

Wykład 4 - KIERUNKI NA MORZU

Jednymi z najważniejszych elementów nawigacji są kurs i namiar, czyli kierunki, którymi posługujemy się permanentnie, aby dotrzeć tam gdzie zamierzaliśmy. Każdy jakkolwiek kierunek, który wyrażamy musi mieć bazę odniesienia, czyli punkt, od którego ten kierunek liczymy. Na morzu takim punktem odniesienia dla określania kierunku: kursu lub namiaru, są południki.

W nawigacji mamy doczynienia z czterema południkami, od których liczymy kierunki, kursy i namiary [Tab.10]:

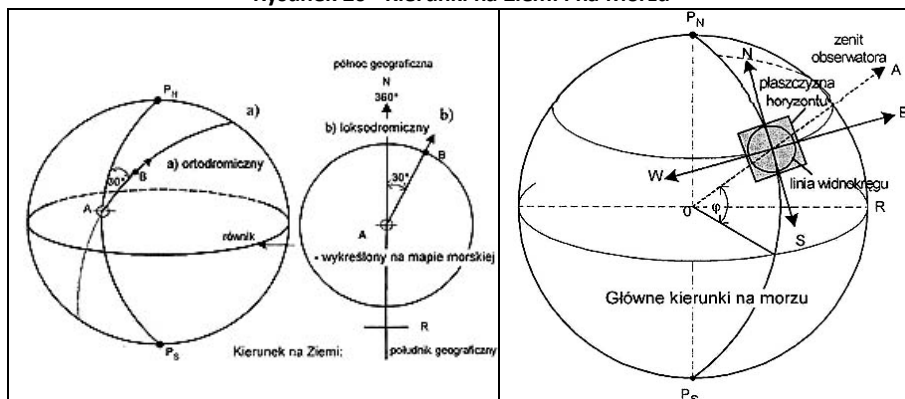
Tabela 10 - Południki odniesienia w nawigacji morskiej

KIERUNEK RZECZYWISTY	Południk (kierunek) rzeczywisty, czyli linia N-S rzeczywista – koło wielkie przechodzące przez oba teoretyczne bieguny (miejsca przechodzenia osi obrotu ziemi).
KIERUNEK ŻYROKOMPASOWY	Południk (kierunek) żyrokompasowy, czyli linia N _z -S _z żyrokompasowa – koło wielkie wyznaczające płaszczyznę wskazywaną przez żyrokompas. Różni się on od południka rzeczywistego o błąd urządzenia, jaki wytwarza w zależności od szerokości geograficznej żyrokompas.
KIERUNEK MAGNETYCZNY	Południk (kierunek) magnetyczny to koło wielkie przechodzące przez bieguny magnetyczne ziemi, to płaszczyzna, w której ustawia się igła magnetyczna, na którą działa jedynie magnetyzm ziemski. (N _m – S _m).
KIERUNEK KOMPASOWY	Południk (kierunek) kompasowy to płaszczyzna koła wielkiego, w której ustawia się igła kompasu magnetycznego, na którą działają siły magnetyzmu ziemskiego i okrętowego (statkowego) – N _k – S _k .

Jak widać z powyższego kierunek na ten sam punkt na morzu może mieć różną wartość w zależności, od jakiej bazy będzie liczony. Z zasady różnice te są niewielkie, ale w niektórych rejonach świata, w szczególności na wysokich szerokościach, mogą być bardzo znaczne. W praktyce całą nawigację sprowadzamy do wyrażenia kierunku jednoznacznie, czyli do kierunku rzeczywistego, który uzyskujemy poprzez dodanie lub odjęcie stosownych poprawek: deklinacji [d], dewiacji [δ], czy poprawki żyrokompasu [pż].

Zanim jeszcze przystąpimy do bardziej szczegółowego określania sposobów liczenia kierunków na morzu musimy mieć świadomość, że nasza ziemia jest geoidą zbliżoną do elipsoidy obrotowej a w nawigacji przyjmujemy umownie, że jest kulą.

Rysunek 20 - Kierunki na Ziemi i na Morzu



W praktyce nawigacyjnej używamy map płaskich gdzie została kulista ziemia rozplaszczona. Na tej mapie w układzie Mercatora wszystkie południki idą względem siebie równoległe, co powoduje pewne zniekształcenie powierzchni lądowych. Kierunki na takich mapach kreślimy linią prostą, choć w rzeczywistości najkrótszą drogą między punktami A i B byłaby linią krzywą wybrzuszoną w kierunku biegunów. Najkrótszą drogę między dwoma punktami nazywamy **ORTODROMĄ** i jest to fragment koła wielkiego przechodzącego przez interesujące nas punkty. Na mapie Merkatora będzie to linia krzywa przecinająca każdy południk pod innym kątem.

Na mapie nawigacyjnej (Mercatora) wykreślony kurs jest linią prostą przecinającą wszystkie południki pod takim samym kątem – linię tą nazywamy **LOKSODROMĄ** i w praktyce jest ona podstawowym elementem naszej nawigacji.

