PKBWM

PAŃSTWOWA KOMISJA BADANIA WYPADKÓW MORSKICH

RAPORT KOŃCOWY

24/17

bardzo poważny wypadek morski

Zestawu holowniczego: holownik „IKAR” oraz prom rzeczny samochodowo-pasażerski „SIEBENGEBIRGE”

Zatonięcie promu holowanego na Morzu Północnym
w dniu 30 kwietnia 2017 r.

Luty 2019

Badanie bardzo poważnego wypadku zatonięcia promu rzecznego samochodowo-pasażerskiego „SIEBENGEBIRGE” w czasie holowania przez holownik „IKAR” prowadzone było na podstawie ustawy z dnia 31 sierpnia 2012 r. o Państwowej Komisji Badania Wypadków Morskich (Dz. U. z 2012 r. poz. 1068 z późn. zm.) oraz uzgodnionych w ramach Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO) norm, standardów i zalecanych metod postępowania, wiążących Rzeczpospolitą Polską.

Zgodnie z przepisami wyżej wymienionej ustawy celem badania wypadku lub incydentu morskiego jest ustalenie okoliczności i przyczyn jego wystąpienia dla zapobiegania wypadkom i incydentom morskim w przyszłości oraz poprawy stanu bezpieczeństwa morskiego.

Państwowa Komisja Badania Wypadków Morskich nie rozstrzyga w prowadzonym przez siebie badaniu o winie lub odpowiedzialności osób uczestniczących w wypadku lub incydencie morskim.

Niniejszy raport nie może stanowić dowodu w postępowaniu karnym albo innym postępowaniu mającym na celu ustalenie winy lub odpowiedzialności za spowodowanie wypadku, którego raport dotyczy (art. 40 ust. 2 ustawy o PKBWM).

Państwowa Komisja Badania Wypadków Morskich
ul. Stefana Batorego 4, 70-207 Szczecin
tel. +48 91 4403 290, tel. kom. +48 664 987 987
e-mail: pkbwm@mgm.gov.pl
www.pkbwm.gov.pl

1. Spis treści

2. Fakty 4
3. Informacje ogólne 5
3.1. Dane statków 5
3.1.1. Holownik Ikar 5
3.1.2. Rzeczny prom samochodowo-pasażerski „Siebengebirge” 6
3.1.3. Model promu „Siebengebirge” 8
3.2. Informacje o podróży zestawu holowniczego „Ikar” oraz „Siebengebirge” 14
3.3. Informacje o wypadku 14
3.4. Informacje o zaangażowanych podmiotach z lądu i działaniach ratowniczych 14
4. Opis okoliczności wypadku 15
5. Analiza i uwagi dotyczące czynników, które przyczyniły się do wypadku z uwzględnieniem wyników badań i ekspertyz. 17
5.1. Czynniki mechaniczne 17
5.2. Czynniki ludzkie (błędy i zaniechania) 21
5.3. Czynniki organizacyjne 22
5.4. Wpływ czynników zewnętrznych na zaistnienie wypadku morskiego 22
6. Opis wyników przeprowadzonego badania, w tym kwestii dotyczących bezpieczeństwa i wniosków wynikających z badania 23
6.1. Symulacja wypadku 24
6.2. Stateczność promu „Siebengebirge” według Intact Stability Code 2008 27
6.3. Symulacja przewrócenia i zatopienia promu „Siebengebirge” 30
6.4. Sekwencja przewracania i zatapiania promu „Siebengebirge” 46
6.5. Wnioski z przeprowadzonej analizy 49
7. Zalecenia dotyczące bezpieczeństwa 50
7.1. Armator holownika „Ikar” 50
8. Spis zdjęć 50
9. Spis rysunków 51
10. Spis tabel 52
11. Źródła informacji 53

12. Skład zespołu badającego wypadek 53
13. Załączniki 53
Załącznik 1. Wymagania Intact Stability Code 2008 54
Załącznik 2. Plan ogólny promu „Siebengebirge” 55
Załącznik 3. Linie Teoretyczne promu „Siebengebirge” 56
Załącznik 4. Dane hydrostatyczne promu Siebengebirge 57
Załącznik 5. Ramiona stateczności kształtu 64
Załącznik 6. Woda w przedziałach wodoszczelnych 69
Załącznik 7. Sekwencja przewracania promu Siebengebirge 70

2. Fakty

W dniu 29 kwietnia 2017 r. o godz. 15:55 zestaw holowniczy w skład którego wchodził holownik „Ikar" oraz holowany rzeczny prom samochodowo – pasażerski „Siebengebirge" z pilotem na burcie holownika, odcumował od nabrzeża w porcie Rotterdam. Po zdaniu pilota zestaw holowniczy kontynuował zaplanowaną podróż do portu Hanko (Finlandia).

W dniu 30 kwietnia 2017 r. o godzinie 04:45 załoga holownika zauważyła przechył na prawą burtę oraz pogłębiający się trym na dziób holowanej jednostki. Kapitan niezwłocznie powiadomił Straż Graniczną Holandii o zaistniałej sytuacji i po otrzymaniu zgody skierował zespół holowniczy do portu Den Helder w prowincji Holandia Północna (nad cieśniną Marsdiep).

W dniu 30 kwietnia 2017 r. o godz. 06:25 obiekt holowany obrócił się stępką do góry, a o godz. 07:40 całkowicie zanurzył się pod wodą.

O godz. 08:30 odcięto hol i na polecenie Straży Granicznej holownik pozostał w rejonie zatonięcia holowanej jednostki. W związku z otrzymanym poleceniem o godz. 08:55 rzucono kotwicę i oczekiwano na dalsze decyzje.

O godz. 10:50 na holownik weszli przedstawiciele Straży Granicznej i przeprowadzili przesłuchanie załogi holownika oraz sprawdzili dokumenty jednostki.

O godz. 17:50 zezwolono holownikowi na podniesienie kotwicy i kontynuowanie podróży. W dniu 4 maja 2017 r o godz. 11:35 holownik zacumował w porcie w Gdyni.

3. Informacje ogólne

3.1. Dane statków

3.1.1. Holownik Ikar

Zdjęcie 1 Holownik Ikar

Bandera:	Polska
Port macierzysty:	Gdynia
Numer IMO:	6519302
Numer rejestrowy:	ROG2568
Sygnał rozpoznawczy:	SPG 2521
Data położenia stępki:	12 marca 1965
Zbudowany:	1966, Stocznia Appledore Shipbuilders Ltd. Devon, Wielka Brytania; numer budowy AS11
Klasyfikator:	Polski Rejestr Statków (PRS)
Numer rejestru PRS:	PRS-210044
Notacja klasy:	KM TUG I
Długość całkowita:	29,97 m

Długość pomiędzy pionami:	26,82 m
Szerokość:	7,54 m
Wysokość boczna:	3,81 m
Pojemność brutto:	171
Pojemność netto:	51
Nośność:	101 ton metrycznych
Napęd:	Silnik spalinowy MWM o mocy 882 kW @ 375 o/min
Uciąg na palu:	150,76 kN zgodnie z Zaświadczeniem Nr 190/GDY/11
Właściciel /Armator:	Jan Stępniewski i Ska Sp. z o.o. Gdynia
Świadectwo klasy:	PRS Nr M-38642/17 z dnia 28 lutego 2017, ważne do 17 lipca 2021
Karta bezpieczeństwa:	UM Gdynia Nr 5274/GDY/2016 z dnia 30 września 2016, ważna do 18 lipca 2021

3.1.2. Rzeczny prom samochodowo-pasażerski „Siebengebirge”

Zdjęcie 2 prom „Siebengebirge” (Marine Traffic.com)

Bandera:	Niemiecka
Port macierzysty:	Bad Honnef
Numer EU:	04808160
Typ:	Prom samochodowo-pasażerski
Budowa:	Schiffswerft Oberwinter GmbH, Oberwinter, Niemcy 1969; Numer budowy 167
Akwen żeglugi:	Rzeka Ren (km: 640,2) pomiędzy przystaniami Bad Honnef i Rolandseck
Długość całkowita:	39.65 m
Długość na linii wodnej:	27.60 m
Szerokość maksymalna:	9.50 m
Wysokość boczna:	1.85 m
Zanurzenie maksymalne:	1.10 m
Wolna burta:	750 mm
Liczba grodzi wodoszczelnych:	10
Maksymalna ilość samochodów:	12
Maksymalna ilość pasażerów:	250
Silniki:	2 x MAN D2866E o mocy 178 kW każdy, jeden silnik zapasowy MAN D2866E,
Pędniki:	2 x Schottel SRP100
Prędkość maksymalna:	5,36 węzłów
Kotwica:	1, łańcuch kotwiczny o długości 48 m
Właściciel (sprzed sprzedaży):	Fahrgesellschaft Honnef Pool GmbH u. Co. KG, Bad Honnef DE-53604, Hauptstrasse 11D
Nabywca promu:	JS Ferryway Ltd. Oy, Finlandia

Parametry promu pustego:

Opracowane na podstawie dokumentacji:

Stabilitats und Leckrechnung fur Fahrschiff „Siebengebirge" z 19.06.1970

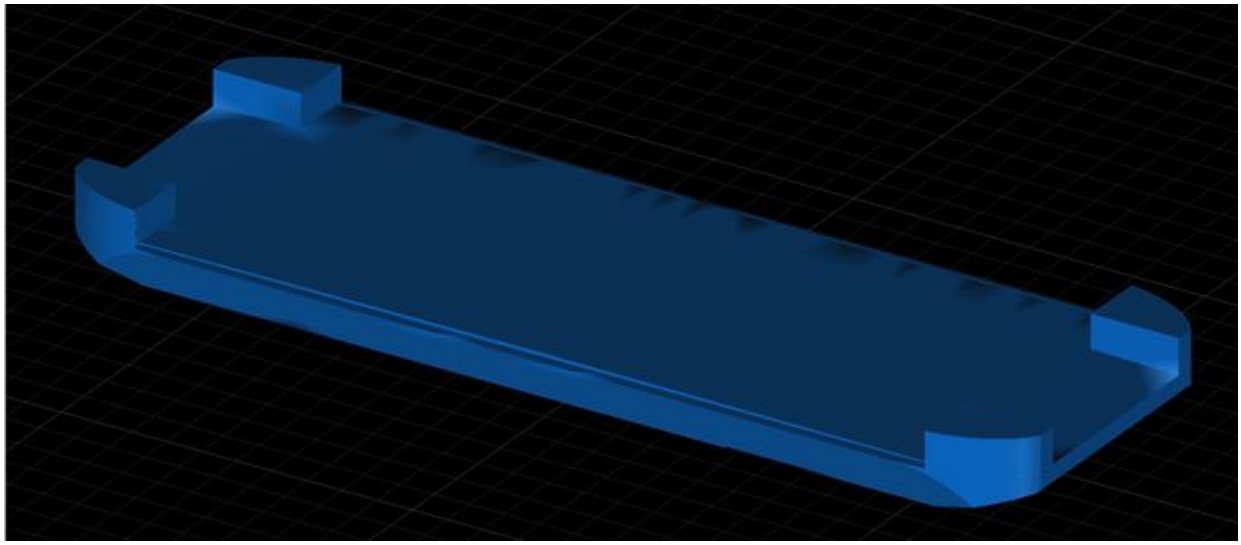
Masa promu pustego:	D_{LS} = 78.00 t,
Wysokość środka masy:	z_{GLS} = 1.78 m,
Poprzeczna Wysokość Metacentryczna:	GM_{LS} = 15.53 m

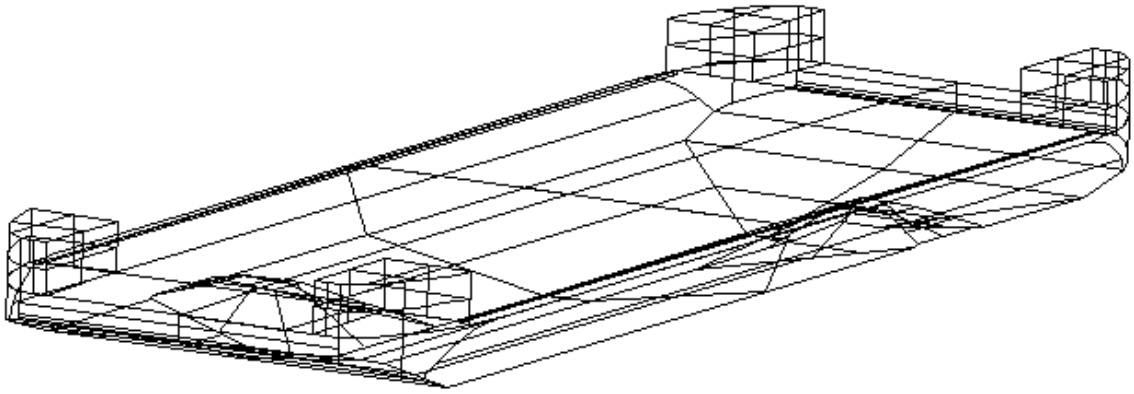
Powierzchnia nawiewu dla zanurzenia T=1.05 m: $A_W = 100.4\ m^2$

Wysokość środka powierzchni nawiewu od linii wodnej: 1.83 m

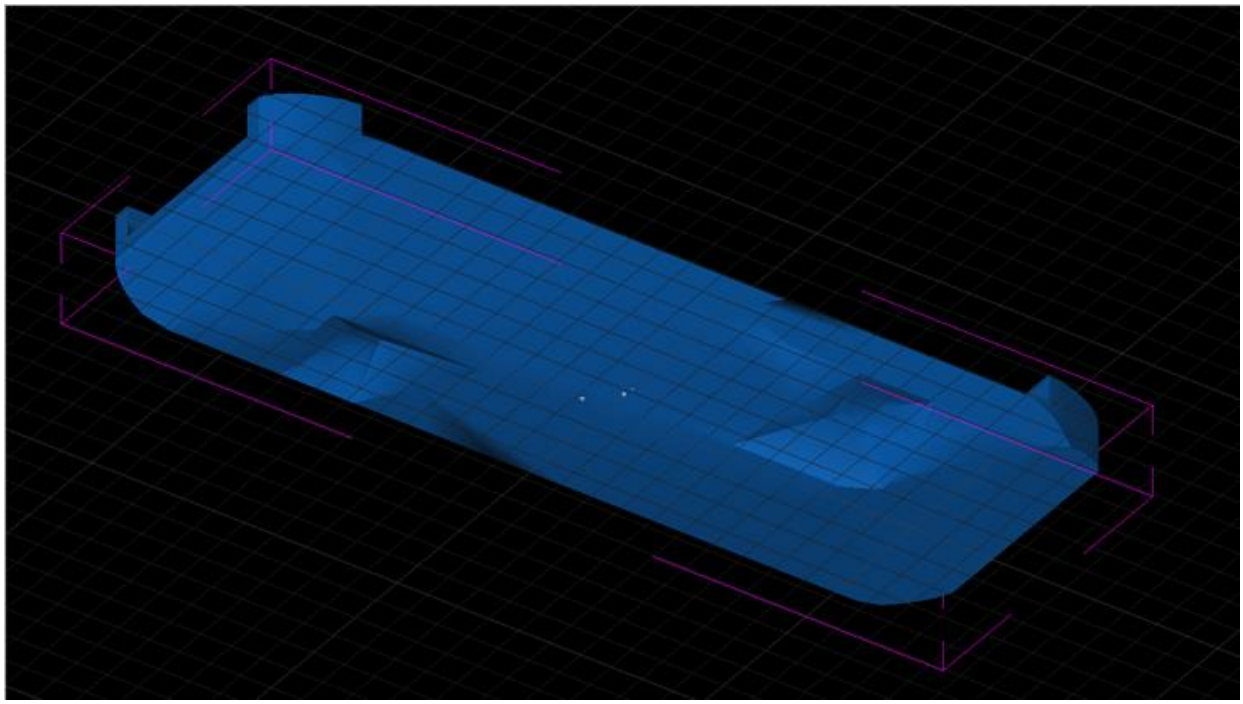
3.1.3. Model promu „Siebengebirge”

W celu analizy stateczności opracowano model 3D promu „Siebengebirge”. Parametry modelu zostały przedstawione na rysunkach od 1 do 5.

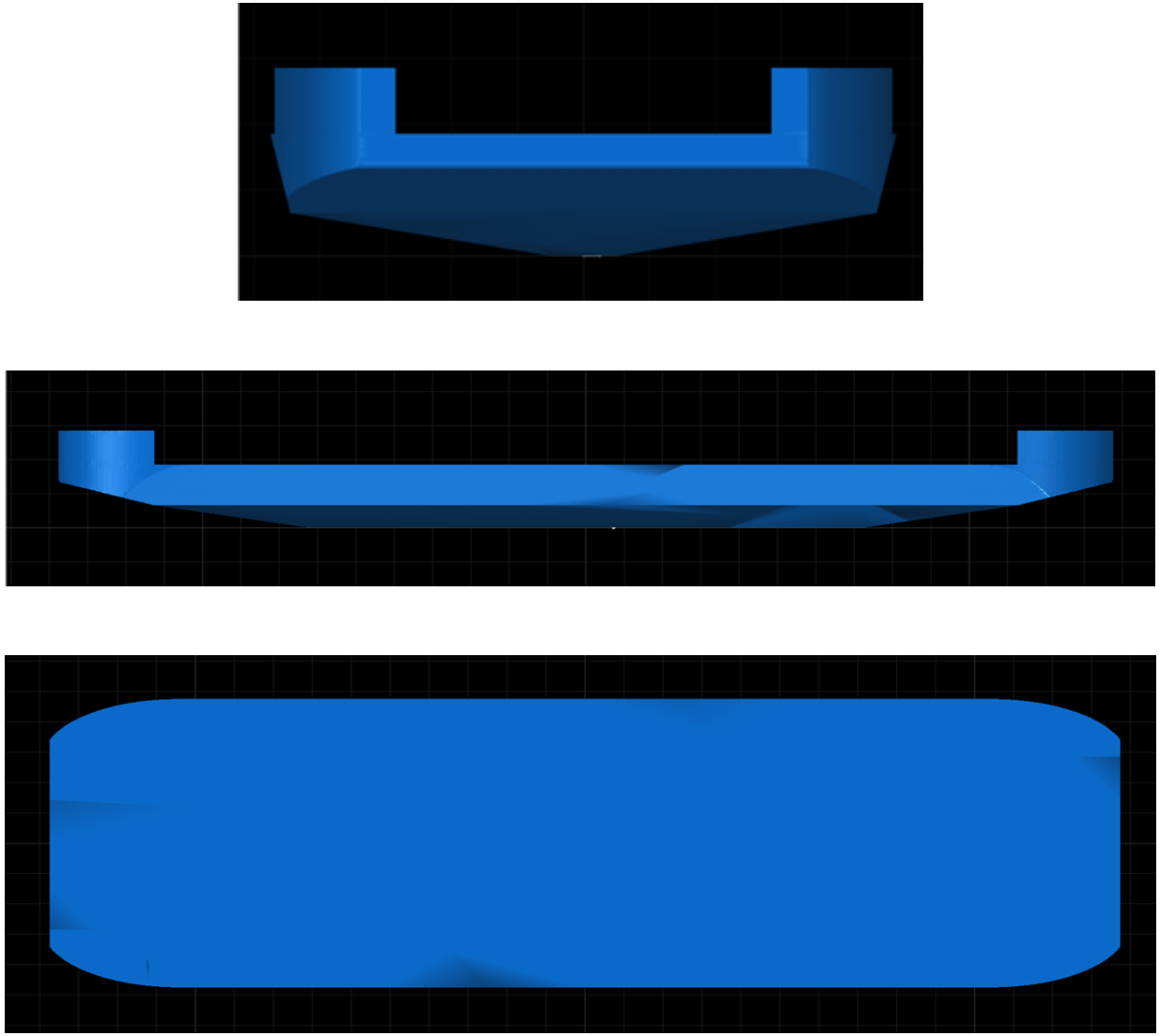




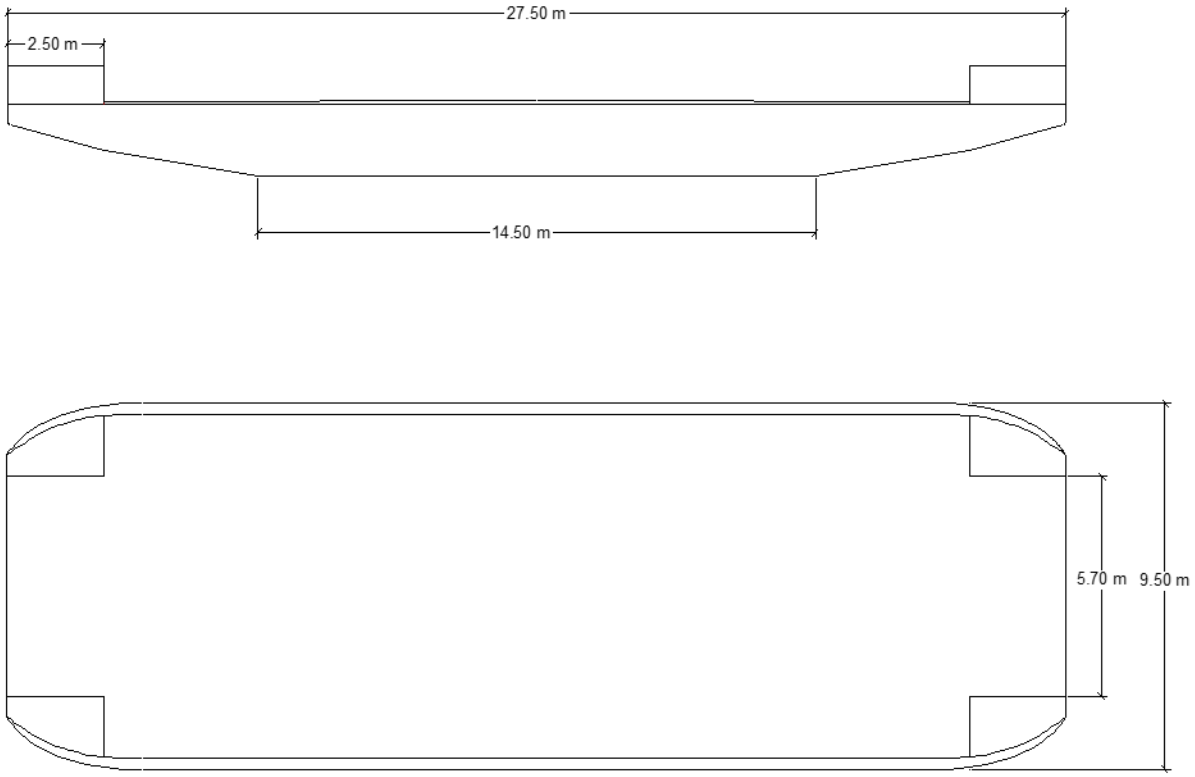
Rysunek 1 Model promu „Siebengebirge”. Widok z góry.



