



PODRĘCZNIK  
PROJEKTOWANIA  
ODBOJNIC

**SHIBATA****FENDER****TEAM**

▶ | on the safe side

# PROJEKTOWANIE ODBOJNIC

## WITAMY W PODRĘCZNIKU PROJEKTOWANIA ODBOJNIC FIRMY SHIBATAFENDERTEAM

Odbojnice znajdują się na styku statku i nabrzeża. Przede wszystkim, stanowią barierę bezpieczeństwa chroniącą ludzi, statki i budowle hydrotechniczne. W większości systemów odbojowych stosuje się elementy elastomerowe (gumowe), pneumatyczne lub piankowe, które działają jak sprężyny pochłaniające energię kinetyczną statku. Kiedy sprężyna ulega ścisnaniu, powstające siły przenoszone są na inne części systemu, tarcze, kotwy i łańcuchy a następnie na podtrzymującą je budowlę hydrotechniczną.

Fachowe projektowanie odbojnic obejmuje wiele dziedzin. Wiedza książkowa nie zastąpi doświadczenia wyniesionego ze świata żeglugi i rzeczywistej praktyki w manewrowaniu. Większość przepisów i norm wymaga od projektanta odpowiedniej wiedzy praktycznej. ShibataFenderTeam spełnia ten warunek, gdyż ma ponad 50. letnie doświadczenie we wszystkich aspektach projektowania i zastosowania odbojnic.

Niniejszy podręcznik ma być zwięzłym przewodnikiem pomagającym projektantom i specjalistom ds. specyfikacji określić kluczowe kryteria początkowe, obliczyć wartości energii cumowania i wybrać odpowiedni typ odbojnicy. Specjaliści ShibataFenderTeam zawsze służą pomocą w tym procesie oraz w zakresie doradztwa szczegółowego i specyfikacji systemu odbojowego.

**WYJĄTKI** Niniejszy podręcznik ma zastosowanie do większości statków handlowych i innych konwencjonalnych jednostek pływających. Prosimy o kontakt z ShibataFenderTeam w sprawie nietypowych zastosowań i wymagań związanych z nietypowymi jednostkami, takimi jak katamarany, okręty wojenne, platformy wydobywcze itd.

## SHIBATAFENDERTEAM

ShibataFenderTeam ma siedzibę w Niemczech, a regionalne biura w USA, Europie, na Środkowym Wschodzie, w Azji i Australii. Nasza sieć uznanych przedstawicieli lokalnych łączy wszystkie sześć kontynentów. Nasze przedsiębiorstwo macierzyste w Japonii, Shibata Industrial Co. Ltd., opracowuje i wytwarza szeroki asortyment zaawansowanych technicznie wyrobów gumowych od 1923 r., a od ponad 50 lat jest pionierem w projektowaniu i produkcji systemów odbojowych. ShibataFenderTeam jest właścicielem i zarządza zakładami wytwórczymi oraz badawczymi w Japonii, Malezji i Niemczech, w których wytwarza się:

- ▶ wiele wyrobów specjalnych do zastosowań morskich, wytworzonych dzięki naszej szerokiej wiedzy o właściwościach gumy, stali, poliuretanu i polietylenu.
- ▶ wytłaczane i formowane gumowe elementy odbojnic o jednostkowej wadze do 18.5 t
- ▶ pneumatyczne odbojnice gumowe o średnicy do 3.3 m i długości do 9.0 m
- ▶ odbojnice piankowe o średnicy do 4.5 m i długości do 10 m
- ▶ odbojnice ślizgowe z PE-HD o przekroju do 300 mm x 300 mm i długości do 6 m
- ▶ konstrukcje stalowe o wadze pojedynczego elementu do 30 t
- ▶ pławy do różnych zastosowań o średnicy do 4.5 m

Oprócz zaawansowanej wiedzy technologicznej, nasi partnerzy, personel, renomowani i autoryzowani dostawcy posiadają ugruntowaną przez lata wiedzę w zakresie projektowania systemów odbojowych bardzo ważnych z punktu widzenia bezpieczeństwa ludzi, statków oraz infrastruktury portowej. ShibataFenderTeam łączy te zasoby i umiejętności wytwarzając systemy odbojowe zawsze w oparciu o aktualny stan wiedzy. Dzięki własnym zakładom produkcyjnym i wysokiej jakości produktom w konkurencyjnych cenach ShibataFenderTeam zyskała reputację niezawodnego partnera na międzynarodowych rynkach portów, portów i dróg wodnych.

