

Jerzy Hajduk

# Zapas wody pod stępką gazowców LNG na podejściu do Świnoujścia

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.425

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

*W artykule omówiony został problem bezpieczeństwa żeglugi gazowców LNG zawijających do portu w Świnoujściu. Skupiono się na obliczeniach składowej dynamicznej zależnej od prędkości statku. Obliczenia prowadzono z wykorzystaniem danych zapisanych w trakcie pierwszej podróży statku Al.Nuaman do Terminalu LNG w Świnoujściu.*

**Słowa kluczowe:** gazowce LNG, bezpieczeństwo żeglugi, zapas wody pod stępką

## Wstęp

Jednym z podstawowych kryteriów oceny bezpieczeństwa żeglugi na akwenach ograniczonych jest odpowiedni zapas wody pod stępką statku. Określanie minimalnego zapasu wody pod stępką statku jest determinowane wymaganymi rezerwami głębokości wody pod stępką, które z kolei można określać z wykorzystaniem modelu deterministycznego lub probabilistycznego. Zasadnicza różnica w wyborze modeli sprowadza się do traktowania składowych jako wartości stałych lub losowych. Pojęcie bezpiecznego akwenu manewrowego determinowane jest warunkiem, aby w każdym jego punkcie dostępna głębokość była większa od maksymalnego zanurzenia statku powiększonego o określony minimalny zapas wody pod stępką statku [7, 13].

Prawidłowe określenie minimalnego zapasu wody pod stępką ma dwa aspekty. Aspekt bezpieczeństwa, który rozpatruje ryzyko uderzenia statku o dno akwenu oraz aspekt ekonomiczny, który poprzez wyznaczenie maksymalnego zanurzenia statku mogącego bezpiecznie zawijać do danego portu wpływa na jego konkurencyjność.

Problematyką określania i wyznaczania minimalnego zapasu wody pod stępką statku zajmuje się wiele zespołów badawczych, a dostępna literatura naukowa jest obszerna [2, 3, 4, 5, 12, 19, 20]. Prowadzone badania i analizy w większości oparte są na wynikach wcześniejszych badań rzeczywistych, których efektem jest wypracowanie pewnych formuł ogólnych oraz na szacowaniu i przyjmowaniu różnego rodzaju założeń w tym zawartych w wytycznych i ogólnych rekomendacjach [1, 21].

Powodem szerokiego zainteresowania wymienioną problematyką jest ogólnie trend związany z szacowaniem ryzyka nawigacyjnego, a szczególnie jest to często wspomaganie administracji portowej w zakresie prawidłowego określenia w przepisach danego portu wymagań dotyczących wprowadzania statków maksymalnych limitowanych zanurzeniem [6, 14, 15].

Oddzielnym problemem jest problem praktyczny, który jest domeną kapitanów statków nawigujących po akwenach ograniczonych. Każdy statek nawigujący po akwenu ograniczonym i w efekcie zawijający do określonego portu musi dostosowywać maksymalne zanurzenie eksploatacyjne do wymagań określonych w przepisach portowych. Zakres możliwości wpływania na bieżące zanurzenie statku jest stosunkowo niewielki. Wynika ono z aktualnego stanu załadunku statku i stanu zapasów w tym zwłaszcza bunkru i wody słodkiej. Planowanie wynikowego zanurzenia maksymalnego statku w porcie docelowym jest kalkulowane już na początku podró-

ży w porcie załadunkowym. Faktycznie zatem, kapitan statku o dopuszczalnym zanurzeniu maksymalnym dla danego akwenu ograniczonego może praktycznie wpływać na bieżący zapas wody pod stępką zmieniając (redukując) swoją prędkość. Stąd podstawowe pytanie jest następujące: z jakimi ograniczeniami wynikającymi z dostępnych głębokości na trasach żeglugowych oraz następnie na akwenach podejściowych do portu spotyka się kapitan statku - na skutek których jest zmuszony do redukcji prędkości?

