

La navigazione astronomica

un metodo facile per imparare a fare il punto con il sole

di Angelo Preden

Chi naviga, velisti compresi, viene affascinato dall'uso del sestante e dalla navigazione astronomica, ma pochi riescono nell'apprendimento. Causa di ciò sono i metodi troppo complicati che non vanno bene in una piccola o media barca a vela. Rare volte navigando si sta comodi, quasi sempre avviene il contrario. Non è facile nell'andatura di bolina mettersi a tracciare rette d'altezza con squadrette e matita secondo i metodi classici: troppe regole da ricordare e troppi strumenti da maneggiare oltre il sestante.

Proprio per questo si propone il metodo qui descritto, in quanto arriva al dunque con pochi calcoli, e si può fare tutto in coperta, anche sotto la cappottina respirando aria fresca. In un'epoca di punti nave elettronici, tipo Gps, Loran, etc., prendere in mano un sestante sembra un controsenso. Con una modica spesa si può acquistare un sestante in materiale plastico per imparare, per poi confrontare i risultati con il Gps. Il sistema che segue permette di entrare nella materia e in seguito faciliterà i più curiosi ad ampliare la loro conoscenza nella navigazione con gli astri.

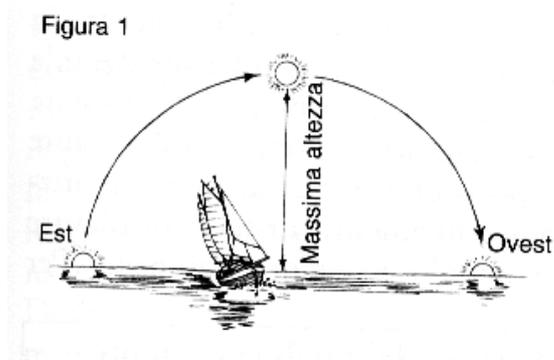
Quali misure sono necessarie per calcolare la latitudine e la longitudine.

Per calcolare il valore della latitudine è necessario misurare, con il sestante, la massima

altezza del sole, dove stiamo navigando.

(Fig.1)

Per calcolare il valore della longitudine è necessario misurare il tempo esatto della massima altezza del sole, dove stiamo navigando. In questo caso useremo l'orologio regolato sull'ora del meridiano zero, ovvero l'ora di Greenwich (dal 1984 l'ora di Greenwich si chiama ora UT - Universal Time - Tempo Universale. Nei calcoli di navigazione astronomica si usa sempre l'ora UT).



Con le due misure ottenute e tramite le Effemeridi e pochi calcoli, che andremo a spiegare, si ottiene il valore della latitudine (Fig.2) e della longitudine (Fig.3).

I valori delle latitudini si leggono nei lati destro e sinistro della carta nautica. L'Equatore rappresenta il valore zero delle latitudini che vanno aumentando verso i poli.

I valori delle longitudini si leggono nei lati alto e basso della carta nautica. Il meridiano di Greenwich rappresenta il valore zero delle longitudini che vanno aumentando sia verso Est sia verso Ovest, fino ad incontrarsi a 180°.

A cosa serve il sestante

Il sestante è uno strumento che permette di misurare angoli tramite la riflessione di immagine. Nel nostro caso misura l'angolo formato dall'osservatore, che si trova in barca, il sole e l'orizzonte. (Fig.4).

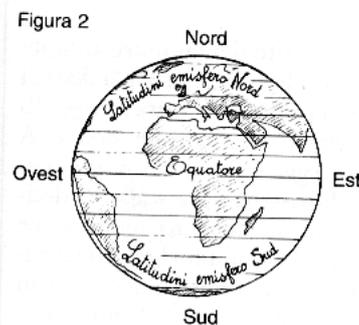


Figura 3

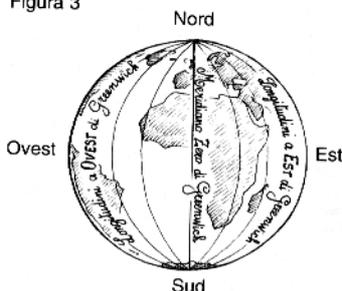
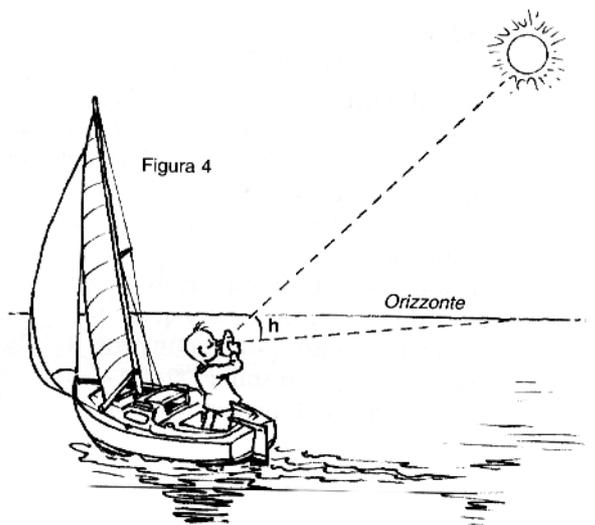


Figura 4



Il sestante è fatto così (Fig. 5):

1. Armatura
2. Lembo (scala graduata)
3. Alidada
4. Specchio mobile
5. Specchio fisso (per metà specchio, l'altra metà trasparente per vedere l'orizzonte).
6. Vetri colorati (per filtrare il sole)
7. Vetri colorati (per filtrare l'orizzonte)
8. Tamburo rotante (con la scala dei primi e decimi di primo)
9. Cannocchiale
10. Leva per sbloccare l' alidada
- 11-Indice di lettura dei gradi
- 12-Inizio della scala graduata

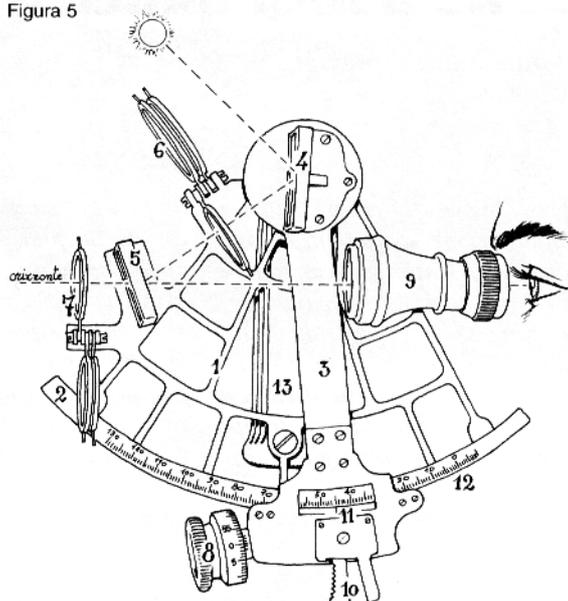
L'impugnatura del sestante si trova nell'armatura al lato opposto del disegno.

Come si usa il sestante

Si opera nel modo seguente (osservare la Fig.5).

Sbloccando con la leva (10) l'alidada (3) e facendola ruotare lungo il lembo (2) si pone l'indice di lettura dei gradi (11) sullo zero della scala graduata (12).

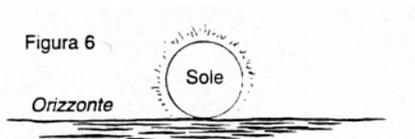
Figura 5



Sullo zero verrà posto anche l'indice dei primi nel tamburo rotante (8). Impugneremo il sestante con la mano destra (l'impugnatura non si vede nel disegno, ma si trova al lato opposto dell'armatura (1). Ora l'osservatore dovrà assumere una posizione stabile in coperta. L'ideale è abbracciare una sartia a gambe divaricate. Si punta il cannocchiale (9) sul sole e si sceglie il vetro colorato (6) più opportuno per filtrare il sole. Si vedrà il disco solare nitido e filtrato dal colore del vetro. Con la mano sinistra si sblocca la leva (10) facendo ruotare lentamente l'alidada (3) lungo il lembo (2) senza mai perdere di vista il disco solare, sino a vedere attraverso lo specchio fisso (5) l'orizzonte del mare. Lo specchio fisso è fatto per metà

della sua superficie a specchio e per l'altra metà, è un vetro trasparente, attraverso la quale si può vedere, appunto, l'orizzonte. Nell'osservare il sole, la sua immagine rimbalza dallo specchio mobile (4), solidale all'alidada (3), allo specchio fisso (5), per finire attraverso il cannocchiale (9) all'occhio dell'osservatore. A questo punto la mano sinistra lascia la leva di sbloccaggio dell'alidada (3), per operare sul tamburo rotante (8).

Si dovrà ruotare piano il tamburo fino a far coincidere il lembo inferiore del sole con l'orizzonte (Fig.6).



Possiamo leggere i gradi sulla scala graduata (12) nella posizione dell'indice di lettura (11). I primi si leggono nell'indice del tamburo rotante (8) e i decimi di primo sempre nel tamburo rotante (vedi Fig. 7).

Ora che abbiamo imparato ad abbassare il sole sull'orizzonte dobbiamo saper che il sestante va soggetto a due tipi di errori dei quali bisogna tener conto al fine di una corretta lettura. Questi sono: l'errore d'indice e l'errore di perpendicolarità.

Errori del sestante

L'errore d'indice

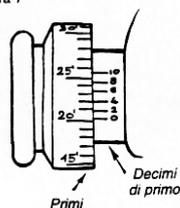
È l'errore dello strumento nella sua scala graduata (lembo) .