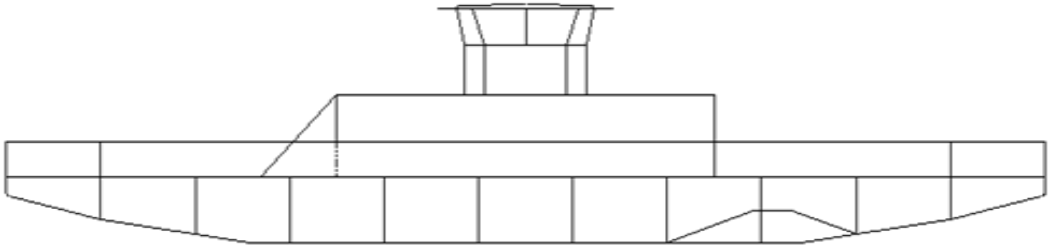
Rysunek 2 Model promu „Siebengebirge”. Widok na dno promu.

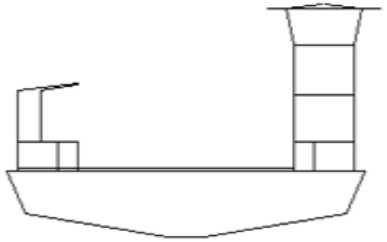


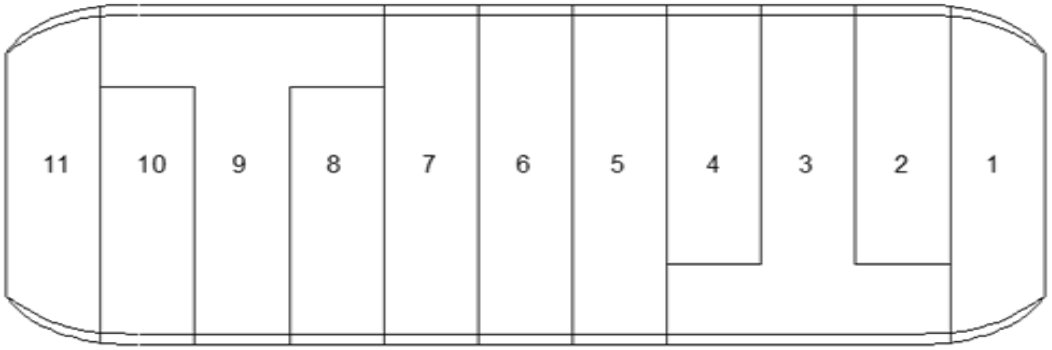
Rysunek 3 Model promu (płaszczyzny)

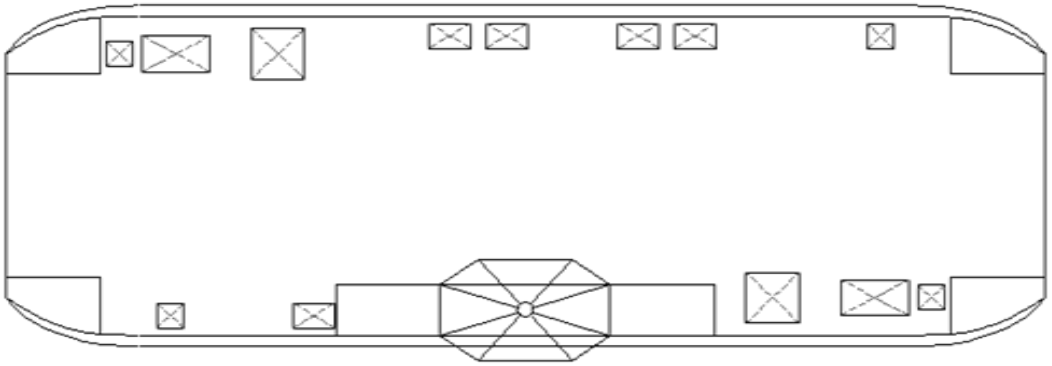


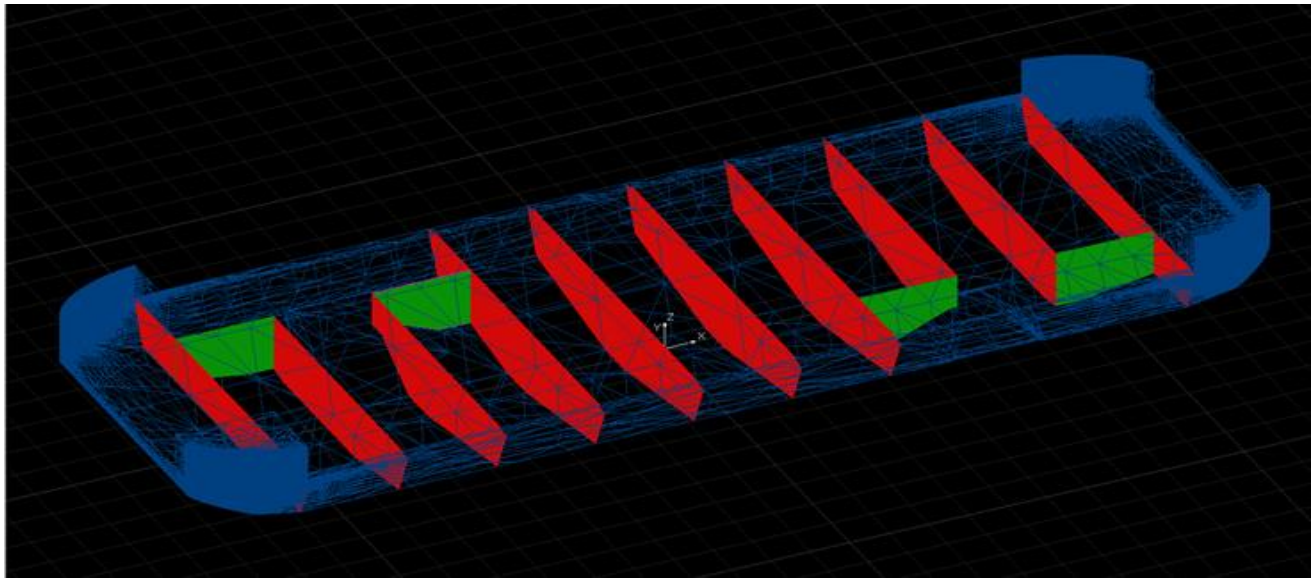
Rysunek 4 Wymiary główne kadłuba promu „Siebengebirge”






11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1





Rysunek 5 Włazy na pokładzie oraz przedziały wodoszczelne promu „Siebengebirge”

- Prom w momencie rozpoczęcia holowania posiadał Wspólnotowe Świadectwo Żeglugowe Nr DU229F z dnia 20 kwietnia 2015, ważne do 19 kwietnia 2020 roku.
- Na czas podróży morskiej prom nie był obsadzony załogą.
- W zbiornikach promu znajdowało się około 1200 litrów paliwa.

Zdjęcie 3 Przyjęty w ocenie stateczności punkt zalewania promu

3.2. Informacje o podróży zestawu holowniczego „Ikar” oraz „Siebengebirge”

Port rozpoczęcia holowania:	Rotterdam (Holandia)
Port przeznaczenia:	Hanko (Finlandia)
Rodzaj żeglugi:	żegluga międzynarodowa
Informacje o załodze holownika:	6 osób
Informacja o pasażerach:	bez pasażerów

3.3. Informacje o wypadku

Rodzaj:	bardzo poważny wypadek morski
Data i czas wypadku:	30.04.2017 r. godz. 07:40 LT
Pozycja geograficzna w czasie zdarzenia	φ = 53°06,85’ N; λ = 004°33,76’ E
Rejon geograficzny zajścia zdarzenia:	Morze Północne – na zachód od Texel,
Charakter akwenu:	przybrzeżny, poza torem wodnym,
Pogoda w trakcie wypadku:	wiatr NE 4˚B, widzialność bardzo dobra,
Stan eksploatacyjny holownika „Ikar”:	holowanie promu pasażersko samochodowego,
Stan eksploatacyjny promu „Siebengebirge”:	na holu, bez obsady, wyłączony z eksploatacji,
Skutki wypadku dla holownika „Ikar”:	holownik nie odniósł uszkodzeń – utrata holu,
Skutki wypadku dla promu „Siebengebirge”:	jednostka zatonęła.

3.4. Informacje o zaangażowanych podmiotach z lądu i działaniach ratowniczych

O tonięciu holowanego promu kapitan holownika „Ikar” powiadomił Straż Graniczną Holandii. Holownik nie doholował tonącego promu do wskazanego przez Straż Graniczną portu. Nie prowadzono działań ratowniczych, a czynności przeprowadzone przez przedstawicieli Straży Granicznej ograniczone były do kontroli dokumentów holownika „Ikar” po zatonięciu promu.

4. Opis okoliczności wypadku

Dnia 26 kwietnia 2017 roku o godz. 18:35 (LT) holownik „Ikar" przypłynął do portu Rotterdam, Holandia i o godz. 20:35 zacumował do burty jednostki którą miał holować tj. rzecznego promu samochodowo-pasażerskiego „Siebengebirge".

Dnia 27 kwietnia 2017 o godzinie 0830 na prom „Siebengebirge" przybyła ekipa firmy Redwise Maritime Services B.V. mająca za zadanie przygotować prom do holowania z Rotterdamu do Hanko w Finlandii. Przygotowania do holowania polegały między innymi na demontażu ramp najazdowych na dziobie i rufie promu, zaślepieniu otworów w kadłubie (odpowietrzeń zbiorników i otworów powstałych po demontażu ramp), zabezpieczeniu okien sterówki za pomocą sklejki, zaślepieniu części otworów w nadburciu promu itd. Zdemontowane rampy zostały złożone na pokładzie promu i zamocowane. Firma Redwise wykonała również uchwyty służące do zamocowania łańcuchów (ang. *chain bridles*) holu głównego.

Dnia 28 kwietnia 2017 pracownicy firmy Redwise kontynuowali prace zabezpieczające na promie „Siebengebirge". O godz. 14:30 na holownik „Ikar" przybyli przedstawiciele ubezpieczyciela (Firma „IF") z firmy Al Mare Consulting AB w celu przeprowadzenia inspekcji zestawu holowniczego pod kątem gotowości do planowanego holowania. Sprawdzili dokumenty holownika oraz certyfikaty osprzętu, który miał zostać użyty w trakcie holowania, a także plan trasy holowania wraz o określonymi portami schronienia. Przedstawiciele ubezpieczyciela otrzymali kopie dokumentów, o które zwrócili się do kapitana MT „Ikar".

Dnia 29 kwietnia 2017 o godzinie 0700 załoga MT „Ikar" rozpoczęła zbrojenie „Siebengebirge" (zakładanie osprzętu holowniczego). Przedstawiciele ubezpieczyciela zwrócili się do kapitana MT „Ikar" z poleceniem przeprowadzenia próby obciążeniowej uchwytów zainstalowanych przez firmę Redwise służących do zamocowania holu głównego. Próba polegała na tym, iż holownik „Ikar" mocował swój hol główny kolejno do obu uchwytów i opierając się rufą o dziób „Siebengebirge", naciągał hol za pomocą windy holowniczej. Oba zamocowania zostały poddane próbie o obciążeniu statycznym około 19 ton metrycznych (uciąg windy holowniczej MT „Ikar"). Po zakończeniu próby obciążeniowej przedstawiciel ubezpieczyciela dokonał zewnętrznych oględzin obu uchwytów.

Po zakończeniu inspekcji, przedstawiciel ubezpieczyciela, firma Al Mare Consulting AB, wystawiła certyfikat gotowości zestawu do holowania (ang. *Towage Approval Certificate*) i przekazała go kapitanowi holownika. Zgodnie z certyfikatem ekspert firmy Al Mare Consulting AB uznał, iż zestaw jest należycie przygotowany do planowanego holowania z Rotterdamu do Hanko przez Skagerrak. Czas holowania został określony na około 8 dni. Do certyfikatu dołączono listę zaleceń i ograniczeń. Zgodnie z zaleceniami graniczne warunki pogodowe dla prowadzenia holowania to: prędkość wiatru maksymalnie 12 m/s oraz wysokość fali znaczącej nie więcej, niż 1,5 metra.

Zestaw holowniczy z pilotem na burcie oraz w asyście holownika portowego „Buizero" odcumował od nabrzeża o godz. 15:55.

Zdjęcie 4 Zestaw holowniczy na wyjściu z Rotterdamu z asystą holownika portowego. Widoczna fala oporowa na dziobie promu.

O godz. 18:10 zwolniono holownik portowy z asysty, a po minięciu Hook van Holland o godz. 19:10 pilot zszedł z holownika. Wydłużono hol do 140 m i rozpoczęto początkowo holowanie morskie z szybkością ok. 5 *w*.

Kolejnego dnia, tj. 30 kwietnia 2017 r. o godz. 04:00 pełniący wachtę oficer zauważył że światła burtowe holowanego promu wskazują, że jest on przechylony na prawą burtę. Powiadomiony o sytuacji kapitan holownika zmniejszył prędkość holowania i niezwłocznie powiadomił o zaistniałej sytuacji holenderską Straż Przybrzeżną.

Uzyskał zgodę na zejście z toru wodnego i skierowanie zestawu holowniczego do portu Den Helder. Zestaw holowniczy skierował się do wskazanego portu schronienia. O świcie stwierdzono, że prom oprócz przechyłu ma również znaczny trym na dziób.

O godz. 06:25 holowany prom przewrócił się do góry stępką, a następnie o godz. 07:40 zatonął na głębokości 20 m.

Powiadomiona o zatonięciu jednostki Straż Graniczna poleciła kapitanowi holownika pozostać w miejscu zatonięcia promu. Po odcięciu o godz. 08:30 holu łączącego jednostki „Ikar" zakotwiczył w pobliżu miejsca zatonięcia promu.

O godz. 10:50 przybyli na burtę przedstawiciele Straży Granicznej w celu przesłuchania kapitana i sprawdzenia dokumentów.

O godz. 13:05 kapitan otrzymał zezwolenie na opuszczenie rejony zatonięcia holowanej jednostki.

Do portu w Gdyni holownik „Ikar" wszedł 4 maja 2017 r. o godz. 11:35.

5. Analiza i uwagi dotyczące czynników, które przyczyniły się do wypadku z uwzględnieniem wyników badań i ekspertyz.

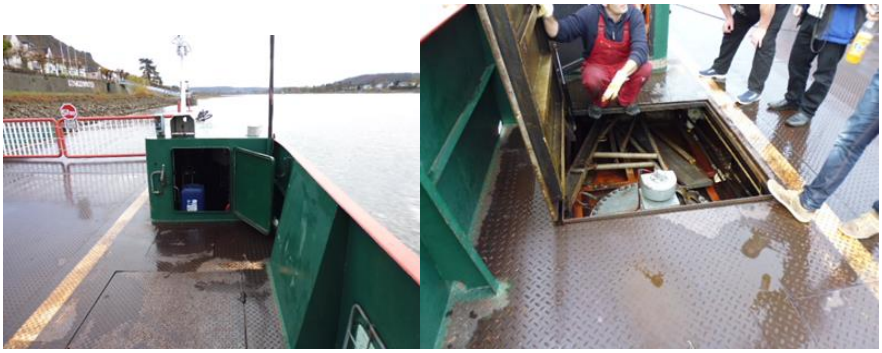
Prom „Siebengebirge" został zaprojektowany i zbudowany do prowadzenia żeglugi na akwenach zamkniętych i wodach wewnętrznych. Na 46 letniej jednostce pomimo widocznego dobrego stanu technicznego widoczne były rozwinięte ogniska rdzy. Część poszycia kadłuba wykonana została z 5mm grubości stali co wystarczało do eksploatowania jednostki na wodach wewnętrznych. Nie była ona przystosowana do wychodzenia na otwarte morze.

Zabezpieczenie otworów zewnętrznych mogło jedynie zapewnić bryzgoszczelność, a nie chronić przed dostaniem się wody do przestrzeni wewnętrznych promu poprzez nieszczelności.

Przyczyną przewrócenia i zatonięcia promu było zalewanie dziobowych przedziałów wodoszczelnych oraz woda dostająca się na pokład w części dziobowej.

5.1. Czynniki mechaniczne

Możliwe punkty nieszczelności promu:



Zdjęcie 5 Włazy do części maszynowej – dziób PB. Przedział nr 3

Zdjęcie 6 Włazy do części maszynowej – dziób PB. Przedział nr 3

Zdjęcie 7 Odpowietrzenia zbiorników/przedziałów

Zdjęcie 8 Drzwi do nadbudówki – PB. Uszczelnienie kluzy łańcuchowej. Przedział nr 2

Zdjęcie 9 Dziób promu, przednia krawędź przedziału nr 1

Komisja odtworzyła zakres robót wykonanych przez firmę Redwise na podstawie raportu sporządzonego przez firmę „IF dla ubezpieczyciela oraz informacji otrzymanych od załogi holownika.

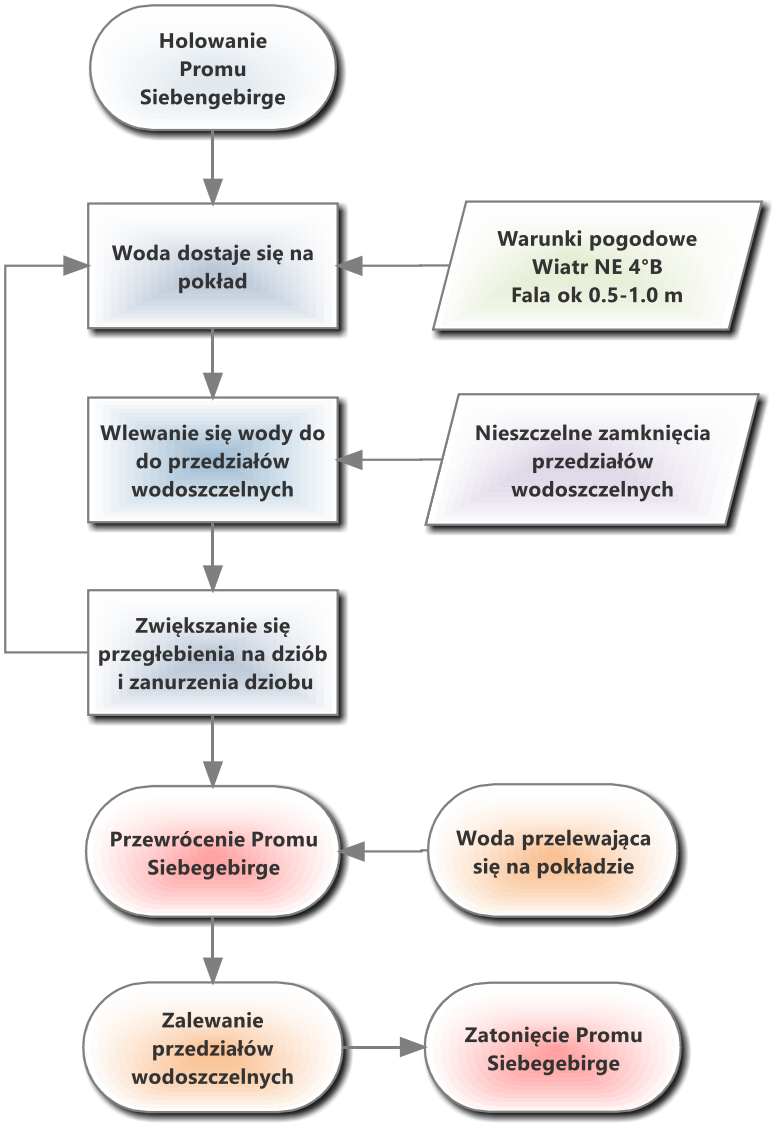
Przedstawiona dokumentacja (głównie fotograficzna) nie dokumentowała prac prowadzonych wewnątrz kadłuba promu oraz przy jego pędnikach. Brak jest informacji, bądź zdjęć pokazujących stan grodzi wodoszczelnych promu oraz stan i przygotowanie pędników Schottel'a do planowanego holowania. Maksymalna konstrukcyjna prędkość promu wynosiła 5,36 *w* przy założeniu, że jest on wprawiany przez własny napęd. W przypadku holowania z większą prędkością na niezabezpieczone prawidłowo pędniki działały siły większe niż założone w trakcie projektowania jednostki. Mogło to doprowadzić do uszkodzeń śrub lub kolumn pędników Schottel'a i spowodować utratę szczelności kadłuba.

Zgodnie z „Certyfikatem gotowości do holowania" rekomendowana prędkość holowania ustalona została na 6 – 8 *w*.

Uchwyty na mocowania łańcuchów holu zostały wykonane i zainstalowane przez firmę Redwise. Każdy z uchwytów składał się z blachy o grubości około 20mm i przybliżonych wymiarach 600 x 600 mm, do której przyspawano ucho wykonane z blachy stalowej o grubości 20 - 25 mm. Wszystkie podane powyżej wymiary zostały oszacowane na podstawie analizy zdjęć.

Zdjęcie 10 Uchwyt zainstalowany na dziobie „Siebengebirge" z lewej burty wraz z zamocowanym łańcuchem (chain bridle) (zdjęcie wykonane przez przedstawiciela ubezpieczyciela)

Firma Redwise przyspawała uchwyty do poszycia pokładu promu na dziobie z lewej i z prawej burty. Nie zachowała się dokumentacja techniczna bądź obliczenie wytrzymałości uchwytów. Zgodnie z informacją uzyskaną od kapitana MT "Ikar" dokumentacja taka nie została przedstawiona. W związku z brakiem obliczeń, przedstawiciel ubezpieczyciela zażądał od kapitana MT "Ikar" przeprowadzenia testów obciążeniowych. Każdy z uchwytów został zastał obciążony siłą 19-u ton działającą prawie poziomo. Zgodnie z informacją kapitana holownika "Ikar", członkowie załogi znajdujący się na rufie holownika w czasie prób zauważyli, iż pokład promu, do którego były przyspawane uchwyty ciężko pracował (unosił się). Po zakończeniu prób nie zauważono, by na pokładzie powstały uszkodzenia, jednakże nie przeprowadzono inspekcji wnętrza pontonu pod kątem ewentualnych uszkodzeń powstałych w wyniku prób.



Rysunek 6 Scenariusz przewrócenia się promu „Siebengebirge”

5.2. Czynniki ludzkie (błędy i zaniechania)

W czasie holowania jednostka wielkości promu „Siebengebirge” stawia opór rzędu 1,5 – 2,5 ton. Wartości te zostały potwierdzone przez kapitana holownika „Ikar”, który obserwował siły na windzie w trakcie holowania. Testowanie uchwytów siłą 19 ton nie było uzasadnione.