Żegluga ortodromą jest krótsza od drogi loksodromicznej, ale różnica na niewielkich odległościach jest niewielka i dla nawigacyjnej wygody żeglujemy odcinkami loksodromicznymi. Jedynie w żegludze oceanicznej, gdzie zysk na odległości jest znaczny, żeglujemy z zasady po ortodromie. W takim wypadku jesteśmy zmuszeni do ciągłej zmiany kursu, gdyż ortodroma przecina każdy południk pod innym kątem. Dla wykreślenia ortodromy stosuje się mapy gnomoniczne, gdzie południki są zbieżne ku biegunom i ortodroma na tych mapach jest linią prostą.

W praktyce żegluga ortodromą polega na żegludze odcinkami loksodromicznymi, co stopień lub 5 długości geograficznej [λ]. Nawigator musi określić punkty zwrotu na ortodromie gdzie statek musi zmienić kurs dostosowując drogę do przebiegi ortodromy.

Kursy

Podstawą żeglugi jest oczywiście KURS statku. W dzisiejszych czasach, przy zastosowaniu wyspecjalizowanej elektroniki, w praktyce mamy doczynienia z kursem rzeczywistym, czyli takim, jakim poruszamy się w rzeczywistości, który jest liczony od południka rzeczywistego, przechodzącego przez biegun rzeczywisty. Nowoczesne żyrokompasy nawet, jeśli posiadają jakiś błąd związany z szerokością geograficzną i szybkością statku w wyniku automatycznej korekcji tych błędów też podają kurs rzeczywisty. Jeżeli istnieje błąd, to jego wartość jest mniejsza jak błąd sterowania (poniżej $0,5^\circ$).

Na starych statkach, lub niedoposażonych, gdzie żegluga odbywa się według kompasu magnetycznego, mamy doczynienia z koniecznością przeliczania wskazań kompasu tak, aby otrzymać kurs rzeczywisty. Każdy statek współczesny jest wyposażony w kompas magnetyczny, który umożliwi żeglugę, kiedy nastąpi jakaś awaria systemów elektronicznych, czy też po prostu zabraknie zasilania.

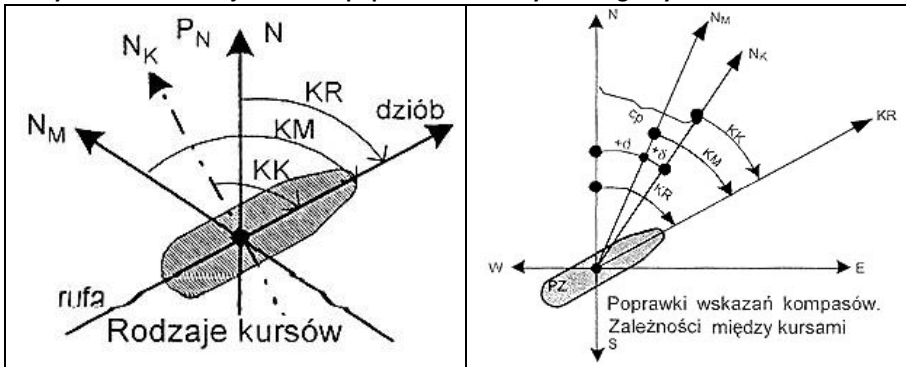
Nie tak dawno żeglując przez Polinezję starym, kupionym od Filipińczyków statkiem, byłem zmuszony do nawigowania bardzo tradycyjnego, gdyż statek ten nie posiadał żadnej elektroniki i podstawą nawigacji był kompas magnetyczny f-my Sestrel.

Mimo nowoczesnej elektroniki nawigator, każdy marynarz powinien zaznajomić się z tradycyjnymi sposobami nawigacji a więc i wyznaczania kursów i namiarów. Na rysunku 24 [Rys.24] mamy pokazane wszystkie składowe kursów a na rysunku 26 [Rys.26] składowe namiarów nałożone na standardową tarczę kompasową i tu łatwo dostrzec zależności między nimi.

Tabela 11 - Rodzaje kursów na morzu

KURS RZECZYWISTY – [KR]	Kąt między północną częścią rzeczywistej linii N-S a dziobową częścią linii symetrii statku
KURS ŻYROKOMPASOWY – [KŻ]	Kąt między północną częścią żyrokompasowej linii N-S a dziobową częścią linii symetrii statku.
KURS MAGNETYCZNY – [KM]	Kąt między północną częścią południka magnetycznego a dziobową częścią linii symetrii statku
KURS KOMPASOWY – [KK]	Kąt między północną częścią kompasowej linii N-S a dziobową częścią linii symetrii statku.

Rysunek 21 - Rodzaje kursów i poprawek związanych z magnetyzmem ziemi i statku.