Per controllare questo errore si opera nel seguente modo: (seguire la spiegazione osservando la Fig.5). Si pone l'indice di lettura (11) sullo zero della scala graduata (12). Sullo zero si pone anche l'indice dei primi del tamburo rotante (8). A questo punto lasciando il sole alle spalle e senza alcun filtro, si osserva attraverso il cannocchiale l'orizzonte del mare. Vedremo la linea dell'orizzonte spezzata (Fig. 8), esattamente come si vede in molte macchine fotografiche tipo "reflex" prima di mettere a fuoco il soggetto. Operando nel tamburo rotante, si dovrà unire le due linee staccate. Cioè "aggiustare l'orizzonte". Ora, sempre nel tamburo, leggeremo di quanti primi il nostro sestante è fuori scala. Gli errori saranno positivi o negativi, secondo se l'indice di lettura (11) tende a spostarsi verso destra o sinistra rispetto allo zero della scala graduata (12) (vedi esempi nella Fig. 9). Quanto si deve sommare o sottrarre lo si leggerà nella scala dei primi nel tamburo rotante. Un sestante se è ben regolato non ha errori, ma se c'è un errore positivo o negativo è accettabile sino al massimo di 4 primi, non di più. Se questo errore è troppo evidente bisogna regolare gli specchi. Tale operazione è consigliabile farla eseguire da un esperto: ci si può rivolgere all'Istituto Idrografico della Marina, ad insegnanti di navigazione degli Istituti Nautici, a Periti compensatori delle bussole o alla società Caim di Genova. L'importante è avere molta cura del proprio sestante che sarà dotato di un cinturino per appenderlo al collo. Andrà sempre riposto nella sua custodia dopo l'uso, lontano da vibrazioni. Evitare di manomettere gli specchi.

Errore di perpendicolarità

Il secondo errore è quello detto di perpendicolarità. Nel momento in cui si pone il lembo inferiore del sole a tangere l'orizzonte, si deve essere sicuri che stiamo tenendo il sestante in posizione perpendicolare all'orizzonte, altrimenti si rischia di rilevare un angolo maggiore del reale. Per questo impareremo a far basculare il sole facendo piccole rotazioni del polso. Nel cannocchiale si vedrà il sole come nella Fig. 11.

Figura 7



Lettura del tamburo rotante Esempio di lettura: 20'.4. Ingrandimento del tamburo rotante. A sinistra si leggono i primi, a destra i decimi di primo. A sinistra si legge 20 primi vicino allo zero di destra. A destra si legge 4 decimi di primo, l'unica suddivisione della scala dei decimi coincidente con una suddivisione della scala dei primi (nel caso disegnato i 4 decimi di primo coincidono con i 22 primi, mentre tutti gli altri no).

In questo modo si riuscirà a trovare il punto più vicino, del lembo inferiore del sole, all'orizzonte.

Le prime volte si può usare il sestante anche dal balcone di casa, allenandosi all'uso dello strumento. L'orizzonte sarà il tetto di una casa o una linea orizzontale qualsiasi lontana. Si può provare anche in rada, alla fonda con barca ferma. Poi si prova in mare, con bel tempo e così avanti fino alle esperienze più difficili.

L'Orologio

Altro strumento necessario è l'orologio. I calcoli della navigazione astronomica sono tutti basati sull'ora del meridiano zero, meglio conosciuta come l'ora di Greenwich? Come detto all'inizio, dal 1948 è divenuta l'ora UT (universal time) tempo universale. Per non commettere errori di calcolo con fusi orari, l'ufficiale di rotta, nelle navi, ha un orologio regolato con l'ora UT. Con quest'ora farà tutti i calcoli necessari in qualunque parte del mondo si trovi la nave. Dovrà solo preoccuparsi di controllare eventuali errori dell'orologio. La Stessa cosa la può fare il velista con un orologio di tipo digitale che è più esatto del tipo meccanico. Questo orologio verrà regolato con l'ora UT, cioè un'ora in meno dell'ora invernale italiana o due ore in meno dell'ora estiva, italiana.

Per controllare il proprio orologio sarà sufficiente sintonizzarsi su una stazione radio A.M. e ascoltare uno stop orario: nel mondo cambiano ore ma minuti e secondi sono gli stessi.

Ore 12.00
Ora Italiana invernale
Corrisponde alle ore 11.00 UT

Ore 12.00
Ora italiana estiva
(Ora legale)
Corrisponde alle ore 10.00 UT

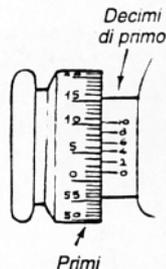
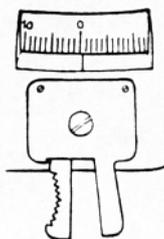
Anche in mezzo agli oceani si ascoltano gli stop orari delle forti emittenti internazionali. In questo modo verificheremo il nostro orologio. Se sarà perfetto meglio così. Se invece allo stop orario va avanti di 5 secondi significa che qualvolta vogliamo conoscere l'ora esatta dobbiamo sottrarre 5 secondi. Al contrario, se va indietro dovremo aggiungerli.

Le Effemeridi nautiche

ESEMPI DI ERRORE NEGATIVO

L'indice è a sinistra dello zero, il sestante segna di più. Per avere il valore reale bisogna sottrarre

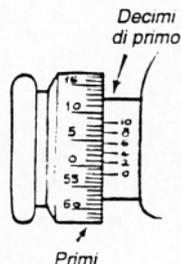
Nel tamburo rotante i primi vanno salendo (da zero in su). Nel caso disegnato segna 2 primi: l'errore è -2 primi

**ESEMPI DI ERRORE POSITIVO**

L'indice è a destra dello zero. Il sestante segna di meno. Per avere il valore reale bisogna sommare.

Nel tamburo rotante i primi vanno diminuendo (da zero in giù).

Nel caso disegnato segna 58', ovvero va indietro di 2' rispetto allo zero: l'errore è + 2 primi



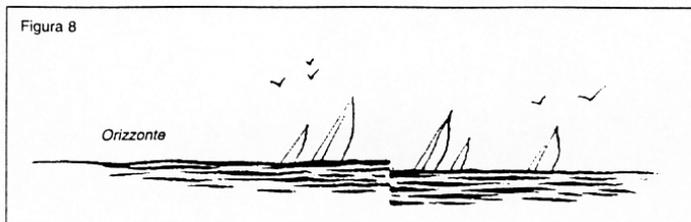
Un altro strumento fondamentale è il volume delle "Effemeridi Nautiche" pubblicato dall'Istituto Idrografico della Marina, dove sono contenuti tutti i dati utili per completare i calcoli nautici. Le Effemeridi vengono pubblicate ogni anno e si devono usare sempre quelle dell'anno in corso. Vedremo più avanti con degli esempi come si utilizzano.

Quando culmina il sole

Per culmine del sole s'intende quando, nella zona dove stiamo navigando, questo è alla sua massima altezza. (Fig.1)

Conoscere il culmine del sole e quando questo avviene è determinante al fine dei nostri calcoli. Qualcuno potrebbe dire "se è necessario conoscere la massima altezza del sole e quando questa avviene, è semplice. Ogni mattina, quando sono in navigazione, con sestante e orologio continuo a prendere misure di angoli e di tempo fintanto che il sole culminerà". Non è proprio così. Per ragioni pratiche, relative alla vita di bordo tipo cucinare, mangiare, governare, pulire, riposare ecc; non possiamo stare tutta la mattinata con sestante e orologio in mano. In questo caso le Effemeridi ci vengono in aiuto, risolvendo il cosiddetto "calcolo orario", che permetterà di individuare in quale momento il culmine dovrebbe avvenire. Abbiamo usato il condizionale "dovrebbe" perché potrebbero esserci alcuni errori. Ma andiamo per gradi.

Figura 8



Tutti sanno che in ogni luogo della terra il sole sorge ad Est, sale sino ad arrivare alla sua massima altezza, poi

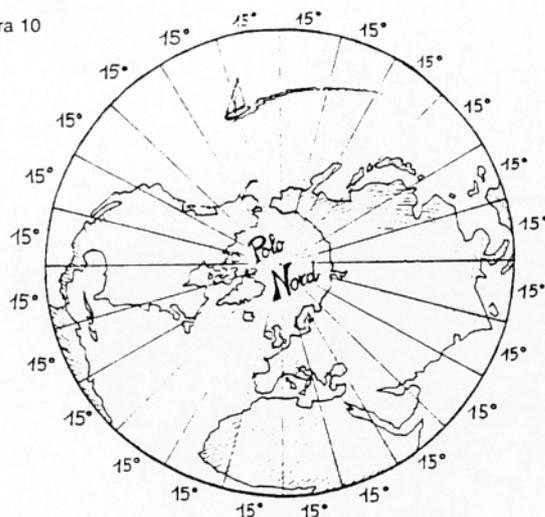
scende verso Ovest, e tramonta. (Fig.1)

Poiché il sole è in continuo movimento (nella navigazione astronomica, per semplificare il concetto, si suppone che la terra rimanga ferma e che il sole le ruoti attorno, al contrario del vero) è evidente che il culmine massimo non può avvenire nello stesso momento in ogni luogo. Se noi prendiamo una qualsiasi località della terra, in quel luogo il culmine del sole avviene in un tempo diverso dalle località poste ad Est di essa, in quanto il culmine è già avvenuto, mentre per le località poste a Ovest, del nostro luogo scelto, il culmine dovrà ancora avvenire.

Affinché ciò sia chiaro, è evidente che il sole nel mare Mediterraneo culmina prima che nel mar di Cipro, poi in Egeo e di seguito in Adriatico, quindi nel Tirreno, nel mar di Sardegna, infine le Baleari e per ultimo nel mare di Alboran, vicino a Gibilterra. Tramite il volume delle "Effemeridi Nautiche" (vedremo in seguito come) noi sappiamo a che ora culmina il sole, ogni giorno, al meridiano zero di Greenwich. Un'altra nozione che tutti conosciamo riguarda la Terra, la quale per compiere una rotazione su se stessa impiega 24 ore. Immaginiamo di

vedere la Terra dall'alto di uno dei poli. Vedremo un cerchio, ovvero un angolo giro di 360°. **Se dividiamo 360°:24 (ore)=15°**, si rileva quindi che un'ora corrisponde a 15° di longitudine (vedi Fig. 10). Questo fa comprendere che si possono trasformare i gradi della longitudine in tempo o viceversa convertire il tempo in gradi di longitudine. Conoscendo le coordinate di un luogo qualsiasi della Terra, si potrà stabilire a che ora culmina il sole in quel luogo. Per esempio, a Roma il sole culmina all'ora del culmine al meridiano di Greenwich (quest'ora, ripeto, viene fornita dalle Effemeridi, giorno per giorno) meno la longitudine di Roma, dopo essere stata trasformata in tempo (si deve sottrarre perché Roma si trova a Est di Greenwich; inoltre l'ora ottenuta è ora UT. Per avere l'ora locale si dovrà aggiungere il fuso orario. Nel caso di Roma si aggiunge un'ora d'inverno, due in estate). Mentre a New York il sole culmina all'ora del culmine del meridiano di Greenwich, più la longitudine di New York dopo essere stata trasformata in tempo. In questo caso si somma perché New York si trova a Ovest di Greenwich. L'ora ottenuta sarà ora UT. Questo calcolo si fa anche in mare per sapere a quale ora UT ci sarà il culmine del sole.

