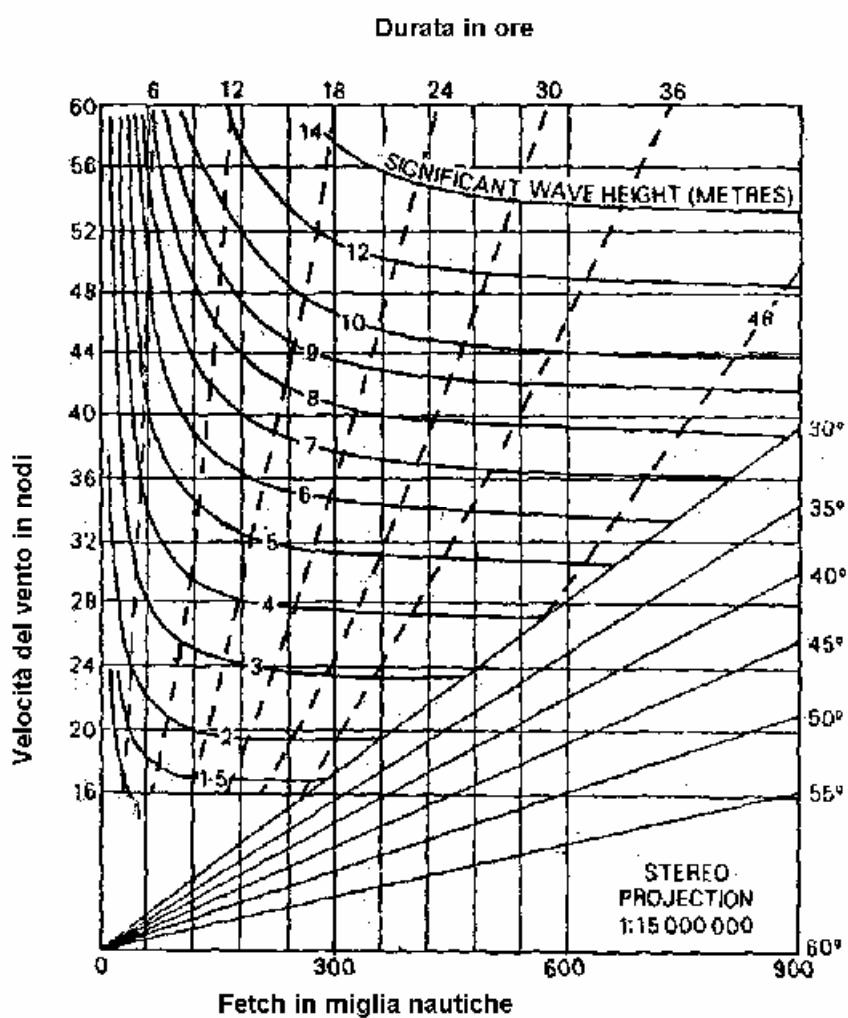
Sfruttando il regolo del Mod. 2040, si determina la intensità del vento reale sul mare. Entrando nel grafico si determini il punto di intersezione fra la retta relativa alla durata del vento e la linea continua orizzontale, riportante sulla sinistra i valori da 16 a 60, corrispondenti alla velocità del vento reale in nodi.

Il punto d'incontro così stabilito si troverà su una delle curve continue indicanti l'altezza in metri delle onde, o tra due di esse; in questo caso si effettuerà la interpolazione dividendo l'intervallo in parti uguali. L'altezza così trovata corrisponde alla media delle onde più alte di mare pienamente sviluppato, solo a condizione che sia verificata la esistenza del fetch minimo. Dal punto di incontro indicato si scende verticalmente lungo l'ordinata e l'ascissa del fetch fornirà il valore in miglia del fetch minimo occorrente.

Se il valore del fetch reale è superiore o uguale al fetch minimo indicato nel grafico, l'altezza delle onde è quella riportata nel grafico; se è inferiore, vuol dire che la navigazione sarà ridossata e che l'altezza delle onde sarà inferiore a quella del mare pienamente sviluppato. Questa altezza reale si calcola partendo dal punto di incontro così ottenuto, fra la curva delle ore e l'ascissa delle velocità, e spostandosi verso sinistra sino ad incrociare l'ordinata del fetch reale. Si individua un nuovo punto di incontro fra l'ascissa delle

Corso meteorologia

velocità e l'ordinata del fetch reale, lungo il quale passerà una nuova curva di altezza delle onde; valore che sarà inferiore a quello individuato precedentemente.



interpolando fra una durata di 12 e di 18, il punto di incontro con l'ascissa della velocità di 25 nodi fornisce un valore di altezza delle onde pari a 3 metri, mare forza 5. Il Fetch che si trova, scendendo verticalmente da tale punto, è di 125 miglia. Mare forza 5 si incontrerà se la navigazione si mantiene a 125 miglia di distanza dal punto di inizio del fetch; dal grafico si ricava che altezze minori saranno presenti per fetches minori.

I valori del fetch si leggono sull'asse delle ascisse che è predisposto per 60° , invece che sulle rette oblique, con andamento da sinistra in basso verso destra in alto

A chiarimento segue un esempio. Supponiamo di conoscere che un vento di 30 nodi agisce su di una striscia di mare inizialmente in quiete con fetch e durata massimi; sul margine destro del nomogramma, in corrispondenza dell'ordinata 30 nodi, si legge una altezza dell'onda di 4,9 metri; se il fetch fosse, invece, di 240 miglia, il diagramma fornisce un valore di 4,5 metri.

