

KASYK Lech¹

Rozkład prędkości statków na torze wodnym Szczecin - Świnoujście

*Tor wodny, strumień ruchu,
Zmienna losowa,
Rozkłady dwunormalne*

Streszczenie

W niniejszym artykule przeanalizowano prędkości statków na poszczególnych odcinkach toru wodnego Szczecin – Świnoujście. Traktując wartość prędkości statków jako zmienną losową, zbadano typ rozkładu tej zmiennej. Wykazano, że rozkłady mieszane można wykorzystać do opisu tej zmiennej. W artykule wykorzystano dane z systemu VTS, dotyczące czasu pokonywania poszczególnych odcinków toru wodnego.

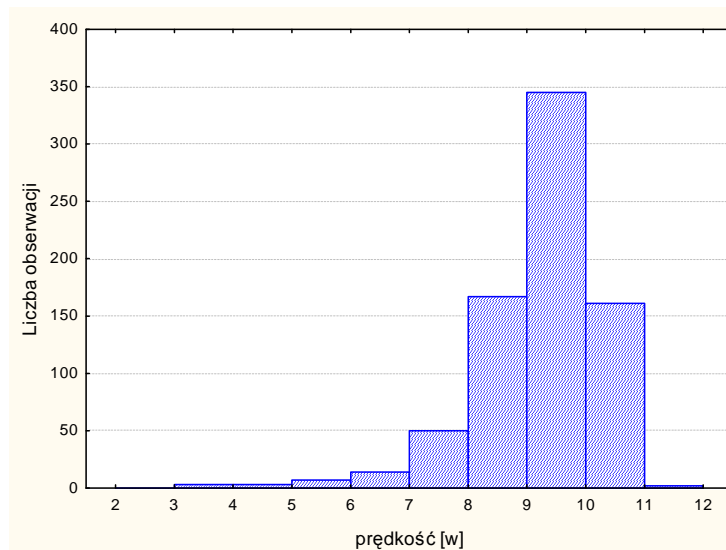
A DISTRIBUTION OF VESSEL SPEED ON THE SZCZECIN – ŚWINOUJŚCIE FAIRWAY

Abstract

In this article a vessel speed on particular parts of Szczecin – Świnoujście fairway, has been analysed. A probability distribution of the value of the vessel speed (as a random variable), has been scrutinized. Hypothesis about a mixed distribution of this random variable has been proved. In the article, data from VTS system, have been used.

1. WSTĘP

Na torze wodnym Szczecin – Świnoujście przepisy portowe ograniczają prędkość statków do 12 węzłów, a na niektórych odcinkach do 8 węzłów [4]. Jednak rzeczywista prędkość statków jest zróżnicowana. Wykorzystując dane z systemu VTS, który rejestruje czas przejścia statków przez poszczególne punkty raportowe, oraz znając odległości pomiędzy tymi punktami, można wyznaczyć przeciętne prędkości poszczególnych statków na odpowiednich odcinkach toru wodnego. W niniejszej pracy wykorzystano dane z pierwszej połowy 2009 roku, dla ruchu statków ze Świnoujścia do Szczecina. Średnia prędkość statków płynących ze Świnoujścia do Szczecina wynosiła 9,22 węzła (od punktu KARSIBOR do DOK_5). Rozkład prędkości dla statków płynących ze Świnoujścia do Szczecina przedstawiono na rys1.



Rys.1. Histogram częstości wartości prędkości na torze wodnym Szczecin - Świnoujście

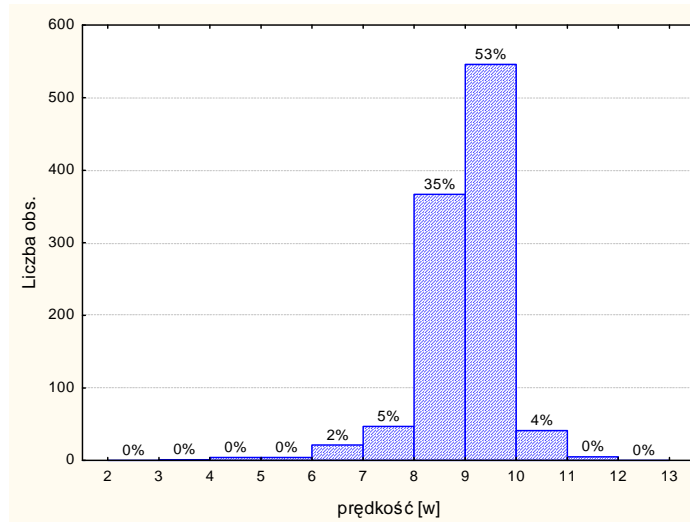
Natomiast jak prędkość zmieniała się na poszczególnych odcinkach, przedstawiono poniżej. Do analizy wybrano te odcinki toru wodnego, które znajdują się w jego środkowej części (aby nie uwzględniać ruchu statków w portach).