# CZĘŚĆ 1

## OBLICZANIE ENERGII CUMOWANIA

Symbole i źródła informacji .....	04
Projektowanie odbojnic.....	05
Statki.....	06
Wymiary statku .....	07
Terminologia okrętowa.....	08
Zbiornikowce .....	09
Masowce .....	10
Gazowce .....	11
Kontenerowce .....	12
Drobnicowce, statki ro-ro i promy morskie .....	13
Samochodowce, wycieczkowce i szybkie promy.....	14
Ograniczenia wielkości statków .....	15
Obciążenia od statków.....	16
Podchodzenie statku do nabrzeża .....	17
Współczynnik masy wody towarzyszącej ( $C_M$ ).....	18
Współczynnik mimośrodowości (centryczności) ( $C_E$ ).....	19
Współczynnik konfiguracji nabrzeża ( $C_C$ ) i współczynnik twardości odbojnicy( $C_S$ ) .....	20
Prędkości cumowania.....	21
Energia cumowania .....	22

# CZĘŚĆ 2

## PORADNIK DOBORU ODBOJNIC..... 23

Pełen proces wyboru odbojnic, materiałów, badań i związane z tym informacje zawarte są w CZĘŚĆCI 2.

## SYMBOLE I ŹRÓDŁA INFORMACJI

Symbol	Opis	Jednostki
B	Szerokość statku bez listwy odbojowej	m
C	Typowy Odstęp między kadłubem a licem budowli	m
C <sub>B</sub>	Współczynnik pełnotliwości kadłuba	
C <sub>C</sub>	Współczynnik konfiguracji nabrzeża	
C <sub>E</sub>	Współczynnik mimośrodowości	
C <sub>M</sub>	Współczynnik masy towarzyszącej	
C <sub>S</sub>	Współczynnik miękkości	
D	Rzeczywiste zanurzenie statku	m
D <sub>B</sub>	Zanurzenie balastowe	m
D <sub>L</sub>	Zanurzenie statku załadowanego lub zanurzenie letnie	m
D <sub>S</sub>	Zanurzenie maksymalne	m
D <sub>U</sub>	Zanurzenie statku niezaladowanego	m
E <sub>A</sub>	Wyjątkowa (nadzwyczajna) energia	kNm (kJ)
E <sub>F</sub>	Energia odbojnicy (z poprawką na kąt podejścia, temperaturę itd.)	kNm (kJ)
E <sub>N</sub>	Normalna energia kinetyczna cumującego statku	kNm (kJ)
E <sub>RPD</sub>	Energia odbojnicy (dla nominalnych parametrów użytkowych)	kNm (kJ)
E <sub>LET</sub>	Energia odbojnicy w dolnej granicy tolerancji (minimalna tolerancja fabryczna)	kNm (kJ)
F	Siła uderzenia przekazana na lico odbojnicy lub jej tarczę przez kadłub statku	kN
F <sub>B</sub>	Wolna burta balastowa do poziomu pokładu	m
F <sub>L</sub>	Wolna burta statku załadowanego lub letnia wolna burta do poziomu pokładu	m
F <sub>S</sub>	Minimalna wolna burta statku do poziomu pokładu	m
H	Wysokość ściśniętej odbojnicy, bez panelu itd.	m
H <sub>M</sub>	Wysokość konstrukcyjna kadłuba na burcie do linii pokładu	m
HP	Parcie na kadłub	kN/m <sup>2</sup> (kPa)
K	Promień bezwładności statku	m
K <sub>C</sub>	Zapas wody pod stępką	m
L <sub>L</sub>	Długość całkowita największego statku korzystającego z nabrzeża	m
L <sub>OA</sub>	Długość całkowita statku	m
L <sub>BP</sub>	Długość między pionami	m
L <sub>S</sub>	Długość całkowita najmniejszego statku korzystającego z nabrzeża	m
L <sub>WL</sub>	Długość statku na wodnicy przy zanurzeniu w stanie załadowanym	m
M <sub>B</sub>	Wyporność statku pod balastem	t
M <sub>D</sub>	Wyporność statku	t
P	Rozstaw odbojnic	m
R	Odległość od punktu uderzenia do środka masy statku	m
R <sub>B</sub>	Promień krzywizny dziobu statku	m
R <sub>F</sub>	Reakcja odbojnicy (z poprawką na kąt podejścia, temperaturę itd.)	kN
R <sub>RPD</sub>	Reakcja odbojnicy (przy nominalnych parametrach użytkowych)	kN
R <sub>HET</sub>	Reakcja odbojnicy w górnej granicy tolerancji (maksymalna tolerancja fabryczna)	kN
T	Siła tnąca	kN
v	Prędkość statku	m/s
v <sub>B</sub>	Prędkość statku poprzeczna do linii cumowniczej	m/s
v <sub>L</sub>	Prędkość statku równoległa do linii cumowniczej	m/s
x	Odległość od dziobu do prostoliniowej części kadłuba (koniec promienia krzywizny dziobu)	m
α	Kąt cumowania (oś symetrii statku do linii cumowniczej)	stopień
β	Kąt wychylenia dziobnicy (pionowy kąt kadłuba do czoła płyty odbojowej)	stopień
γ	Kąt wektora prędkości (między R a V <sub>B</sub> )	stopień
Δ	Ugięcie ściśniętej odbojnicy	m
θ	Poziomy kąt do odbojnicy (uwzględniający promień krzywizny dziobu)	stopień
η	Współczynnik bezpieczeństwa dla wyjątkowej energii kinetycznej cumującego statku	
η <sub>C</sub>	Współczynnik bezpieczeństwa dla łańcuchów	
μ	Współczynnik tarcia	
ρ <sub>SW</sub>	Gęstość wody morskiej	t/m <sup>3</sup>