## 1. Stan prawny.

Podstawowe i szczegółowe informacje dotyczące zasad żeglugi na akwenach podejściowych do portu i akwenach portowych są zawarte w przepisach portowych. W przepisach portowych dotyczących portów Szczecin i Świnoujście [16] szczególne wymagania dla zbiornikowców LNG wchodzących i wychodzących z Portu Zewnętrzny w Świnoujściu zdefiniowane są w rozdziale XII. W punkcie 1 paragrafu 180 ograniczono maksymalne wymiary zawijającego gazowca. Maksymalną długość całkowitą określono na 320,0 m, szerokość całkowitą do 51,0 m i zanurzenie maksymalne do 12,5 m w wodzie słodkiej. Prędkości maksymalne ograniczono w paragrafie 184. Na odcinku od pławy „N-1” do pary pław „9-10” prędkość maksymalna wynosi 10 węzłów, od pary pław „9-10” do pary pław „15-16” – 8 węzłów, a od pary pław „15-16” i na akwenu portu zewnętrznego 4 węzły (Rys.2). Ponadto w paragrafie 183 zdefiniowano minimalny zapas wody pod stępką kalkulowany dla prędkości statku 10 węzłów na odcinku do pary pław „9-10” jako minimum 2,3 m przy aktualnym poziomie wody, a dalej do pary pław „5-6” i prędkości maksymalnej 8 węzłów jako nie mniejszy niż 2,0 m również przy danym poziomie wody. Dodatkowo udzielenie zgodny na wejście takiego statku do portu uwarunkowano wysokością fali nie przekraczającą 1,2 m dla pierwszego wyżej wymienionego odcinka oraz 1,5 m dla drugiego odcinka. Pozostałe wymagania należy uznać za nieistotne w kontekście zapewnienia bezpiecznego zapasu wody pod stępką statku.

Drugi pakiet przepisów dotyczy parametrów akwenów. W przypadku dostępu do portów polskich takie przepisy zawarte są w rozporządzeniu [17]. Podejściowy tor wodny do Świnoujścia o długości 60,8 km określony jest poprzez wskazanie pozycji punktów leżących na osi przebiegającej od linii łączącej głowice falochronów centralnego i zachodniego poprzez pozycje geograficzne pokrywające się z pozycjami pław „N-2”, „N-1”, oraz „REDA” o szerokości w dnie od 200 m poprzez 220 m do 240 m i głębokości technicznej 14,5 m. Trasa żeglugowa gazowców LNG zawijających do Świnoujścia pokrywa się z wyznaczonym podejściowym torem wodnym na odcinku pławy „N-1” - Terminal LNG. Wcześniej prowadzi oznakowaną trasą żeglugową wzdłuż wybrzeża Wyspy Rugia, a ostatni odcinek przed wejściem na podejściowy tor wodny odbywa się między pławami „ŚWIN-N” a „N-1”.

Nie wdając się w dywagacje związane z możliwością utrzymania na wskazanych odcinkach podanych w Rozporządzeniu [17] parametrów toru wodnego – dla bezpieczeństwa żeglugi ważne są aktualnie występujące głębokości, które dla statków maksymalnych dostępne są poprzez służby hydrograficzne w postaci sondaży. Proces utrzymania eksploatowanej drogi wodnej włączając wymagane głębokości, wykonywanie sondaży oraz wymagane rezerwy

składające się na wymagany zapas wody pod stępką statku jest opisany w Rozporządzeniu [18].

## 2. Parametry statku i trasy żegludowej

Gazowiec LNG „Al Nuaman” został zbudowany w 2009 roku w stoczni Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co. Ltd. dla firmy Nakilat. Został wycarterowany firmie Qatar Liquefied Gas Company Limited. Jest gazowcem membranowym typu Q-Flex o pojemności zbiorników 210 100 m<sup>3</sup>. Długość całkowita statku wynosi 315 m, szerokość 50 m, a maksymalne zanurzenie 13,6 m. Jest to statek, który praktycznie w każdych warunkach może zawiązać do Terminalu LNG w Świnoujściu (Rys.1).

W czasie pierwszej podróży do Świnoujścia gazowiec „Al. Nuaman” w dniu 11.12.2015 miał maksymalne zanurzenie 12,3 metra. Żegluga odbyła się standardową trasą do Świnoujścia, która jest przeznaczona dla statków o zanurzeniu powyżej 10 metrów (Rys.2).