Firma Redwise z wieloletnim doświadczeniem, specjalizująca się w przygotowaniach jednostek pływających do podróży między innymi tych bez napędu własnego oferuje kompleksową obsługę na dostawy jednostek pływających do miejsca przeznaczenia, w tym również asystę w zabezpieczeniu niezbędnych dokumentów na podróż.

Pomimo dużego doświadczenia i dostępu do dokumentów statecznościowych promu, które znajdowały się na mostku holowanego promu, nie sprawdzono stateczności przed

podjęciem podróży promu według Intact Stability Code 2008 i nie wzięto pod uwagę „delikatnej" konstrukcji jednostki. Konstrukcja ta była przeciwskazaniem do transportu promu na holu po wodach morskich.

Takie postępowanie było niezgodne z zaleceniami zawartymi w Okólniku MSC/Circ. 884 – „Wytyczne dotyczące bezpiecznego holowania morskiego"[1] a szczególnie, opisanymi w punkcie 13 okólnika.

5.3. Czynniki organizacyjne

Zestaw holowniczy nie miał potrzebnych dokumentów do rozpoczęcia podróży. Otrzymany od firmy Al Mare Consulting AB Certyfikat gotowości zestawu do holowania (ang. *Towage Approval Certificate*) był niewystarczającym dokumentem do rozpoczęcia holowania i opuszczenia portu w Rotterdamie.

Zgodnie z informacją otrzymaną od przedstawiciela Policji Morskiej[2] w Rotterdamie zestaw holowniczy zamierzający opuścić port powinien ten fakt zgłosić Zarządowi Portu[3], który w takich wypadkach informuje Holenderski Inspektorat Żeglugi[4]. Zadaniem Inspektoratu Żeglugi jest weryfikacja otrzymanych dokumentów i dokonanie inspekcji zestawu holowniczego biorąc pod uwagę zalecenia Okólnika MSC/Circ. 884 – „Wytyczne dotyczące bezpiecznego holowania morskiego". Po pozytywnym zweryfikowaniu sposobu przygotowania obiektu i całego zestawu do holowania wydawane jest zezwolenie na opuszczenie portu i rozpoczęcie holowania.

5.4. Wpływ czynników zewnętrznych na zaistnienie wypadku morskiego

Zestaw holowniczy rozpoczął podróż przy sprzyjającej warunkach pogodowych. W czasie żeglugi po wodach portowych wiatr był o sile 2 stopni Beaufort'a ze zmiennych kierunków oraz nieznaczne falowanie. Po wyjściu na otwarte morze wiatr wzrósł do 4 stopni Beauforta i wiał z kierunku NE. Wysokość fali wynosiła 0,5 – 1 m. Nie było rozkołysu (martwej fali).

Wysokość fali w czasie poprzedzającym wypadek wynosiła 1 – 1,5 m, czyli wartość maksymalną dopuszczoną „Certyfikatem gotowości do holowania". W związku z niewielką wolną burtą oraz powstałą falą oporową w trakcie holowania przy tej wysokości fali woda wchodziła na pokład promu i mogła dostawać się do wnętrza kadłuba.

[1] MSC/Circ.884 - Guidlines for safe ocean towing.
[2] Maritime Police, Central Unit, Infrastructure Division
[3] Port Authority
[4] Dutch Shipping Inspection

6. Opis wyników przeprowadzonego badania, w tym kwestii dotyczących bezpieczeństwa i wniosków wynikających z badania

W związku z brakiem wykonania obliczeń stateczności promu przed rozpoczęciem holowania i koniecznością przeprowadzenia analizy zachowania promu „Siebengebirge", w oparciu o dokumenty otrzymane od byłego właściciela promu Fahrgesellschaft Honnef Pool GmbH u. Co. KG i przy wykorzystaniu oprogramowania PolyCad 10.3 dokonano obliczeń mających na celu symulację przebiegu wypadku.

Do symulacji przewrócenia i zatonięcia promu przyjęto następujące założenia:

- Prom "Siebengebirge" nie posiadał żadnych dokumentów określających jego stateczność, danych hydrostatycznych oraz ramion stateczności kształtu.
- Dane hydrostatyczne zostały opracowane na podstawie wymiarów podanych w Planie Ogólnym (General Arrangement). Załącznik 2.
- Parametry hydrostatyczne promu obliczono na podstawie programu PolyCad10.3.
- Do symulacji wypadku przyjęto widoczne na zdjęciach przegłębienie 0.00 m i zanurzenie T = 0.81 m (rys. 11).
- Zanurzenie deklarowane przez kapitana holownika Ikar T =1.00 m, przyjęto jako błędne.
- Wszystkie obliczenia wykonano standardowymi metodami używanymi w ocenie parametrów i stateczności statków morskich.

Ustalono jednocześnie, że:

- Występują rozbieżności pomiędzy masą promu określoną w czasie próby przechyłów 86.7 t i krzywymi hydrostatycznymi, a masą uzyskiwaną z modelu 92.4 t dla takiego samego zanurzenia. Różnica mas wynosi 5.7 t. Rozbieżności mogą wynikać z braku możliwości pełnej identyfikacji kształtu kadłuba pod wodą.

- Wyporność promu przygotowywanego do holowania z odczytanym przez kapitana holownika zanurzeniem 1 m powinna wynosić ok. 118.2 t, natomiast wyporność modelu 123.9 t. Przyjęcie takiej masy promu oznaczałoby, że wewnątrz przedziałów znajduje się dodatkowa masa 35 t.

- Do symulacji przyjęto zgodność zanurzenia ze zdjęcia (Rys. 11).

Zdjęcie 11 Wolna burta promu: FB = 1.02 m

- Z obserwacji zdjęć promu opuszczającego port Rotterdam wynika, że wolna burta na śródokręciu wynosiła ok 1.02 m, więc zanurzenie promu wynosiło 0.83 m. Było to, więc znacznie mniej niż odczytane przez kapitana holownika Ikar 1.00 m.

- Na żadnym ze zdjęć uzyskanych z raportu firmy Al Mare Consulting AB nie widać znaków zanurzenia.

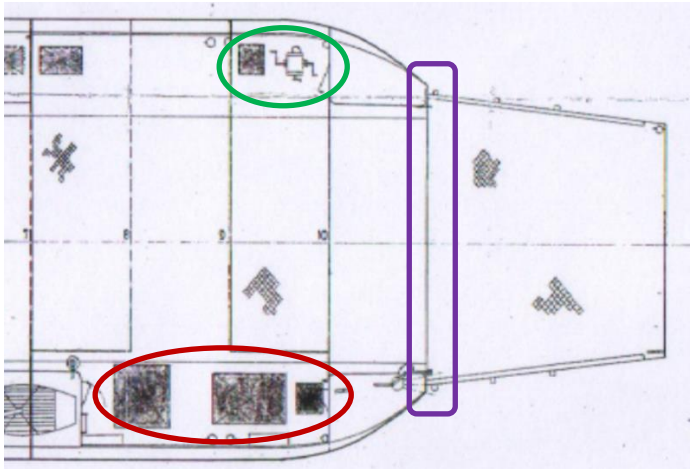
- Odpowiada to wyporności promu z Informacji o stateczności. Pusty prom z próby przechyłów posiadał masę 78 t, przyjmując masę paliwa ok 1.2 t oraz materiały uszczelniające i stałą statkową ok. 2 t. Sumarycznie otrzymujemy masę 81.2 t, to odpowiada zanurzeniu 0.79 m w wodzie słodkiej.

6.1. Symulacja wypadku

Na podstawie dokumentacji otrzymanej przez Komisję ustalono, że prom uzyskał przegłębienie, które spowodowało zanurzenie dziobu w wodzie. Przyczyną tego mogło być:

- Dostawanie się wody na pokład dziobowy promu i pozostawanie jej przez pewien okres czasu (były tylko dwa otwory odpływowe na każdej burcie w miejscu umiejscowienia pachołów cumowniczych).
- Dostawanie się wody do dziobowych przedziałów wodoszczelnych nr 1, 2 i 3 poprzez zamknięcia pokładowe lub/i poprzez nieszczelność dziobu.
- Zabezpieczenia wykonane w porcie Rotterdam chroniło zamknięcia przed otwarciem, ale nie zwiększało to szczelności zabezpieczonych włazów i drzwi.

- Woda dostająca się do przedziału nr 3 powodowałaby przegłębienie na dziób i przechył na PB.



Rysunek 7 Włazy do przedziału wodoszczelnego nr 3 (czerwone), nr 2 (zielone) oraz rampy z pokładem na krawędzi przedziału nr 1 (fioletowe)

Do analizy zachowania promu „Siebengebirge" w trakcie holowania założono scenariusze wypadku:

A. Prom bez przegłębienia.

Ponton zachowuje szczelność.

a. Woda dostaje się na pokład na skutek falowania, kołysania wzdłużnego i prędkości promu od dziobu.

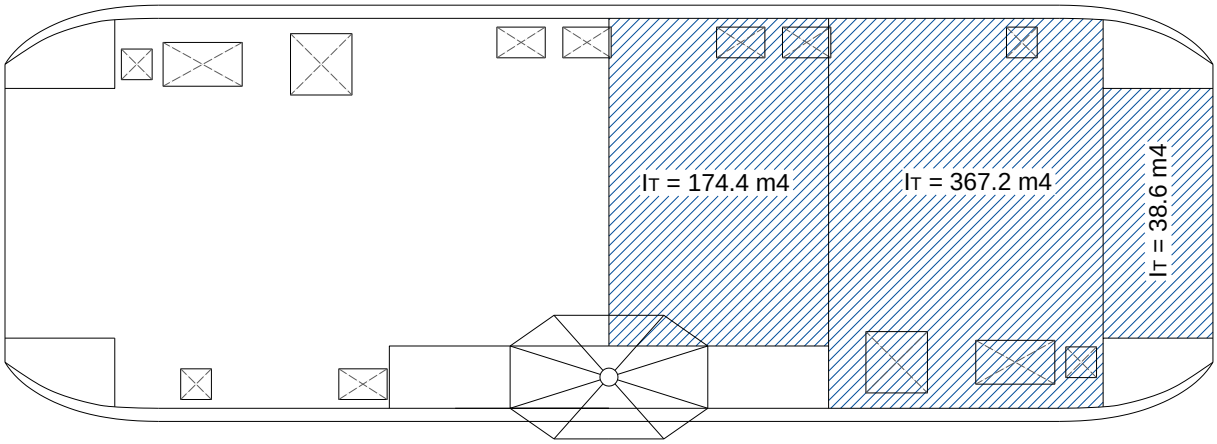
B. Prom bez przegłębienia.

a. Woda na skutek nieszczelności dostaje się do przedziałów wodoszczelnych:
   i. trzeciego przedziału wodoszczelnego, woda dostaje się przez nieszczelne włazy,
   ii. pierwszego przedziału wodoszczelnego, woda dostaje się od dziobu poprzez nieszczelne połączenie poszycia dziobu,
   iii. pierwszego i trzeciego przedziału wodoszczelnego, woda dostaje się przez nieszczelne włazy,
   iv. woda dostaje się do pierwszego , drugiego i trzeciego przedziału wodoszczelnego.

b. Woda dostaje się na pokład na skutek falowania i kołysania wzdłużnego (zdj. 4).

Ponieważ przed przewróceniem promu zaobserwowano jego przechył na prawą burtę, to w symulacji:

- przyjęto zalewanie początkowe przedziału nr 3, jako przedziału niesymetrycznego, który wywołuje przechył na prawą burtę.
- przyjęto zalanie początkowe przedziału nr 1.
- pominięto, jako zalanie początkowe pojedynczego przedziału nr 2. Woda zalewająca przedział nr 2 spowodowałaby przechył na lewą burtę.



Rysunek 8 Woda na pokładzie promu, momenty bezwładności powierzchni wody

Woda na pokładzie przyjęta do symulacji:

Wysokość poziomu wody na pokładzie:	h_w = 0.30 m,
Masa wody na pokładzie:	m_w = 33 t,
Odcięta środka masy wody:	xw =21.00 m,
Poprzeczne położenie środka masy wody:	yw = -0.25 m,
Wysokość środka masy wody:	zw = 2.05 m,
Poprzeczny moment bezwładności powierzchni wody:	I_T = 580.2 m^4.

- W symulacji nie uwzględniono wpływu kołysania wzdłużnego i poprzecznego na przewrócenie promu

Zdjęcie 12 Holowany prom „Siebengebirge". Widoczna prawa burta

6.2. Stateczność promu „Siebengebirge" według Intact Stability Code 2008

Stateczność promu „Seibengebirge" nie została sprawdzona przed rozpoczęciem podróży. W celu weryfikacji stateczności promu sprawdzono kryteria zgodnie z wymaganiami Intact Stability Code (Załącznik 1). Sprawdzeniu podlega stan nr 1.

Stan 1

- Prom przygotowany do holowania z portu Rotterdam. Gęstość wody zaburtowej 1.025 t/m^3.
- Prom bez przegłębienia i przechyłu, z rampami załadowanymi na pokład.
- Wysokość środka masy: 1.90 m z uwzględnieniem położenia ramp i materiałów zabezpieczających.

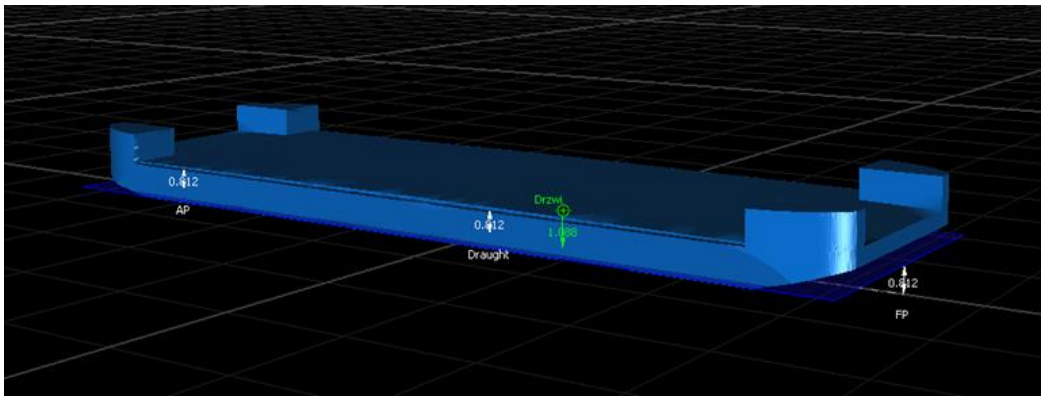
Tabela 1 Tabel Masowa. Prom przygotowany do holowania

LP	Opis	Masa	x	z	y	Mx	Mz	My	FSM
1	Prom	83.70	13.75	1.90	0	1150.88	159.03	0.00	
2	Materiały zabezpieczające	2.00	13.75	2.50	0	27.50	5.00	0.00	
3	Paliwo	1.20	13.75	1.50	0	16.50	1.80	0.00	
4	Woda w przedziale 1					0.00	0.00	0.00	
5	Woda w przedziale 2					0.00	0.00	0.00	
6	Woda w przedziale 3					0.00	0.00	0.00	
7	Woda na pokładzie					0.00	0.00	0.00	
8	Suma	86.90	13.75	1.91	0.000	1194.88	165.83	0.00	0

Tabela 2 Parametry promu. Stan 1 (1.025 t/m^3)

1	Zanurzenie średnie	T	0.81	m
2	Przegłębienie	t	0.00	m
3	Zan. na PD	TD	0.81	m

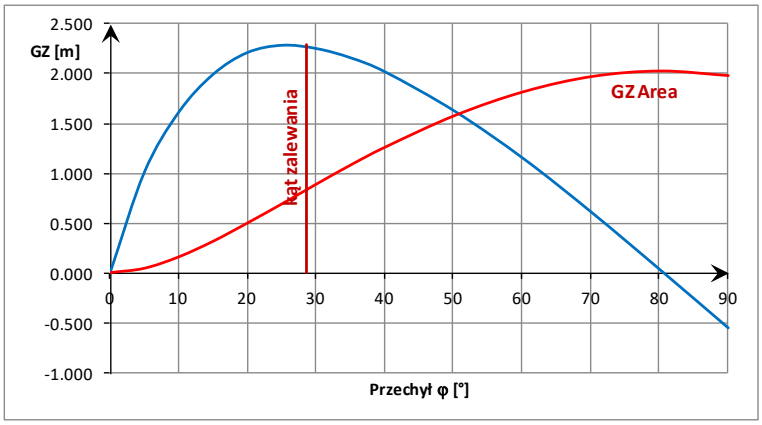
4	Zan. na PR	TR	0.81	m
5	Wolna burta	WB	1.04	m
6	Wysokość śr. masy	z_G	1.91	m
7	Poprawka od sw. pow.	ΔGM	0.00	m
8	Wys. śr. masy popr.	$z_{G'}$	1.91	m
9	Wys. metacentryczna	GM'	12.93	m
10	Przechył promu	φ	0.0	°



Rysunek 9 Położenie promu w stanie nr 1

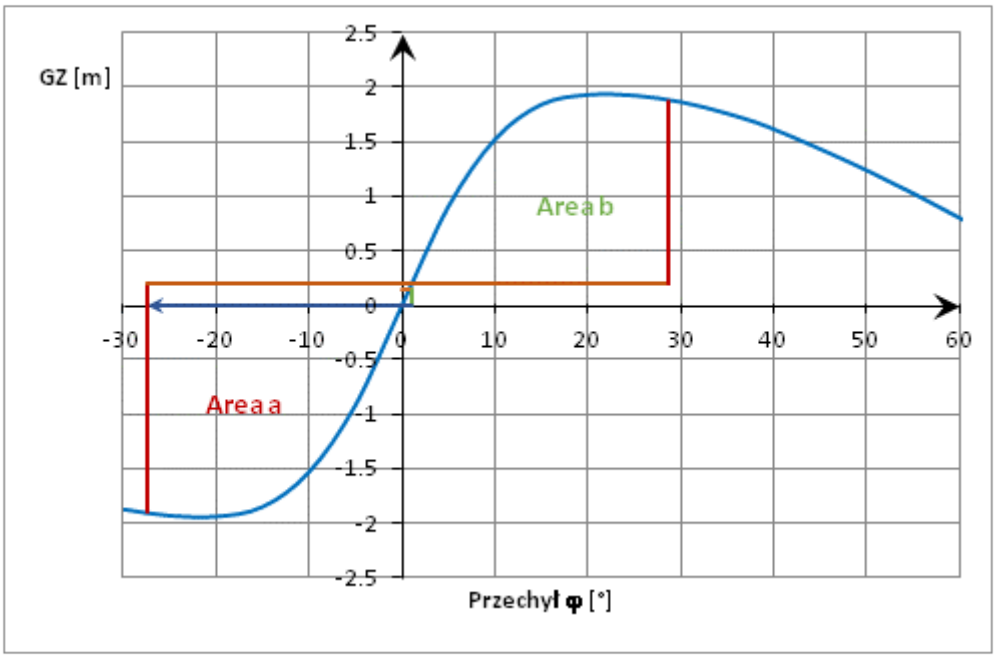
Tabela 3 Ramiona prostujące i praca GZ. Stan 1

Kąt przechyłu φ [°]	GZ [m]	Praca GZ [m·rad]
0	0.000	0.000
5	1.012	0.044
10	1.614	0.159
15	1.994	0.316
20	2.213	0.500
25	2.286	0.696
30	2.252	0.894
35	2.158	1.087
40	2.013	1.269
50	1.618	1.586
60	1.136	1.826
70	0.596	1.977
80	0.023	2.031



Rysunek 10 Wykres ramion prostujących

Prom „Siebengebirge" jako statek żeglugi śródlądowej nie miał obowiązku spełniać kryteriów stateczności dla statków morskich.



Rysunek 11 Kryterium pogodowe

Lp.	Opis	Wartości wymagane	Wartości osiągnięte	Kryterium
1.	Pole powierzchni pod krzywą ramion prostujących GZ, od 0° do 30°,	0.055 m·rad	0.815 m·rad	**Spełnione**
2.	Pole powierzchni pod krzywą ramion prostujących GZ, od 0° do 40° (lub kąta zalewania = 28°),	0.090 m·rad	0.815 m·rad	**Spełnione**
3	Pole powierzchni pod krzywą ramion prostujących GZ, od 30° do 40°(lub kąta zalewania),	0.030 m·rad	Kąt zalewania mniejszy od 30°	**Nie Spełnione**
4	Dla kąta 30° lub większego ramię prostujące GZ powinno być większe lub równe 0.20 m	0.20 m	2.252 m	**Spełnione**
5	Maksymalne ramię prostujące powinno wystąpić dla kąta nie mniejszego od 15° dla statków gdzie B/T ≥2.5	15°	25°	**Spełnione**
	Pole powierzchni pod krzywą ramion prostujących GZ, od 0° do $\varphi(GZ_{MAX})$,	0.065 m·rad	0.738 m·rad	**Spełnione**
6	Poprawiona wyskość metacentryczna GM' powinna być większa od 0.15 m	0.15 m	12.93 m	**Spełnione**
7	Kryterium pogodowe: pole b powinno	b≥a	a=0.889	**Nie**

być nie mniejsze niż pole a: b≥a L_{w1} =0.133 m L_{w2} =0.199 m φ_1 = 28.8°		m·rad b=0.776 m·rad	**Spełnione**
kąt od statycznego działania wiatru φ_0 powinien być mniejszy od 16° i 80% kąta wejścia pokładu do wody	16° 0.8·φ_P 0.8·16°=12.8°	1° 1°	**Spełnione**

Tabela 4 Kryteria stateczności wg ICS'2008

Wnioski:

- Prom „Siebengebirge" nie spełnia kryteriów ogólnych stateczności Kodeksu IS2008.
- Niespełnione jest kryterium związane z minimalną pracą kołysań promu pomiędzy 30° a 40° oraz kryterium pogodowe opracowane dla warunków sztormowych.
- Pomimo tego, ze względu na stateczność powinien bezpiecznie przetrwać podróż morską dla zaistniałych warunków pogodowych.

6.3. Symulacja przewrócenia i zatopienia promu „Siebengebirge"

Stan 2

Prom załadowany jest zgodnie ze stanem 1. Dodatkowo na pokład dodano masę wody 33.0 t o wysokości 0.30 m w części dziobowej. W celach obliczeniowych założono, że woda nie ścieka natychmiast za burtę i wytwarza swobodną powierzchnię cieczy z maksymalnym momentem 580.2 tm.