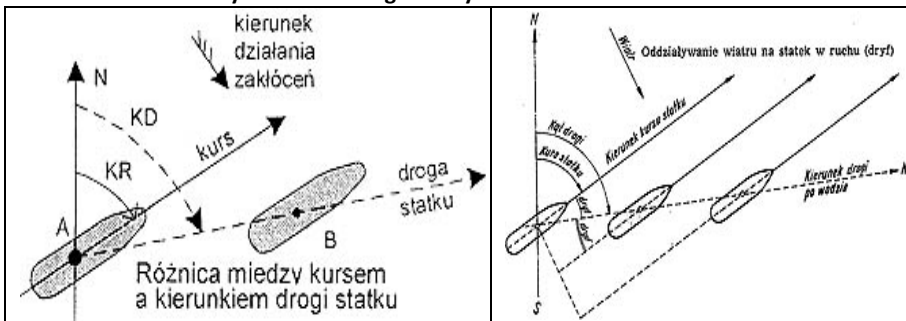


Z kursem rzeczywistym [KR] mamy doczynienia w warunkach bezwietrznych i bezprądowych, tzn. takich, kiedy żaden czynnik zewnętrzny nie ma wpływu na drogę naszego statku. W praktyce tak zdarza się bardzo rzadko, w większości wypadków statek jest spychany ze swojego kursu przez wiatr i często też przez prąd, który w rejonach pływowych jest bardzo silny. A więc mamy doczynienia z nowymi kursami, które będą uwzględniać wpływ warunków zewnętrznych – hydrometeorologicznych.

Tabela 12 - Kursy uwzględniające warunki hydro-meteorologiczne.

KĄT DROGI PO WODZIE – [KD _w]	Aktualny lub planowany kierunek między pozycją wyjściową a docelową z uwzględnieniem wiatru ($\pm pw$)
KĄT DROGI NAD DNEM (track made good) – [KD _d]	Aktualny lub planowany kierunek między dwoma pozycjami uwzględniający całkowity zнос ($\pm czn$) = (suma wpływu wiatru i prądu = $(\pm pp) + (\pm pw)$).

Rysunek 22 - Droga rzeczywista statku nad dnem



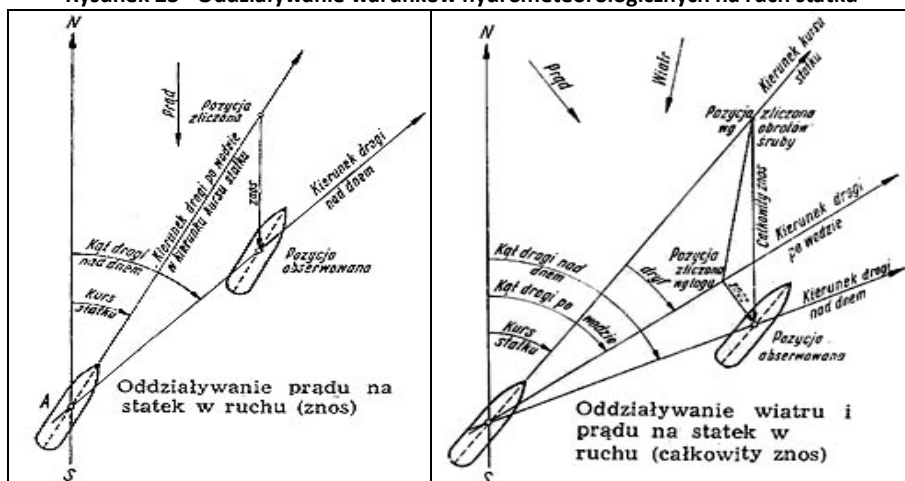
Aby uzyskać kursy wymienione w tabeli [Tab.12] musimy do kursu rzeczywistego [KR] dodać stosowne poprawki uwzględniające nasz znos.

Poprawki wykazane w tabeli [Tab.13] dawniej określano empirycznie, z doświadczenia wg widocznego kilwateru, określano to „na oko”. Weryfikowano swoje oceny po określeniu dwóch pozycji terestrycznych, które dawały możliwość określenia rzeczywistej drogi, jaką statek przepłynął między dwoma punktami i porównywano wynik z kursem, jakim sterował sternik – różnica była całkowitym znosem.

Tabela 13 - poprawki do kursu uwzględniające warunki hydrometeorologiczne.