Figura 10



Facciamo un esempio. Siamo in navigazione nel mar Tirreno e in base alla rotta e alle miglia percorse, stabiliamo le coordinate del Ps (punto stimato, il punto dove valutiamo di trovarci).

Dunque, il giorno 15 marzo 1996 siamo partiti da Ponza per Olbia. La rotta vera è 271°. Sono le ore 11h 00m italiane. La barca ha navigato per 60 miglia. Poniamo le 60 miglia sulla rotta vera, segnata nella carta nautica, e leggeremo le coordinate del Ps (punto stimato):

ϕ_s (latitudine stimata)=40° 55' N

λ_s (longitudine stimata)= 11° 37' E

Si prendono le Effemeridi dell'anno 1996, si va alla pagina del giorno 15 marzo. (vedi Fig.12) In fondo alla pagina indicato dalle frecce, per il giorno 15 marzo (ogni pagina ha i dati per tre giorni) nella casella "**Pass. Mer.**"

Leggiamo che il sole culmina al meridiano di Greenwich alle ore 12h 09m (ora UT). Trovandoci con la barca ad Est di Greenwich, il sole culminerà prima e cioè alle ore 12h 09m meno il valore della nostra λ_s (longitudine stimata)= 11° 37' dopo averla trasformata in tempo. Anche in questo caso le Effemeridi ci aiutano. Alla prima pagina del volume troviamo una tabella relativa alla "**Conversione dell'arco in tempo**" e "**conversione del tempo in arco**" (vedi Fig.13).

Dalla tabella "conversione dell'arco in tempo" risulta:

11° corrisponde a 0h 44m

37' corrisponde a 2 m 28s

perciò

11° 37' corrisponde 0h 46m 28s.

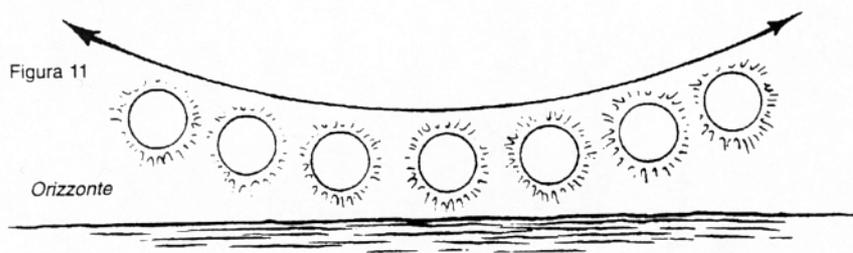
Per Trovare l'ora UT del culmine del sole:

12h 09m Os ora UT del culmine del sole a Greenwich

- 0,46m 28s longitudine stimata trasformata in tempo

= 11h 22m 32s ora UT culmine sole nel punto stimato.

Questa UT è l'ora UT in cui il sole dovrebbe culminare nel punto stimato. Usiamo il condizionale "dovrebbe" perché essendo partiti da un punto stimato valutato in base alla rotta e al contamiglia, non è detto che tale punto stimato sia giusto. Il timoniere potrebbe aver governato "zig-zagando", il contamiglia potrebbe aver segnato di più. Ci può essere stato scarroccio o deriva. Il nostro punto stimato non può corrispondere al punto nave. Qualche differenza ci sarà di sicuro, differenza che si ripercuote nel calcolo orario. Basterà che l'operatore prenda il sestante un quarto d'ora prima del culmine calcolato. Verificherà che il sole sia ancora in fase di salita. Se non ci sono grossi errori nella valutazione del Ps (punto stimato) si noterà che il sole rimane in una fase di stallo (circa 4 minuti) nei dintorni dell'ora UT calcolata (non importa la precisione dell'ora). Il sestante avrà sempre lo stesso angolo. Quello è il culmine del sole. Dopo i valori inizieranno a scendere.



La latitudine

Iniziamo con un esempio pratico seguendo la scheda (vedi Fig.16 a pag. 57).

In alto: la data, la rotta vera e il punto stimato.

Come si nota, la parte della scheda relativa al calcolo della latitudine è divisa in 4 colonne: A, B, C, D.

Iniziamo con la data: 15 marzo 1996, in navigazione da Venezia a Rovigno (Croazia). Sono le ore 10.00 italiane (preparare sempre il calcolo orario a mezza mattinata). Rotta vera 112°, la barca ha navigato da Venezia per 18 miglia. Il punto stimato ha le seguenti coordinate:

ϕ_s (latitudine stimata)=45°18' N

λ_s (longitudine stimata)=12°50' E

Ora compiliamo la colonna A: aprire le Effemeridi del 1996 alla pagina del giorno 15 marzo. Nello spazio relativo al Sole, colonna "Pass. Mer." leggiamo a quale ora culmina il sole al meridiano di Greenwich (Fig.12 frecce in basso) alle ore 12h 09m. Quest'ora va scritta sulla riga "Pass. Mer." .

Sotto, poiché ci troviamo a Est di Greenwich, si sottrae la longitudine stimata di 12°50', dopo aver trasformato i gradi e primi in tempo. Dalla tabella "conversione dell'arco in tempo" (Fig.13) risulta:

12 ° corrispondono a 0h 48m 00s

50° corrispondono a 0h 03m 20 s

12° 50' corrispondono a 0h 51m 20s

Incolonnare questo valore con Pass Mer. e otteniamo il risultato (sottraendo)

UT = 11h 17m 40s

Questa è l'ora UT in cui il sole dovrebbe culminare.

Quest'ora serve anche per completare la colonna B della scheda. Sempre nella stessa pagina delle Effemeridi (vedi Fig.12, frecce laterali) lungo la colonna UT, giorno 15 marzo, ore 11h si legge il valore della declinazione (dec.) del sole e cioè:

dec. S 01°55'.7

(S sta per Sud, quindi segno negativo -), nella stessa colonna della declinazione, in basso, si prende nota della variazione oraria: $d+ 1'0$. Questo dato va scritto come promemoria nell'angolo alto colonna B.

C'è un gruppo di pagine colorate in giallo.

Si va alla pagina dei 17 minuti {17m};

si legge lungo la colonna v/d utilizzando il valore della variazione oraria $d+1'0$;

si ricavano le p.p. (parti proporzionali) = $0'.3$, da porre in colonna sotto dec.

Seguendo la nota (2) della scheda si esegue una differenza algebrica (dec. s = segno negativo; p.p. prende il segno da d cioè positivo) e si ottiene la declinazione corretta:

dec s 01°55' .4 o meglio dec - 01°55'4.

Ora per completare la colonna C bisogna attendere che il sole si avvicini al culmine.

In base al calcolo orario dovrebbe avvenire alle ore 11h 17m 40s UT.

Circa 10 minuti prima, si prende il sestante e si inizia ad osservare il sole portando il lembo inferiore a coincidere con l'orizzonte (Fig.5). Le prime volte ci faremo aiutare da un compagno che prenderà nota delle letture del sestante. Si annotano i valori in salita, poi nei dintorni dell'ora UT calcolata (minuto più minuto meno non importa) il sole arriva al suo culmine. Ci si accorge di questo perché il sestante per circa 4 minuti misura sempre lo stesso angolo.

Dopo il sole inizia la discesa ed i valori letti sullo strumento iniziano a scendere. A noi interessa il valore più alto; nel nostro caso, l'angolo massimo segnato dal sestante è:

42°31' .2.

Questo dato va posto sulla riga dell'altezza strumentale (h_i , colonna C Fig.14).

Prima di abbassare il sole, avremo fatto il controllo dell'errore d'indice (Fig.9).

Il sestante ha un errore ($y +2'.0$), si somma a h_i e si ottiene l'altezza osservata $h_o=42°33'.2$. Seguire sempre la colonna C.

Ora bisogna portare tre correzioni: **C1, C2, C3**.

Sempre dalle Effemeridi, pagine gialle, aprire alla pagina relativa a: Correzioni delle altezze di sole (Fig. 16) .

La prima correzione (C 1) si riferisce all'elevazione dell'occhio dell'osservatore sul livello del mare. Nel nostro caso c'è un metro di bordo libero della barca, più metri 1.80 (l'altezza dell'osservatore) in totale siamo alti 2.80 metri sul livello del mare.