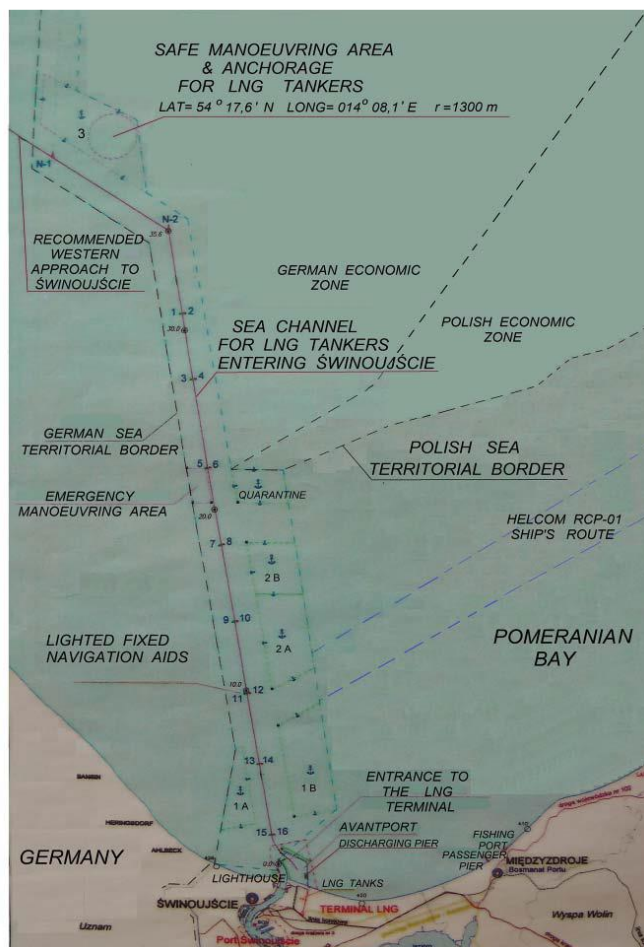
Rys. 1. Gazowiec „Al Nuaman” w czasie cumowania do Terminalu LNG w Świnoujściu. [www.gospodarkamorska.pl]

Rekomendowana trasa żegludowa do portu Świnoujście w chwili obecnej dla statków o zanurzeniu powyżej 10 m prowadzi wzdłuż brzegów Wyspy Rugia poprzez morze terytorialne Niemiec. Pozostałe trasy alternatywne ze względu na występujące głębokości naturalne nie mogą być wykorzystywane przez statki tej wielkości [8, 9, 10].

## 3. Prędkości statku

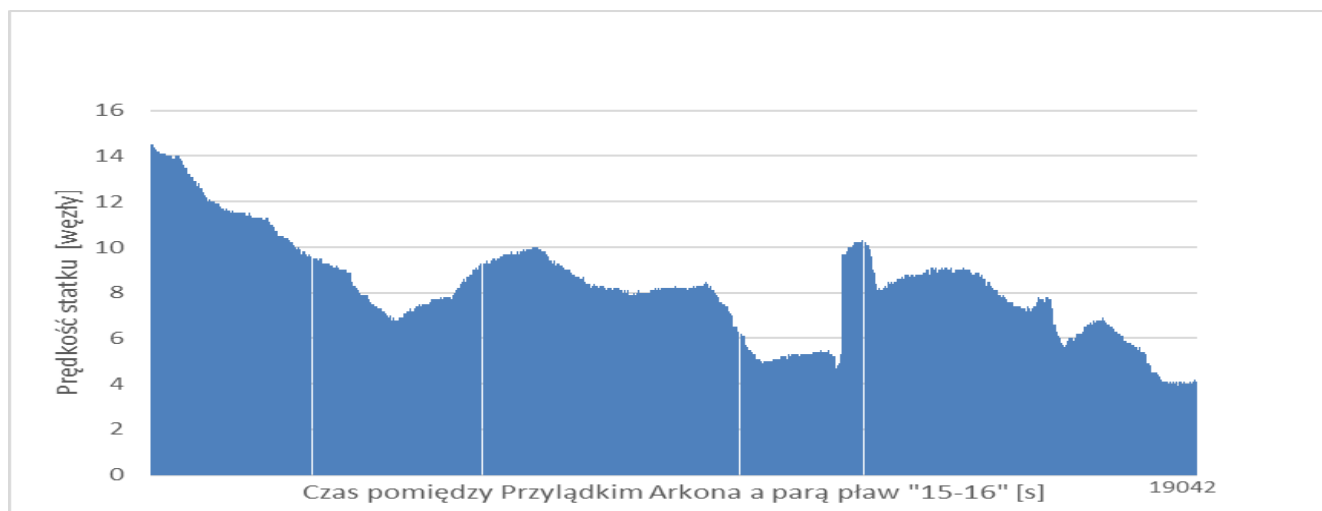
Poglądowy wykres prędkości statku na odcinku Przyładek Arkona - para pław „15-16” przedstawiono na Rys.3. Na odcinku Przyładek Arkona – pława „SWIN-N” na początku do trawersu Przyłodka Kollicker głębokości naturalne wynoszą powyżej 20 metrów. Po minięciu trawersu tego Przyłodka przekracza się izobatę 20 metrów

i naturalne minimalne głębokości układają się w okolicach od 17 do 14 metrów. Średnia prędkość statku załadowanego na tym odcinku wyniosła  $V_{sr} = 9,59$  węzła. Prędkości chwilowe z początkowych około 14 węzłów zredukowane były do 6,8 węzła, aby następnie wzrosnąć do 10 węzłów i przed pławą „SWIN-N” ustalić się na poziomie 8 węzłów (Rys.4).



