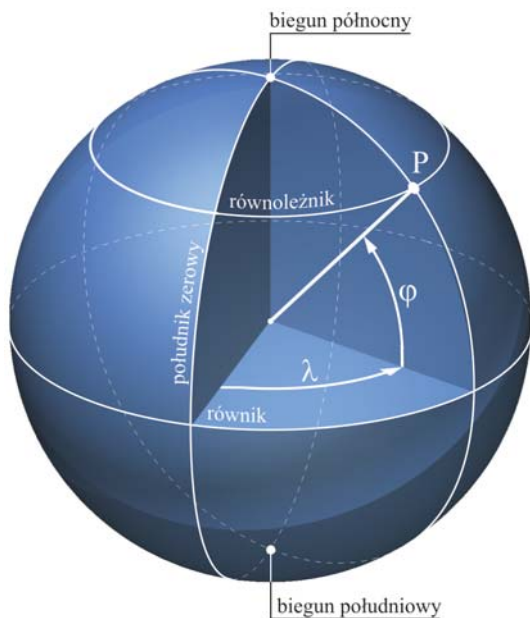


Miejsce przecięcia się południka zerowego z równikiem stanowi początek układu współrzędnych, umożliwiających jednoznaczne określenie położenia dowolnego punktu na powierzchni Ziemi. Współrzędnymi, o których mowa, są: długość geograficzna i szerokość geograficzna.



Rys. 2.1. Siatka geograficzna oraz ilustracja szerokości (φ) i długości geograficznej (λ) punktu P

Długość geograficzna punktu P jest to kąt zawarty między płaszczyzną południka zerowego a płaszczyzną południka przechodzącego przez ten punkt. Symbolem długości jest grecka mała litera λ (lambda), a wymiarem – wymiar kąta (stopnie, minuty, sekundy).

Długość geograficzna jest liczona od południka zerowego na wschód lub zachód (od 0 do 180°). Punkty leżące na wschód od południka zerowego mają długość wschodnią, wyróżnianą literą E lub znakiem plus (+). Na przykład długość geograficzna Gdańska jest $\lambda = 18^{\circ}40'E$ lub $\lambda = +18^{\circ}40'$. Punkty leżące na zachód od południka zerowego mają długość geograficzną zachodnią, wyróżnianą literą W lub znakiem minus (-). Na przykład długość geograficzna San Francisco jest $\lambda = 122^{\circ}26'W$ lub $\lambda = -122^{\circ}26'$.

Szerokość geograficzna punktu P jest to kąt zawarty między płaszczyzną równika a linią pionu (promieniem Ziemi) przechodzącą przez ten punkt. Symbolem szerokości jest grecka mała litera φ (fi), a wymiarem – wymiar kąta.

Szerokość geograficzna jest liczona na północ lub na południe od płaszczyzny równika (od 0 do 90°). Punkty leżące na północ od równika mają szerokość północną, wyróżnianą literą N lub znakiem (+) plus. Na przykład szerokość geograficzna Gdańska jest $\varphi = 54^{\circ}24'N$ lub $\varphi = +54^{\circ}24'$. Punkty

leżące na południe od płaszczyzny równika mają szerokość południową, wyróżnianą literą S lub znakiem (–) minus. Na przykład szerokość geograficzna Buenos Aires jest $\varphi = 34^{\circ}35'S$ lub $\varphi = -34^{\circ}35'$.

2.2. Jednostki miar stosowane w nawigacji

Wielkościami, które są mierzone na morzu przy użyciu odmiennych niż na lądzie jednostek miar, są: długość (odległość, zdarza się, że głębokość i wysokość), prędkość i częściowo kąt (kierunek).