Figura 12

MER. 13, GIO. 14, VEN. 15

MARZO 1996

UT	SOLE		γ	STELLE			Lat.	Crep. Naut.		Sorg. Sole	Sorgere Luna				
	T	Dec.		Nome	360 - α	Dec.		Inizio	Fine		12	13	14	15	
d h			T _g				h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	
13	0	177 36.7	S02 53.9	170 54.3	Acamar	315 28.5	S40 19.5	N 72 03 58	05 21	06 28	*	*	06 42	06 22	
	1	192 36.9	52.9	185 56.8	Achernar	535 37.0	S57 15.6	N 70 04 11	05 25	06 26	03 57	05 03	05 34	05 46	
	2	207 37.1	51.9	200 59.2	Acrux	173 23.2	S63 04.7	68 04 22	05 29	06 24	03 13	04 17	04 57	05 20	
	3	222 37.3	50.9	216 01.7	Adhara	255 22.6	S28 58.4	64 04 38	05 34	06 21	02 22	03 24	04 11	04 44	
	4	237 37.4	50.0	231 04.2	Aldebaran	291 04.4	N16 30.0	62 04 44	05 36	06 20	02 04	03 06	03 54	04 31	
	5	252 37.6	49.0	246 06.6	Alloth	166 31.7	N55 58.6	60 04 49	05 38	06 19	01 50	02 51	03 40	04 19	
	6	267 37.8	S02 48.0	261 09.1	Alkaid	153 08.8	N49 19.7	N 58 04 53	05 39	06 18	01 37	02 38	03 29	04 10	
	7	282 37.9	47.0	276 11.6	Almak	329 05.1	N42 18.7	56 04 57	05 40	06 17	01 26	02 27	03 18	04 01	
	8	297 38.1	46.0	291 14.0	Al Nair	28 00.5	S46 58.7	54 05 00	05 41	06 17	01 17	02 17	03 09	03 53	
	9	312 38.3	45.0	306 16.5	Alnilam	275 59.6	S 1 12.5	52 05 03	05 42	06 16	01 09	02 09	03 01	03 46	
	10	327 38.5	44.0	321 19.0	Alphard	218 08.6	S 8 38.8	50 05 06	05 43	06 15	01 01	02 01	02 54	03 40	
	11	342 38.6	43.1	336 21.4	Alphecca	126 21.9	N26 43.5	45 05 11	05 45	06 14	00 45	01 44	02 38	03 26	
	12	357 38.8	S02 42.1	351 23.9	Alpheratz	357 57.3	N29 04.1	N 40 05 14	05 46	06 13	00 32	01 31	02 26	03 15	
	13	12 39.0	41.1	6 25.3	Aitair	82 21.1	N 8 51.5	35 05 17	05 46	06 12	00 20	01 19	02 15	03 06	
	14	27 39.1	40.1	21 28.8	Ankas	353 29.0	S42 19.7	30 05 19	05 47	06 11	00 11	01 09	02 05	02 57	
	15	42 39.3	39.1	36 31.3	Antares	112 42.2	S26 25.3	20 05 21	05 47	06 09	24 52	00 52	01 49	02 43	
	16	57 39.5	38.1	51 33.7	Arcturus	146 07.4	N19 12.0	N 10 05 22	05 46	06 07	24 37	00 37	01 34	02 30	
	17	72 39.7	37.1	66 36.2	Atria	107 55.6	S69 00.9	00 05 21	05 45	06 06	24 23	00 23	01 21	02 18	
	18	87 39.8	S02 36.2	81 38.7	Avior	234 22.9	S59 30.2	S 10 05 18	05 43	06 04	24 09	00 09	01 07	02 07	
	19	102 40.0	35.2	96 41.1	Bellatrix	278 46.0	N 6 20.6	20 05 14	05 40	06 02	23 54	24 53	00 53	01 54	
	20	117 40.2	34.2	111 43.6	Beltegeuse	271 15.4	N 7 24.2	30 05 08	05 36	06 00	23 38	24 36	00 36	01 39	
	21	132 40.3	33.2	126 46.1	Canopus	264 01.8	S52 42.1	35 05 03	05 33	05 58	23 26	24 27	00 27	01 31	
	22	147 40.5	32.2	141 48.5	Capella	280 53.7	N45 59.7	40 04 57	05 29	05 57	23 15	24 16	00 16	01 21	
23	162 40.7	31.2	156 51.0	Castor	246 24.4	N31 53.7	45 04 50	05 25	05 55	23 02	24 03	00 03	01 10		
14	0	177 40.9	S02 30.2	171 53.4	Cor Caroli	166 01.9	N38 20.1	S 50 04 41	05 20	05 52	22 45	23 47	24 56	00 56	
	1	192 41.0	29.3	186 55.9	Deneb	49 40.6	N45 15.9	52 04 37	05 17	05 51	22 38	23 40	24 50	00 50	
	2	207 41.2	28.3	201 58.4	Denebola	182 46.6	N14 35.4	54 04 32	05 14	05 50	22 29	23 32	24 43	00 43	
	3	222 41.4	27.3	217 00.8	Diphda	349 09.3	S18 00.6	56 04 26	05 11	05 49	22 20	23 23	24 35	00 35	
	4	237 41.6	26.3	232 03.3	Dubhe	194 07.0	N61 46.2	58 04 19	05 08	05 47	22 09	23 12	24 26	00 26	
	5	252 41.7	25.3	247 05.8	El Nath	278 29.1	N28 36.2	S 60 04 12	05 03	05 46	21 56	23 00	24 16	00 16	
	6	267 41.9	S02 24.3	262 08.2	Eltanin	90 52.3	N51 29.2								
	7	282 42.1	23.3	277 10.7	Enif	34 00.2	N 9 51.4								
	8	297 42.2	22.3	292 13.2	Formaihaut	15 38.7	S29 38.6								
	9	312 42.4	21.4	307 15.6	Gacrux	172 14.8	S57 05.5								
	10	327 42.6	20.4	322 18.1	Glenah	176 05.4	S17 31.4								
	11	342 42.8	19.4	337 20.6	Hadar	149 05.9	S60 21.1	N 72 17 53	19 00	20 24	*	*	08 35	10 55	
	12	357 42.9	S02 18.4	352 23.0	Hamal	328 15.7	N23 26.6	N 70 17 54	18 55	20 10	07 18	08 11	09 42	11 30	
	13	12 43.1	17.4	7 25.5	Kaus Austr.	84 01.2	S34 23.0	68 17 56	18 52	19 59	08 02	08 59	10 18	11 55	
	14	27 43.3	16.4	22 27.9	Kochab	137 18.9	N74 10.1	66 17 57	18 48	19 50	08 31	09 28	10 44	12 14	
	15	42 43.5	15.4	37 30.4	Mārkab	13 51.6	N15 11.0	64 17 59	18 46	19 42	08 53	09 50	11 04	12 30	
	16	57 43.6	14.5	52 32.9	Menkar	314 28.9	N 4 04.3	62 18 00	18 44	19 36	09 11	10 08	11 20	12 42	
	17	72 43.8	13.5	67 35.3	Menkent	148 22.8	S36 21.0	60 18 00	18 42	19 31	09 26	10 23	11 33	12 53	
	18	87 44.0	S02 12.5	82 37.8	Merak	194 35.3	N56 24.1	N 58 18 01	18 40	19 26	09 39	10 36	11 45	13 02	
	19	102 44.2	11.5	97 40.3	Misaplacidus	221 41.5	S69 42.4	56 18 02	18 39	19 23	09 49	10 47	11 55	13 11	
	20	117 44.3	10.5	112 42.7	Mirfak	308 59.3	N49 50.9	54 18 03	18 38	19 19	09 59	10 57	12 04	13 18	
	21	132 44.5	09.5	127 45.2	Mizar	159 03.0	N54 56.5	52 18 03	18 37	19 16	10 08	11 05	12 12	13 24	
	22	147 44.7	08.5	142 47.7	Nunki	76 14.6	S26 18.0	50 18 04	18 36	19 14	10 15	11 13	12 19	13 30	
23	162 44.9	07.5	157 50.1	Peacock	53 40.1	S56 44.6	45 18 05	18 34	19 08	10 32	11 30	12 34	13 43		
15	0	177 45.0	S02 06.6	172 52.8	Phact	275 07.3	S34 05.0	N 40 18 08	18 33	19 04	10 45	11 43	12 46	13 53	
	1	192 45.2	05.6	187 55.1	Polaris	323 12.0	N89 15.0	35 18 07	18 32	19 02	10 57	11 54	12 57	14 02	
	2	207 45.4	04.6	202 57.5	Pollux	243 43.5	N28 02.0	30 18 08	18 32	18 59	11 07	12 04	13 06	14 10	
	3	222 45.6	03.6	218 00.0	Procyon	245 13.2	N 5 13.9	20 18 09	18 31	18 57	11 24	12 21	13 22	14 23	
	4	237 45.7	02.6	233 02.4	Rasalhague	96 18.6	N12 33.7	N 10 18 11	18 32	18 56	11 39	12 36	13 35	14 35	
	5	252 45.9	01.6	248 04.9	Regulus	207 57.1	N11 58.9	00 18 12	18 33	18 57	11 53	12 50	13 48	14 46	
	6	267 46.1	S02 00.6	263 07.4	Rigel	281 24.6	S 8 12.7	S 10 18 14	18 35	18 59	12 07	13 04	14 01	14 58	
	7	282 46.3	01 59.6	278 09.8	Rigel Kent	140 09.1	S60 49.0	20 18 16	18 38	19 03	12 22	13 19	14 15	15 08	
	8	297 46.4	58.7	293 12.3	Sabik	102 27.5	S15 43.1	30 18 18	18 42	19 10	12 39	13 36	14 30	15 21	
	9	312 46.6	57.7	308 14.8	Saiph	273 06.3	S 9 40.6	35 18 19	18 45	19 14	12 49	13 46	14 39	15 28	
	10	327 46.8	56.7	323 17.2	Schedar	349 55.9	N55 31.0	40 18 21	18 48	19 20	13 00	13 57	14 49	15 37	
	11	342 47.0	55.7	338 19.7	Scheddi	33 17.8	S16 08.7	45 18 23	18 52	19 27	13 13	14 10	15 01	15 46	
	12	357 47.1	S01 54.7	353 22.2	Shaula	96 39.6	S37 06.9	S 50 18 25	18 57	19 36	13 29	14 26	15 16	15 58	
	13	12 47.3	53.7	8 24.6	Sirius	258 45.1	S16 43.0	52 18 26	19 00	19 40	13 37	14 34	15 22	16 04	
	14	27 47.5	52.7	23 27.1	Spica	158 44.7	S11 08.6	54 18 27	19 02	19 45	13 46	14 42	15 30	16 10	
	15	42 47.7	51.7	38 29.5	Suhail	223 01.6	S43 25.4	56 18 28	19 05	19 51	13 55	14 51	15 38	16 17	
	16	57 47.9	50.8	53 32.0	Vega	80 47.9	N38 46.6	58 18 29	19 09	19 57	14 06	15 02	15 47	16 24	
	17	72 48.0	49.8	68 34.5	Zuben ubi	137 19.6	S16 01.6	S 60 18 31	19 13	20 04	14 18	15 14	15 58	16 32	
	18	87 48.2	S01 48.8	83 36.9											
	19	102 48.4	47.8	98 39.4											
	20	117 48.6	46.8	113 41.9											
	21	132 48.7	45.8	128 44.3											
	22	147 48.9	44.8	143 46.8											
23	162 49.1	S01 43.8	158 49.3												
				PIANETI		SOLE				LUNA					
				360 - α	P.M.	Gior.	Equaz.	Tempo	Pass.	Pass.	Mer.	Sup.	Mer.	Età	Fase
				h m			00h	12h	Mer.	Mer.	h m	h m	h m	d	
							m s	m s	h m	h m	h m	h m			
				VENERE	324 17.2	14 55	13	+09 33	+09 25	12 09	06 38	19 05	23.0		
				MARTE	7 16.3	12 03	14	+09 17	+09 08	12 09	07 34	20 03	24.0		
				GIOVE	75 04.7	7 31	15	+09 0							