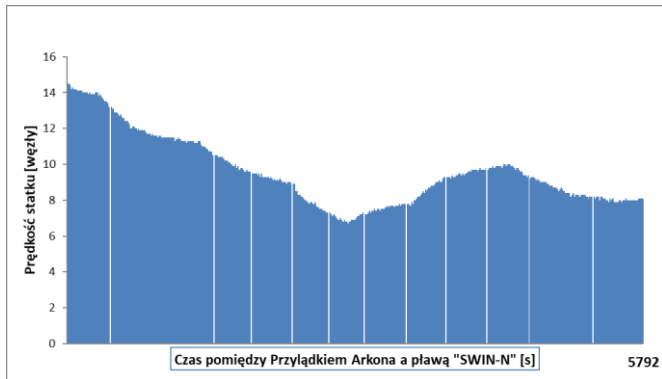
Rys.2. Podejściowy tor wodny do Świnoujścia [20]

Na odcinku pława „SWIN-N”-pława „N-2” minimalne głębokości wynoszą 14,8 metra. Zbyt łagodne wykonanie zwrotu przy pławie „SWIN-N” i odejście na południe od trasy żegludowej jest niebezpieczne, gdyż znajdują się tam liczne splycenia do nawet 11-12 metrów, a dalej na południe pojedyncze kamienie. Ten odcinek

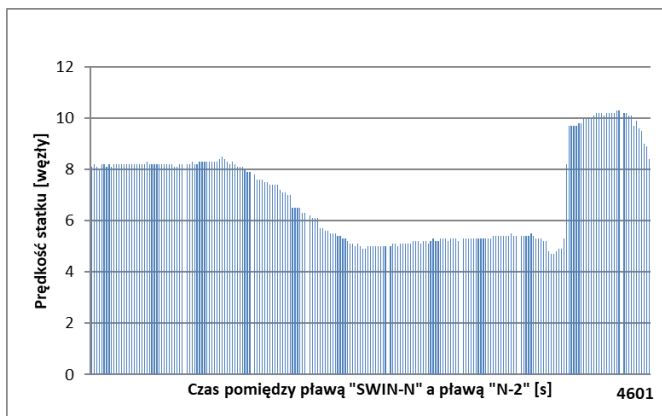


Rys. 3. Prędkość gazowca Al. Nuaman na odcinku Przyładek Arkona- para pław „15-16” [11]

statek pokonał ze średnią prędkością  $V_{\text{sr}}=6,99$  węzła. Początkowo z prędkością 8 węzłów, a następnie zwolnił do około 5 węzłów, aby podchodząc w okolice pławy „N-2” przyspieszyć do około 10 węzłów (Rys.5).

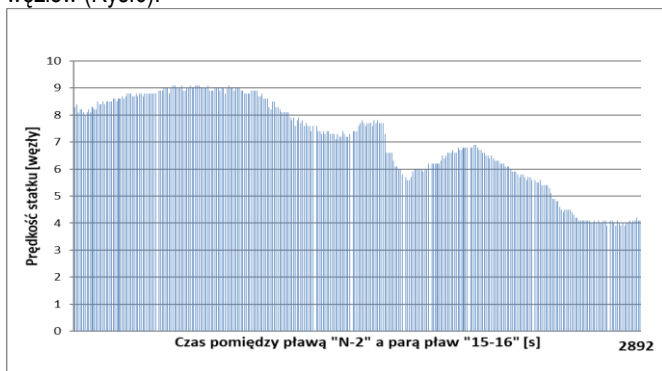


Rys.4. Prędkość statku „Al Nuaman” w stanie załadowanym na odcinku Przylądek Arkona-pława „SWIN-N” [11]



Rys.5. Prędkość statku „Al Nuaman” w stanie załadowanym na odcinku pława „SWIN-N”-pława „N-2” [11]

Odcinek pława „N-2”- pławy „15-16” to dla statków tej wielkości żegluga z pilotem. Tor wodny pogłębiony jest do 14,5 metra. Średnia prędkość dla tego odcinka  $V_{\text{sr}}=6,99$  węzła. Początkowo prędkość wynosiła około 8-9 węzłów. Następnie sukcesywnie była redukowana, aby w pobliżu pław „15-16” ustabilizować się na poziomie 4 węzłów (Rys.6).