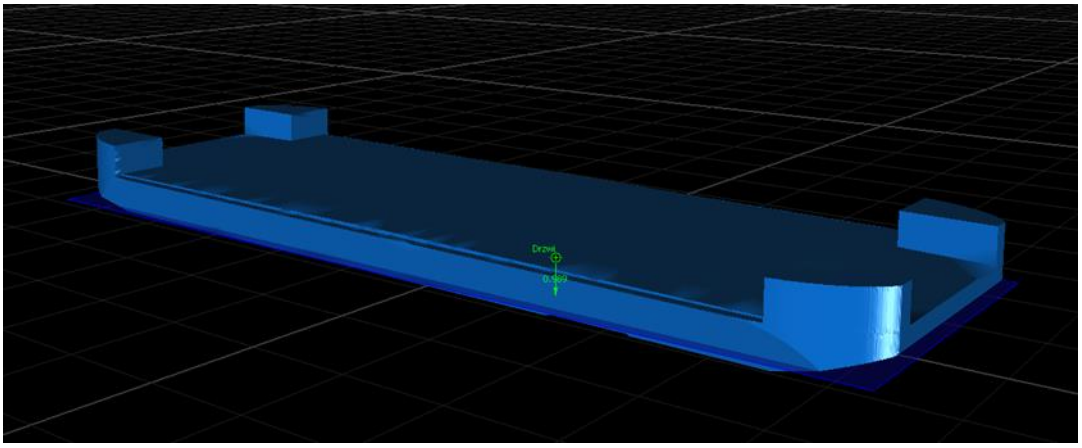
LP	Opis	Masa	x	z	y	Mx	Mz	My	FSM
1	Prom	83.70	13.75	1.90	0	1150.88	159.03	0.00	
2	Materiały zabezpieczające	2.00	13.75	2.50	0	27.50	5.00	0.00	
3	Paliwo	1.20	13.75	1.50	0	16.50	1.80	0.00	
4	Woda w przedziale 1					0.00	0.00	0.00	
5	Woda w przedziale 2					0.00	0.00	0.00	
6	Woda w przedziale 3					0.00	0.00	0.00	
7	Woda na pokładzie	33.00	21.00	2.05	-0.25	693.00	67.65	-1.70	580.2

8	Suma	119.90	15.75	1.95	-0.014	1887.88	233.48	-1.70	580.2

Tabela 5 Tabela Masowa. Stan 2. Prom holowany z wodą dostającą się na część dziobową pokładu

1	Zanurzenie średnie	T	0.87	m
2	Przegłębienie	t	0.23	m
3	Zan. na PD	TD	0.98	m
4	Zan. na PR	TR	0.86	m
5	Wolna burta	WB	0.87	m
6	Wysokość śr. masy	z_G	1.93	m
7	Poprawka od sw. pow.	ΔGM	5.91	m
8	Wys. śr. masy popr.	$z_{G'}$	8.07	m
9	Wys. metacentryczna	GM'	5.52	m
10	Przechył promu	φ	0.0	°

Tabela 6 Parametry promu. Stan 2

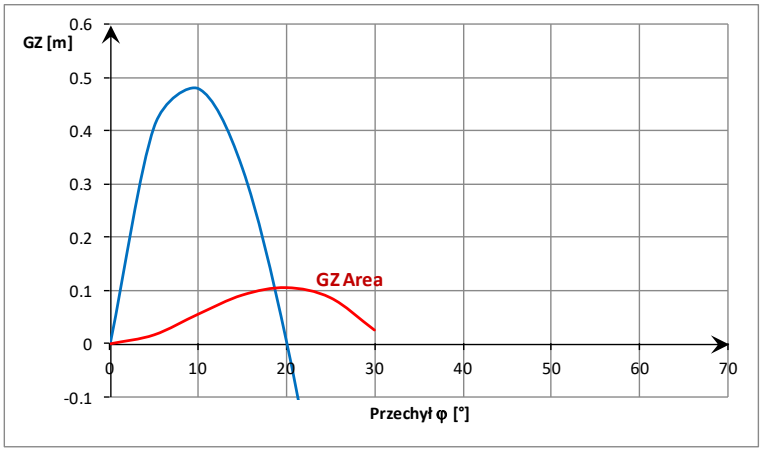


Rysunek 12 Położenie promu w stanie nr 2

Tabela 7 Ramiona prostujące i praca GZ

Kąt przechył u φ [°]	GZ [m]	Praca GZ [m·rad]

0	0.000	0.000
5	0.409	0.017
10	0.480	0.056
15	0.330	0.092
20	0.004	0.106
25	-0.443	0.087
30	-0.957	0.026
35	-1.508	
40	-2.077	
50	-3.226	
60	-4.315	
70	-5.284	
80	-6.097	



Rysunek 13 Wykres ramion prostujących

Wnioski:

- Na skutek dostawania się wody na pokład dziobowy, zmniejsza się wysokość metacentryczna do 5.52 m, maksymalne ramię prostujące maleje do 0.48 m dla kąta 10°, natomiast zakres ramion prostujących zmniejsza się do 20°.

- Pomimo zmniejszenia parametrów stateczności prom nie ulega przewróceniu w warunkach pogodowych podczas holowania.

Stan 3

We wszystkich stanach nr 3 założono dostawanie się wody do przedziałów wodoszczelnych:

- Stan 3.1. - woda w przedziale 1 do wysokości 1.50 m,
- Stan 3.2. - woda w przedziale 3 do wysokości 1.50 m,
- stan 3.3. - woda w przedziale 1 i 3 do wysokości 1.50 m,
- stan 3.4. - woda w przedziale 1, 2 i 3 do wysokości 1.50 m.

We wszystkich stanach nr 3 nie przyjęto wody na pokładzie.

Stan 3/1

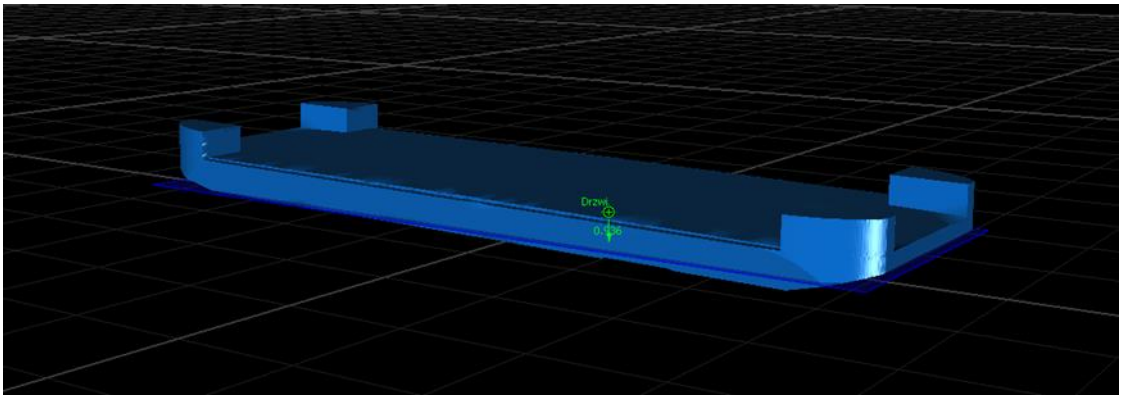
- Zalany przedział 1 do wysokości 1.50 m. Istnieje swobodna powierzchnia cieczy w przedziale.
- Woda nie pojawia się na pokładzie.

LP	Opis	Masa	x	z	y	Mx	Mz	My	FSM
1	Prom	83.70	13.75	1.90	0	1150.88	159.03	0.00	
2	Materiały zabezpieczające	2.00	13.75	2.50	0	27.50	5.00	0.00	
3	Paliwo	1.20	13.75	1.50		16.50	1.80	0.00	
4	Woda w przedziale 1	14.30	25.70	1.18	0	367.51	16.87	0.00	123
5	Woda w przedziale 2					0.00	0.00	0.00	
6	Woda w przedziale 3					0.00	0.00	0.00	
7	Woda na pokładzie					0.00	0.00	0.00	
8	Suma	101.20	15.44	1.81	0.000	1562.39	182.70	0.00	123

Tabela 8 Tabela Masowa. Stan 3/1

1	Zanurzenie średnie	T	0.87	m
2	Przegłębienie	t	0.47	m
3	Zan. na PD	TD	1.11	m
4	Zan. na PR	TR	0.64	m
5	Wysokość śr. masy	z_G	1.81	m
6	Poprawka od sw. pow.	ΔGM	1.22	m
7	Wys. śr. masy popr.	$z_{G'}$	3.02	m
8	Wys. metacentryczna	GM'	10.33	m
9	Przechył promu	φ	0.0	°

Tabela 9 Parametry promu 3/1

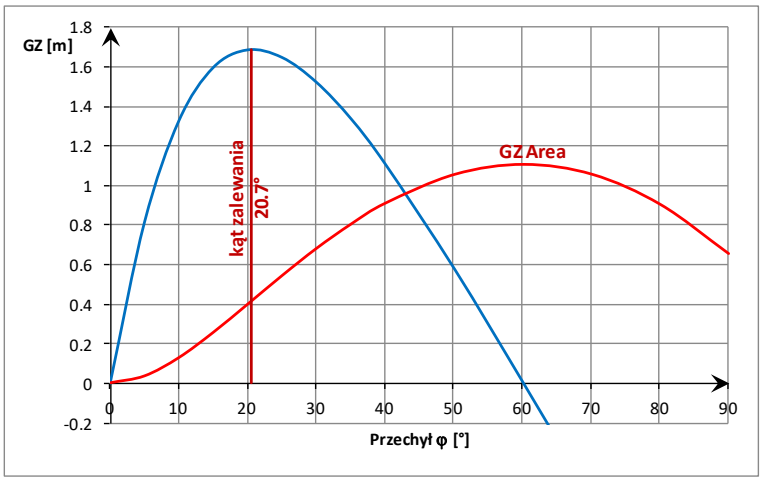


Rysunek 14 Położenie promu w stanie nr 3/1

Tabela 10 Ramiona prostujące i praca GZ

Kąt przechyłu φ [°]	GZ [m]	Praca GZ [m·rad]
0	0.000	0.000
5	0.814	0.035
10	1.326	0.128
15	1.595	0.256
20	1.684	0.399
25	1.646	0.544
30	1.521	0.682
35	1.334	0.807
40	1.104	0.913
50	0.572	1.059
60	-0.003	1.109
70	-0.587	1.058
80	-1.158	0.905

Wykres ramion prostujących



Rysunek 15 Wykres ramion prostujących

<u>Wnioski:</u>

- Na skutek zalania przedziału 1 do wysokości 1.50 m, prom nie ulega przewróceniu.
- Prom pływa bez przechyłu.

Pokład dziobowy nie wchodzi do wody.

Stan 3/2

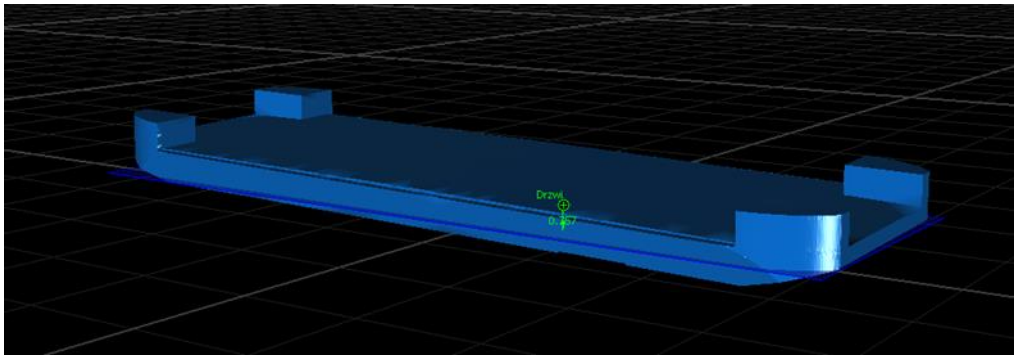
- Zalany przedział 3 do wysokości 1.50 m.
- Istnieje swobodna powierzchnia cieczy w przedziale.
- Woda nie pojawia się na pokładzie.

LP	Opis	Masa	x	z	y	Mx	Mz	My	FSM
1	Prom	83.70	13.75	1.90	0	1150.88	159.03	0.00	
2	Materiały zabezpieczające	2.00	13.75	2.50	0	27.50	5.00	0.00	
3	Paliwo	1.20	13.75	1.50		16.50	1.80	0.00	
4	Woda w przedziale 1					0.00	0.00	0.00	
5	Woda w przedziale 2					0.00	0.00	0.00	
6	Woda w przedziale 3	31.30	21.48	0.79	0.86	672.32	24.73	26.92	189
7	Woda na pokładzie					0.00	0.00	0.00	
8	Suma	118.20	15.80	1.61	0.228	1867.20	190.56	26.92	189

Tabela 11 Tabela Masowa. Stan 3/2. Prom z zalanym przedziałem 3 do 1,50 m

1	Zanurzenie średnie	T	0.94	m
2	Przegłębienie	t	0.62	m
3	Zan. na PD	TD	1.25	m
4	Zan. na PR	TR	0.63	m
5	Wysokość śr. masy	z_G	1.61	m
6	Poprawka od sw. pow.	ΔGM	1.60	m
7	Wys. śr. masy popr.	$z_{G'}$	3.21	m
8	Wys. metacentryczna	GM'	8.78	m
9	Przechył promu	φ	1.4	°

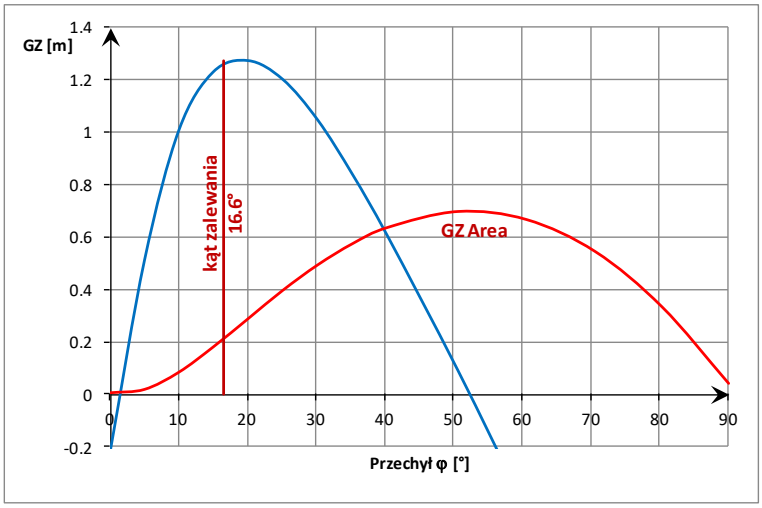
Tabela 12 Parametry promu. Stan 3.2



Rysunek 16 Położenie promu w stanie nr 3/2

Tabela 13 Ramiona prostujące i praca GZ

Kąt przechyłu φ [°]	GZ [m]	Praca GZ [m·rad]
0	-0.220	0.003
5	0.510	0.016
10	1.005	0.082
15	1.227	0.179
20	1.270	0.288
25	1.199	0.396
30	1.044	0.494
35	0.835	0.576
40	0.600	0.638
50	0.090	0.699
60	-0.442	0.668
70	-0.965	0.545
80	-1.461	0.333



Rysunek 17 Wykres ramion prostujących

Wnioski:

- Na skutek zalania przedziału 3 do wysokości 1.50 m, prom nie ulega przewróceniu.
- Prom pływa z przechyłem 1.4° na prawą burtę.
- Pokład dziobowy nie wchodzi do wody.

Stan 3/3

- Zalane przedziały 1 i 3 do wysokości 1.50 m.
- Istnieje swobodna powierzchnia cieczy w obydwu przedziałach.
- Woda nie pojawia się na pokładzie.

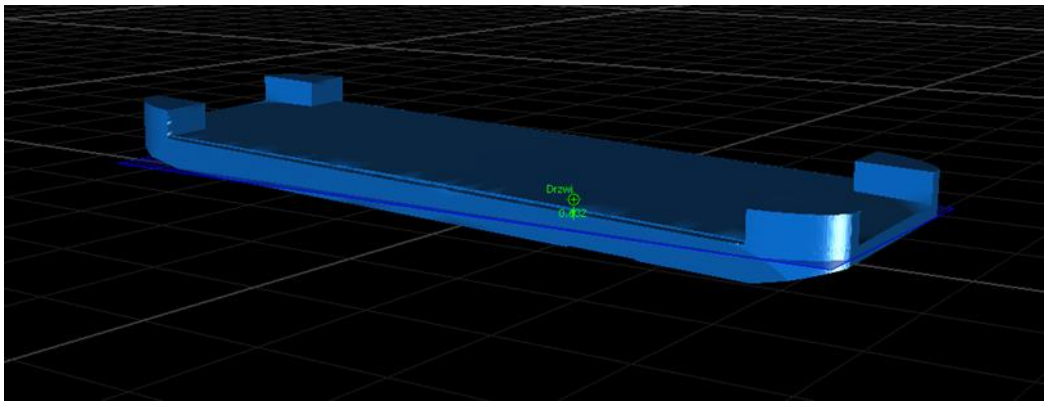
LP	Opis	Masa	x	z	y	Mx	Mz	My	FSM
1	Prom	83.70	13.75	1.90	0	1150.88	159.03	0.00	
2	Materiały zabezpieczające	2.00	13.75	2.50	0	27.50	5.00	0.00	
3	Paliwo	1.20	13.75	1.50		16.50	1.80	0.00	
4	Woda w przedziale 1	14.30	25.70	1.18	0	367.51	16.87	0.00	123
5	Woda w przedziale 2					0.00	0.00	0.00	
6	Woda w przedziale 3	31.30	21.48	0.79	0.86	672.32	24.73	26.92	189
7	Woda na pokładzie					0.00	0.00	0.00	
8	Suma	132.50	16.87	1.57	0.203	2234.71	207.43	26.92	312

Tabela 14 Tabel masowa. Stan 3/3. Prom z zalanym przedziałem 1 i 3 do 1,50 m

1	Zanurzenie średnie	T	0.99	m

2	Przegłębienie	t	1.01	m
3	Zan. na PD	TD	1.49	m
4	Zan. na PR	TR	1.08	m
5	Wysokość śr. masy	z_G	1.57	m
6	Poprawka od sw. pow.	ΔGM	2.35	m
7	Wys. śr. masy popr.	$z_{G'}$	3.92	m
8	Wys. metacentryczna	GM'	7.68	m
9	Przechył promu	φ	1.6	°

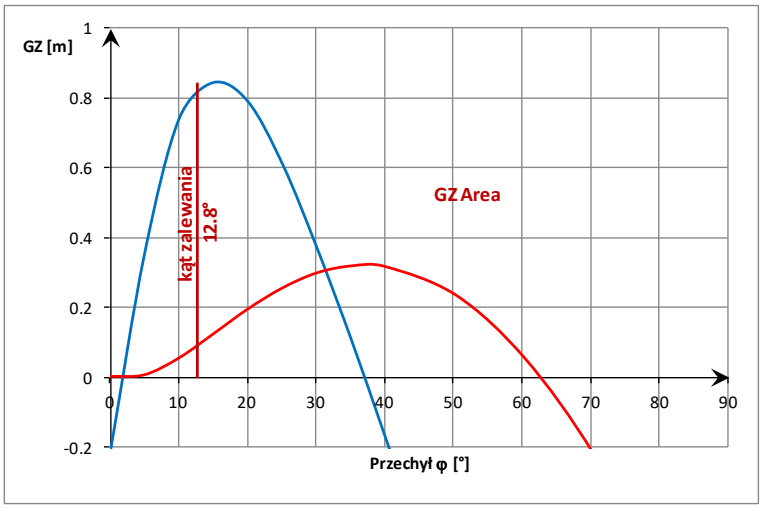
Tabela 15 parametry promu. Stan 3/3



Rysunek 18 Położenie promu w stanie 3/3

Tabela 16 Ramiona prostujące i praca GZ

Kąt przechyłu φ [°]	GZ [m]	Praca GZ [m·rad]
0	-0.217	0.004
5	0.352	0.009
10	0.737	0.057
15	0.842	0.126
20	0.789	0.197
25	0.608	0.258
30	0.369	0.301
35	0.101	0.321
40	-0.181	0.318
50	-0.757	0.236
60	-1.314	0.055
70	-1.824	-0.219
80	-2.276	



Rysunek 19 Wykres ramion prostujących

Wnioski:

- Na skutek zalania przedziałów 1 i 3 do wysokości 1.50 m, prom nie ulega przewróceniu.
- Prom pływa z przechyłem 1.8° na prawą burtę.
- Pokład dziobowy nie wchodzi do wody.

Stan 3/4

- Zalane przedziały 1, 2 i 3 do wysokości 1.50 m.
- Istnieje swobodna powierzchnia cieczy w obydwu przedziałach.
- Woda nie pojawia się na pokładzie.

LP	Opis	Masa	x	z	y	Mx	Mz	My	FSM
1	Prom	83.70	13.75	1.90	0	1150.88	159.03	0.00	
2	Materiały zabezpieczające	2.00	13.75	2.50	0	27.50	5.00	0.00	
3	Paliwo	1.20	13.75	1.50		16.50	1.80	0.00	
4	Woda w przedziale 1	14.30	25.70	1.18	0	367.51	16.87	0.00	123
5	Woda w przedziale 2	17.90	23.30	0.90	-0.80	417.07	16.11	-14.32	76
6	Woda w przedziale 3	31.30	21.48	0.79	0.86	672.32	24.73	26.92	189
7	Woda na pokładzie					0.00	0.00	0.00	
8	Suma	150.40	17.63	1.49	0.084	2651.78	223.54	12.60	388

Tabela 17 Tabela masowa. Stan 3/4. Prom z zalanym przedziałem 1, 2 i 3 do 1,50 m

1	Zanurzenie średnie	T	1.04	m
2	Przegłębienie	t	1.41	m
3	Zan. na PD	TD	1.75	m
4	Zan. na PR	TR	0.34	m
5	Wysokość śr. masy	z_G	1.49	m
6	Poprawka od sw. pow.	ΔGM	2.58	m
7	Wys. śr. masy popr.	$z_{G'}$	4.07	m
8	Wys. metacentryczna	GM'	5.51	m
9	Przechył promu	φ	1.0	°

Tabela 18 Parametry promu. Stan 3/4

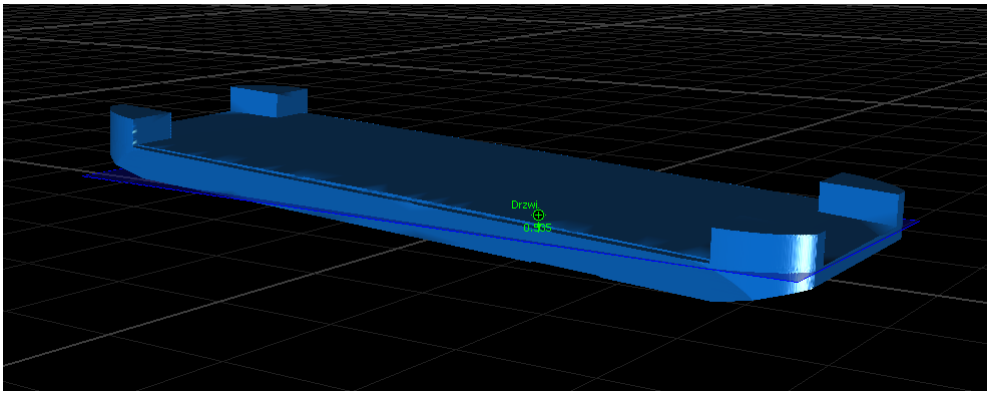
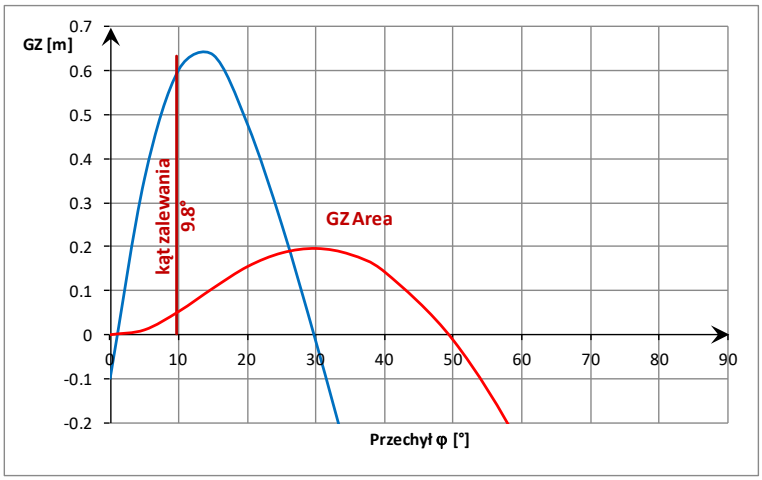


Tabela 19 Ramiona prostujące i praca GZ

Tabela 20 Ramiona prostujące i praca GZ

Kąt przechyłu φ [°]	GZ [m]	Praca GZ [m·rad]
0	-0.101	0.001
5	0.353	0.012
10	0.601	0.054
15	0.634	0.107
20	0.476	0.156
25	0.247	0.187
30	-0.021	0.197
35	-0.307	0.183
40	-0.610	0.143
50	-1.180	-0.013
60	-1.690	-0.264
70	-2.141	-0.598
80	-2.528	-1.006



Rysunek 20 Wykres ramion prostujących

<u>Wnioski:</u>

- Na skutek zalania przedziałów 1 i 3 do wysokości 1.50 m, prom nie ulega przewróceniu.
- Prom pływa z przechyłem 1.0° na prawą burtę.
- Na skutek dużego zanurzenia na dziobie pokład dziobowy znajduje się bardzo blisko linii wodnej.