Figura 13

CONV. DELL'ARCO IN TEMPO

CONV. DEL TEMPO IN ARCO

GRADI			PRIMI			ORE	MINUTI			SECONDI	
°	'	"	°	'	"	h	°	'	"	°	'
1	0	4	61	4	4	121	8	4	1	0	4
2	0	8	62	4	8	122	8	8	2	0	8
3	0	12	63	4	12	123	8	12	3	0	12
4	0	16	64	4	16	124	8	16	4	0	16
5	0	20	65	4	20	125	8	20	5	0	20
6	0	24	66	4	24	126	8	24	6	0	24
7	0	28	67	4	28	127	8	28	7	0	28
8	0	32	68	4	32	128	8	32	8	0	32
9	0	36	69	4	36	129	8	36	9	0	36
10	0	40	70	4	40	130	8	40	10	0	40
11	0	44	71	4	44	131	8	44	11	0	44
12	0	48	72	4	48	132	8	48	12	0	48
13	0	52	73	4	52	133	8	52	13	0	52
14	0	56	74	4	56	134	8	56	14	0	56
15	1	0	75	5	0	135	9	0	15	1	0
16	1	4	76	5	4	136	9	4	16	1	4
17	1	8	77	5	8	137	9	8	17	1	8
18	1	12	78	5	12	138	9	12	18	1	12
19	1	16	79	5	16	139	9	16	19	1	16
20	1	20	80	5	20	140	9	20	20	1	20
21	1	24	81	5	24	141	9	24	21	1	24
22	1	28	82	5	28	142	9	28	22	1	28
23	1	32	83	5	32	143	9	32	23	1	32
24	1	36	84	5	36	144	9	36	24	1	36
25	1	40	85	5	40	145	9	40	25	1	40
26	1	44	86	5	44	146	9	44	26	1	44
27	1	48	87	5	48	147	9	48	27	1	48
28	1	52	88	5	52	148	9	52	28	1	52
29	1	56	89	5	56	149	9	56	29	1	56
30	2	0	90	6	0	150	10	0	30	2	0
31	2	4	91	6	4	151	10	4	31	2	4
32	2	8	92	6	8	152	10	8	32	2	8
33	2	12	93	6	12	153	10	12	33	2	12
34	2	16	94	6	16	154	10	16	34	2	16
35	2	20	95	6	20	155	10	20	35	2	20
36	2	24	96	6	24	156	10	24	36	2	24
37	2	28	97	6	28	157	10	28	37	2	28
38	2	32	98	6	32	158	10	32	38	2	32
39	2	36	99	6	36	159	10	36	39	2	36
40	2	40	100	6	40	160	10	40	40	2	40
41	2	44	101	6	44	161	10	44	41	2	44
42	2	48	102	6	48	162	10	48	42	2	48
43	2	52	103	6	52	163	10	52	43	2	52
44	2	56	104	6	56	164	10	56	44	2	56
45	3	0	105	7	0	165	11	0	45	3	0
46	3	4	106	7	4	166	11	4	46	3	4
47	3	8	107	7	8	167	11	8	47	3	8
48	3	12	108	7	12	168	11	12	48	3	12
49	3	16	109	7	16	169	11	16	49	3	16
50	3	20	110	7	20	170	11	20	50	3	20
51	3	24	111	7	24	171	11	24	51	3	24
52	3	28	112	7	28	172	11	28	52	3	28
53	3	32	113	7	32	173	11	32	53	3	32
54	3	36	114	7	36	174	11	36	54	3	36
55	3	40	115	7	40	175	11	40	55	3	40
56	3	44	116	7	44	176	11	44	56	3	44
57	3	48	117	7	48	177	11	48	57	3	48
58	3	52	118	7	52	178	11	52	58	3	52
59	3	56	119	7	56	179	11	56	59	3	56
60	4	0	120	8	0	180	12	0	60	4	0
						200	13	20			
						300	20	0			



La C1 (vedi Fig.18) è di 17'.1. (Porre bene in colonna gradi, primi, e decimi di primo) .

La seconda correzione (C2) è relativa all'altezza osservata. Nel nostro caso $ho = 42^\circ 33'.2$, la correzione $C2 = 15'.0$.

Per la C3 prima si va al mese, cioè marzo. Abbiamo osservato il lembo inferiore del sole, per cui la $C3 = 40'.1$

Ora si somma il tutto, ma per ottenere l'altezza vera si deve togliere un grado (vedi nota fondo pagina Fig.18).

Il calcolo è quasi terminato: compiliamo la colonna D (Fig.16) e Otteniamo la latitudine applicando la seguente formula:

$$90^\circ - hv = Dz \pm Dec. = \text{latitudine}$$

Seguire le fasi della colonna D.

I 90° diventano per comodità di calcolo: $89^\circ 59'.10$.

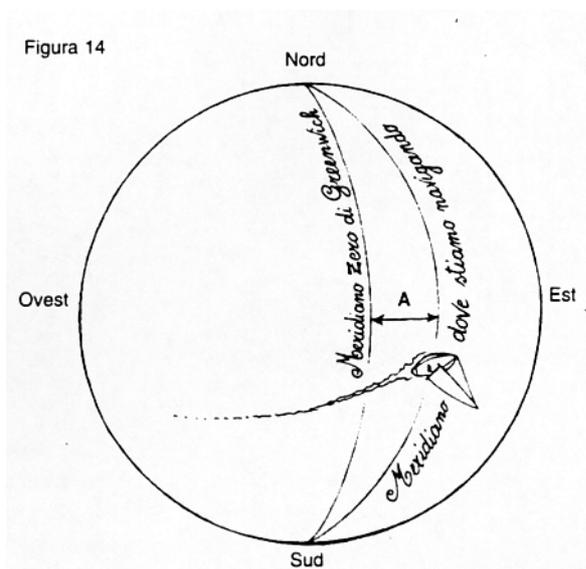
A questi si toglie l'altezza vera $hv=42^\circ 45'.4$.

Si ottiene la distanza zenitale $Dz=47^\circ 14'.6$.

Ora si sottrae la declinazione Decs $01^\circ 55'.4$ (si sottrae perché la declinazione è Sud cioè negativa) si ottiene ora il valore della latitudine dove stiamo navigando:

$$\varphi (\text{latitudine}) = 45^\circ 19'.2.$$

rispetto al punto stimato c'è una differenza di un $1'.2$ equivalenti a 1,2 miglia più a Nord della latitudine stimata.



La longitudine

Si diceva all'inizio di questo scritto che per calcolare la longitudine è necessario misurare il tempo esatto, con ora UT, del culmine del sole dove stiamo navigando. Dopo si farà la differenza oraria tra il culmine del meridiano zero di Greenwich (dato dalle Effemeridi) ed il culmine del meridiano dove stiamo navigando. Questa differenza, in tempo, la si trasforma in arco (gradi, primi, decimi di primo) e si ottiene la longitudine (vedi Fig.14).

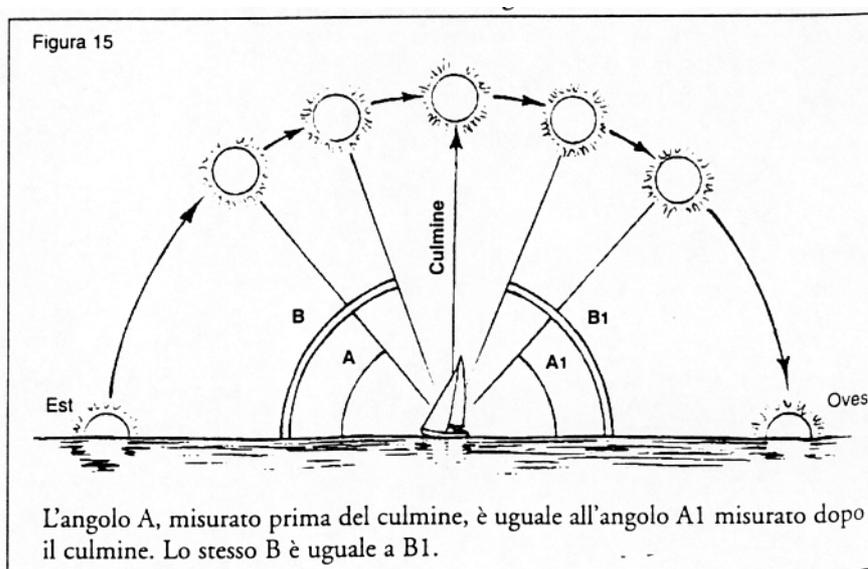
Prima di passare ad un esempio pratico ecco alcuni chiarimenti.

Nel paragrafo "Calcolo della latitudine" abbiamo detto che il sole, quando arriva al culmine, rimane fermo circa 4 minuti.

Per calcolare la latitudine, come già descritto, l'operatore continua a prendere misure di angoli con il sestante, fino a che il sole arriva alla sua massima altezza.