Rys.6. Prędkość statku „Al Nuaman” w stanie załadowanym na odcinku pława „N-2”-pławy „15-16” [11]

#### 4.Problem zapasu wody pod stępką

Bezpieczny ruch statku po płytkowodziu wymaga zachowania minimalnej bezpiecznej wartości zapasu wody pod stępką, który nazywany jest rezerwą wody pod stępką. W praktyce wartość ta obliczana jest metodą współczynnikową lub metodą elementów

składowych. Składa się ze składowych statycznych i dynamicznych. Składowe statyczne są względnie dobrze rozpoznane i w niewielkim stopniu zależą od statku. Generalnie zależą od parametrów akwenu i ich wyznaczenie lub szacowanie nie nastręcza większych trudności. Składowe dynamiczne zależą od parametrów ruchu statku i relacji tych parametrów z parametrami akwenu. Jedną ze składowych dynamicznych minimalnej bezpiecznej wartości zapasu wody pod stępką jest „osiadanie statku” w ruchu. Dokładne wyznaczenie wielkości osiadania występującego na danym akwenu wymaga prowadzenia bardzo kosztownych badań rzeczywistych. Na świecie istnieje szereg metod, które weryfikowane były badaniami rzeczywistymi i które pozwalają na obliczanie wielkości osiadania statku. Ich stosowanie w przypadkach ogólnych jest obciążone błędem, lecz daje szacunkowy pogląd o wielkości tej składowej [7, 13].

Zjawiska osiadania statku na akwenach ograniczonych były i są badane przez różne ośrodki na świecie. Rozwój techniki komputerowej pozwala na uruchamianie coraz bardziej skomplikowanych modeli hydrodynamicznych, które weryfikowane są obserwacjami i pomiarami rzeczywistymi. Prezentowane wyniki uzyskiwane przez różne ośrodki prowadzą do następujących uogólnień:

- celem badań rzeczywistych jest wyznaczenie zależności pozwalających na zapis wzorów empirycznych, których zastosowanie umożliwia obliczenie wartości osiadania dla pewnego założonego poziomu ogólności,
- uzyskane wyniki dla szczegółowych akwenów i statków mogą być w pewnych zakresach stosowalności uogólniane dla innych uwarunkowań,
- rozrzut wyników uzyskiwanych w poszczególnych metodach jest stosunkowo niewielki oddając tendencję zjawiska, a określone wzory wykorzystują podobne dane wejściowe, aczkolwiek nie zawsze uzależniają wartość osiadania od tych samych wielkości.

Biorąc pod uwagę powyższe uogólnienia zdecydowano się na zastosowanie do obliczeń osiadania statku kilku metod i określenia wartości średnich. Jest to obecnie najlepsze wyjście w sytuacji, gdy brak jest modelu hydrodynamicznego badanego akwenu, który umożliwiłby precyzyjne określenie wartości osiadania założonych statków, w warunkach lokalnych tego szczegółowego akwenu. Podobne metody stosowano w różnych opracowaniach, zarówno w celach ogólnego wnioskowania jak i ilustracyjnych [15, 13].

#### Metoda Eryuzulu.

Jest to wzór opracowany na podstawie badań prowadzonych przez ośrodki kanadyjskie. Wartość osiadania obliczana jest z zależności [15]:

$$\frac{Z \times T}{H^2} = 0,298 \times \left( \frac{v_s}{\sqrt{g \times T}} \right)^{2,289} \times \left( \frac{H}{T} \right)^{-2,972} \quad (1)$$

gdzie:

- Z – osiadanie,
- T – zanurzenie statku,
- H – głębokość akwenu,
- $v_s$ - prędkość statku [m/s],
- g- przyspieszenie ziemskie,

#### Metoda Turnera.

Metoda ta uzależnia wielkość osiadania statku „Z” od współczynnika pełnotliwości kadłuba, kwadratu prędkości statku i względnego zanurzenia. Postać wzoru jest następująca [15]:

$$Z = C_b \frac{(v_k)^2}{100} \times \frac{T}{H} \quad (2)$$

gdzie:

$C_b$  – współczynnik pełnotliwości kadłuba statku,  
 $v_k$  – prędkość statku w węzłach,  
 $T$  – zanurzenie statku,  
 $H$  – głębokość akwenu.