Stan 4

We wszystkich stanach nr 3 założono dostawanie się wody do przedziałów wodoszczelnych oraz dostawanie się wody na pokład w części dziobowej:

- Stan 4.1. - woda w przedziale 1 do wysokości 1.50 m, woda na pokładzie,
- Stan 4.2. - woda w przedziale 3 do wysokości 1.50 m, woda na pokładzie,
- stan 4.3. - woda w przedziale 1 i 3 do wysokości 1.50 m, woda na pokładzie,
- stan 4.4. - woda w przedziale 1, 2 i 3 do wysokości 1.50 m.

Stan 4.4. nie był sprawdzany, gdyż prom uległ przewróceniu w stanie nr 4.3.

Stan 4/1

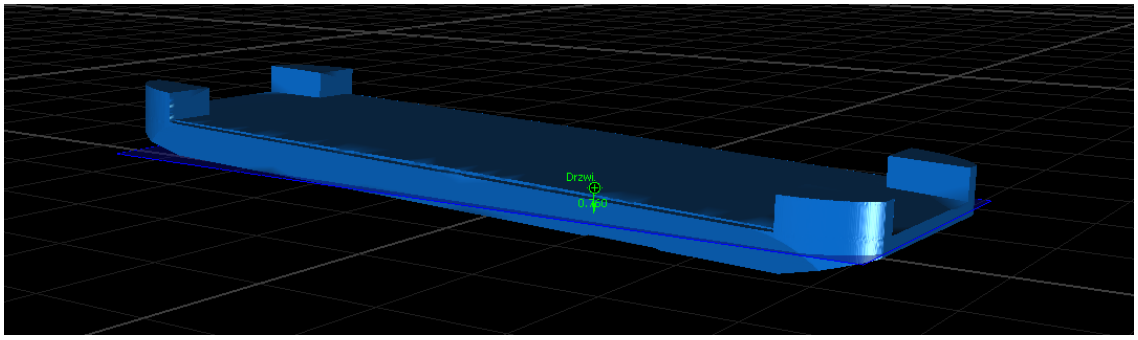
- Zalany przedział 1 do wysokości 1.50 m.
- Istnieje swobodna powierzchnia cieczy w o przedziale 1.
- Woda wchodzi na pokład.

LP	Opis	Masa	x	z	y	Mx	Mz	My	FSM
1	Prom	83.70	13.75	1.90	0	1150.88	159.03	0.00	
2	Materiały zabezpieczające	2.00	13.75	2.50	0	27.50	5.00	0.00	
3	Paliwo	1.20	13.75	1.50		16.50	1.80	0.00	
4	Woda w przedziale 1	14.30	25.70	1.18	0	367.51	16.87	0.00	123
5	Woda w przedziale 2					0.00	0.00	0.00	
6	Woda w przedziale 3					0.00	0.00	0.00	
7	Woda na pokładzie	33.00	21.00	2.05	-0.25	693.00	67.65	-8.25	580.2
8	Suma	134.20	16.81	1.87	-0.061	2255.39	250.35	-8.25	703.2

Tabela 21 Tabela masowa. Stan 4/1. Prom z zalanym przedziałem 1 i 3 do 1,50 m

1	Zanurzenie średnie	T	1.00	m
2	Przegłębienie	t	1.03	m
3	Zan. na PD	TD	1.51	m
4	Zan. na PR	TR	0.48	m
5	Wysokość śr. masy	z_G	1.87	m
6	Poprawka od sw. pow.	ΔGM	5.24	m
7	Wys. śr. masy popr.	$z_{G'}$	7.11	m
8	Wys. metacentryczna	GM'	3.85	m
9	Przechył promu	φ	-0.8	°

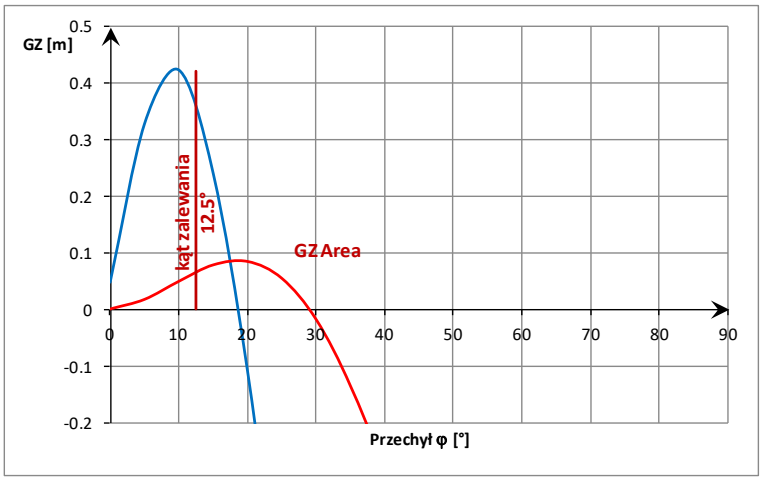
Tabela 22 Parametry promu. Stan 4/1



Rysunek 21 położenie promu w stanie nr 4/1

Tabela 23 Ramiona prostujące i praca GZ

Kąt przechyłu φ [°]	GZ [m]	Praca GZ [m·rad]
0	0.047	0.000
5	0.327	0.017
10	0.422	0.049
15	0.239	0.078
20	-0.111	0.084
25	-0.578	0.054
30	-1.088	-0.019
35	-1.615	-0.137
40	-2.14	-0.301
50	-3.136	-0.761
60	-4.032	-1.387
70	-4.786	-2.156
80	-5.395	-3.045



Rysunek 22 Wykres ramion prostujących

<u>Wnioski:</u>

- Na skutek zalania przedziału 1 do wysokości 1.50 m, oraz wody na pokładzie prom nie ulega przewróceniu.
- Prom pływa z przechyłem 0.8° na lewą burtę.
- Pokład dziobowy nie wchodzi do wody.

Stan 4/2

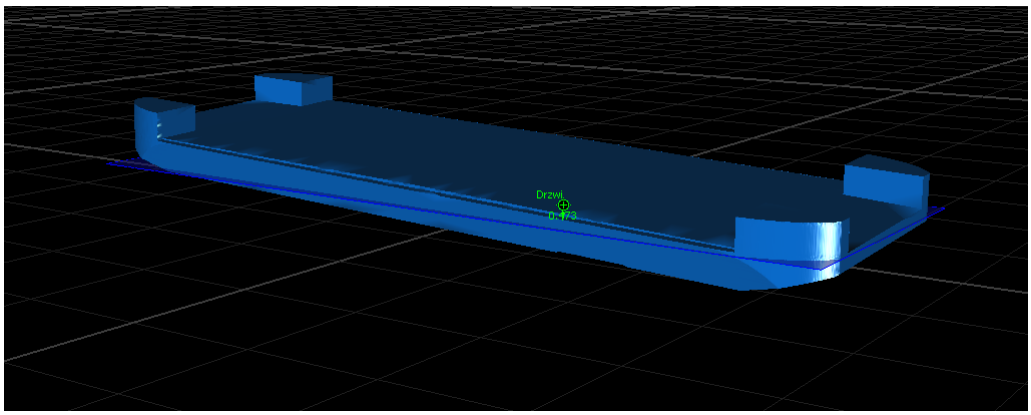
- Zalany przedział 3 do wysokości 1.50 m.
- Istnieje swobodna powierzchnia cieczy w przedziale 3.
- Woda wchodzi na pokład.

LP	Opis	Masa	x	z	y	Mx	Mz	My	FSM
1	Prom	83.70	13.75	1.90	0	1150.88	159.03	0.00	
2	Materiały zabezpieczające	2.00	13.75	2.50	0	27.50	5.00	0.00	
3	Paliwo	1.20	13.75	1.50		16.50	1.80	0.00	
4	Woda w przedziale 1					0.00	0.00	0.00	
5	Woda w przedziale 2					0.00	0.00	0.00	
6	Woda w przedziale 3	31.30	21.48	0.79	0.86	672.32	24.73	26.92	189
7	Woda na pokładzie	33.00	21.00	2.05	-0.25	693.00	67.65	-8.25	580.2
8	Suma	151.20	16.93	1.71	0.123	2560.20	258.21	18.67	769.2

Tabela 24 Tabela masowa. Stan 4/2. Prom z zalanym przedziałem 3 do 1,50 m oraz wodą na pokładzie 33 t.

1	Zanurzenie średnie	T	1.06	m
2	Przegłębienie	t	1.19	m
3	Zan. na PD	TD	1.65	m
4	Zan. na PR	TR	0.46	m
5	Wysokość śr. masy	z_G	1.71	m
6	Poprawka od sw. pow.	ΔGM	5.09	m
7	Wys. śr. masy popr.	$z_{G'}$	6.80	m
8	Wys. metacentryczna	GM'	2.92	m
9	Przechył promu	φ	2.5	°

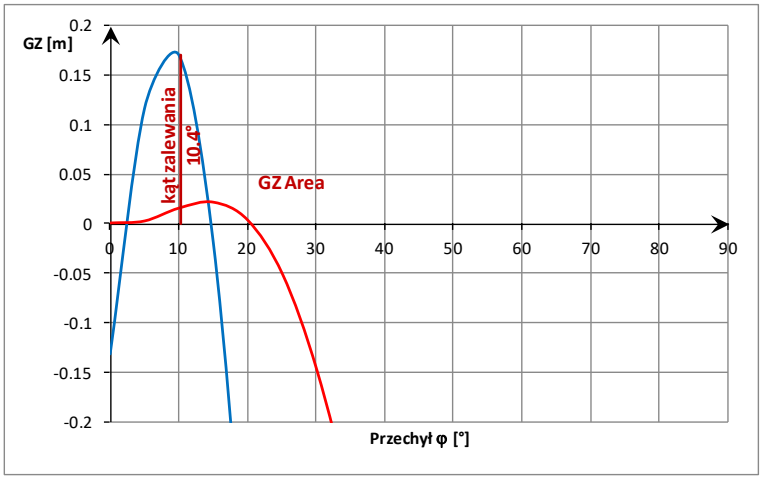
Tabela 25 Parametry promu. Stan 4/2



Rysunek 23 Położenie promu w stanie 4/2

Tabela 26 Ramiona prostujące i praca GZ

Kąt przechyłu φ [°]	GZ [m]	Praca GZ [m·rad]
0	-0.132	0.000
5	0.116	0.002
10	0.170	0.015
15	-0.019	0.021
20	-0.406	0.003
25	-0.862	-0.052
30	-1.340	-0.149
35	-1.836	-0.287
40	-2.325	-0.469
50	-3.239	-0.954
60	-4.026	-1.588
70	-4.674	-2.347
80	-5.522	-0.577



Rysunek 24 Wykres ramion prostujących

Wnioski:

- Na skutek zalania przedział 3 do wysokości 1.50 m oraz dostania się wody na pokład, prom nie ulega przewróceniu.
- Maleją ramiona prostujące do maksymalnej wartości 0.17 m dla kąta 10°.
- Prom pływa z przechyłem 2.5° na prawą burtę.
- Pokład dziobowy nie wchodzi do wody.

Stan 4/3

- Zalane przedziały 1 i 3 do wysokości 1.50 m.
- Istnieje swobodna powierzchnia cieczy w obydwu przedziałach.
- Woda wchodzi na pokład.

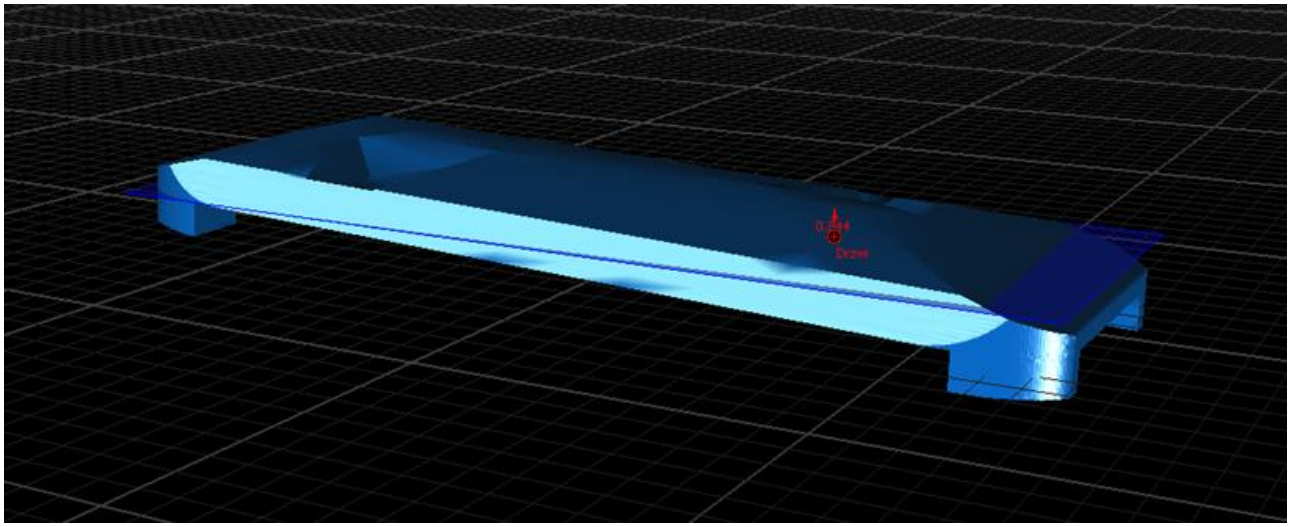
LP	Opis	Masa	x	z	y	Mx	Mz	My	FSM
1	Prom	83.70	13.75	1.90	0	1150.88	159.03	0.00	
2	Materiały zabezpieczające	2.00	13.75	2.50	0	27.50	5.00	0.00	
3	Paliwo	1.20	13.75	1.50		16.50	1.80	0.00	
4	Woda w przedziale 1	14.30	25.70	1.18	0	367.51	16.87	0.00	123
5	Woda w przedziale 2					0.00	0.00	0.00	

6	Woda w przedziale 3	31.30	21.48	0.79	0.86	672.32	24.73	26.92	189
7	Woda na pokładzie	33.00	21.00	2.05	-0.25	693.00	67.65	-8.25	580.2
8	Suma	165.50	17.69	1.66	0.113	2927.71	275.08	18.67	892.2

Tabela 27 Tabela masowa. Stan 4/3. Prom z zalanym przedziałem 1 i 3 do 1,50 m oraz wodą na pokładzie 33 t.

1	Zanurzenie średnie	T	-1.30	m
2	Przegłębienie	t	1.22	m
3	Zan. na PD	TD	-0.69	m
4	Zan. na PR	TR	-1.91	m
5	Wysokość śr. masy	z_G	1.66	m
6	Poprawka od sw. pow.	ΔGM	5.39	m
7	Wys. śr. masy popr.	$z_{G'}$	7.05	m
8	Wys. metacentryczna	GM'	6.80	m
9	Przechył promu	φ	179.6	°

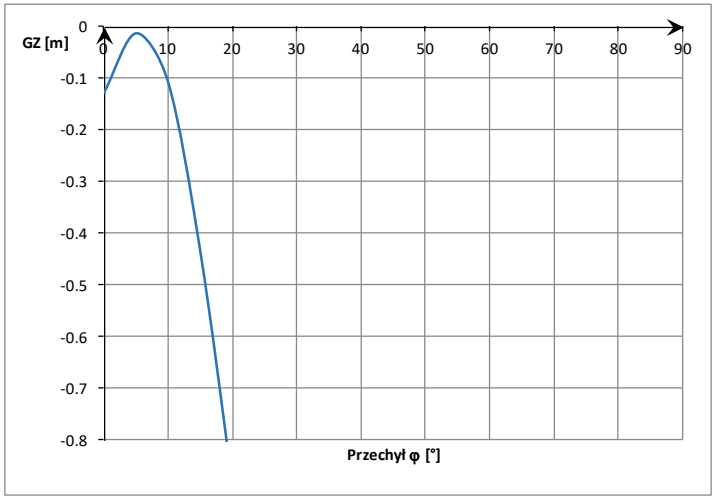
Tabela 28 Parametry promu. Stan 4/3



Rysunek 25 Położenie promu w stanie nr 4/3

Tabela 29 Ramiona prostujące i praca GZ

Kąt przechyłu φ [°]	GZ [m]	Praca GZ [m·rad]
0	-0.128	0.004
5	-0.013	0.009
10	-0.109	0.057
15	-0.438	0.126
20	-0.905	0.197
25	-1.429	0.258
30	-1.979	0.301
35	-2.510	0.321
40	-2.997	0.318
50	-3.869	0.236
60	-4.560	0.055
70	-5.102	-0.219
80	-5.522	-0.577



Rysunek 26 Wykres ramion prostujących

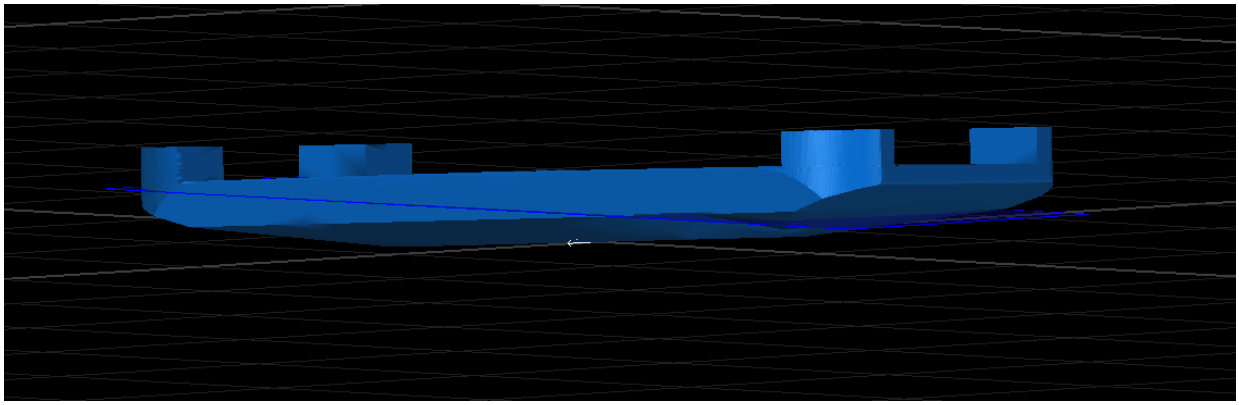
<u>Wnioski:</u>

- Na skutek zalania przedziałów 1 i 3 do wysokości 1.50 m oraz dostaniu się wody na pokład prom ulega przewróceniu.
- Przy początkowym zachowaniu szczelności przedziałów prom nie utracił pływalności.
- Prom pływa z przechyłem 179.6° na prawą burtę.

6.4. Sekwencja przewracania i zatapiania promu „Siebengebirge”

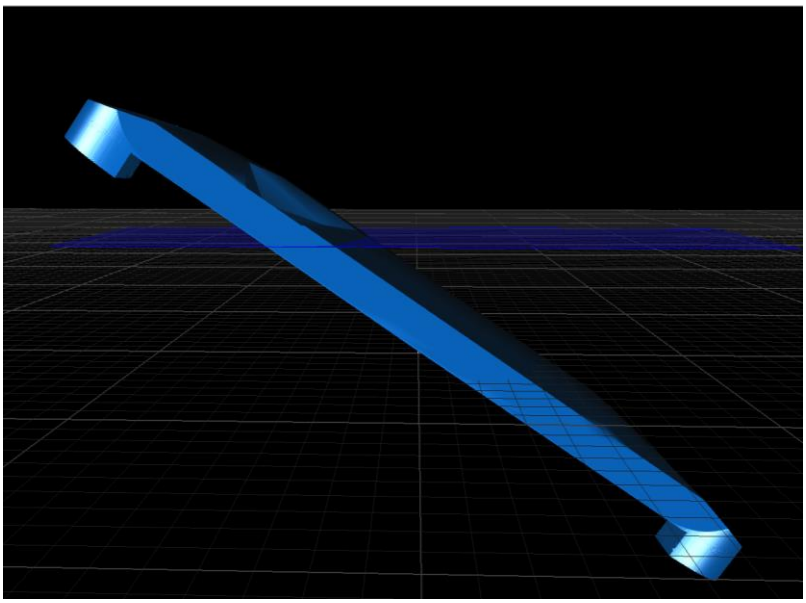
Na podstawie istniejących zdjęć promu w czasie przewracania i zatapiania, dopasowano jego przegłębienie, zanurzenia, przechył i pływalność w trakcie symulacji.