¹Zakład Matematyki, Akademia Morska w Szczecinie, Wały Chrobrego1/2, 70-500 Szczecin, l.kasyk@am.szczecin.pl

2. STATYSTYKA PRĘDKOŚCI NA POSZCZEGÓLNYCH ODCINKACH

2.1 Karsibór – 11 km

Na odcinku toru wodnego pomiędzy punktami raportowymi KARSIBOR i 11KM, zarejestrowano 1036 statków w badanym okresie. Odległość pomiędzy tymi punktami wynosi 2098 m. Przepisy portowe ograniczają prędkość statków w tym miejscu do 8 węzłów [4]. Poniżej przedstawiono histogram częstości występowania poszczególnych wartości prędkości statków na tym odcinku.

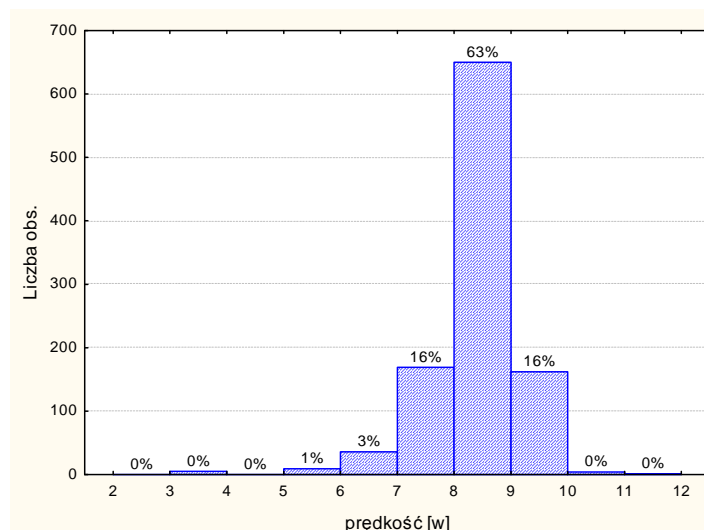


Rys.2. Histogram częstości wartości prędkości na odcinku KARSIBOR –11KM

Średnia prędkość statków na tym odcinku wynosi 9 węzłów. Największa obliczona prędkość to 11,86 węzła, a najmniejsza to 3,65 w.

2.2 11 km – I Brama Torowa

Na odcinku toru wodnego pomiędzy punktami raportowymi 11KM i I_BRAMA, zarejestrowano również 1036 statków w badanym okresie. Odległość pomiędzy tymi punktami wynosi 5156 m. Przepisy portowe ograniczają prędkość statków w tym miejscu do 8 węzłów. Rysunek 3 przedstawia histogram częstości występowania poszczególnych wartości prędkości statków na tym odcinku.

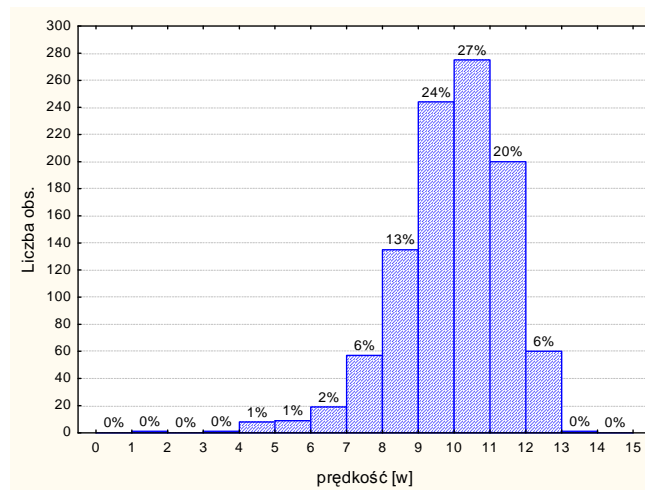


Rys.3. Histogram częstości wartości prędkości na odcinku 11 KM – I_BRAMA

Średnia prędkość statków na tym odcinku wynosi 8,39 węzła. Największa obliczona prędkość to 11 węzłów, a najmniejsza to 3,43 w.