Continuare a controllare finché passano i circa 4 minuti di stasi. Poi il sole inizia a calare verso Ovest. Ora per la longitudine, invece, dobbiamo conoscere il momento esatto del culmine e, con questi 4 minuti di stallo del sole, non è facile cronometrare. Va ricordato che un errore di 4 secondi corrisponde a un errore di 1 miglio; 30 secondi corrispondono a un errore di 7 miglia e mezzo.

Tutti sanno che il sole sorge a Est, sale fino al culmine e poi inizia la discesa verso Ovest fino a tramontare. È ovvio che c'è una simmetria di angoli tra Est e il culmine e tra il culmine e Ovest, come viene spiegato in Fig.15: l'angolo A, misurato prima del culmine, è uguale all'angolo A1 misurato dopo il culmine. Anche l'angolo B è uguale all'angolo B1, e tanti altri angoli misurati prima del culmine li ritroviamo uguali nella discesa del sole verso Ovest.



Se facciamo uno stop orario nell'angolo A più tardi, dopo il culmine, con lo stesso valore sul sestante, rifacciamo un secondo stop orario, sull'angolo A1. Non rimane che fare la media dei due stop orari per ottenere l'ora esatta del culmine sole. Continuiamo l'esempio pratico (Fig.16).

Nel calcolo orario della latitudine risulta che il sole dovrebbe culminare alle ore 11h 17m 40s (ora UT). Un quarto d'ora prima, dell'ora UT calcolata, si prende il sestante, si abbassa il sole e quando il lembo inferiore tocca l'orizzonte si fa uno stop orario con l'ora UT.

Si lavora nel seguente modo: una persona tiene il sestante, un'altra l'orologio. Una volta abbassato il sole prima che "tocchi" l'orizzonte si inizia a mettere in "allarme" chi osserva l'orologio. "Pronto per lo stop, attenzione prontooo...., stop!" Al momento del "pronto" si deve seguire i secondi fino allo stop finale. Si leggono prima i secondi, poi i minuti e l'ora. Questo primo stop orario lo chiamiamo T1 e scriviamo nella scheda il suo valore. Nel nostro esempio T1 = 11h 02m 28s.

Se in barca ci sono due sestanti, si può lasciare il sestante usato fermo sull'angolo servito a ricavare T1. Poi si farà il secondo stop orario con lo stesso angolo quando il sole, dopo il culmine, inizierà a scendere verso Ovest. Se invece c'è un solo sestante si legge il valore dello strumento e si scrive nello spazio "promemoria sestante" (vedi sempre Fig.16).

Successivamente si usa il sestante per calcolare la latitudine (come già descritto). Poi si

rimette il valore "promemoria sestante" per fare il secondo stop orario. Se il T1 è stato ricavato circa un quarto d'ora prima del culmine, altrettanto tempo dopo il culmine il sole ripasserà sullo stesso angolo. In questo modo ricaviamo il nostro T2 = 11h 32m 30s, da scrivere nella scheda. Sia al T1 che al T2 si portano le correzioni dell'orologio, +2 secondi, e si ottengono il T1 e il T2 corretti. Ora si fa la media dei tempi

Figura 16

Data 15/3/1996	In navigazione da Venezia a Rovigno Rv. 122°	Punto φs 45° 18' N stimato λs 12° 50' E	
CALCOLO DELLA LATITUDINE			
CALCOLO ORARIO	DECLINAZIONE	ALTEZZA VERA	LATITUDINE ⁽³⁾
Pass. 12 ^h 09 ^m – Mer. Long. 0 ^h 51 ^m 20 ^s = Stim. (1) U.T. 11 ^h 17 ^m 40 ^s	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">d+1°.0</div> Dec. S 01° 55'.7 – P.P.(2) Dec. S 01° 55'.4 corretta Dec. -01° 55'.4	hi 42° 31'.2 + y 2'.0 = h ₀ 42° 33'.2 + c ₁ 17'.1 + c ₂ 15'.0 + c ₃ 40'.1 = 43° 45'.4 – 1° 00'.0 = hv 42° 45'.4	89° 59'.10 – yv 42° 45'.4 = Dz 47° 14'.6 – Dec.± 01° 55'.4 = Latitudine 45° 19'.2 N
A	B	C	D
(1) Trasformare la Longitudine stimata in tempo e $\frac{\text{sommare se si è a Ovest di Greenwich}}{\text{sottrarre se si è a Est di Greenwich}}$			
(2) Dec. Nord / d+ = sommare / Dec Sud : d+ = sottrarre Dec. Nord / d- = sottrarre / Dec Sud : d- = sommare			
(3) Latitudine = 90° – hv = Dz ± Dec (i 90° si scompongono in 89° 59'.10)			
CALCOLO DELLA LONGITUDINE			
$T_1 = 11^h 02^m 28^s (\pm \text{errore orologio}) + 2^s = T_1 \text{ corretto } 11^h 02^m 30^s$ $T_2 = 11^h 32^m 30^s (\pm \text{errore orologio}) + 2^s = T_2 \text{ corretto } 11^h 22^m 32^s$ $\frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{11^h 02^m 30^s + 11^h 22^m 32^s}{2} = \text{media dei tempi } 11^h 17^m 31^s$			
Pass. Mer. 12 ^h 09 ^m – media dei tempi 11 ^h 17 ^m 31 ^s = differenza oraria 0 ^h 51 ^m 29 ^s Trasformare la differenza oraria in arco per ottenere la Longitudine			
Ore 0 Minuti 51 Secondi 29	corrisponde a corrisponde a corrisponde a	0° + 12° 45' + 7'.3 = 12° 52'.3	LONGITUDINE <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 20px; margin-top: 5px;"> Gradi Primi </div>