Podstawową jednostką odległości, przyjętą w nawigacji, jest **mila morska** (Mm). Jedna mila morska jest równa długości jednej minuty koła wielkiego

$$1\text{Mm} = \frac{2\pi R}{360 \times 60} = \frac{2 \times 3,14 \times 6370 \times 10^3 \text{ m}}{360 \times 60} = 1852 \text{ m}$$

Dziesiąta część mili morskiej nazywa się kablem [kbl].

$$1 \text{ kbl} = 185,2 \text{ m}$$

W nawigacji stosowano też na starych mapach Admiralicji Brytyjskiej angielskie miary długości:

$$1 \text{ stopa} = 0,3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ sążeń} = 6 \text{ stóp} = 1,8288 \text{ m}$$

W sążniach i stopach określało się głębokość, a w stopach wysokość. Obecnie wielkości te są mierzone w metrach.

Jednostką prędkości na morzu jest **węzeł** [w]. Prędkość jednego węzła jest to prędkość statku pokonującego odległość jednej mili morskiej w czasie jednej godziny.*

$$1 \text{ węzeł} = 1 \text{ Mm/h}$$

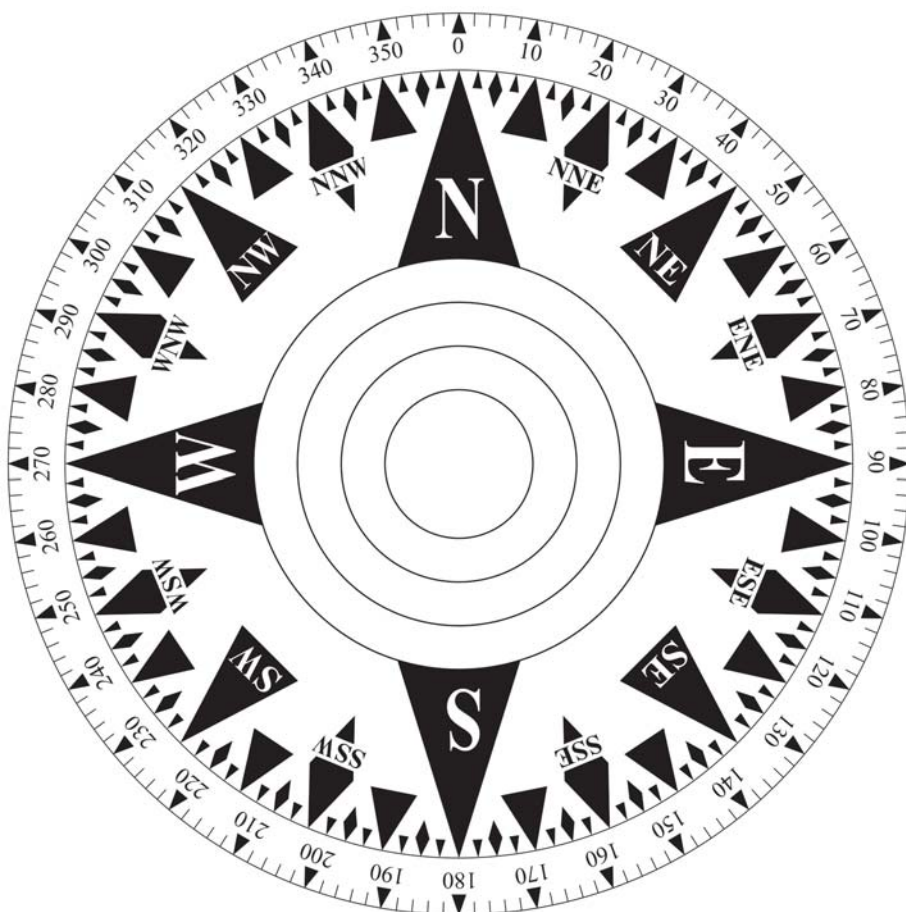
Kierunek na morzu jest to linia prosta przechodząca przez punkt, w którym znajduje się obserwator, i punkt, ku któremu zmierza statek lub w którym znajduje się obiekt obserwacji. Kierunek ten określa się za pomocą kąta, jaki go dzieli od innego kierunku, uznanego za kierunek odniesienia. Kierunkiem odniesienia bywa najczęściej północna część linii N–S, czyli stycznej do południka w miejscu obserwatora.