2.3 I Brama Torowa - Chełminek

Na odcinku toru wodnego pomiędzy punktami raportowymi I_BRAMA i CHELMINEK_N, zarejestrowano 1010 statków w badanym okresie. Odległość pomiędzy tymi punktami wynosi 19227 m. Przepisy portowe ograniczają prędkość statków w tym miejscu do 12 węzłów. Rysunek 4 przedstawia histogram częstości występowania poszczególnych wartości prędkości statków na tym odcinku.

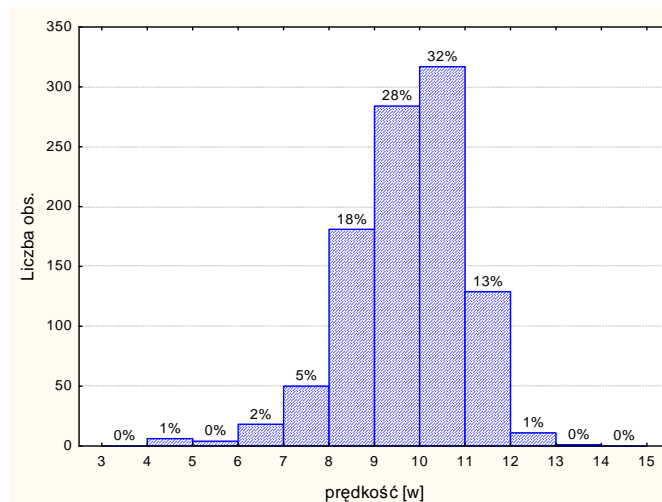


Rys.4. Histogram częstości wartości prędkości na odcinku I_BRAMA – CHELMINEK_N

Średnia prędkość statków na tym odcinku wynosi 9,97 węzła. Największa obliczona prędkość to 13,05 węzła, a najmniejsza to 3,9 w.

2.4 Pławy 13,14 – Krępa Dolna

Na odcinku toru wodnego pomiędzy punktami raportowymi PLAWY_13_14 i KREPA_DOLNA, zarejestrowano 1001 statków w badanym okresie. Odległość pomiędzy tymi punktami wynosi 8347 m. Przepisy portowe ograniczają prędkość statków w tym miejscu do 12 węzłów. Rysunek 5 przedstawia histogram częstości występowania poszczególnych wartości prędkości statków na tym odcinku.

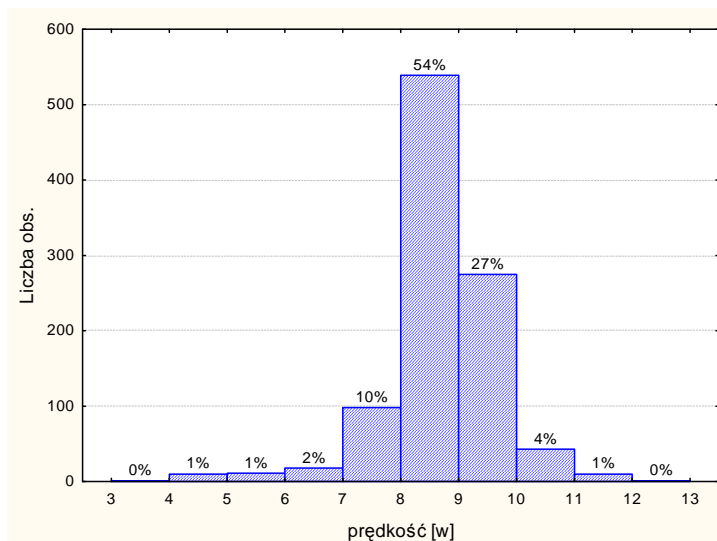


Rys.5. Histogram częstości wartości prędkości na odcinku PLAWY_13_14 – KREPA_DOLNA

Średnia prędkość statków na tym odcinku wynosi 9,75 węzła. Największa obliczona prędkość to 13,49 węzła, a najmniejsza to 4,3 w.

2.5 Krępa Dolna – Raduń Górna

Na odcinku toru wodnego pomiędzy punktami raportowymi KREPA_DOLNA i RADUN_GORNA, zarejestrowano 1007 statków w badanym okresie. Odległość pomiędzy tymi punktami wynosi 2982 m. Przepisy portowe ograniczają prędkość statków w tym miejscu do 8,7 węzła. Rysunek 6 przedstawia histogram częstości występowania poszczególnych wartości prędkości statków na tym odcinku.