## Przepisy i Normy

Kodeks postępowania przy projektowaniu odbojnic i systemu cumowniczego: BS 6349 : Part 4 (2014)

PIANC WG33 wytyczne dotyczące projektowania odbojnic (2002)

Zalecenia komisji ds. konstrukcji nabrzeża, portów i dróg wodnych (EAU 2004)

PIANC sprawozdanie międzynarodowej komisji ds. poprawy projektowania systemów odbojnic: Supplement do biuletynu informacyjnego No.45 (1984).

Morskie budowle hydrotechniczne. Zalecenia do projektowania, wykonywania i utrzymania. Zwiastun wyd. VI, zawierający zalecenia Z1, Z2, Z3, Z12 i Z24 (2015)

Czynności związane z projektowaniem robót morskich i portowych: ROM 2.0-11 (2012)

Zalecenia dotyczące projektowania portów morskich, kanałów wejściowych i basenów portowych. ROM 3.1-99 (1999)

Odbojnice doków – Rosa 2000 edycja nr. 1

Inżynieria i projektowanie portów wojskowych: ujednolicone kryteria dotyczące obiektów UFC 4-159-02 (2004)

Projektowanie pomostów i nabrzeży UFC 4-152-01 (2005)

Wytyczne dotyczące projektowania struktur morskich – Australia: A54997 (2005)

Normy techniczne i objaśnienia dotyczące portów i obiektów portowych w Japonii (2009)

Kanały wejściowe - instrukcja projektowania: PIANC Supplement do biuletynu informacyjnego No.95 (1997)

Podręcznik dla projektanta portu – zalecenia i wytyczne: Carl Thoresen (2003) ISBN 9780727732886

Planowanie i projektowanie portów i terminali morskich: Edytowany przez Hans Agerschou – 2 edycja (2004) ISBN 0727732242

Znaczące statki: królewski instytut architektów morskich (1992-2010) www.rina.org.uk

Standardowa metoda badania do określania i raportowania energii cumowania i reakcji odbojnic morskich: ASTM F2192-05 (2005)

Standardowy system klasyfikacji produktów gumowych w zastosowaniach motoryzacyjnych: ASTM D2000 (2012).

## PROJEKTOWANIE ODBOJNIC

Projektowanie jest czynnością interdyscyplinarną, gdyż łączy w sobie wiele umiejętności i dyscyplin. Inżynier projektant musi rozważyć wszystkie czynniki wpływające na wielkość odbojnicy, detale akcesoriów, czy niezawodność działania w skrajnych warunkach pogodowych. Optymalnie zaprojektowana odbojnica to konstrukcja trwała i bezpieczna, która nie wymaga pracochłonnej konserwacji, przyczyniająca się do podniesienia ogólnej efektywności portu przy ponoszeniu niskich nakładów w okresie jej użytkowania. Ważne jest, kto odpowiada za zakup systemu odbojowego. Zarząd portu będzie zainteresowany kupnem systemu, który będzie odpowiadał jego potrzebom, natomiast Wykonawca wybierze najekonomiczniejszą odbojnicę, która będzie spełniała wymagania minimalne określone w specyfikacji. To oznacza, że należy ze starannością dobrać właściwości oraz sprawności odbojnicy, gdyż konsekwencje mogą okazać się bardzo kosztowne dla użytkownika.