Zdjęcie 13 Prom „Siebengebirge” z zanurzonym dziobem Na zdjęciu widać rufę - lewą burtę promu. Widoczna jest woda wylewająca się z pokładu.
(http://www.general-anzeiger-bonn.de)



Rysunek 27 Symulacja ustawienia promu dla wyporności 165 t. Stan 4/3

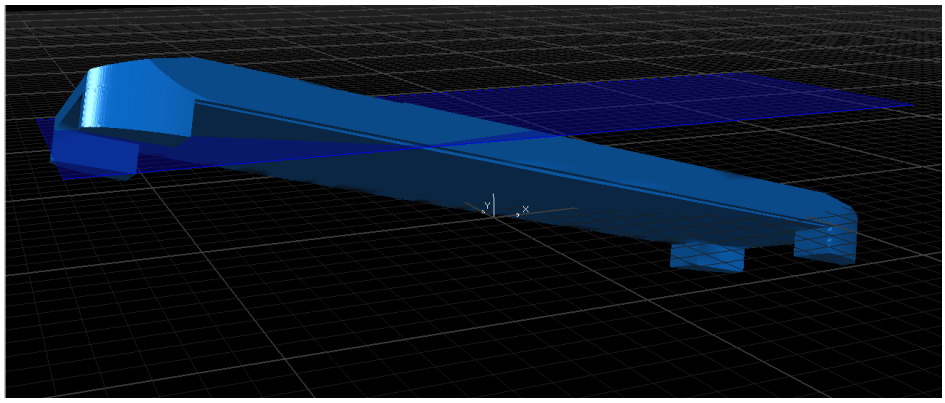
Zdjęcie 14 Przewrócony prom „Siebengebirge". Widoczna rufa, lewa burta promu. (http:// www.eyes.org/news/sos_1704.html)



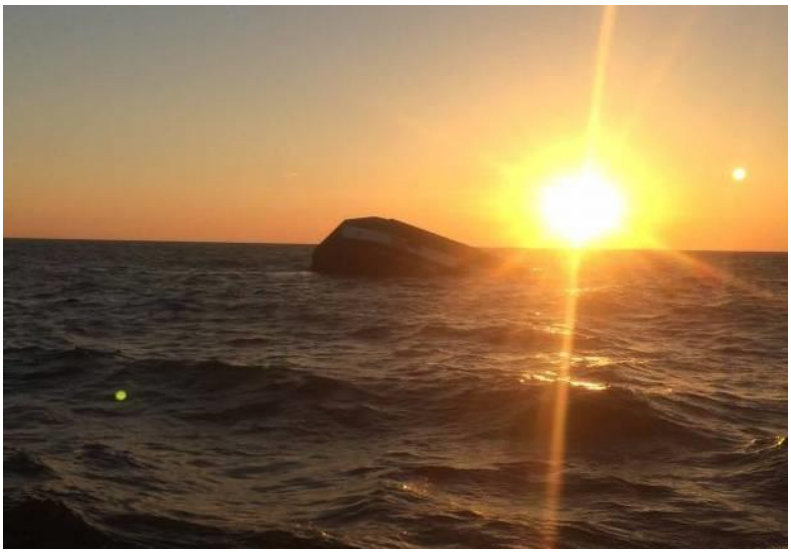
Rysunek 28 Symulacja pływalności przewróconego promu. Wyporność ok. 260 t.

Zdjęcie 15 Przewrócony prom „Siebengebirge". Widoczna rufa, lewa burta promu.

(http:www.eyes.org/news/sos_1704.html)



Rysunek 29 Symulacja pływalności przewróconego promu. Wyporność ok 300 t.



Zdjęcie 16 Przewrócony prom „Siebengebirge". Widoczna rufa, lewa burta promu.
(http://general-anzeiger-bonn.de)

6.5. Wnioski z przeprowadzonej analizy

- Zabezpieczenie promu „Siebengebirge" przed dostawaniem się wody do przedziałów wodoszczelnych nie było skuteczne. Świadczy o tym zwiększające się zanurzenie na dziobie oraz wchodzenie wody na pokład (zdj. 4) oraz zeznania załogi.

- Zalanie pokładu wodą (33 t) bez rozszczelnienia zamknięć nie mogło doprowadzić do przewrócenia promu (stan nr 2).

- Woda mogła się również dostawać przez nieszczelną część dziobu w miejscu zdemontowania rampy. Fala powstająca podczas holowania na dziobie oraz dodatkowo falowanie morskie mogło skutkować wchodzeniem dziobu do wody, a to powodowałoby zalewanie przedziału wodoszczelnego nr 1.

- Podczas zalewania części dziobowej pokładu woda mogła się dostawać się do dziobowych przedziałów wodoszczelnych: 1, 2 i 3 (patrz rys. 8).

- Zalanie pojedynczego przedziału wodoszczelnego nr 1 lub nr 3 z uwzględnieniem wody na pokładzie nie mogło doprowadzić do przewrócenia promu (stan 3/1 i stan 3/2).

- Z obserwacji załogi holownika prom miał zwiększone zanurzenie na dziób i przechył na PB, oznacza to, że pierwotnie został zalany niesymetryczny przedział nr 3 (stan. 3/2).

- Zalanie trzech przedziałów wodoszczelnych nr 1, 2 i 3 bez dostawania się wody na pokład nie mogło doprowadzić do przewrócenia promu (stan. 3/4).

- **Zalanie dwóch przedziałów wodoszczelnych: 1 (14.3 t) i 3 (31.3 t) oraz dostanie się wody na pokład (33 t) doprowadza do przewrócenia promu (stan 4/3).**

- Zalanie większej ilości przedziałów oraz woda na pokładzie zawsze skutkuje przewróceniem promu.

- Po przewróceniu prom traci pływalność i tonie. Oznacza to, że zamknięcia włazów i odpowietrzeń przedziałów wodoszczelnych nie były szczelne (czas nabierania wody do utraty pływalności to 1 godz. 15 min).

Utrata pływalności następuje po osiągnięciu wyporności 351 t.

7. Zalecenia dotyczące bezpieczeństwa

Państwowa Komisja Badania Wypadków Morskich uznała za uzasadnione sformułowanie zalecenia dotyczących bezpieczeństwa, stanowiących propozycję działań, które mogą przyczynić się do zapobiegania podobnym wypadkom w przyszłości i skierowanie ich do:

7.1. Armator holownika „Ikar”

Obowiązkiem armatora holownika jest przygotowanie instrukcji dla kapitana holownika zawierającą wymagania związane z koniecznością posiadania odpowiednich dokumentów przed rozpoczęciem holowania. Od wyznaczonego przez armatora agenta statku należało wymagać przedstawienia obowiązujących w porcie Rotterdam przepisów związanych z uzyskaniem zgody na rozpoczęcie holowania. Znajomość roli poszczególnych podmiotów zaangażowanych w procesie przygotowania zestawu holowniczego do podjęcia podróży pozwoliłaby uniknąć potraktowania dokumentu wystawionego przez podwykonawcę firmy ubezpieczeniowej jako dokumentu upoważniającego bezwzględnie do rozpoczęcia holowania.

8. Spis zdjęć

Zdjęcie 1 Holownik Ikar 5
Zdjęcie 2 Prom „Siebengebirge” (fotograf „reinekefox”)..... 6
Zdjęcie 3 Przyjęty w ocenie stateczności punkt zalewania promu 13
Zdjęcie 4 Zestaw holowniczy na wyjściu z Rotterdamu z asystą holownika portowego. Widoczna fala oporowa na dziobie promu..... 16
Zdjęcie 5 Włazy do części maszynowej – dziób PB. Przedział nr 3..... 17
Zdjęcie 6 Włazy do części maszynowej – dziób PB. Przedział nr 3..... 18
Zdjęcie 7 Odpowietrzenia zbiorników/przedziałów 18
Zdjęcie 8 Drzwi do nadbudówki – PB. Uszczelnienie kluzy łańcuchowej. Przedział nr 2 18
Zdjęcie 9 Dziób promu, przednia krawędź przedziału nr 1 19

Zdjęcie 10 Uchwyt zainstalowany na dziobie „Siebengebirge” z lewej burty wraz z zamocowanym łańcuchem (chain bridle) (zdjęcie wykonane przez przedstawiciela ubezpieczyciela) 20
Zdjęcie 11 Wolna burta promu: FB = 1.02 m 24
Zdjęcie 12 Holowany prom „Siebengebirge”. Widoczna prawa burta 27
Zdjęcie 13 Prom Seibengebirge z zanurzonym dziobem Na zdjęciu widać rufę - lewą burtę promu. Widoczna jest woda wylewająca się z pokładu. 46
Zdjęcie 14 Przewrócony prom „Siebengebirge”. Widoczna rufa, lewa burta promu. (http:// www.eyes.org/news/sos_1704.html) 47
Zdjęcie 15 Przewrócony prom „Siebengebirge”. Widoczna rufa, lewa burta promu. (http:www.eyes.org/news/sos_1704.html) 48
Zdjęcie 16 Przewrócony prom „Sebengebirge”. Widoczna rufa, lewa burta promu. (http://general-anzeiger-bonn.de) 48

9. Spis rysunków

Rysunek 1 Model promu „Siebengebirge”. Widok z góry. 8
Rysunek 2 Model promu „Siebengebirge”. Widok na dno promu. 9
Rysunek 3 Model promu (płaszczyzny) 10
Rysunek 4 Wymiary główne kadłuba promu „Siebengebirge” 11
Rysunek 5 Włazy na pokładzie oraz przedziały wodoszczelne promu „Siegengebirge” 13
Rysunek 6 Scenariusz przewrócenia się promu „Siebengebirge” 21
Rysunek 7 Włazy do przedziału wodoszczelnego nr 3 (czerwone), nr 2 (zielone) oraz rampy z pokładem na krawędzi przedziału nr 1 (fioletowe) 25
Rysunek 8 Woda na pokładzie promu, momenty bezwładności powierzchni wody 26
Rysunek 9 Położenie promu w stanie nr 1 28
Rysunek 10 Wykres ramion prostujących 28
Rysunek 11 Kryterium pogodowe 29
Rysunek 12 Położenie promu w stanie nr 2 31
Rysunek 13 Wykres ramion prostujących 32
Rysunek 14 Położenie promu w stanie nr 3/1 34
Rysunek 15 Wykres ramion prostujących 34
Rysunek 16 Położenie promu w stanie nr 3/2 35
Rysunek 17 Wykres ramion prostujących 36

Rysunek 18 Położenie promu w stanie 3/3 37
Rysunek 19 Wykres ramion prostujących 37
Rysunek 20 Wykres ramion prostujących 39
Rysunek 21 położenie promu w stanie nr 4/1 41
Rysunek 22 Wykres ramion prostujących 41
Rysunek 23 Położenie promu w stanie 4/2 42
Rysunek 24 Wykres ramion prostujących 43
Rysunek 25 Położenie promu w stanie nr 4/3 44
Rysunek 26 Wykres ramion prostujących 45
Rysunek 27 Symulacja ustawienia promu dla wyporności 165 t. Stan 4/3 46
Rysunek 28 Symulacja pływalności przewróconego promu. Wyporność ok. 260 t. 47
Rysunek 29 Symulacja pływalności przewróconego promu. Wyporność ok 300 t. 48

10. Spis tabel

Tabela 1 Tabel Masowa. Prom przygotowany do holowania 27
Tabela 2 Parametry promu. Stan 1 (1.025 t/m^3) 27
Tabela 3 Ramiona prostujące i praca GZ. Stan 1 28
Tabela 4 Kryteria stateczności wg ICS'2008 30
Tabela 5 Tabela Masowa. Stan 2. Prom holowany z wodą dostającą się na część dziobową pokładu 31
Tabela 6 Parametry promu. Stan 2 31
Tabela 7 Ramiona prostujące i praca GZ 31
Tabela 8 Tabela Masowa. Stan 3/1 33
Tabela 9 Parametry promu 3/1 33
Tabela 10 Ramiona prostujące i praca GZ 34
Tabela 11 Tabela Masowa. Stan 3/2. Prom z zalanym przedziałem 3 do 1,50 m 35
Tabela 12 Parametry promu. Stan 3/2 35
Tabela 13 Ramiona prostujące i praca GZ 35
Tabela 14 Tabel masowa. Stan 3/3. Prom z zalanym przedziałem 1 i 3 do 1,50 m 36
Tabela 15 parametry promu. Stan 3/3 37
Tabela 16 Ramiona prostujące i praca GZ 37
Tabela 17 Tabela masowa. Stan 3/4. Prom z zalanym przedziałem 1, 2 i 3 do 1,50 m 38
Tabela 18 Parametry promu. Stan 3/4 38

Tabela 19 Ramiona prostujące i praca GZ 39
Tabela 20 Ramiona prostujące i praca GZ 39
Tabela 21 Tabela masowa. Stan 4/1. Prom z zalanym przedziałem 1 i 3 do 1,50 m 40
Tabela 22 Parametry promu. Stan 4/1 40
Tabela 23 Ramiona prostujące i praca GZ 41
Tabela 24 Tabela masowa. Stan 4/2. Prom z zalanym przedziałem 3 do 1,50 m oraz wodą na pokładzie 33 t. 42
Tabela 25 Parametry promu. Stan 4/2 42
Tabela 26 Ramiona prostujące i praca GZ 43
Tabela 27 Tabela masowa. Stan 4/3. Prom z zalanym przedziałem 1 i 3 do 1,50 m oraz wodą na pokładzie 33 t. 44
Tabela 28 Parametry promu. Stan 4/3 44
Tabela 29 Ramiona prostujące i praca GZ 45

Źródła informacji

Powiadomienie o wypadku
Dokumenty holownika oraz promu
Materiały z wysłuchania świadków
Informacje otrzymane od Policji Morskiej portu Rotterdam
Informacje oraz dokumenty otrzymane z Fahrgesellschaft Honnef Pool GmbH u. Co. KG
Ekspertyza wykonana przez kapitana Mariusza Łapińskiego
Informacje zawarte w Raporcie firmy Al. Mare Consulting AB

11. Skład zespołu badającego wypadek

W skład zespołu prowadzącego czynności badawcze wchodzili:
kierujący zespołem: Marek Szymankiewicz – sekretarz PKBWM
członek zespołu: Monika Hapanionek – członek Komisji
członek zespołu: Jarosław Soliwoda – ekspert Komisji

12. Załączniki

Załącznik 1. Wymagania Intact Stability Code 2008

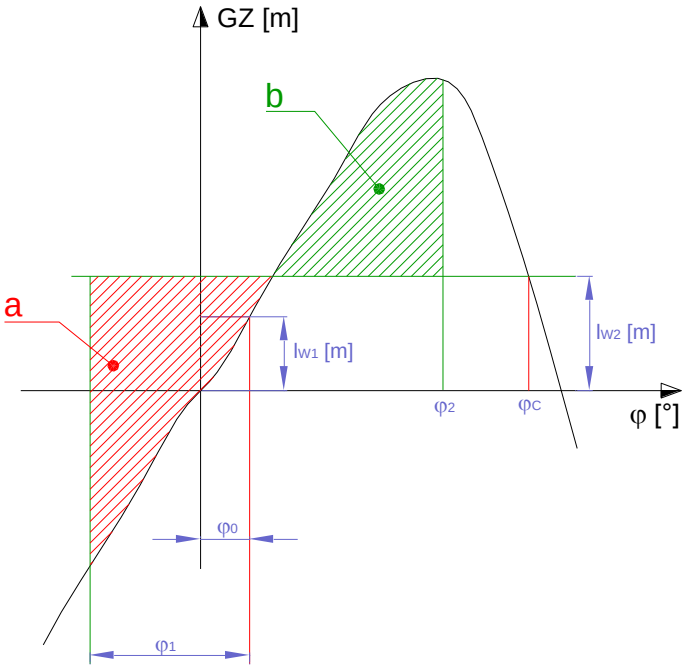
Kryteria ISC'2008 dla statków o długości większej lub równej 24 m.

1. Statek powinien pływać bez przechyłu.
2. Pole powierzchni pod krzywą stateczności statycznej, od 0° do 30°, powinno być większe od 0.055 m·rad (wartość tego pola odpowiada wartości ramienia dynamicznego przy 30°).
3. Pole powierzchni pod krzywą stateczności statycznej, od 0° do 40° (lub kąta zalewania), powinno być większe od 0.090 m·rad (wartość tego pola odpowiada wartości ramienia dynamicznego przy 40°).
4. Pole powierzchni pod krzywą stateczności statycznej, od 30° do 40° (lub kąta zalewania), powinno być większe od 0.030 m·rad (wartość tego pola jest różnicą pomiędzy polem 0°-40° i polem 0°-30°).
5. Dla kąta 30° lub większego ramię prostujące powinno być większe lub równe 0.20 m.
6. Maksymalne ramię prostujące powinno wystąpić dla kąta nie mniejszego od 25°.
7. Pogodowe

   Pole b powinno być nie mniejsze niż pole a: b≥a

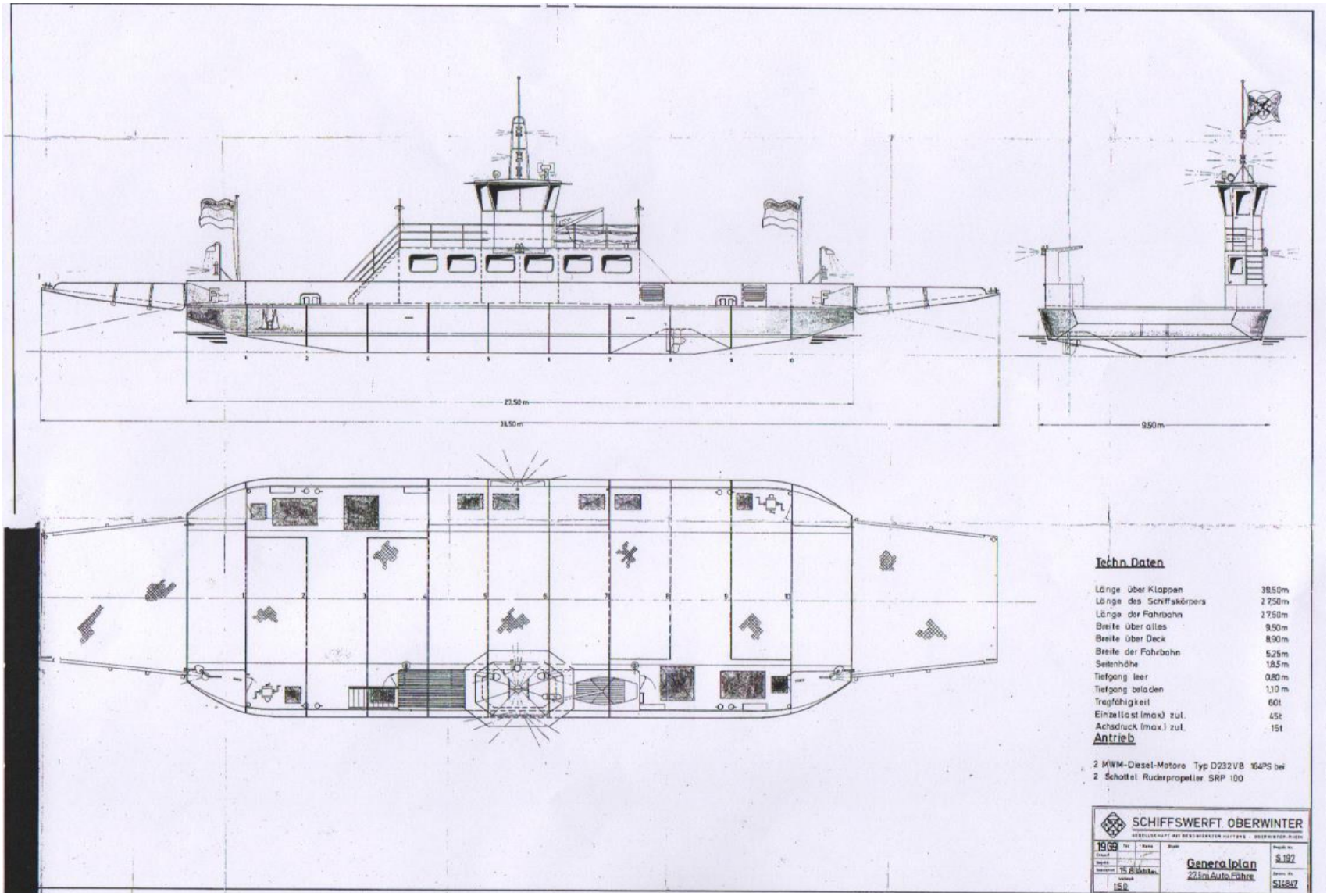
   Lw1 – statyczne ramię od działania wiatru

   Lw2 – dynamiczne ramię od działania wiatru = 1.5×Lw1

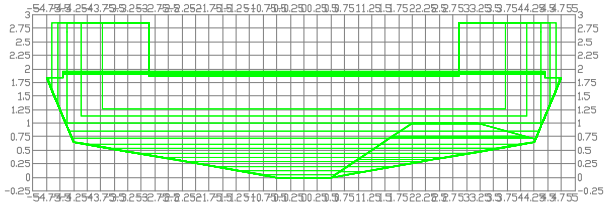


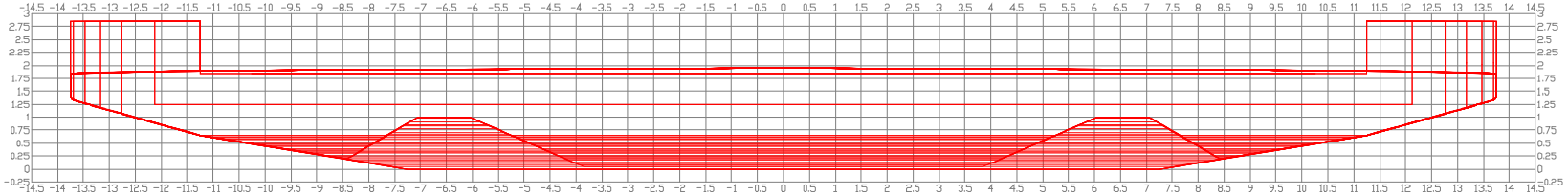
Kryterium pogodowe

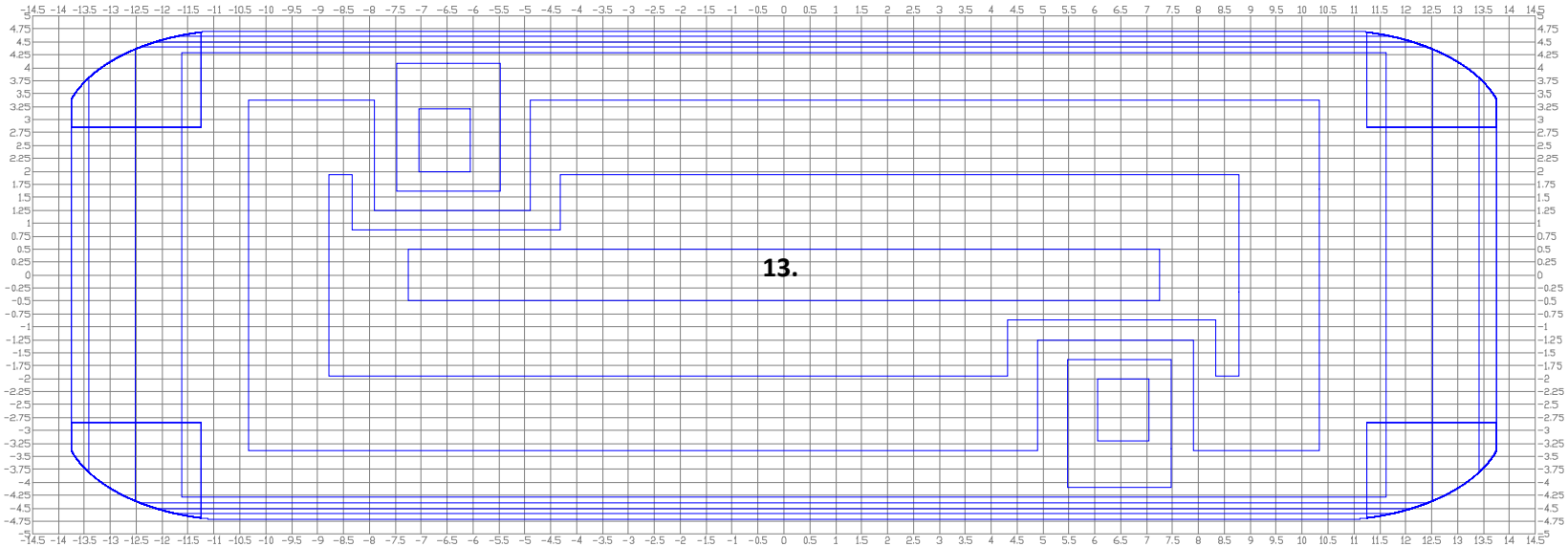
Załącznik 2. Plan ogólny promu „Siebengebirge”