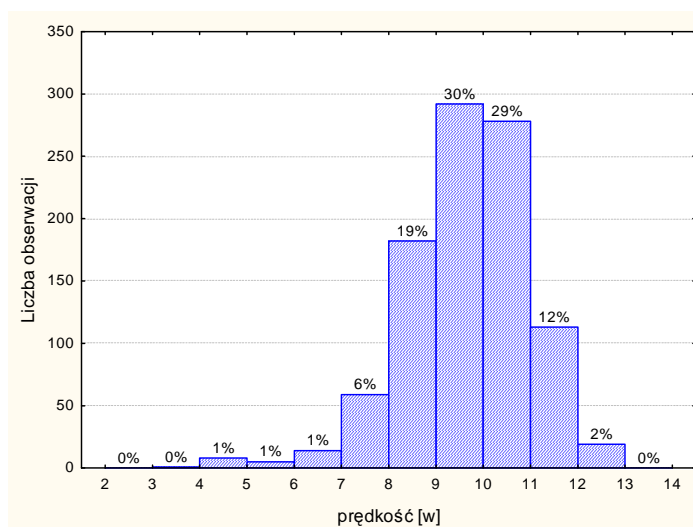


Rys.6. Histogram częstości wartości prędkości na odcinku KREPA_DOLNA – RADUN_GORNA

Średnia prędkość statków na tym odcinku wynosi 8,6 węzła. Największa wyznaczona prędkość to 12,05 węzła, a najmniejsza to 3,95 w.

2.6 Raduń Górna – Inoujscie

Na odcinku toru wodnego pomiędzy punktami raportowymi RADUN_GORNA i INOUJSCIE, zarejestrowano 972 statki w badanym okresie. Odległość pomiędzy tymi punktami wynosi 6013 m. Przepisy portowe ograniczają prędkość statków w tym miejscu do 12 węzłów. Rysunek 7 przedstawia histogram częstości występowania poszczególnych wartości prędkości statków na tym odcinku.



Rys.7. Histogram częstości wartości prędkości na odcinku RADUN_GORNA – INOUJSCIE

Średnia prędkość statków na tym odcinku wynosi 9,78 węzła. Największa wyznaczona prędkość to 12,54 węzła, a najmniejsza to 3,7 w.

2.7 Parametry zmiennych losowych

Poniżej zestawiono parametry poszczególnych odcinków toru wodnego oraz parametry rozkładu prędkości na tych odcinkach

Tab. 1. Parametry odcinków toru wodnego i prędkości statków

Odcinek toru	Długość odcinka	Dozwolona prędkość	v średnia	Odch. stand. v
Karsibor – 11km	2,098 km	8 w	9 w	0,8 w
11 km – I BT	5,156 km	8 w	8,4 w	0,78 w
I BT – Chełminek	19,227 km	12 w	9,97 w	1,52 w
Pławy – Krępa D.	8,347 km	12 w	9,75 w	1,25 w
Krepa D. – Raduń G.	2,982 km	8 w	8,7 w	0,96 w
Raduń G. - Inoujście	6,013 km	12 w	9,67 w	1,33 w

Jak widać w powyższej tabeli mniejsze zróżnicowanie prędkości jest na tych odcinkach toru, na których obowiązuje ograniczenie prędkości do 8 węzłów. Natomiast długość odcinka toru wodnego nie ma większego wpływu na zróżnicowanie prędkości. Średnia prędkość statków na odcinkach toru z limitem 8 w, zdecydowanie przekracza dozwoloną prędkość.

3. ROZKŁADY MIESZANE

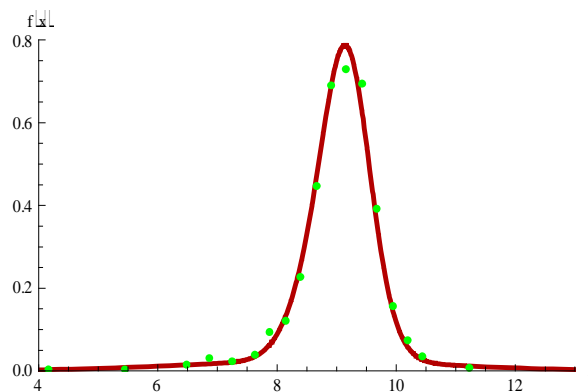
Rozkłady prędkości na poszczególnych odcinkach toru wodnego, nie dadzą się opisać żadnym typowym rozkładem prawdopodobieństwa. Dlatego zastosowano w tym celu rozkłady mieszane [1, 2]. Poniżej przedstawiono dla przykładu dwa dopasowania, dla prędkości na odcinku Karsibor – 11 km i dla prędkości na odcinku 11 km – I Brama Torowa.