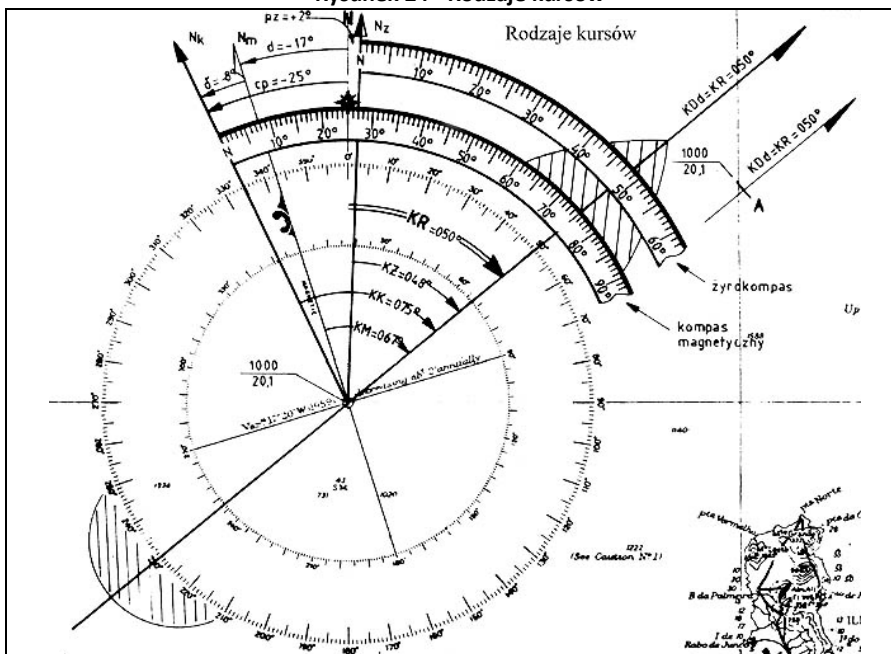
POPRAWKA NA WIATR (±pw)	poprawka dla uwzględnienia bocznego działania wiatru „+” gdy wiatr wieje z lewej burty i „-”, gdy z prawej
POPRAWKA NA PRĄD (±pp)	poprawka dla uwzględnienia bocznego działania prądu „+” gdy prąd znosi w prawo i „-”, gdy w lewo
CAŁKOWITY ZNOS (±czn)	Poprawka całkowita – uwzględniająca i wiatr i prąd, jest sumą algebraiczną poprawki na wiatr i prąd (czn = pw + pp)

Rysunek 23 - Oddziaływanie warunków hydrometeorologicznych na ruch statku



Obecnie, przy elektronicznych systemach pozycjonowania problem taki już praktycznie nie istnieje, gdyż nowoczesne urządzenia podają każdą poprawkę, o jaką „zapytamy” urządzenie, które w krótkich odstępach czasu (niemal ciągle) oblicza pozycję statku.

Rysunek 24 - Rodzaje kursów



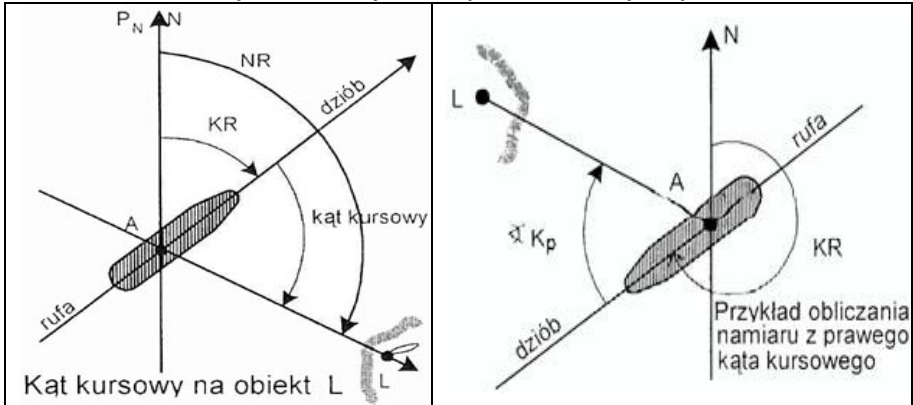
Namiary

Drugim elementem w nawigacji, który wykorzystuje płaszczyzny południków odniesienia jest namiar, czyli kierunek, w jakim widzimy dany obiekt ze statku. Może to być latarnia, nabieżnik, boja, wieża na lądzie lub inny statek. Tak jak i kursy, namiary będą odnosiły się do określonych południków. Jeżeli namiernik przy pomocy, którego wykonujemy namiar jest ustawiony na repetytorze żyrokompasu to będziemy mieli doczynienia z namiarem żyrokompasowym. Natomiast, jeśli na pelengowym ustawimy namiernik na kompasie głównym statku (magnetycznym) to będziemy mieli doczynienia z namiarem kompasowym. Często spotykamy też na skrzydłach jedynie tarcze namiarowe, które pozwalają jedynie na określenie dokładne kąta kursowego, do którego należy dodać kurs aby uzyskać namiar.