### STATKI



- ▶ klasy
- ▶ załadunek albo pod balastem
- ▶ nawisy dziobowe
- ▶ listwy odbojowe
- ▶ parcie na kadłub

### BUDOWLA



- ▶ okres użytkowania
- ▶ obciążenia
- ▶ konstrukcja
- ▶ połączenie
- ▶ częstotliwość cumowania

### PODEJŚCIE STATKU



- ▶ nabrzeże lub dalba
- ▶ rampa ro-ro
- ▶ śluza lub suchy dok
- ▶ pomoc holownika

### LOKALIZACJA



- ▶ ekspozycja akwenu portowego
- ▶ amplituda pływu
- ▶ prądy i falowanie
- ▶ przechodzące statki
- ▶ dostępność

### ŚRODOWISKO



- ▶ temperatury
- ▶ korozyjność
- ▶ kra lodowa
- ▶ zjawiska sejsmiczne
- ▶ ozon i promieniowanie UV

### MATERIAŁY



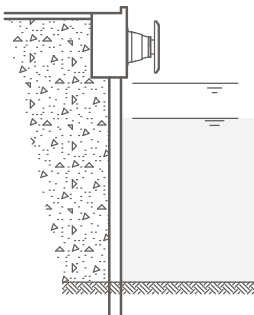
- ▶ trwałość
- ▶ badanie
- ▶ powłoki
- ▶ korozja cierna
- ▶ koszty inwestycyjne
- ▶ konserwacja

## BUDOWLE HYDROTECHNICZNE

Odbojnice są montowane na konstrukcjach nabrzeży – nowo wybudowanych, przebudowanych czy wyremontowanych. Ich konstrukcje dzielą się na dwie główne kategorie: nabrzeża oporowe, które są w stanie wytrzymać duże siły reakcji odbojnic i nabrzeża wrażliwe na obciążenia, które mogą wytrzymać ograniczone siły.

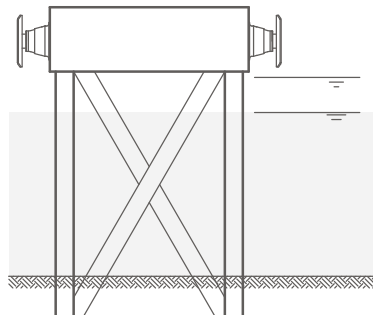
Konstrukcje nabrzeży oporowych zazwyczaj składają się ze ścianek szczelnych, bloków betonowych, studni lub kesonów. Wszystkie są bardzo wytrzymałe, ale ich wybudowanie może być niepraktyczne w odkrytym głębokowodnym akwenu, zatem spotyka się je głównie w portach i na drogach wodnych. Budowle wrażliwe na obciążenia obejmują pomosty i dalby, w których obciążenia odbojnicy i siły cumowania stanowią główne siły brane pod uwagę przez projektanta. Nabrzeża można dodatkowo podzielić na konstrukcje ciągłe i pojedyncze (nieciągłe), te drugie to zazwyczaj dalby. Niektóre dalby mają sztywną konstrukcję, z pochylonymi palami lub innym rodzajem usztywnień. Dalby pojedyncze to szczególny rodzaj konstrukcji dalb.

### NABRZEŻA OPOROWE



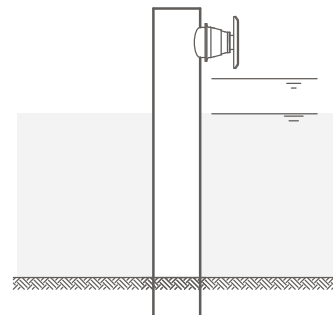
- ▶ wytrzymałość na duże siły odbojnic
- ▶ łatwe mocowanie do betonowej korony
- ▶ połączenia ścianek szczelnych wymagają dodatkowego rozważenia
- ▶ unikanie mocowań, które przecinają szczeliny dylatacyjne

### POMOSTY PRZYSTANIOWE



- ▶ konstrukcja wrażliwa na obciążenie
- ▶ ograniczona powierzchnia styku do mocowania odbojnic i łańcuchów
- ▶ pomost zazwyczaj betonowy, czasami stalowy

### POJEDYNCZE PALE I DALBY



- ▶ konstrukcja wrażliwa na obciążenie
- ▶ pojedynczy pal absorbuje część energii całkowitej
- ▶ ograniczona powierzchnia styku do mocowania odbojnic i łańcuchów