Kierunek oznacza się na morzu za pomocą stopni lub rumbów. **Rumb** jest to kąt równy 1/32 kąta pełnego

$$1 \text{ rumb} = \frac{360^{\circ}}{32} = 11\frac{1}{4} \text{ stopnia}$$

* $1 \text{ w} = 1 \text{ Mm/h} = 0,514 \text{ m/s}$. Odległość 0,514 m, którą w ciągu sekundy przebywa statek płynący z prędkością 1 w nosi nazwę tercji południowej.

Każdy rumb ma swą nazwę: North, North by East,* North North East itd. Podział okręgu na rumby z wyszczególnieniem ich symboli według nomenklatury angielskiej pokazano na rysunku 2.2, przedstawiającym wyskalowaną w rumbach różę kompasu dawnego typu.



Rys. 2.2. Róża kompasowa z podziałką w stopniach i rumbach

Obecnie rumbów używa się tylko do wskazywania przybliżonego kierunku położenia obiektów na morzu oraz do oznaczania kierunków wiatru i prądu. Wiatr określa się według kierunku, z którego wieje, prąd – według kierunku, w którym płynie.

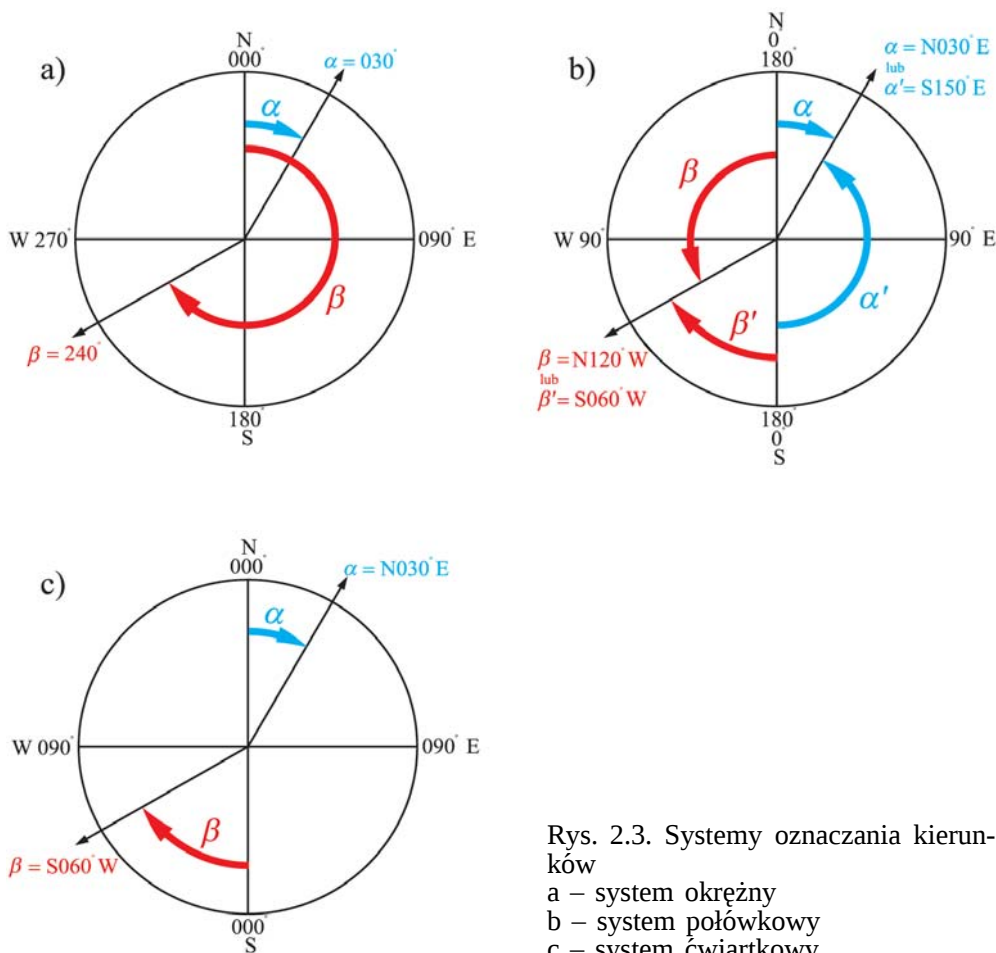
W większości przypadków miarą kierunków na morzu są stopnie. Stosuje się przy tym trzy systemy określania kierunków:

- system okrężny (0...360°),

* Wg nomenklatury angielskiej; stosuje się też niemiecką (Nord zu Ost itd.), holenderską (Nord ten Ost) i polską (północ ku wschodowi).

- system połówkowy ($0...180^\circ$),
- system ćwiartkowy ($0...90^\circ$).

W systemie okrężnym kierunki są liczone od kierunku północy (000°) przez wschód (090°), południe (180°) i zachód (270°) aż do 360° .^{*} Sposób oznaczania kierunków w tym systemie jest pokazany na rysunku 2.3a.



W systemie połówkowym kierunki liczy się od kierunku północy (000°) do 180° lub (rzadziej) od południa przez wschód lub zachód.

Sposób oznaczania kierunków w systemie połówkowym i formę zapisu podano na rysunku 2.3b. W systemie ćwiartkowym kierunki są liczone od północy ($000^\circ N$) lub południa ($000^\circ S$) do 090° , w prawo lub w lewo, zależnie od tego, przez którą ćwiartkę okręgu biegnie określony kierunek (rys. 2.3c).

^{*} Przy oznaczaniu kierunków na mapie, w dzienniku jachtowym i w innych przypadkach często pomija się symbol oznaczający stopień.

Należy pamiętać, że w pewnych przypadkach kierunki w systemie okrężnym liczy się w przeciwnym kierunku (od N przez W), przy czym kąt przyjmuje wówczas wartość ujemną.

Przykład 2.1

Zamienić kierunki 030° , 120° , 250° , 300° oraz 120° systemu okrężnego na odpowiadające im kierunki w systemach połówkowym i ćwiartkowym.

Rozwiązanie

System okrężny	System połówkowy	System ćwiartkowy
030°	N 030° E lub S 150° E	N 030° E
120°	N 120° E lub S 060° E	S 060° E
250°	N 110° W lub S 070° W	S 070° W
300°	N 060° W lub S 120° W	N 060° W
-120°	N 120° W lub S 060° W	S 060° W

Uwaga:

W celu uniknięcia pomyłek przy odczycie, wartości kąta wyrażone w pełnych stopniach należy zawsze zapisywać w postaci trzycyfrowej, dodając na początku w razie potrzeby zero lub dwa zera, na przykład 40° należy pisać 040° , a 3° jako 003° .

Czasami stosuje się również zapisy uwzględniające części stopnia, na przykład $35\frac{1}{2}$ pisze się $035\frac{1}{2}$ lub $035,5^\circ$. Często pomija się symbole stopni (np. N030E). Niektórzy nawigatorzy litery występujące w zapisie kierunku grupują na końcu (np. 030NE).