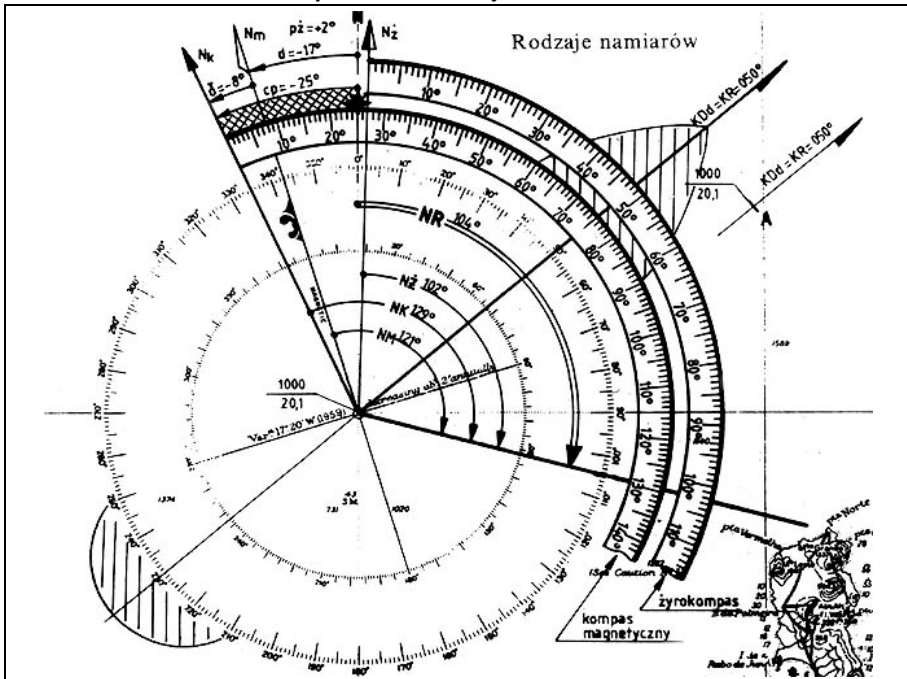
Tabela 14 - Rodzaje namiarów

NAMIAR RZECZYWISTY (NR)	kąt pomiędzy północną częścią południka rzeczywistego a kierunkiem na obiekt
NAMIAR ŻYROKOMPASOWY (NŻ)	kąt pomiędzy północną częścią żyrokompasowej linii N-S a kierunkiem na obiekt.
NAMIAR MAGNETYCZNY (NM)	kąt pomiędzy północną częścią linii magnetycznej N-S a kierunkiem na obiekt.
NAMIAR KOMPASOWY (NK)	kąt pomiędzy północną częścią kompasowej linii N-S a kierunkiem na obiekt.

Rysunek 25 - Kąt kursowy a namiar rzeczywisty.



Rysunek 26 - Rodzaje namiarów



Poprawki kierunków, kursów i namiarów

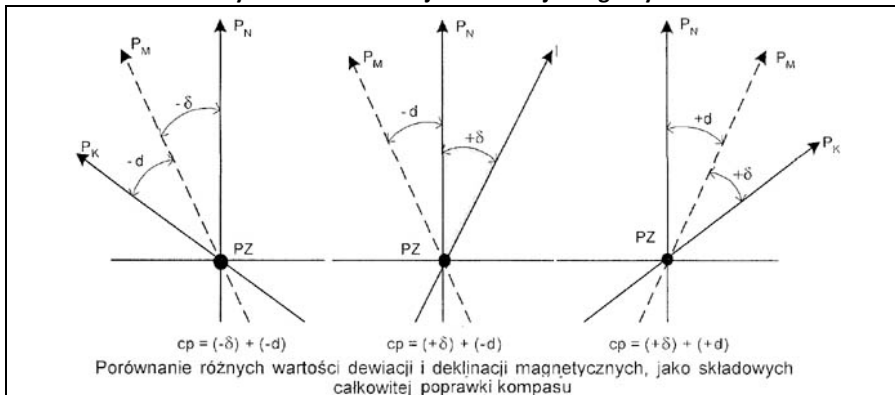
Wszystkie omówione powyżej kierunki, kursy i namiary zależne są od wielu czynników i odczytana wartość z urządzeń wskazujących jakiś parametr musi być poprawiona o wartość

wynikającą czy to z błędu urządzenia czy też magnetyzmu ziemskiego lub statkowego.

Tabela 15 - Poprawki do kursów i namiarów

POPRAWKA ŻYROKOMPASU (pż)	Kąt zawarty między północną częścią linii rzeczywistej N-S a linią żyrokompasu - składa się ze stałego błędu konstrukcyjnego żyrokompasu i jego dewiacji zależnej od prędkości statku (V_s) i szerokości geograficznej (φ°). Zależność od szybkości i szerokości w nowoczesnych żyrokompasach jest automatycznie korygowana. Błąd stały jest wykazany w metryce żyrokompasu ($1-2^\circ$) (+E & -W). Poprawka żyrokompasu (pż) jest dodawana w celu uzyskania rzeczywistych kursów i namiarów, algebraicznie.
DEKLINACJA MAGNETYCZNA (d)	Kąt między północną częścią rzeczywistej linii N-S a północną częścią magnetycznej linii N-S. (+E & -W)
DEWIACJA KOMPASU (δ)	Kąt zawarty między północną częścią magnetycznej linii N-S a północną częścią kompasowej linii N-S
CAŁKOWITA POPRAWKA (cp)	Algebraiczna suma dewiacji (δ) i deklinacji (d) [$cp = d + \delta$]