### Metoda Barrassa (prosta -1)

Jest to metoda stosowana dla akwenów o nieograniczonej szerokości. Uzależnia osiadanie statku „Z” tylko od współczynnika pełnotliwości kadłuba i prędkości statku. Jej prostota polega na tym, że dla prędkości statku równej 10 węzłów, wielkość osiadania jest równa współczynnikowi pełnotliwości kadłuba statku, wyrażonej w metrach. Postać wzoru jest następująca [15]:

$$Z = C_b \times \frac{(v_k)^2}{100} \quad (3)$$

gdzie:

$C_b$  – współczynnik pełnotliwości kadłuba statku,  
 $v_k$  – prędkość statku w węzłach.

### Metoda Barrassa (ogólna -2)

Metoda ta uwzględnia szerokość akwenu (kanału). Postać wzoru jest następująca [15]:

$$Z = C_b \times \left( \frac{S}{1-S} \right)^{\frac{2}{3}} \times \frac{(v_k)^{2,08}}{30} \quad (4)$$

gdzie:

$C_b$  – współczynnik pełnotliwości kadłuba statku  
 $S$  – współczynnik prześwietu całkowitego  
 $v_k$  – prędkość statku w węzłach.

### Metoda Simarda.

Zależność, według której określana jest wielkość osiadania ma następującą postać [15]:

$$Z = \frac{v_s^2}{2g} \times \left[ \left( \frac{1,01}{1-S} \right)^2 - 0,80 \right] \quad (5)$$

gdzie:

$v_s$  – prędkość statku [m/s],  
 $S$  – współczynnik prześwietu całkowitego  
 $g$  – przyspieszenie ziemskie,

## 5. Obliczenia i analiza zapasu wody pod stępką

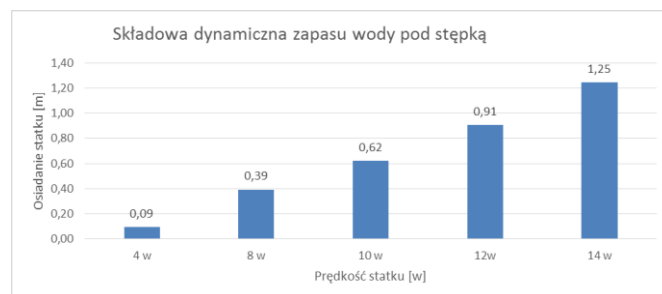
Obliczenia składowej dynamicznej dokonano dla opisanych pięciu metod. Ponieważ opisane metody nie były weryfikowane na trasie żegludowej do Świnoujścia, w celu uzyskania danych wskazujących na rząd wielkości osiadania statku dla przyjętych parametrów statku i akwenu do końcowej analizy wszystkie uzyskane wyniki zostały uśrednione. W Tabeli 1 zestawiono uzyskane obliczenia dla każdej z metod, a na Rys.7 w celach ilustracyjnych przedstawiono wartości średnie poprawki na dynamiczne osiadanie statku.

**Tab. 1.** Wyliczone wartości składowej dynamicznej [opracowanie własne]

Metoda	Prędkość statku [węzły]				
	4 w	8 w	10 w	12 w	14 w
Eryuzulu	0,07	0,33	0,55	0,84	1,19
Turner	0,11	0,44	0,69	1,00	1,36
Barras 1	0,13	0,52	0,82	1,18	1,60
Barras 2	0,08	0,35	0,55	0,81	1,12
Simrad	0,08	0,32	0,50	0,71	0,97
średnia	0,09	0,39	0,62	0,91	1,25

Analizując wyniki uzyskane dla poszczególnych metod można zauważyć, że wyniki obliczeń dla poszczególnych metod różnią się

bezwzględnie minimalnie o 6 centymetrów dla prędkości 4 węzły i maksymalnie o 63 centymetry dla prędkości 14 węzłów. Odpowiednio różnica bezwzględna między wartością maksymalną a średnią dla prędkości 4 węzły wynosi 4 centymetry, a dla prędkości 14 węzłów odpowiednio 35 centymetrów. Te maksymalne różnice dotyczą metody prostej Barrassa, gdzie elementami składowymi są tylko dwie wielkości: prędkość statku oraz współczynnik pełnotliwości kadłuba statku. Dla praktycznego szacowania bezpieczeństwa żeglugi na tym akwenu – przyjmowanie wyników maksymalnych uzyskanych dla uproszczonej metody nie wydaje się słuszne.