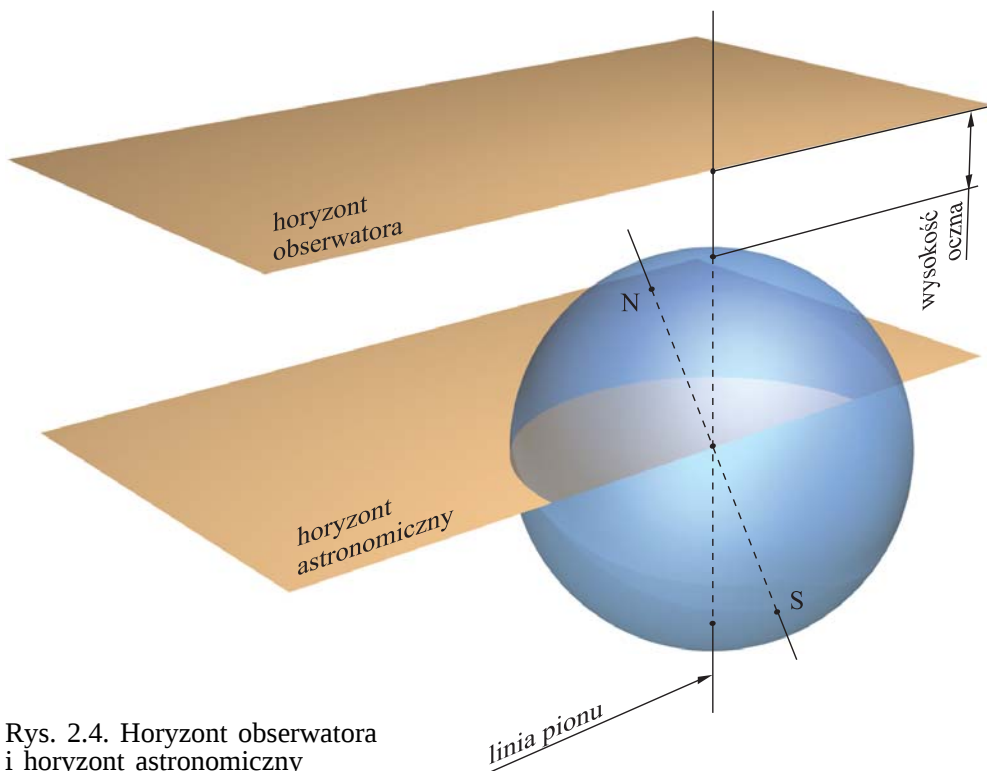
2.3. Horyzont i widnokrąg

Wyniki licznych obserwacji nawigacyjnych są związane z położeniem horyzontu obserwatora (rys. 2.4).

Horyzont obserwatora jest to płaszczyzna prostopadła do linii pionu przechodzącej przez miejsce obserwatora i oddalona od powierzchni Ziemi o odległość równą wzniesieniu nad tę powierzchnię oczu obserwatora, czyli o tzw. wysokość oczną.

Płaszczyzna równoległa do horyzontu obserwatora, lecz przechodząca przez środek Ziemi, nosi nazwę **horyzontu astronomicznego**.

Zakładając, że światło rozchodzi się po liniach prostych, łatwo zauważyć, iż zasięg wzroku obserwatora jest ograniczony linią widnokręgu (rys. 2.5) i zależy od wysokości ocznej obserwatora.



Rys. 2.4. Horyzont obserwatora i horyzont astronomiczny

Widnokręgiem* jest miejsce geometryczne punktów styczności między powierzchnią Ziemi a tworzącymi stożka, którego wierzchołek wyznaczają oczy obserwatora. Znajomość odległości widnokręgu jest istotna, gdyż umożliwia na przykład ocenę dystansu dzielącego jacht od brzegu. Wzór wiążący odległość widnokręgu d z wysokością oczną h można łatwo wyprowadzić, wykorzystując twierdzenie Pitagorasa dla trójkąta prostokątnego OBC (rys. 2.6).

$$(R + h)^2 = d^2 + R^2$$

Stąd

$$d = \sqrt{2Rh + h^2} \cong \sqrt{2Rh}$$

gdyż

$$h^2 \ll 2hR$$

Podstawiając wartość średniego promienia kuli ziemskiej $R = 6370 \times 10^3$ m i dzieląc wynik przez 1852 m w celu uzyskania odległości w milach morskich, otrzymuje się

* Widnokrąg jest powszechnie, choć nieprawidłowo, nazywany horyzontem.