Rysunek 27 - Dewiacja i deklinacja magnetyczna



Dla ułatwienia nawigatorom zapamiętania kolejności i składu poprawek ułożono pewien algorytm postępowania w formie matematycznej drabinki [Tab.16], której poszczególne szczeble dodają się i odejmują w zależności czy po niej wchodzimy (+), czy schodzimy (-). System może być stosowany zarówno do kursów jak i namiarów. Dobrze jest znać ten schemat gdyż w Dziennikach Okrętowych jeszcze na wielu statkach wypełnia się wszystkie rubryki dotyczące kursów i namiarów. Wielu kapitanów słusznie uważa, że przypomnianie klasycznej nawigacji w elektronicznym

świecie żeglugi jest konieczne i na każdym kroku zwraca uwagę na to młodym oficerom.

Tabela 16 - Drabinka kursowa

KDd			KĄT DROGI NAD DNEM
$\pm pp$	CAŁKOWITY ZNOS Czn = ($\pm pp$) + ($\pm pw$)	pp > „+” jeśli prąd znosi w prawo	POPRAWKA NA PRĄD
KDw			KĄT DROGI PO WODZIE
$\pm pw$		pw > „+” jeśli wiatr z lewej burty	POPRAWKA NA WIATR
KR/NR			KURS/NAMIAR RZECZYWISTY
$\pm d$	CAŁKOWITA POPRAWKA Cp = ($\pm d$) + ($\pm \delta$)	d > „+” E a „-” W	DEKLINACJA MAGNETYCZNA
KM/NM			KURS/NAMIAR MAGNETYCZNY
$\pm \delta$		δ > „+” E a „-” W	DEWIACJA KOMPASU
KK/NK	NK		KURS/NAMIAR KOMPASOWY

Należy pamiętać, że najważniejszym w żegludze kierunkiem, do którego musimy sprowadzić wszelkie nasze kalkulacje jest KĄT DROGI NAD DNEM [KDd] gdyż jest to rzeczywista droga statku po mapie.

W wypadku używania do żeglugi żyrokompasu kursy i namiary poprawiamy o poprawkę żyrokompasu ($\pm p\check{z}$)

Specyficznym kierunkiem występującym tylko na morzu jest niewątpliwie KĄT KURSOWY [Rys.24], który jest niezmiernie przydatny przy meldunkach obserwatorów na „oku”. Podają oni odległość kątową obiektu od dziobowej części diametralnej statku a więc, KĄT KURSOWY [$\angle K$] – jest to kąt zawarty między dziobową częścią linii symetrii statku a linią łączącą obserwatora z obserwowanym obiektem. $\angle K$ najczęściej liczymy w systemie połówkowym t.j 180° na lewą i prawa burtę. Lewym kątom przypisuje się algebraiczny znak „-”, a prawym „+”. Stojąc na skrzydle mostka lub w nawigacyjnej meldunki obserwatorów składają się m.in. z określenia kkąta kursowego do zaobserwowanego obiektu:

Np. – „statek prawo 30 w odległości około 5 mil”

Liczba „30” w tym wypadku oznacza właśnie kąt kursowy. Jeżeli obserwator będzie meldował o widzianym obiekcie (latarni

lub widocznym światłem), to jego meldunek będzie wyglądał podobnie:

Np. – „Światło błyskowe, 3 w grupie, lewo 45, jakieś 7 mil”

Dla nawigatora będzie to informacja, że dostrzeżono latarnię lub boję i musi on zidentyfikować ten obiekt na mapie i do tego potrzebny mu jest namiar na zaobserwowany obiekt. Dodaje on, więc podaną wartość kąta kursowego, tu 45° , do aktualnego kursu rzeczywistego i otrzymuje namiar, którym posłuży się na mapie do zidentyfikowania obiektu. Jeżeli płynęliśmy, np. kursem = 230° to nasz namiar na obiekt będzie równy algebraicznej sumie kąta kursowego podanego przez obserwatora i kursu:

$$NR = \angle K + KR \quad NR = (-45^\circ) + 230^\circ = 185^\circ$$

Z powyższego wynika, że latarnia zaobserwowana przez marynarza na „oku” była w namiarze około 185° . Oczywiście namiar obliczony w ten sposób jest mało dokładny, ale pozwala na identyfikację obiektu na mapie.

We wszystkich kalkulacjach nawigacyjnych olbrzymią wagę mają znaki „+” i „-”. Zawsze trzeba o tym pamiętać przy wszelkich poprawkach dodawanych do kursów i namiarów, pomyłka w znakach drastycznie zmienia wynik kalkulekacji (wynik jest błędny).

Zdarza się czasem (rzadko), że ktoś podaje „kat kursowy” patrząc na obiekt w stronę rufy, ale wówczas jego meldunek powinien informować o tym:

Np. – „Statek w lewo 50 od rufy, jakieś 5 mil”.