Sec.	SOLE E PIANETI	γ	LUNA	$\frac{1}{d}$ pp	$\frac{1}{d}$ pp	$\frac{1}{d}$ pp	Sec.	SOLE E PIANETI	γ	LUNA	$\frac{1}{d}$ pp	$\frac{1}{d}$ pp	$\frac{1}{d}$ pp
s							s						
00	4 00.0	4 00.7	3 49.1	0.0 0.0	6.0 1.7	12.0 3.3	00	4 15.0	4 15.7	4 03.4	0.0 0.0	6.0 1.8	12.0 3.5
01	4 00.3	4 00.9	3 49.3	0.1 0.0	6.1 1.7	12.1 3.3	01	4 15.3	4 15.9	4 03.6	0.1 0.0	6.1 1.8	12.1 3.5
02	4 00.5	4 01.2	3 49.5	0.2 0.1	6.2 1.7	12.2 3.4	02	4 15.5	4 16.2	4 03.9	0.2 0.1	6.2 1.8	12.2 3.6
03	4 00.8	4 01.4	3 49.8	0.3 0.1	6.3 1.7	12.3 3.4	03	4 15.8	4 16.5	4 04.1	0.3 0.1	6.3 1.8	12.3 3.6
04	4 01.0	4 01.7	3 50.0	0.4 0.1	6.4 1.8	12.4 3.4	04	4 16.0	4 16.7	4 04.3	0.4 0.1	6.4 1.9	12.4 3.6
05	4 01.3	4 01.9	3 50.3	0.5 0.1	6.5 1.8	12.5 3.4	05	4 16.3	4 17.0	4 04.6	0.5 0.1	6.5 1.9	12.5 3.6
06	4 01.5	4 02.2	3 50.5	0.6 0.2	6.6 1.8	12.6 3.5	06	4 16.5	4 17.2	4 04.8	0.6 0.2	6.6 1.9	12.6 3.7
07	4 01.8	4 02.4	3 50.7	0.7 0.2	6.7 1.8	12.7 3.5	07	4 16.8	4 17.5	4 05.1	0.7 0.2	6.7 2.0	12.7 3.7
08	4 02.0	4 02.7	3 51.0	0.8 0.2	6.8 1.9	12.8 3.5	08	4 17.0	4 17.7	4 05.3	0.8 0.2	6.8 2.0	12.8 3.7
09	4 02.3	4 02.9	3 51.2	0.9 0.2	6.9 1.9	12.9 3.5	09	4 17.3	4 18.0	4 05.5	0.9 0.3	6.9 2.0	12.9 3.8
10	4 02.5	4 03.2	3 51.5	1.0 0.3	7.0 1.9	13.0 3.6	10	4 17.5	4 18.2	4 05.8	1.0 0.3	7.0 2.0	13.0 3.8
11	4 02.8	4 03.4	3 51.7	1.1 0.3	7.1 2.0	13.1 3.6	11	4 17.8	4 18.5	4 06.0	1.1 0.3	7.1 2.1	13.1 3.8
12	4 03.0	4 03.7	3 51.9	1.2 0.3	7.2 2.0	13.2 3.6	12	4 18.0	4 18.7	4 06.2	1.2 0.4	7.2 2.1	13.2 3.9
13	4 03.3	4 03.9	3 52.2	1.3 0.4	7.3 2.0	13.3 3.7	13	4 18.3	4 19.0	4 06.5	1.3 0.4	7.3 2.1	13.3 3.9
14	4 03.5	4 04.2	3 52.4	1.4 0.4	7.4 2.0	13.4 3.7	14	4 18.5	4 19.2	4 06.7	1.4 0.4	7.4 2.2	13.4 3.9
15	4 03.8	4 04.4	3 52.6	1.5 0.4	7.5 2.1	13.5 3.7	15	4 18.8	4 19.5	4 07.0	1.5 0.4	7.5 2.2	13.5 3.9
16	4 04.0	4 04.7	3 52.9	1.6 0.4	7.6 2.1	13.6 3.7	16	4 19.0	4 19.7	4 07.2	1.6 0.5	7.6 2.2	13.6 4.0
17	4 04.3	4 04.9	3 53.1	1.7 0.5	7.7 2.1	13.7 3.8	17	4 19.3	4 20.0	4 07.4	1.7 0.5	7.7 2.2	13.7 4.0
18	4 04.5	4 05.2	3 53.4	1.8 0.5	7.8 2.1	13.8 3.8	18	4 19.5	4 20.2	4 07.7	1.8 0.5	7.8 2.3	13.8 4.0
19	4 04.8	4 05.4	3 53.6	1.9 0.5	7.9 2.2	13.9 3.8	19	4 19.8	4 20.5	4 07.9	1.9 0.6	7.9 2.3	13.9 4.1
20	4 05.0	4 05.7	3 53.8	2.0 0.5	8.0 2.2	14.0 3.9	20	4 20.0	4 20.7	4 08.2	2.0 0.6	8.0 2.3	14.0 4.1
21	4 05.3	4 05.9	3 54.1	2.1 0.6	8.1 2.2	14.1 3.9	21	4 20.3	4 21.0	4 08.4	2.1 0.6	8.1 2.4	14.1 4.1
22	4 05.5	4 06.2	3 54.3	2.2 0.6	8.2 2.3	14.2 3.9	22	4 20.5	4 21.2	4 08.6	2.2 0.6	8.2 2.4	14.2 4.1
23	4 05.8	4 06.4	3 54.6	2.3 0.6	8.3 2.3	14.3 3.9	23	4 20.8	4 21.5	4 08.9	2.3 0.7	8.3 2.4	14.3 4.2
24	4 06.0	4 06.7	3 54.8	2.4 0.7	8.4 2.3	14.4 4.0	24	4 21.0	4 21.7	4 09.1	2.4 0.7	8.4 2.4	14.4 4.2
25	4 06.3	4 06.9	3 55.0	2.5 0.7	8.5 2.3	14.5 4.0	25	4 21.3	4 22.0	4 09.3	2.5 0.7	8.5 2.5	14.5 4.2
26	4 06.5	4 07.2	3 55.3	2.6 0.7	8.6 2.4	14.6 4.0	26	4 21.5	4 22.2	4 09.6	2.6 0.8	8.6 2.5	14.6 4.3
27	4 06.8	4 07.4	3 55.5	2.7 0.7	8.7 2.4	14.7 4.0	27	4 21.8	4 22.5	4 09.8	2.7 0.8	8.7 2.5	14.7 4.3
28	4 07.0	4 07.7	3 55.7	2.8 0.8	8.8 2.4	14.8 4.1	28	4 22.0	4 22.7	4 10.1	2.8 0.8	8.8 2.6	14.8 4.3
29	4 07.3	4 07.9	3 56.0	2.9 0.8	8.9 2.4	14.9 4.1	29	4 22.3	4 23.0	4 10.3	2.9 0.8	8.9 2.6	14.9 4.3
30	4 07.5	4 08.2	3 56.2	3.0 0.8	9.0 2.5	15.0 4.1	30	4 22.5	4 23.2	4 10.5	3.0 0.9	9.0 2.6	15.0 4.4
31	4 07.8	4 08.4	3 56.5	3.1 0.9	9.1 2.5	15.1 4.2	31	4 22.8	4 23.5	4 10.8	3.1 0.9	9.1 2.7	15.1 4.4
32	4 08.0	4 08.7	3 56.7	3.2 0.9	9.2 2.5	15.2 4.2	32	4 23.0	4 23.7	4 11.0	3.2 0.9	9.2 2.7	15.2 4.4
33	4 08.3	4 08.9	3 56.9	3.3 0.9	9.3 2.6	15.3 4.2	33	4 23.3	4 24.0	4 11.3	3.3 1.0	9.3 2.7	15.3 4.5
34	4 08.5	4 09.2	3 57.2	3.4 0.9	9.4 2.6	15.4 4.2	34	4 23.5	4 24.2	4 11.5	3.4 1.0	9.4 2.7	15.4 4.5
35	4 08.8	4 09.4	3 57.4	3.5 1.0	9.5 2.6	15.5 4.3	35	4 23.8	4 24.5	4 11.7	3.5 1.0	9.5 2.8	15.5 4.5
36	4 09.0	4 09.7	3 57.7	3.6 1.0	9.6 2.6	15.6 4.3	36	4 24.0	4 24.7	4 12.0	3.6 1.0	9.6 2.8	15.6 4.6
37	4 09.3	4 09.9	3 57.9	3.7 1.0	9.7 2.7	15.7 4.3	37	4 24.3	4 25.0	4 12.2	3.7 1.1	9.7 2.8	15.7 4.6
38	4 09.5	4 10.2	3 58.1	3.8 1.0	9.8 2.7	15.8 4.3	38	4 24.5	4 25.2	4 12.5	3.8 1.1	9.8 2.9	15.8 4.6
39	4 09.8	4 10.4	3 58.4	3.9 1.1	9.9 2.7	15.9 4.4	39	4 24.8	4 25.5	4 12.7	3.9 1.1	9.9 2.9	15.9 4.6
40	4 10.0	4 10.7	3 58.6	4.0 1.1	10.0 2.8	16.0 4.4	40	4 25.0	4 25.7	4 12.9	4.0 1.2	10.0 2.9	16.0 4.7
41	4 10.3	4 10.9	3 58.8	4.1 1.1	10.1 2.8	16.1 4.4	41	4 25.3	4 26.0	4 13.2	4.1 1.2	10.1 2.9	16.1 4.7
42	4 10.5	4 11.2	3 59.1	4.2 1.2	10.2 2.8	16.2 4.5	42	4 25.5	4 26.2	4 13.4	4.2 1.2	10.2 3.0	16.2 4.7
43	4 10.8	4 11.4	3 59.3	4.3 1.2	10.3 2.8	16.3 4.5	43	4 25.8	4 26.5	4 13.6	4.3 1.3	10.3 3.0	16.3 4.8
44	4 11.0	4 11.7	3 59.6	4.4 1.2	10.4 2.9	16.4 4.5	44	4 26.0	4 26.7	4 13.9	4.4 1.3	10.4 3.0	16.4 4.8
45	4 11.3	4 11.9	3 59.8	4.5 1.2	10.5 2.9	16.5 4.5	45	4 26.3	4 27.0	4 14.1	4.5 1.3	10.5 3.1	16.5 4.8
46	4 11.5	4 12.2	4 00.0	4.6 1.3	10.6 2.9	16.6 4.6	46	4 26.5	4 27.2	4 14.4	4.6 1.3	10.6 3.1	16.6 4.8
47	4 11.8	4 12.4	4 00.3	4.7 1.3	10.7 2.9	16.7 4.6	47	4 26.8	4 27.5	4 14.6	4.7 1.4	10.7 3.1	16.7 4.9
48	4 12.0	4 12.7	4 00.5	4.8 1.3	10.8 3.0	16.8 4.6	48	4 27.0	4 27.7	4 14.8	4.8 1.4	10.8 3.1	16.8 4.9
49	4 12.3	4 12.9	4 00.8	4.9 1.3	10.9 3.0	16.9 4.6	49	4 27.3	4 28.0	4 15.1	4.9 1.4	10.9 3.2	16.9 4.9
50	4 12.5	4 13.2	4 01.0	5.0 1.4	11.0 3.0	17.0 4.7	50	4 27.5	4 28.2	4 15.3	5.0 1.5	11.0 3.2	17.0 5.0
51	4 12.8	4 13.4	4 01.2	5.1 1.4	11.1 3.1	17.1 4.7	51	4 27.8	4 28.5	4 15.6	5.1 1.5	11.1 3.2	17.1 5.0
52	4 13.0	4 13.7	4 01.5	5.2 1.4	11.2 3.1	17.2 4.7	52	4 28.0	4 28.7	4 15.8	5.2 1.5	11.2 3.3	17.2 5.0
53	4 13.3	4 13.9	4 01.7	5.3 1.5	11.3 3.1	17.3 4.8	53	4 28.3	4 29.0	4 16.0	5.3 1.5	11.3 3.3	17.3 5.0
54	4 13.5	4 14.2	4 02.0	5.4 1.5	11.4 3.1	17.4 4.8	54	4 28.5	4 29.2	4 16.3	5.4 1.6	11.4 3.3	17.4 5.1
55	4 13.8	4 14.4	4 02.2	5.5 1.5	11.5 3.2	17.5 4.8	55	4 28.8	4 29.5	4 16.5	5.5 1.6	11.5 3.4	17.5 5.1
56	4 14.0	4 14.7	4 02.4	5.6 1.5	11.6 3.2	17.6 4.8	56	4 29.0	4 29.7	4 16.7	5.6 1.6	11.6 3.4	17.6 5.1
57	4 14.3	4 14.9	4 02.7	5.7 1.6	11.7 3.2	17.7 4.9	57	4 29.3	4 30.0	4 17.0	5.7 1.7	11.7 3.4	17.7 5.2
58	4 14.5	4 15.2	4 02.9	5.8 1.6	11.8 3.2	17.8 4.9	58	4 29.5	4 30.2	4 17.2	5.8 1.7	11.8 3.4	17.8 5.2
59	4 14.8	4 15.4	4 03.1	5.9 1.6	11.9 3.3	17.9 4.9	59	4 29.8	4 30.5	4 17.5	5.9 1.7	11.9 3.5	17.9 5.2
60	4 15.0	4 15.7	4 03.4	6.0 1.7	12.0 3.3	18.0 4.9	60	4 30.0	4 30.7	4 17.7	6.0 1.8	12.0 3.5	18.0 5.3

$$(T1+T2)/2 = (11h 02m 30s + 11h 32m 32s)/2 = \text{media dei tempi } 11h 17m 31s$$

Si prosegue con la differenza tra l'ora del culmine del meridiano di Greenwich (ricordo che questo dato si ricava dalle "Effemeridi" Fig.12 frecce in fondo pagina).

Pass. mer. 12h 09m 00s
Media tempi 11h 17m 31s
Differenza oraria 0h 51m 29s

La differenza oraria tra i due culmini dei due meridiani è il tratto A (Fig.14).

Si trasforma, infine, la differenza oraria di arco e si ottiene la longitudine dalla tabella "conversione del tempo in arco" (Fig. 13) risulta:

0h	corrisponde a	0°
51m	corrisponde a	12°45'
29s	corrisponde a	7'.3
longitudine		12°52'.3

Questa è la longitudine al momento del culmine del sole.