**Rys.7.** Średnie wartości składowej dynamicznej [opracowanie własne]

Biorąc pod uwagę zapis dotyczący minimalnego zapasu wody pod stępką gazowców LNG zawijających do Terminalu LNG w Świnoujściu sformułowany w Przepisach portowych [16] – nie ma praktycznej możliwości dotknięcia kadłuba statku o dno akwenu. Maksymalne odnotowane prędkości w okolicach pławy „N-2” wynoszą 10 węzłów (Rys.5), a dalej po minięciu pławy „N-2” nie przekraczają 9 węzłów (Rys.6). Takie prędkości gwarantują, że składowa dynamiczna na osiadanie statku nie przekroczy 0,62 m. Jakkolwiek nieuzasadnione zwiększanie prędkości statku powyżej 10 węzłów może spowodować szybki wzrost tej składowej, co w połączeniu z dodatkową składową dynamiczną powodowaną falowaniem statku oraz składowymi statycznymi może spowodować wystąpienie dużego ryzyka kontaktu dna statku z dnem akwenu.

### Podsumowanie

Problem zachowania minimalnego zapasu wody pod stępką statku jest decydujący o bezpieczeństwie żeglugi zwłaszcza na akwenach ograniczonych. Właściwa interpretacja zachodzących zjawisk pozwala na dokładne sprecyzowanie przepisów portowych zapewniających bezpieczną żeglugę statków zawijających do danego portu. Dotychczasowe zawinięcia gazowców LNG do Terminalu LNG w Świnoujściu potwierdziły, że założenia przyjęte na podstawie przeprowadzonych badań i analiz są właściwe i nie powodowały żadnych skutków jako następstw dotknięcia dna przez zawijające statki maksymalne. Dodatkowo należy podkreślić, że aspekt bezpieczeństwa nie wpłynął na aspekt ekonomiczny, który przejawiałby się koniecznością ograniczenia maksymalnego zanurzenia zawijających gazowców czyli przyjmowania ich w stanie niedoładowanym.

Innym problemem jest zwrócenie uwagi na bezpieczeństwo żeglugi gazowców LNG na odcinku Przylądek Arkona – pława „N-1”. Początkowe głębokości naturalne są powyżej 20 m, aby dość gwałtownie zmniejszać się do wartości 14,8 m, a nawet 14,0 m w pobliżu pławy „SWIN-N”. Przy zaobserwowanej prędkości 10,0 węzłów poprawka na składową dynamiczną rezerwy wody pod stępką wynosi 0,62 m, co powoduje automatycznie zmniejszenie się zapasu wody pod stępką ekstremalnie do około 1,0 m. Biorąc pod uwagę wartość składowych stałych rezerwy głębokości wody pod stępką – margines bezpieczeństwa gwałtownie zmniejsza się.