Si supponga, ora, che le previsioni al suolo, ad una certa ora, diano un vento di Libeccio di 25 Nodi, (calcolo con il Mod. 2040); quale situazione dopo 15 ore? Si entra nel grafico,

Corso meteorologia
SCALA DELL'AMMIRAGLIO BEAUFORT

Grado	Denominazione	Velocità		Effetti			Altezza Onde
		Nodi	M/sec.	A terra	Presso la costa	Al largo	
0	Calma	< 1	0-0,2	Calma, il fumo si innalza verticalmente.	Calma.	Il mare è come uno specchio (mare d'olio).	-
1	Bava di vento	1-3	0,3-1,5	Non muove le banderuole, ma orienta nella sua direzione il fumo.	Le imbarcazioni governano appena.	Si formano piccole increspature che sembrano scaglie di pesce, ma senza alcuna cresta bianca di spuma.	0,1
2	Brezza Leggera	4-6	1,6-3,3	Vento sensibile alla faccia; l'ordinaria bandiera è mossa dal vento; le foglie tremolano.	Il vento gonfia le vele delle imbarcazioni, che filano con velocità da 1 a 2 nodi circa.	Ondicine ancora corte ma più evidenti; le loro creste hanno apparenza vitrea ma non si rompono (cioè non sono spumose).	0,2 (0,3)
3	Brezza Tesa	7-10	3,4-5,4	Agita continuamente le foglie. i ramoscelli; distende bandiere leggere.	Le imbarcazioni cominciano ad inclinarsi e filano con velocità da 3 a 4 nodi.	<i>Ondicine</i> più grandi. Le loro creste cominciano a rompersi. La schiuma ha apparenza vitrea. Talvolta si osservano, sparsamente, dei « marosi » dalla cresta biancheggiante di spuma.	0,6 (1)
4	Vento Moderato	11-16	5,5-7,9	Solleva la polvere e la carta; agita i ramoscelli.	Vento moderato attivo: le imbarcazioni portano tutte le vele ed hanno una buona inclinazione.	Onde piccole che cominciano ad allungarsi; i « marosi » biancheggianti di spuma risultano più frequenti e più evidenti.	1 (1,5)

Corso meteorologia

5	Vento teso	17-21	8,0-10,7	Gli arbusti cominciano a piegare,, le acque dei bacini interni si increspano.	Le imbarcazioni riducono la loro velatura.	<i>Onde</i> di media altezza che assumono una forma nettamente più allungata; formazione di molti «marosi» biancheggianti di spuma (possibilità di qualche spruzzo).	2 (3)
6	Vento fresco	22-27	10,8-13,8	Agita i rami grossi; i fili metallici sibilano; rende difficoltoso l'uso dell'ombrelllo.	Le imbarcazioni prendono due terzaroli.	Onde più grandi incominciano a formarsi; i «marosi » biancheggianti di spuma si formano ovunque (con qualche spruzzo).	3 (4)
7	Vento forte	28-33	13,9-17,1	Agita i grossi alberi; si ha difficoltà a camminare contro vento.	Le imbarcazioni restano in porto, quelle in mare si mettono alla cappa.	Il mare si gonfia. La schiuma bianca (che si forma al rompersi delle onde) viene « soffiata » in strisce che si distendono nella direzione del vento.	4 (5,5)
8	Burrasca	34-40	17,2-20,7	Rompe rami di alberi, è quasi impossibile camminare contro vento.	Tutte le imbarcazioni raggiungono il porto (se è vicino).	Onde moderatamente alte di maggiore lunghezza. La sommità delle loro creste comincia a rompersi in spruzzi vorticosi risucchiati dal vento. La schiuma viene « soffiata » in bianche strisce ben visibili che si distendono nella direzione del vento.	5,5 (7,5)
9	Burrasca forte	41-47	20,8-24,4	Causa leggeri danni ai fabbricati (rimuove od asporta tegole e camini).		<i>Onde</i> alte. Compatte strisce di schiuma si distendono lungo la direzione del vento. Creste delle onde cominciano a vacillare, poi precipitano rotolando. Gli spruzzi possono ridurre la visibilità.	7 (9)

Corso meteorologia

10	Tempesta	48-55	24,5-28,4	Raro all'interno della terraferma; sradica alberi; causa notevoli danni ai fabbricati.		Onde molto alte con lunghe creste a criniera. La schiuma formatasi, addensata in larghi banchi, viene soffiata in strisce bianche e compatte che si distendono in direzione del vento. Nel suo insieme il mare appare biancastro. Il precipitare e l'accavallarsi delle onde diviene intenso ed a colpi molto violenti., La visibilità è ridotta.	9 (11,5)
11	Tempesta Violenta	56-63	28,5-32,6	Molto rari; causano danni gravissimi		<i>Onde</i> eccezionalmente alte (le navi di piccola e media stazza possono scomparire alla vista per qualche istante). Il mare è completamente coperto da banchi di schiuma che si allungano nella direzione del vento. Ovunque la sommità delle creste delle onde è polverizzata dal vento. La visibilità è ridotta.	11,5 (14)
12	Uragano	64-71	32,7-36,9	Molto rari; causano danni gravissimi		L'aria è piena di schiuma e di spruzzi. Il mare è completa- mente bianco a causa dei banchi di schiuma alla deriva. La visibilità è fortemente ridotta.	14