Ten meldunek łatwo przeliczyć na kąt kursowy liczony od dziobu wiedząc, że jest to dopełnienie do 180° prawej burty a więc $\angle K(PB) = 130^\circ$.

Systemy liczenia kierunków, kursów i namiarów na morzu.

W zależności od potrzeby i przeprowadzanych kalkulekacji w nawigacji stosujemy kilka sposobów określania kierunków.

Najpowszechniej używanym dziś systemem jest tzw. „system pełny”, tzn. system okrężny od bieguna północnego [N] do 360° liczony w prawo (zgodnie z ruchem wskazówek zegara).

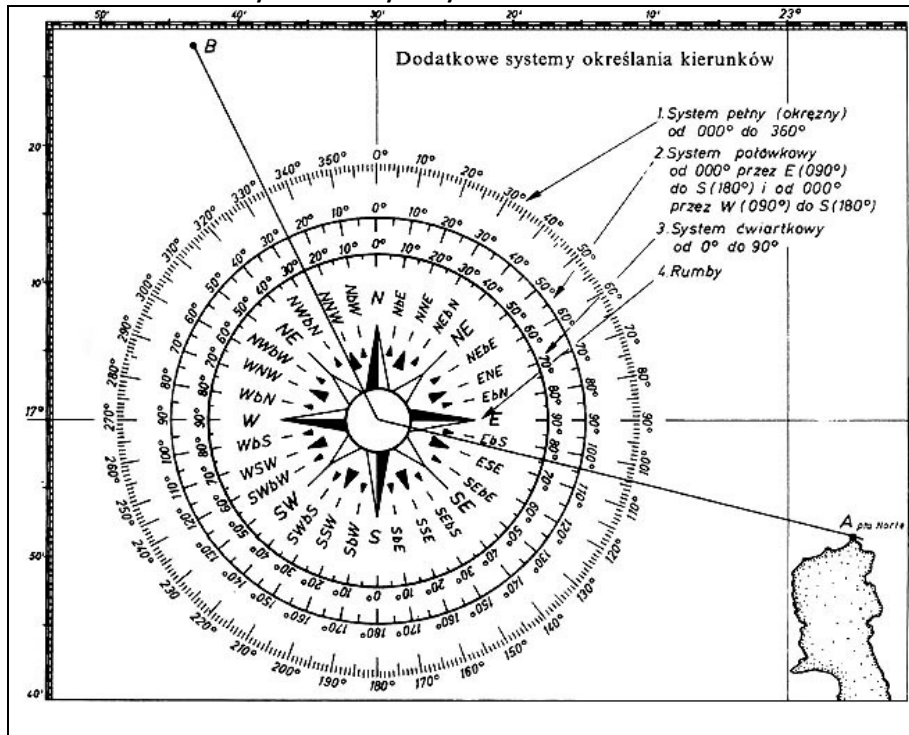
Kolejnymi systemami są: system połówkowy, ćwiartkowy i rumbowy [Tab.17]. Wiele kompasów, szczególnie magnetycznych,

posiada „róże kompasowe” (tarcze) wyskalowane w kilku systemach [Rys.28 i 29], ale najczęściej w PEŁNYM i RUMBOWYM [Tab.18 i Rys.29]

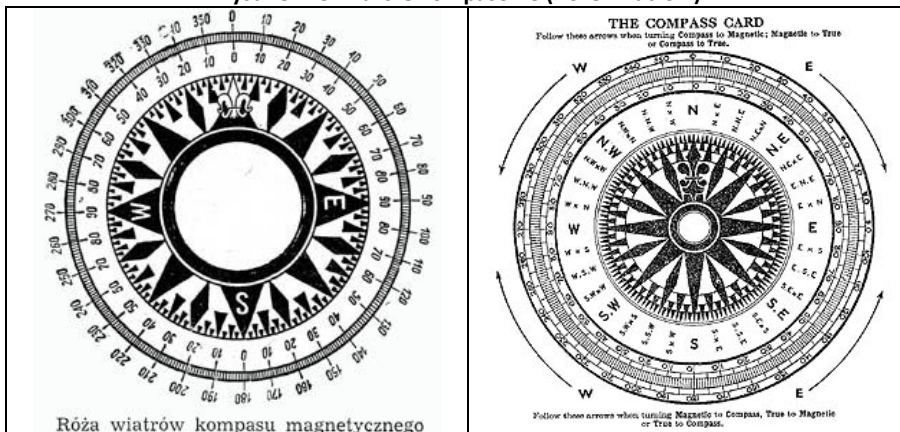
Tabela 17 - Systemy określania kierunków, kursów i namiarów.