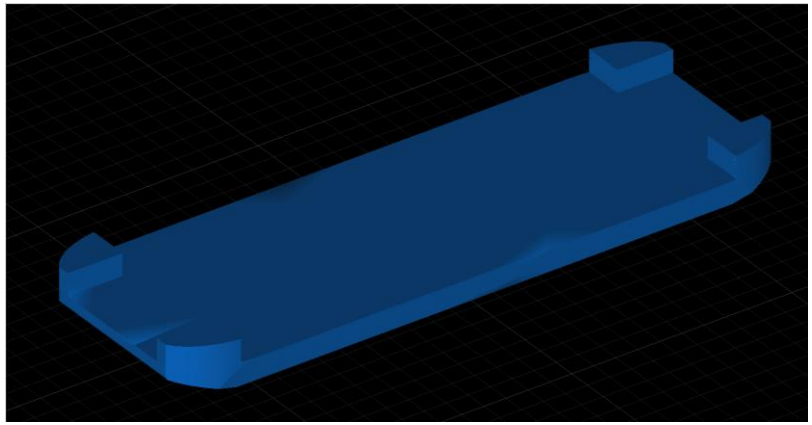
Załącznik 3. Linie Teoretyczne promu „Siebengebirge”







Załącznik 4. Dane hydrostatyczne promu Siebengebirge



Skróty:

T [m] - zanurzenie średnie,
Disp. [t] - wyporność dla wody o gęstości 1.000 t/m^3,
Vol. [m^3] - objętość podwodzia,
LCB [m] - odcięta środka wyporu od ⊗,,
VCB [m] - wysokość środka wyporu od PP,
KMT [m] - wysokość metacentrum poprzecznego od PP,
WPA [m^2] - powierzchnia wodnicy pływania,
LCF [m] - odcięta środka wodnicy pływania,
TPC [t/cm] - przyrost wyporności na 1 cm zanurzenia,
Cb [-] - współczynnik pełnotliwości kadłuba
Cwp [-] - współczynnik pełnotliwości wodnicy pływania,
BMT [m] - poprzeczny promień metacentryczny,
BML [m] - wzdłużny promień metacentryczny,
MCT [tm/cm] - jednostkowy moment przegłębiający o 1 cm.

T	Disp	Volume	LCB	VCB	KMT	WPA	LCF	TPC	Cb	Cwp	BMT	BML	MCT
[m]	[t]	[m^3]	[m]	[m]	[m]	[m2]	[m]	[t/cm]	[-]	[-]	[m]	[m]	[tm/cm]
0.60	47.3	46.1	0	0.394	17.387	156.95	0	1.61	0.443	0.905	16.993	134.051	2.905
0.61	48.9	47.7	0	0.401	17.604	159.70	0	1.64	0.442	0.903	17.203	132.594	2.957
0.62	50.6	49.4	0	0.409	18.379	165.87	0	1.70	0.442	0.919	17.970	132.963	3.051
0.63	52.4	51.1	0	0.416	18.593	168.71	0	1.73	0.441	0.917	18.177	131.498	3.104
0.64	54.0	52.7	0	0.422	19.239	175.12	0	1.79	0.439	0.934	18.817	138.793	3.363
0.65	55.9	54.5	0	0.429	19.444	177.98	0	1.82	0.439	0.933	19.015	137.168	3.424
0.66	57.7	56.3	0	0.437	18.965	178.83	0	1.83	0.445	0.933	18.528	134.330	3.451
0.67	59.6	58.1	0	0.444	18.528	179.83	0	1.84	0.450	0.933	18.084	131.972	3.487

0.68	61.4	59.9	0	0.451	18.130	180.97	0	1.85	0.455	0.935	17.679	130.059	3.531
0.69	63.3	61.8	0	0.458	17.758	182.15	0	1.87	0.460	0.937	17.300	128.334	3.578
0.70	65.2	63.6	0	0.465	17.380	183.00	0	1.88	0.465	0.937	16.915	126.088	3.608
0.71	67.1	65.4	0	0.472	17.071	184.04	0	1.89	0.470	0.939	16.600	124.082	3.642
0.72	68.9	67.3	0	0.478	16.777	185.08	0	1.90	0.474	0.940	16.299	122.174	3.676
0.73	70.9	69.1	0	0.485	16.636	187.22	0	1.92	0.479	0.947	16.151	121.245	3.737
0.74	72.8	71.0	0	0.491	16.356	188.24	0	1.93	0.483	0.948	15.865	119.451	3.770
0.75	74.8	73.0	0	0.498	16.066	189.26	0	1.94	0.488	0.949	15.568	117.567	3.804
0.76	76.8	74.9	0	0.505	15.810	190.29	0	1.95	0.492	0.951	15.305	115.928	3.837
0.77	78.7	76.8	0	0.511	15.564	191.31	0	1.96	0.496	0.952	15.053	114.365	3.871
0.78	80.7	78.7	0	0.518	15.329	192.34	0	1.97	0.500	0.953	14.811	112.872	3.904
0.79	82.7	80.7	0	0.524	15.103	193.36	0	1.98	0.504	0.954	14.579	111.446	3.938
0.80	84.7	82.6	0	0.530	15.077	196.29	0	2.01	0.508	0.965	14.546	110.798	3.998
0.81	86.6	84.4	0	0.537	14.882	197.28	0	2.02	0.510	0.966	14.345	109.640	4.031
0.82	88.6	86.4	0	0.543	14.668	198.26	0	2.03	0.514	0.967	14.125	108.331	4.064
0.83	90.6	88.4	0	0.549	14.463	199.25	0	2.04	0.517	0.968	13.914	107.077	4.098
0.84	92.7	90.4	0	0.556	14.266	200.24	0	2.05	0.521	0.969	13.710	105.875	4.132
0.85	94.7	92.4	0	0.562	14.076	201.23	0	2.06	0.524	0.970	13.514	104.722	4.165
0.86	96.8	94.5	0	0.568	13.960	203.04	0	2.08	0.527	0.974	13.392	104.072	4.218
0.87	99.0	96.6	0	0.574	13.764	204.01	0	2.09	0.531	0.975	13.190	102.869	4.251
0.88	101.1	98.6	0	0.581	13.591	204.98	0	2.10	0.534	0.976	13.010	101.826	4.285
0.89	103.2	100.7	0	0.587	13.423	205.96	0	2.11	0.537	0.977	12.836	100.823	4.319
0.90	105.3	102.8	0	0.593	13.261	206.93	0	2.12	0.539	0.977	12.668	99.857	4.352

0.91	107.5	104.8	0	0.599	13.105	207.90	0	2.13	0.542	0.978	12.506	98.927	4.386
0.92	109.6	106.9	0	0.605	12.954	208.88	0	2.14	0.545	0.979	12.349	98.031	4.420
0.93	111.7	109.0	0	0.612	12.808	209.86	0	2.15	0.547	0.980	12.196	97.167	4.454
0.94	113.9	111.1	0	0.618	12.666	210.84	0	2.16	0.550	0.980	12.049	96.333	4.489
0.95	116.1	113.2	0	0.624	12.529	211.81	0	2.17	0.552	0.981	11.906	95.529	4.523
0.96	118.2	115.3	0	0.630	12.397	212.80	0	2.18	0.554	0.982	11.767	94.753	4.557
0.97	120.4	117.5	0	0.636	12.268	213.78	0	2.19	0.557	0.983	11.632	94.003	4.592
0.98	122.6	119.6	0	0.642	12.176	215.32	0	2.21	0.559	0.986	11.534	93.513	4.638
0.99	124.8	121.7	0	0.648	12.120	217.35	0	2.23	0.561	0.991	11.472	93.165	4.689
1.00	127.0	123.9	0	0.654	11.994	218.27	0	2.24	0.563	0.992	11.340	92.434	4.722
1.01	129.2	126.1	0	0.661	11.963	220.90	0	2.26	0.565	1.000	11.303	92.313	4.786
1.02	131.5	128.3	0	0.667	11.836	221.73	0	2.27	0.567	1.000	11.169	91.572	4.818
1.03	133.8	130.5	0	0.673	11.712	222.56	0	2.28	0.569	1.000	11.039	90.852	4.849
1.04	136.1	132.8	0	0.679	11.591	223.39	0	2.29	0.571	1.000	10.913	90.151	4.881
1.05	138.4	135.0	0	0.685	11.474	224.21	0	2.30	0.573	0.999	10.789	89.470	4.912
1.06	140.7	137.2	0	0.691	11.360	225.03	0	2.31	0.575	0.999	10.669	88.806	4.943
1.07	143.0	139.5	0	0.697	11.248	225.85	0	2.31	0.577	0.999	10.551	88.159	4.974
1.08	145.3	141.8	0	0.703	11.140	226.67	0	2.32	0.579	0.999	10.437	87.529	5.005
1.09	147.6	144.0	0	0.709	11.034	227.48	0	2.33	0.580	0.999	10.325	86.915	5.036
1.10	150.0	146.3	0	0.715	10.931	228.29	0	2.34	0.582	0.999	10.216	86.316	5.067
1.11	152.4	148.7	0	0.721	10.825	229.10	0	2.35	0.584	0.998	10.104	85.692	5.098
1.12	154.7	151.0	0	0.727	10.727	229.90	0	2.36	0.585	0.998	10.000	85.122	5.128

1.13	157.1	153.3	0	0.733	10.632	230.71	0	2.36	0.587	0.998	9.899	84.566	5.159
1.14	159.5	155.6	0	0.739	10.538	231.51	0	2.37	0.588	0.998	9.799	84.022	5.189
1.15	161.8	157.9	0	0.745	10.446	232.30	0	2.38	0.590	0.997	9.702	83.489	5.219
1.16	164.2	160.2	0	0.751	10.357	233.09	0	2.39	0.591	0.997	9.606	82.968	5.249
1.17	166.6	162.5	0	0.757	10.274	233.88	0	2.40	0.592	0.997	9.517	82.493	5.279
1.18	169.0	164.8	0	0.763	10.188	234.67	0	2.41	0.593	0.996	9.425	81.992	5.309
1.19	171.4	167.2	0	0.769	10.104	235.45	0	2.41	0.594	0.996	9.336	81.500	5.338
1.20	173.8	169.5	0	0.775	10.022	236.23	0	2.42	0.596	0.996	9.247	81.018	5.368
1.21	176.2	171.9	0	0.781	9.942	237.00	0	2.43	0.597	0.995	9.161	80.544	5.397
1.22	178.6	174.3	0	0.787	9.863	237.77	0	2.44	0.598	0.995	9.076	80.079	5.425
1.23	181.2	176.7	0	0.792	9.781	238.51	0	2.44	0.599	0.994	8.989	79.562	5.452
1.24	183.6	179.1	0	0.798	9.703	239.15	0	2.45	0.600	0.993	8.904	78.996	5.472
1.25	186.1	181.5	0	0.804	9.623	239.70	0	2.46	0.601	0.992	8.819	78.348	5.486
1.26	188.5	183.9	0	0.810	9.543	240.15	0	2.46	0.602	0.990	8.733	77.622	5.493
1.27	191.0	186.3	0	0.816	9.462	240.51	0	2.47	0.603	0.988	8.647	76.818	5.494
1.28	193.5	188.8	0	0.822	9.381	240.77	0	2.47	0.604	0.986	8.559	75.939	5.488
1.29	195.9	191.2	0	0.828	9.342	242.67	0	2.49	0.605	0.991	8.514	76.659	5.603
1.30	198.4	193.6	0	0.834	9.266	243.01	0	2.49	0.607	0.991	8.432	75.879	5.611
1.31	200.9	196.0	0	0.840	9.191	243.36	0	2.49	0.609	0.990	8.352	75.131	5.620
1.32	203.4	198.5	0	0.845	9.119	243.73	0	2.50	0.610	0.990	8.274	74.413	5.630
1.33	205.9	200.9	0	0.851	9.049	244.11	0	2.50	0.612	0.989	8.198	73.723	5.641
1.34	208.4	203.3	0	0.857	8.980	244.51	0	2.51	0.614	0.989	8.123	73.061	5.653
1.35	210.9	205.8	0	0.863	8.914	244.92	0	2.51	0.615	0.988	8.051	72.427	5.666

1.36	213.5	208.2	0	0.869	8.849	245.35	0	2.51	0.617	0.988	7.980	71.821	5.680
1.37	216.0	210.7	0	0.875	8.786	245.79	0	2.52	0.618	0.988	7.911	71.241	5.696
1.38	218.5	213.2	0	0.880	8.724	246.24	0	2.52	0.619	0.988	7.844	70.687	5.712
1.39	221.0	215.6	0	0.886	8.665	246.71	0	2.53	0.621	0.987	7.778	70.158	5.729
1.40	223.6	218.1	0	0.892	8.607	247.20	0	2.53	0.622	0.987	7.715	69.654	5.748
1.41	226.1	220.6	0	0.898	8.550	247.70	0	2.54	0.624	0.987	7.652	69.173	5.768
1.42	228.7	223.1	0	0.903	8.495	248.21	0	2.54	0.625	0.987	7.591	68.704	5.788
1.43	231.2	225.6	0	0.909	8.435	248.41	0	2.55	0.627	0.987	7.526	67.989	5.792
1.44	233.7	228.0	0	0.915	8.377	248.61	0	2.55	0.629	0.987	7.462	67.289	5.797
1.45	236.3	230.5	0	0.921	8.321	248.80	0	2.55	0.631	0.987	7.400	66.604	5.802
1.46	238.8	233.0	0	0.926	8.265	249.00	0	2.55	0.633	0.987	7.339	65.933	5.807
1.47	241.4	235.5	0	0.932	8.211	249.20	0	2.55	0.634	0.987	7.279	65.273	5.812
1.48	244.0	238.0	0	0.938	8.157	249.39	0	2.56	0.636	0.987	7.220	64.627	5.816
1.49	246.5	240.5	0	0.943	8.105	249.59	0	2.56	0.638	0.987	7.162	63.994	5.821
1.50	249.1	243.0	0	0.949	8.054	249.78	0	2.56	0.640	0.986	7.105	63.373	5.826
1.51	251.6	245.5	0	0.955	8.005	249.98	0	2.56	0.641	0.986	7.050	62.764	5.831
1.52	254.2	248.0	0	0.960	7.956	250.17	0	2.56	0.643	0.986	6.995	62.167	5.835
1.53	256.8	250.5	0	0.966	7.908	250.37	0	2.57	0.645	0.986	6.942	61.582	5.840
1.54	259.3	253.0	0	0.972	7.862	250.56	0	2.57	0.646	0.986	6.890	61.008	5.845
1.55	261.9	255.5	0	0.977	7.816	250.76	0	2.57	0.648	0.986	6.839	60.444	5.850
1.56	264.5	258.0	0	0.983	7.771	250.95	0	2.57	0.650	0.986	6.788	59.891	5.854
1.57	267.0	260.5	0	0.988	7.727	251.15	0	2.57	0.651	0.986	6.739	59.348	5.859
1.58	269.6	263.0	0	0.994	7.684	251.34	0	2.58	0.653	0.985	6.690	58.813	5.864

1.59	272.2	265.6	0	1.000	7.642	251.53	0	2.58	0.654	0.985	6.642	58.288	5.868
1.60	274.8	268.1	0	1.005	7.601	251.72	0	2.58	0.656	0.985	6.595	57.772	5.873
1.61	277.4	270.6	0	1.011	7.560	251.91	0	2.58	0.657	0.985	6.549	57.266	5.878
1.62	279.9	273.1	0	1.016	7.520	252.11	0	2.58	0.659	0.985	6.504	56.769	5.882
1.63	282.5	275.6	0	1.022	7.482	252.30	0	2.59	0.660	0.985	6.460	56.280	5.887
1.64	285.1	278.2	0	1.028	7.443	252.49	0	2.59	0.661	0.985	6.416	55.799	5.892
1.65	287.7	280.7	0	1.033	7.406	252.68	0	2.59	0.663	0.984	6.373	55.327	5.897
1.66	290.3	283.2	0	1.039	7.369	252.87	0	2.59	0.664	0.984	6.331	54.863	5.901
1.67	292.9	285.7	0	1.044	7.333	253.06	0	2.59	0.665	0.984	6.289	54.405	5.906
1.68	295.5	288.3	0	1.050	7.298	253.25	0	2.60	0.667	0.984	6.248	53.955	5.910
1.69	298.1	290.8	0	1.055	7.263	253.44	0	2.60	0.668	0.984	6.208	53.513	5.915
1.70	300.7	293.4	0	1.061	7.229	253.62	0	2.60	0.669	0.984	6.168	53.077	5.919
1.71	303.3	295.9	0	1.066	7.196	253.81	0	2.60	0.671	0.984	6.129	52.649	5.924
1.72	305.9	298.4	0	1.072	7.163	254.00	0	2.60	0.672	0.983	6.091	52.228	5.929
1.73	308.5	301.0	0	1.077	7.131	254.19	0	2.61	0.673	0.983	6.053	51.813	5.933
1.74	311.1	303.5	0	1.083	7.099	254.37	0	2.61	0.674	0.983	6.016	51.403	5.938
1.75	313.7	306.1	0	1.088	7.068	254.55	0	2.61	0.675	0.983	5.979	51.000	5.942
1.76	316.3	308.6	0	1.094	7.037	254.73	0	2.61	0.677	0.983	5.943	50.603	5.946
1.77	318.9	311.2	0	1.099	7.007	254.92	0	2.61	0.678	0.983	5.907	50.212	5.951
1.78	321.5	313.7	0	1.105	6.977	255.10	0	2.61	0.679	0.982	5.872	49.827	5.955
1.79	324.2	316.3	0	1.110	6.948	255.28	0	2.62	0.680	0.982	5.838	49.448	5.960
1.80	326.8	318.8	0	1.116	6.920	255.46	0	2.62	0.681	0.982	5.804	49.075	5.964

1.81	329.4	321.4	0	1.121	6.892	255.65	0	2.62	0.682	0.982	5.770	48.707	5.969
1.82	332.0	323.9	0	1.127	6.864	255.83	0	2.62	0.683	0.982	5.737	48.345	5.973
1.83	334.6	326.5	0	1.132	6.837	256.00	0	2.62	0.684	0.982	5.704	47.986	5.977
1.84	337.3	329.0	0	1.138	6.810	256.18	0	2.63	0.685	0.981	5.672	47.632	5.981
1.85	339.9	331.6	0	1.143	6.783	256.35	0	2.63	0.686	0.981	5.640	47.283	5.985

Załącznik 5. Ramiona stateczności kształtu

Przegłębienie: t = 0.00 m

T [m]	**0.50**	**0.60**	**0.70**	**0.80**	**0.90**	**1.00**	**1.10**	**1.20**	**1.30**	**1.40**	**1.50**	**1.60**	**1.70**	**1.80**	**1.90**
Kąt zalewania [°]	-	65.10	40.60	29.40	23.40	18.90	15.30	12.50	10.20	8.20	6.40	4.90	3.10	1.30	0.00
Przechył [°]	Ramię stateczności kształtu [m]														
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	1.260	1.277	1.243	1.186	1.108	1.025	0.939	0.866	0.803	0.749	0.697	0.636	0.541	0.404	0.233
10	2.190	2.112	2.033	1.951	1.876	1.797	1.716	1.617	1.496	1.347	1.179	1.000	0.813	0.617	0.406
15	2.874	2.716	2.593	2.498	2.409	2.304	2.174	2.022	1.851	1.662	1.459	1.241	1.004	0.753	0.507
20	3.329	3.170	3.027	2.882	2.739	2.586	2.421	2.245	2.056	1.851	1.624	1.375	1.114	0.852	0.603
25	3.569	3.459	3.294	3.113	2.930	2.751	2.572	2.384	2.178	1.950	1.709	1.460	1.202	0.939	0.694
30	3.691	3.575	3.420	3.229	3.038	2.852	2.658	2.455	2.233	2.001	1.764	1.522	1.273	1.017	0.779
35	3.711	3.599	3.445	3.275	3.085	2.895	2.690	2.474	2.251	2.026	1.798	1.566	1.329	1.085	0.858
40	3.671	3.560	3.415	3.258	3.081	2.887	2.677	2.459	2.244	2.030	1.814	1.596	1.373	1.144	0.931
50	3.448	3.354	3.234	3.097	2.940	2.752	2.553	2.358	2.168	1.982	1.797	1.612	1.424	1.232	1.055

60	3.088	3.016	2.918	2.804	2.663	2.502	2.335	2.175	2.018	1.867	1.721	1.575	1.429	1.281	1.148
70	2.620	2.566	2.493	2.403	2.285	2.165	2.039	1.919	1.802	1.693	1.590	1.489	1.389	1.291	1.206
80	2.063	2.028	1.983	1.913	1.833	1.756	1.678	1.601	1.530	1.466	1.409	1.356	1.306	1.263	1.227
90	1.437	1.423	1.405	1.360	1.324	1.293	1.263	1.234	1.211	1.194	1.185	1.182	1.183	1.196	1.210