## Bibliografia:

1. Approach Channels. A Guide for Design. Final Report of the Joint PIANC-IAPH Working Group II-30 in cooperation with IM-PA and IALA. June 1997.
2. Anczykowska A. Dynamiczne określanie zapasu wody pod stępką na akwenach ograniczonych. *Autobusy*. 12/2016.
3. Drwięga K, Gucma L., Gralak R. A method for reserve determination of the static and dynamic list of liquefied natural gas carriers and its application to the dynamic under keel clearance system in the outer port in Świnoujście. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin*. 2016, 47 (119).
4. Eryuzlu N.E., Cao Y.L., D'Agnolo F. Underkeel Requirements for Large Vessels in Shallow Waterways. 28<sup>th</sup> PIANC Navigation Congress. Seville. Section II-2. Pp. 17-26.
5. Gucma L. i inni. Integrated dynamic UKC assessment system for Polish ports. *Scientific Journals Maritime University of Szczecin* 2012, 32(104).
6. Gucma S. *Określenie parametrów portu zewnętrznego w Świnoujściu w aspekcie bezpieczeństwa eksploatacji gazowców LNG*. Materiały konferencyjne XXVI Konferencji Naukowo-Technicznej „Budownictwo morskie”, str. 39-46, Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, Szczecin 2013, ISBN 978-83-7663-151-1. Wydane: maj 2013.
7. Gucma S., Jagniszczak I. „Nawigacja dla kapitanów”. Fundacja Promocja Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej. Gdańsk 2006.
8. Hajduk J., Montewka J.: *Analiza tras żeglugowych gazowców LNG na Morzu Bałtyckim w aspekcie bezpieczeństwa ruchu statków*, Materiały konferencyjne Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Transport XXI w.” Stare Jabłonki, 18-21 września 2007, Tom 1, strony 269-276.
9. Hajduk J.: *Shipping Routes in the Southern Baltic and Vessel Traffic Safety*. Proceedings of the XIII International Scientific And Technical Conference On Maritime Traffic Engineering. Akademia Morska w Szczecinie. Szczecin 2009.
10. Hajduk J.: *The future of vessel traffic safety in the Baltic Sea*. Baltic Rim Economies. Quarterly Review. Special Issue On The Future Of The Maritime Sector In The Baltic Sea Region. Issue No. 5, 14 December 2012.
11. Hajduk J. *An analysis of the LNG tanker Al Nuaman's speeds during its first voyage to the LNG terminal in Świnoujście (route sections Arkona-Świnoujście-Arkona)*. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin*. 2017, 52 (124),
12. Jankowski S. Ślącza W. Bezpieczny zapas wody pod stępką dla statku manewrującego nad liniową infrastrukturą przesyłową. *Transcomp – XIV International Conference Computer Systems Aided Science, Industry and Transport*. Zakopane 2010.
13. Morskie drogi wodne. Projektowanie i eksploatacja w ujęciu inżynierii ruchu morskiego. Pod redakcją Stanisława Gucmy. Fundacja Promocja Przemysłu Okrętowego i Gospodarki Morskiej. Gdańsk 2015.
14. Navigational analysis of entering *LNG carriers of capacity 200 000m<sup>3</sup> to Gdansk and Swinoujscie ports at Polish coast*. Praca naukowo-badawcza. Czerwiec 2006.
15. Określenie dopuszczalnego zanurzenia statków mogących bezpiecznie wchodzić do portu handlowego w Świnoujściu w różnych warunkach hydrometeorologicznych. Praca naukowo-badawcza wykonana na zlecenie Portu Handlowego Świnoujście Sp. z o.o. przy współpracy Fundacji Rozwoju AM w Szczecinie. Kierownik pracy prof.dr hab.inż.kpt.żw. Gucma St. AM Szczecin 2004.
16. Przepisy Portowe. Tekst ujednoczony wg. stanu prawnego na dzień 24 maja 2017 r. (Dziennik Urzędowy Województwa Zachodniopomorskiego z .2013. poz. 2932; zm.: z 2014 r. poz. 242, z 2015 r. poz. 4533 oraz z 2017 r. poz. 2099)
17. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury I Rozwoju z dnia 7 maja 2015 r. w sprawie określenia obiektów, urządzeń i instalacji wchodzących w skład infrastruktury zapewniającej dostęp do portu o podstawowym znaczeniu dla gospodarki narodowej (Dz.U. z dnia 27.05.2015 poz.733).
18. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie. Dz.U. 1998 nr 101 poz. 645.
19. Rutkowski G. Ocena głębokości północnego toru podejściowego do portu Świnoujście od pozycji gazociągu Nord Stream do terminalu LNG w aspekcie obsługi jednostek o maksymalnych gabarytach – metody uproszczone. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*. Nr 77, Grudzień 2012.
20. Szymoński M. Some Notes on Safety Measures when Approaching Port of Świnoujście. *TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. Volume 12 Number 1. March 2018
21. Zalecenia do projektowania morskich konstrukcji hydrotechnicznych Z 1 – Z 46. Praca zespołowa pod kierownictwem B. Mazurkiewicza Wydanie III. Politechnika Gdańska. Katedra Budownictwa Morskiego. *Studia i Materiały*. Zeszyt nr 21. Gdańsk 1997.

---

#### Under keel clearance of LNG carriers during approaching Świnoujście Terminal

The article discussed was the problem the safety of gas carriers LNG calling at the port of Świnoujście. The focus is on the problem of dynamic components based on the speed of the vessel (influence of squat effect). The calculation was carried out using data recorded during the first trip of the vessel Al Nuaman to LNG terminal in Świnoujście.

---

Keywords: LNG carriers, safety of navigation, under keel clearance

#### Autorzy:

dr inż. kpt.ż.w. **Jerzy Hajduk** – Akademia Morska w Szczecinie, Wydział Nawigacyjny. [j.hajduk@am.szczecin.pl](mailto:j.hajduk@am.szczecin.pl)