3.1 Karsibór – 11 km

Dla danych wartości prędkości statków na odcinku Karsibor – 11 km, dopasowano rozkład mieszany składający się z trzech rozkładów normalnych. Funkcja gęstości tego rozkładu ma postać:

$$f(x) = 0,399e^{-3,86(x-9,5)^2} + 0,384e^{-1,78(x-9,25)^2} + 0,0235e^{-0,1(x-8,62)^2} \quad (1)$$

A jej wykres wygląda następująco:



Rys.8. Wykres funkcji gęstości rozkładu mieszanego opisującego prędkość na odcinku Karsibor – 11 km

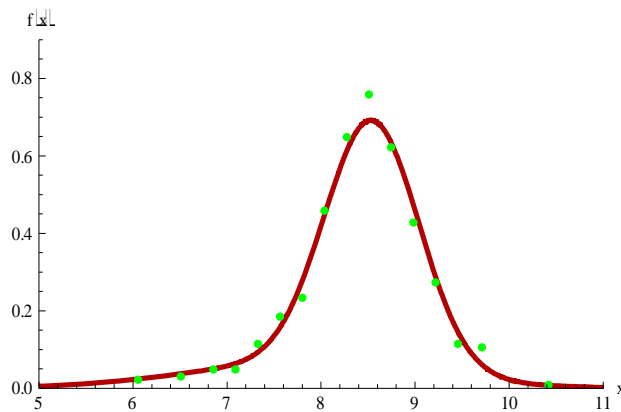
W teście chi – kwadrat Pearsona wartość statystyki testowej wyniosła 24,66 wobec wartości krytycznej 26,3 [3, 5].

3.1 11 km – I Brama Torowa

Dla danych wartości prędkości statków na odcinku 11 km – I Brama Torowa, dopasowano rozkład mieszany składający się z dwóch rozkładów normalnych. Funkcja gęstości tego rozkładu ma postać:

$$f(x) = 0,638e^{-2(x-8,54)^2} + 0,064e^{-0,32(x-7,8)^2} \quad (2)$$

A jej wykres wygląda następująco:



Rys.9. Wykres funkcji gęstości rozkładu mieszanego opisującego prędkość na odcinku 11 km – I Brama Torowa

W teście chi – kwadrat Pearsona wartość statystyki testowej wyniosła 19,5 wobec wartości krytycznej 25 [3, 5].

4. WNIOSKI

Wszystkie powyższe rozkłady wartości prędkości charakteryzują się asymetrią lewostronną. Główną przyczyną tego jest limit prędkości oraz duże zróżnicowanie typów jednostek płynących torem wodnym, począwszy od statków pełnomorskich, a skończywszy na jednostkach portowych (dźwigi, holowniki, itp.). Wymienione czynniki mają też wpływ na dużą rozpiętość wartości prędkości. Z drugiej strony na każdym odcinku toru wodnego ponad 70% wszystkich wartości prędkości nie różni się od średniej o więcej niż odchylenie standardowe.

Inną rzeczą która rzuca się w oczy jest nagminne przekraczanie dozwolonej prędkości, szczególnie na odcinkach z ograniczeniem 8 w. Od 78% do 92% statków płynęło tam szybciej niż przewidują przepisy. Natomiast na odcinkach z ograniczeniem 12 w, od 1% do 6% statków przekroczyło dozwoloną prędkość. W związku z tym nasuwa się pytanie czy ograniczenie prędkości do 8 węzłów jest zasadne?

Ponadto pokazano, że do opisu rozkładu prędkości można wykorzystać rozkłady mieszane.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Kasyk L., *Poisson and Non-Poisson Vessel Traffic Streams on the Świnoujście – Szczecin Fairway*, Międzynarodowa Konferencja Inżynierii Ruchu Morskiego Świnoujście 2011.
- [2] Kasyk L., *Wykorzystanie rozkładów dwunormalnych w analizie ruchu statków na torze wodnym Szczecin - Świnoujście*, Logistyka nr 6/2011
- [3] Montgomery D. C. & Runger G.C. *Applied Statistics and Probability for Engineers*, New York: John Wiley & Sons, Inc. 1994.
- [4] *Przepisy portowe*, Urząd Morski w Szczecinie, Szczecin 2008.
- [5] Sobczyk M., *Statystyka*, PWN Warszawa, 2004.