Przegłębienie: t =0 .50 m

T [m]	**0.50**	**0.60**	**0.70**	**0.80**	**0.90**	**1.00**	**1.10**	**1.20**	**1.30**	**1.40**	**1.50**	**1.60**	**1.70**	**1.80**	**1.90**
Kąt zalewania [°]	76.1	45.00	30.90	24.10	19.30	15.60	12.60	10.30	8.30	6.60	5.00	3.10	1.40	0.10	-
Przechył [°]	Ramię stateczności kształtu [m]														
0	-0.108	-0.084	-0.052	-0.032	-0.015	-0.006	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	1.195	1.199	1.168	1.119	1.051	0.978	0.908	0.844	0.788	0.734	0.673	0.596	0.498	0.394	0.300
10	2.145	2.059	1.980	1.905	1.827	1.744	1.654	1.549	1.427	1.285	1.127	0.957	0.778	0.610	0.475
15	2.825	2.676	2.556	2.451	2.343	2.229	2.097	1.944	1.775	1.589	1.383	1.162	0.944	0.757	0.608
20	3.294	3.122	2.967	2.817	2.672	2.514	2.345	2.160	1.960	1.747	1.525	1.296	1.069	0.871	0.708
25	3.552	3.400	3.220	3.047	2.869	2.680	2.481	2.271	2.059	1.845	1.623	1.391	1.158	0.960	0.800
30	3.653	3.527	3.354	3.169	2.972	2.762	2.545	2.330	2.120	1.906	1.687	1.456	1.230	1.038	0.883
35	3.672	3.553	3.399	3.211	3.004	2.784	2.567	2.356	2.149	1.940	1.725	1.503	1.288	1.106	0.959
40	3.634	3.516	3.376	3.193	2.982	2.766	2.557	2.352	2.151	1.949	1.744	1.535	1.335	1.165	1.026
50	3.423	3.315	3.188	3.020	2.830	2.638	2.451	2.268	2.089	1.910	1.734	1.559	1.394	1.251	1.135
60	3.070	2.977	2.867	2.722	2.567	2.408	2.252	2.100	1.951	1.807	1.667	1.533	1.407	1.297	1.208

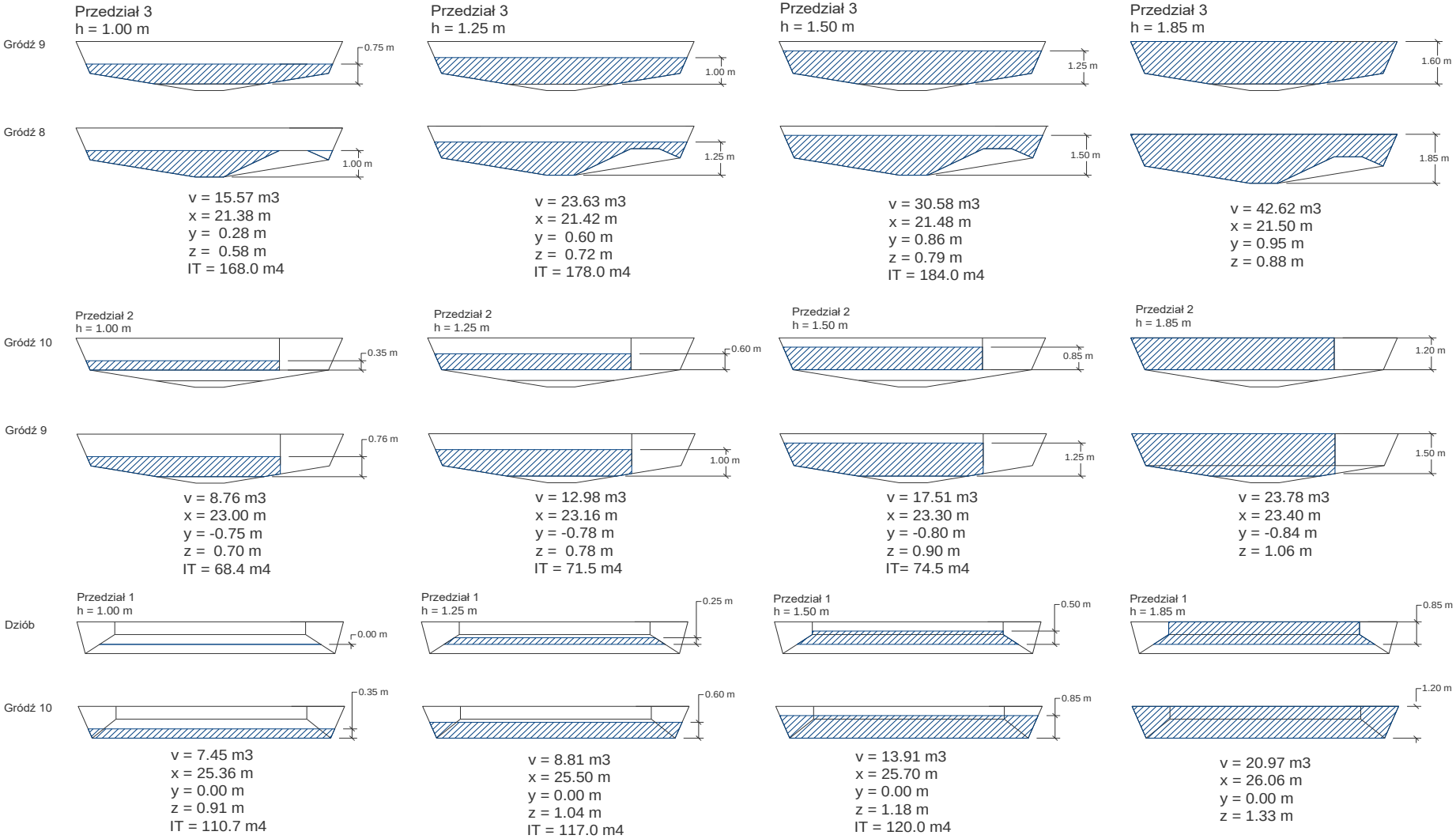
70	2.607	2.534	2.441	2.330	2.214	2.095	1.978	1.862	1.752	1.648	1.550	1.461	1.376	1.303	1.244
80	2.057	2.001	1.935	1.864	1.792	1.717	1.642	1.569	1.503	1.442	1.390	1.345	1.304	1.270	1.241
90	1.440	1.399	1.363	1.341	1.315	1.288	1.258	1.232	1.211	1.197	1.192	1.192	1.195	1.198	1.202

Przegłębienie: t =1 .00 m

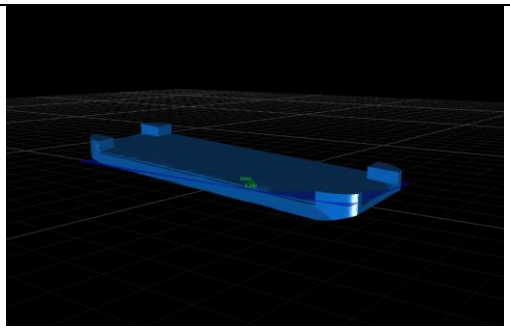
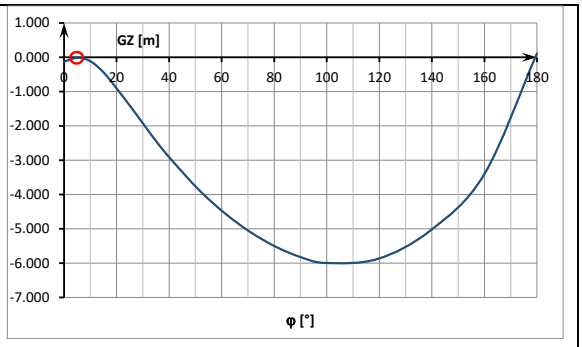
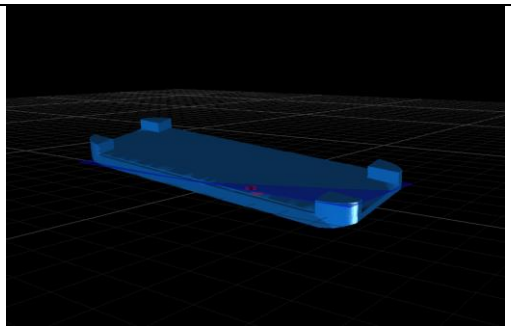
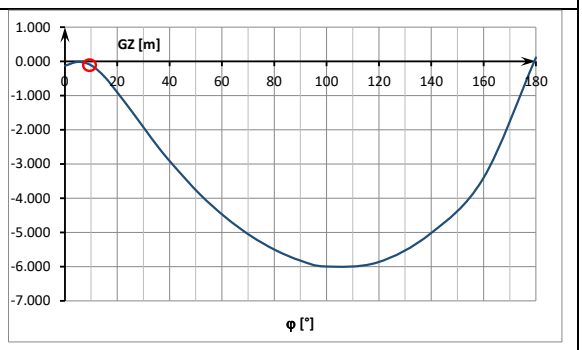
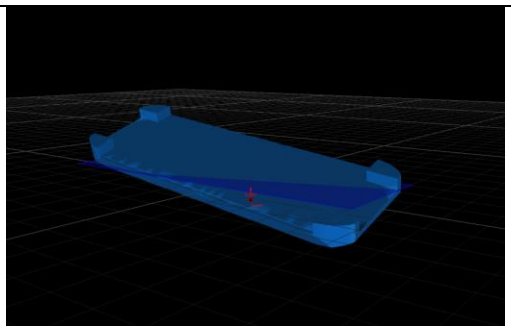
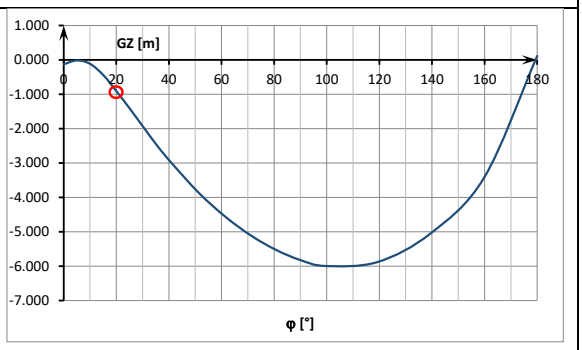
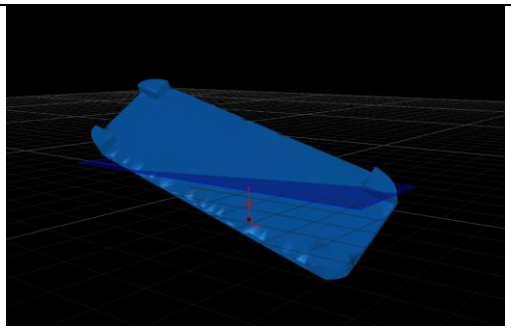
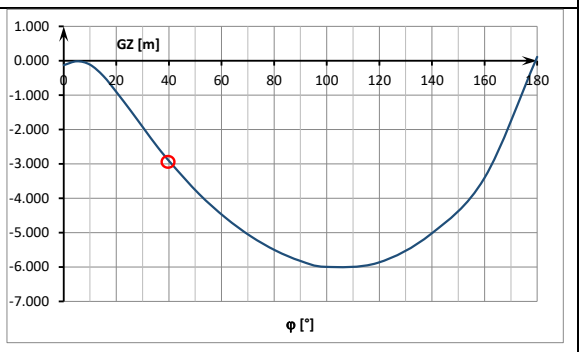
T [m]	**0.50**	**0.60**	**0.70**	**0.80**	**0.90**	**1.00**	**1.10**	**1.20**	**1.30**	**1.40**	**1.50**	**1.60**	**1.70**	**1.80**	**1.90**
Kąt zalewania [°]	47.4	31.70	24.40	19.40	15.60	12.70	10.40	8.40	6.60	4.90	3.10	1.60	0.20	-	-
Przechył [°]	Ramię stateczności kształtu [m]														
0	-0.155	-0.122	-0.090	-0.057	-0.030	-0.013	-0.005	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	1.136	1.103	1.055	1.001	0.947	0.894	0.845	0.793	0.736	0.670	0.597	0.525	0.459	0.400	0.342
10	2.061	1.972	1.885	1.801	1.709	1.614	1.507	1.395	1.267	1.137	1.002	0.866	0.741	0.628	0.530
15	2.714	2.579	2.450	2.325	2.194	2.052	1.916	1.751	1.582	1.390	1.206	1.043	0.905	0.786	0.680
20	3.153	2.983	2.823	2.662	2.491	2.325	2.128	1.940	1.737	1.530	1.336	1.171	1.032	0.913	0.804
25	3.411	3.233	3.054	2.861	2.669	2.454	2.242	2.042	1.833	1.623	1.431	1.271	1.136	1.016	0.899
30	3.534	3.368	3.169	2.959	2.743	2.515	2.310	2.100	1.893	1.687	1.503	1.350	1.219	1.096	0.981
35	3.557	3.413	3.204	2.979	2.761	2.534	2.332	2.127	1.926	1.730	1.556	1.410	1.282	1.163	1.053

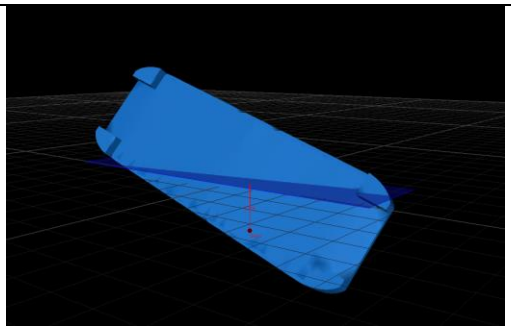
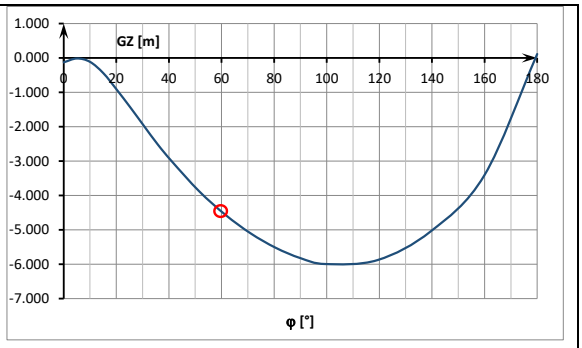
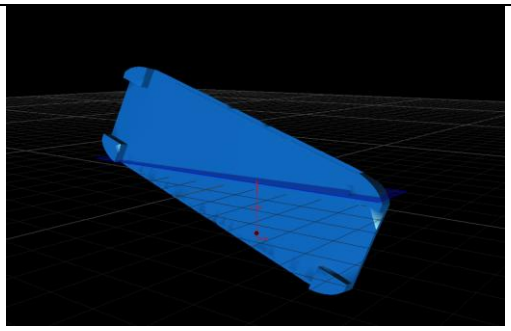
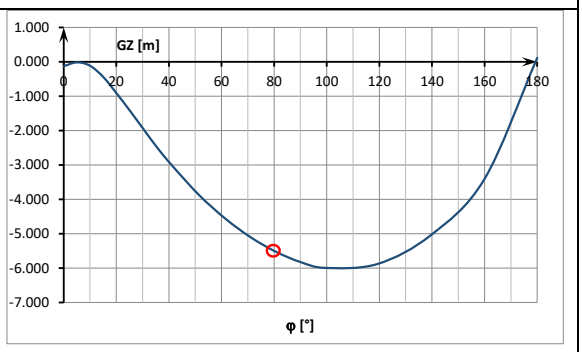
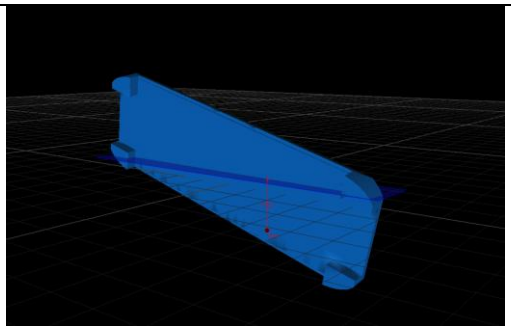
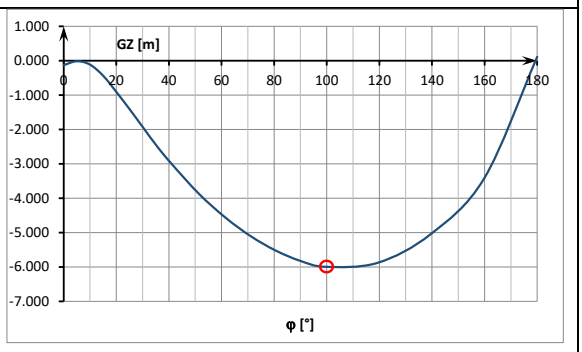
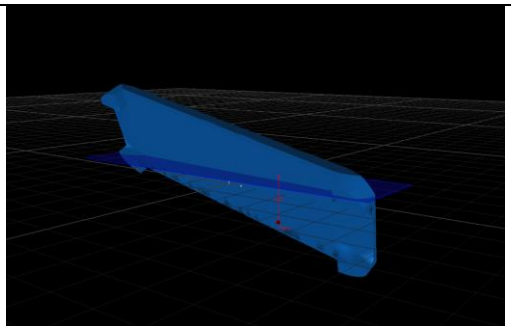
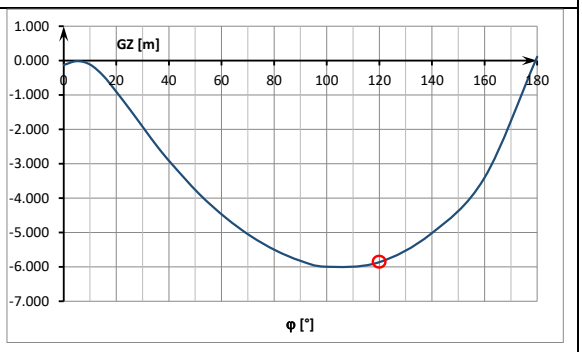
40	3.525	3.385	3.176	2.950	2.738	2.517	2.323	2.128	1.937	1.752	1.590	1.453	1.329	1.218	1.114
50	3.329	3.188	2.991	2.788	2.598	2.402	2.233	2.063	1.899	1.746	1.611	1.491	1.387	1.294	1.208
60	2.993	2.856	2.697	2.520	2.362	2.200	2.063	1.925	1.796	1.680	1.573	1.478	1.397	1.326	1.262
70	2.546	2.427	2.305	2.171	2.045	1.937	1.823	1.730	1.643	1.563	1.488	1.421	1.365	1.318	1.277
80	2.008	1.925	1.846	1.766	1.680	1.614	1.544	1.492	1.449	1.406	1.364	1.326	1.296	1.273	1.254
90	1.402	1.362	1.335	1.306	1.277	1.252	1.229	1.223	1.221	1.216	1.208	1.201	1.198	1.198	1.200

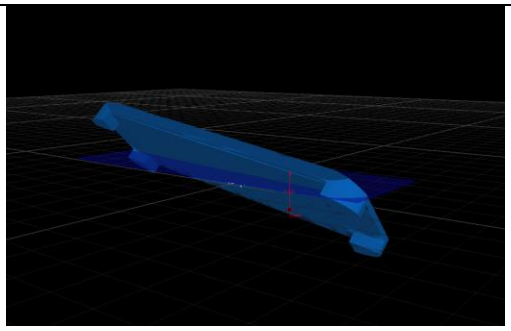
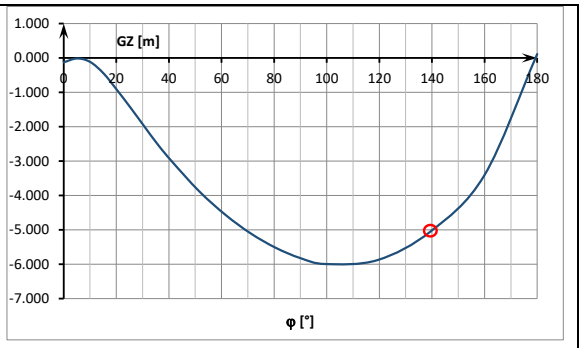
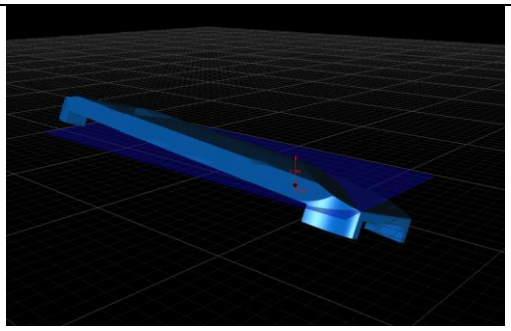
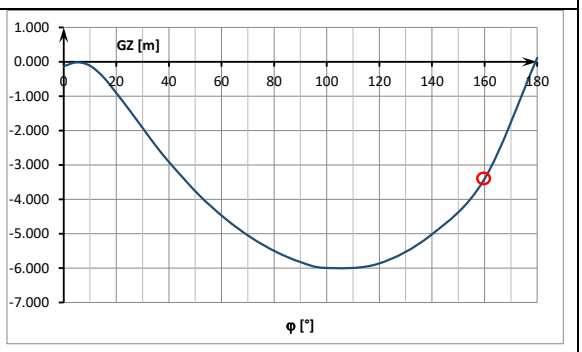
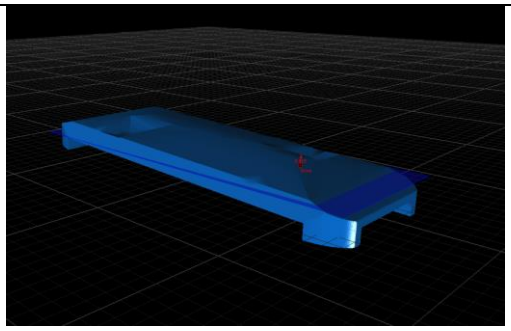
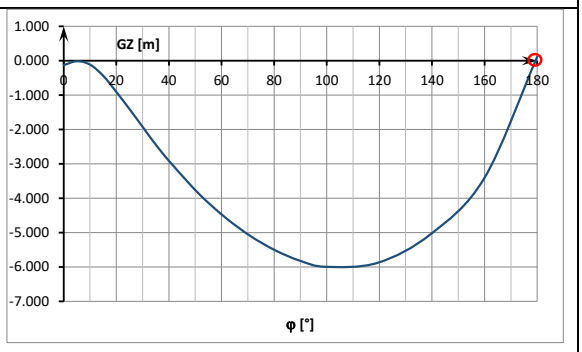
Załącznik 6. Woda w przedziałach wodoszczelnych



Załącznik 7. Sekwencja przewracania promu Siebengebirge

5°PB		
10°PB		
20°PB		
40°PB		

60°PB		
80°PB		
100°PB		
120°PB		

140°PB		
160°PB		
179°PB