SYSTEM PEŁNY	Od 000° (N) do 360 (N) liczony w prawo, zgodnie z ruchem wskazówek zegara poprzez E (090°), S (180°) i W (270°)	Używany obecnie powszechnie do zapisywania kursów, namiarów w Dzienniku Okrętowym i kreśleniu na mapach oraz w urządzeniach elektronicznych (GPS, plotery, mapy elektroniczne).
SYSTEM POŁÓWKOWY	Od 000° (N) do 180° (S) na E (przez 090°) i W (przez 270°)	Ma zastosowanie w astronawigacji do określania azymutów ciał niebieskich
SYSTEM ĆWIARTKOWY	Od N i S na E i W do 090° I ćwiartka N/E – od 000°[N] do 090°[E] II ćwiartka S/E – od 000°[S] do 090°[E] III ćwiartka S/W – od 000°[S] do 090°[W] IV ćwiartka N/W – od 000°[N] do 090°[W]	System stosowany do obliczeń w nawigacji i astronawigacji przy użyciu funkcji trygonometrycznych.
SYSTEM RUMBOWY	$360^\circ/32 = 11\frac{1}{4}$	Najstarszy sposób określania kierunków na morzu stosowany dla określenia kierunku wiatrów i prądów morskich. W czasach żaglowców też stosowany do określania kursów i namiarów.

Rysunek 28 - Systemy określania kierunków.

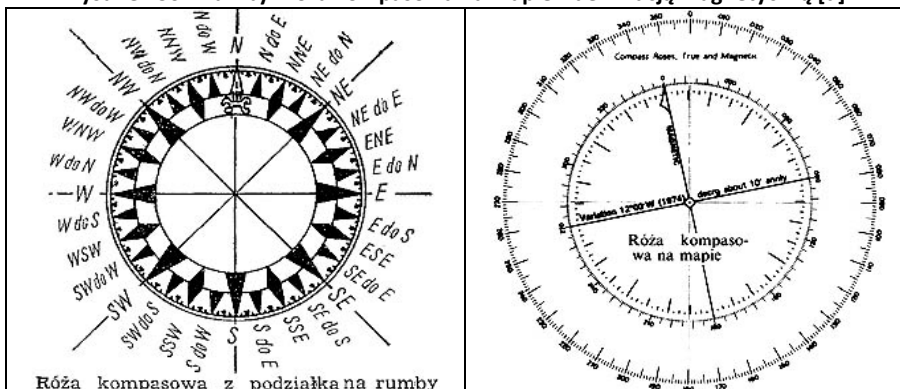


Rysunek 29 - Tarcze kompasowe (Róże Wiatrów)



Róża wiatrów kompasu magnetycznego

Rysunek 30 - Rumbry i róża kompasowa na mapie z deklinacją magnetyczną [d].



Róża kompasowa z podziałką na rumbry

Tabela 18 - Tabela rumbów

Numer RUMBU	Nazwa angielska	Wartość	Nazwa polska
0	N	000°	PÓLNOC
1	NbE	011¼°	Północ ku wschodowi
2	NNE	022½°	Północna-północ ku wschodowi
3	NEbN	033¾°	Północny-wschód ku północy
4	NE	045°	PÓLNOCNY-WSCHÓD
5	NEbE	056¼°	Północny-wschód ku wschodowi
6	ENE	067½°	Wschód północno-wschodni
7	EbN	078¾°	Wschód ku północy
8	E	090°	WSCHÓD
9	EbS	101¼°	Wschód ku południowi
10	ESE	112½°	Wschód południowo-wschodni
11	SEbE	123¾°	Południowy-wschód ku wschodowi

12	SE	135°	POŁUDNIOWY-WSCHÓD
13	SEbS	146¼°	Południowy-wschód ku południowi
14	SSE	157½°	Południe południowo-wschodnie
15	SbE	168¾°	Południe ku wschodowi
16	S	180°	POŁUDNIE
17	SbW	191¼°	Południe ku zachodowi
18	SSW	202½°	Południe południowo-zachodnie
19	SWbS	213¾°	Południowy-zachód ku południowi
20	SW	225°	POŁUDNIOWY-ZACHÓD
21	SWbW	236¼°	Południowy-zachód ku zachodowi
22	WSW	247½°	Zachód południowo-zachodni
23	WbS	258¾°	Zachód ku południowi
24	W	270°	ZACHÓD
25	WbN	281¼°	Zachód ku północy
26	WNW	292½°	Zachód północno-zachodni
27	NWbW	303¾°	Północny-zachód ku zachodowi
28	NW	315°	PÓŁNOCNY-ZACHÓD
29	NWbN	326¼°	Północny zachód ku północy
30	NNW	337½°	Północ północno-zachodnia
31	NbW	348¾°	Północ ku zachodowi
32	N	360°	PÓŁNOC

Często wśród starszej generacji nawigatorów spotykamy komendy na ster wypowiedziane w rumbach, np. „Idź do NW-estu” lub „Steruj Nord ku zachodowi”. Łączenie nazewnictwa rumbów angielskich z polskimi w praktyce jest dość powszechne.

Znajomość określeń i wartości rumbów jest więc konieczna. Jak przyjrzymy się tabeli [Tab.18] to szybko zorientujemy się w konstrukcji systemu i łatwo go zapamiętamy.