Le fasi da seguire secondo questo metodo

- 1) A poco più di mezza mattinata (ore 10.00 locali), preparare il calcolo orario (ora U.T.) in base al punto stimato.
- 2) Circa 15 o 20 minuti prima dell'ora U.T. calcolata, fare il 1° stop orario per la longitudine. Ricordarsi di segnare l'angolo del sestante nella casella "promemoria sestante", (vedi schema Fig.19).
- 3) Subito dopo iniziare a misurare, con il sestante, fino alla massima altezza del sole, per la latitudine.
- 4) Rimettere nel sestante l'angolo relativo al 1° stop orario (vedi pro.memoria sestante) e prepararsi al 2° stop orario (per la longitudine).
- 5) Completare i calcoli seguendo la scheda e aiutati dalle Effemeridi.
- 6) Segnare il "Punto nave" sulla carta nautica.

Inconvenienti di questo metodo

L'unico inconveniente è trovare il sole coperto dalle nuvole, sia per calcolare la latitudine, sia per la longitudine. Per la latitudine non c'è nulla da fare. Per la longitudine, invece, se la giornata si presenta con nuvole e il sole va e viene, si possono fare più stop orari prima del culmine, sperando di avere buono almeno un angolo da ritrovare al secondo stop orario. Se il cielo è completamente coperto non rimane che proseguire la navigazione con il "punto stimato" e rimandare al giorno seguente. Comunque, in estate, nel mar Mediterraneo, a parte qualche grossa perturbazione, vi si riesce sempre. Anche chi passerà Gibilterra, per navigare verso le Canarie e Caraibi, non avrà difficoltà a operare con questo metodo.

Figura 18

CORREZIONI DELLE ALTEZZE DI SOLE

PRIMA CORREZIONE				SECONDA CORREZIONE				TERZA CORREZIONE		
Elevazione dell'occhio				Altezza osservata				Mese	Lembo	
									Inferiore	Superiore
m		'''	''	''	'	''	'			
0.34	18.9	13.41	13.5	4 23	5.2	9 44	10.7	GENNAIO	40.3	7.7
0.43	18.8	13.72	13.4	4 26	5.3	9 56	10.8	FEBBRAIO	40.2	7.8
0.49	18.7	14.33	13.3	4 29	5.4	10 08	10.9	MARZO	40.1	7.9
0.58	18.6	14.63	13.2	4 32	5.5	10 20	11.0	APRILE	40.0	8.0
0.67	18.5	14.94	13.1	4 36	5.6	10 33	11.1	MAGGIO	39.8	8.2
0.76	18.4	15.54	13.0	4 39	5.7	10 46	11.2	GIUGNO	39.8	8.2
0.85	18.3	15.85	12.9	4 42	5.8	11 00	11.3	LUGLIO	39.8	8.2
0.98	18.2	16.46	12.8	4 46	5.9	11 14	11.4	AGOSTO	39.8	8.2
1.10	18.1	16.76	12.7	4 49	6.0	11 29	11.5	SETTEMBRE	39.9	8.1
1.22	18.0	17.37	12.6	4 53	6.1	11 45	11.6	OTTOBRE	40.1	7.9
1.34	17.9	17.68	12.5	4 56	6.2	12 01	11.7	NOVEMBRE	40.2	7.8
1.49	17.8	18.29	12.4	5 00	6.3	12 18	11.8	DICEMBRE	40.3	7.7
1.62	17.7	18.90	12.3	5 04	6.4	12 35	11.9			
1.77	17.6	19.20	12.2	5 08	6.5	12 54	12.0			
1.92	17.5	19.81	12.1	5 12	6.6	13 13	12.1			
2.10	17.4	20.42	12.0	5 16	6.7	13 33	12.2			
2.26	17.3	20.73	11.9	5 20	6.8	13 54	12.3			
2.44	17.2	21.34	11.8	5 24	6.9	14 16	12.4			
2.62	17.1	21.95	11.7	5 28	7.0	14 40	12.5			
2.80	17.0	22.56	11.6	5 32	7.1	15 04	12.6			
2.99	16.9	22.86	11.5	5 37	7.2	15 30	12.7			
3.20	16.8	23.47	11.4	5 41	7.3	15 57	12.8			
3.41	16.7	24.08	11.3	5 46	7.4	16 26	12.9			
3.63	16.6	24.69	11.2	5 51	7.5	16 56	13.0			
3.84	16.5	25.30	11.1	5 55	7.6	17 28	13.1			
4.05	16.4	25.91	11.0	6 00	7.7	18 02	13.2			
4.30	16.3	26.52	10.9	6 05	7.8	18 38	13.3			
4.54	16.2	26.82	10.8	6 11	7.9	19 17	13.4			
4.79	16.1	27.43	10.7	6 16	8.0	19 58	13.5			
5.03	16.0	28.04	10.6	6 21	8.1	20 42	13.6			
5.30	15.9	28.65	10.5	6 27	8.2	21 28	13.7			
5.58	15.8	29.26	10.4	6 32	8.3	22 19	13.8			
5.82	15.7	29.87	10.3	6 38	8.4	23 13	13.9			
6.13	15.6	30.78	10.2	6 44	8.5	24 11	14.0			
6.40	15.5	31.39	10.1	6 50	8.6	25 14	14.1			
6.71	15.4	32.00	10.0	6 56	8.7	26 22	14.2			
6.98	15.3	32.61	9.9	7 03	8.8	27 36	14.3			
7.28	15.2	33.22	9.8	7 09	8.9	28 56	14.4			
7.59	15.1	33.83	9.7	7 16	9.0	30 24	14.5			
7.92	15.0	34.44	9.6	7 23	9.1	32 00	14.6			
8.26	14.9	35.36	9.5	7 30	9.2	33 45	14.7			
8.56	14.8	35.97	9.4	7 37	9.3	35 40	14.8			
8.90	14.7	36.58	9.3	7 44	9.4	37 48	14.9			
9.27	14.6	37.19	9.2	7 52	9.5	40 08	15.0			
9.60	14.5	38.10	9.1	8 00	9.6	42 44	15.1			
9.97	14.4	38.71	9.0	8 08	9.7	45 36	15.2			
10.33	14.3	39.32	8.9	8 16	9.8	48 47	15.2			
10.70	14.2	40.23	8.8	8 25	9.9	52 18	15.3			
11.06	14.1	40.84	8.7	8 34	10.0	56 11	15.4			
11.46	14.0	41.45	8.6	8 43	10.1	60 28	15.5			
11.86	13.9	42.37	8.5	8 52	10.2	65 08	15.6			
12.22	13.8	42.98	8.4	9 02	10.3	70 11	15.7			
12.65	13.7	43.89	8.3	9 12	10.4	75 34	15.8			
13.05	13.6	44.50	8.2	9 23	10.5	81 13	15.9			
13.47		45.42		9 33	10.6	87 03	16.0			
				9 44		90 00				

NOTA

Se l'altezza osservata, o l'elevazione dell'occhio, corrisponde esattamente al valore della tavola, scegliere il valore superiore fra le due correzioni possibili.

Le correzioni sono tutte positive, ma dall'altezza calcolata bisogna togliere 1' per avere l'altezza vera.

Figura 19

data _____	In navigazione da _____ a _____ Rv. _____	Punto φ s _____ ° ' _____ stimato λ s _____ ° ' _____	
CALCOLO DELLA LATITUDINE			
CALCOLO ORARIO	DECLINAZIONE	ALTEZZA VERA	LATITUDINE (3)
Pass. _____ h m _____ Mer. _____ Long. _____ h m s = Stim. (1) _____ U.T. _____ h m s A	Dec. _____ ° ' _____ P.P.(2) _____ ° ' _____ Dec. _____ ° ' _____ corretta _____ B	d= _____ hi _____ ° ' _____ y _____ ° ' _____ h ₀ _____ ° ' _____ c ₁ _____ ° ' _____ c ₂ _____ ° ' _____ c ₃ _____ ° ' _____ _____ ° ' _____ _____ ° ' _____ 1° 00' .0 = _____ ° ' _____ hv _____ ° ' _____ C	yv _____ ° ' _____ = Dz _____ ° ' _____ = Dec. ± _____ ° ' _____ = Latitudine _____ ° ' _____ = D
(1) Trasformare la Longitudine stimata in tempo e sommare se si è a Ovest di Greenwich sottrarre se si è a Est di Greenwich			
(2) Dec. Nord / d+ = sommare / Dec Sud : d+ = sottrarre Dec. Nord / d- = sottrarre / Dec Sud : d- = sommare			
(3) Latitudine = 90° - hv = Dz ± Dec (i 90° si scompongono in 89° 59' .10)			
CALCOLO DELLA LONGITUDINE			
$T_1 = \frac{h}{\quad} \frac{m}{\quad} \frac{s}{\quad} (\pm \text{errore orologio}) \frac{s}{\quad} = T_1 \text{ corretto } \frac{h}{\quad} \frac{m}{\quad} \frac{s}{\quad}$			
$T_2 = \frac{h}{\quad} \frac{m}{\quad} \frac{s}{\quad} (\pm \text{errore orologio}) \frac{s}{\quad} = T_2 \text{ corretto } \frac{h}{\quad} \frac{m}{\quad} \frac{s}{\quad}$			
$\frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{\frac{h}{\quad} \frac{m}{\quad} \frac{s}{\quad} + \frac{h}{\quad} \frac{m}{\quad} \frac{s}{\quad}}{2} = \text{media dei tempi } \frac{h}{\quad} \frac{m}{\quad} \frac{s}{\quad}$			
Pass. Mer. $\frac{h}{\quad} \frac{m}{\quad} \frac{s}{\quad} - \text{media dei tempi } \frac{h}{\quad} \frac{m}{\quad} \frac{s}{\quad} = \text{differenza oraria } \frac{h}{\quad} \frac{m}{\quad} \frac{s}{\quad}$ Trasformare la differenza oraria in arco per ottenere la Longitudine			
Ore _____ corrisponde a _____ ° _____ + Minuti _____ corrisponde a _____ ° _____ + Secondi _____ corrisponde a _____ ° _____ = LONGITUDINE _____ ° _____			
Scheda da fotocopiare e utilizzare per fare il punto nave con il sestante			