## STATKI

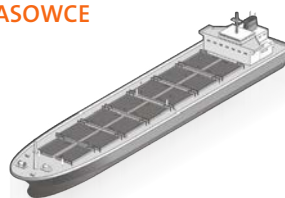
Statki mają najrozmaitsze kształty i wielkości. Nabrzeże powinno móc przyjąć największe statki, dla jakich zostało zaprojektowane, ale też powinno być przystosowane do obsługi małych i średnich jednostek, zwłaszcza, gdy to one stanowią większość zawijających statków. Na wielu nabrzeżach załadunkowych statki przychodzą pod balastem, ze zmniejszonym zanurzeniem i wypornością. Jeśli jest to typowa praktyka to projektant systemu odbojowego powinien to uwzględnić, jednocześnie oceniając ryzyko powrotu do nabrzeża w pełni załadowanego statku, np. z powodu awarii. Cechy statku wpływają na dobór i konstrukcję odbojnicy. Na przykład, operatorzy wycieczkowców nie lubią czarnych zabrudzeń powstających przy kontakcie z cylindrycznymi gumowymi odbojnicami. Kontenerowce i samochodowce mogą mieć duży nawis dziobowy, zatem odbojnica musi ugiąć się przegubowo, dopasowując się do kąta styku. Wiele statków ma listwy odbojowe, które mogą opierać się na panelach odbojnicy albo utknąć pod nimi, zatem mogą być potrzebne większe skosy. Zbiornikowce z podwójnym kadłubem, gazowce i inne statki z miękkim poszyciem kadłuba wytrzymują tylko ograniczone siły parcia, co oznacza wymóg stosowania większych powierzchni kontaktu statek - tarcza odbojowa. Kształt, czyli krzywizna kadłuba statku to element istotny. Od promienia krzywizny dziobu statku zależy miejsce jego kontaktu z odbojnicą w stosunku do środka masy oraz liczba ściskanych odbojnic, w zależności od ich rozstawu. Nawis dziobowy może dociskać górne krawędzie odbojnic bliżej konstrukcji nabrzeża, zatem górne krawędzie tarczy, uchwyty łańcucha (itp.) powinny zostać sprawdzone pod względem odstępu od czoła nabrzeża. Poniższy wykaz obejmuje najpowszechniejsze typy statków handlowych oraz główne ich cechy, jakie projektant powinien wziąć pod uwagę:

### ZBIORNIKOWCE



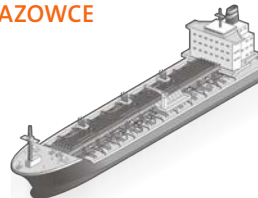
- ▶ ładunki niebezpieczne
- ▶ duże zmiany zanurzenia
- ▶ niskie parcie na kadłub
- ▶ standardowa pomoc holownika
- ▶ małe zbiornikowce mogą mieć listwy odbojowe
- ▶ cumowanie często w miejscach nieosłoniętych
- ▶ wiele terminali stosuje laserowy system dokujący BAS\*

### MASOWCE



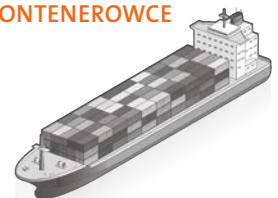
- ▶ niektóre statki to jednostki wielozadaniowe (OBO – roporudomasowce)
- ▶ ładunki mogą być niebezpieczne
- ▶ duże zmiany zanurzenia
- ▶ małe parcie na kadłub
- ▶ standardowa pomoc holownika
- ▶ cumowanie często w miejscach nieosłoniętych

### GAZOWCE



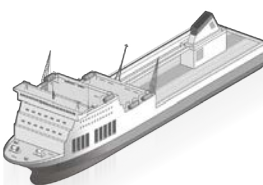
- ▶ bardzo niebezpieczny ładunek
- ▶ oddzielna klasa statków na wyodrębnionych terminalach
- ▶ niskie parcie na kadłub
- ▶ standardowa pomoc holownika
- ▶ małe gazowce mogą mieć listwy odbojowe
- ▶ cumowanie często w miejscach nieosłoniętych
- ▶ wiele terminali stosuje laserowy system dokujący BAS\*

### KONTENEROWCE



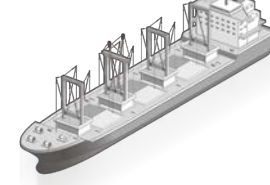
- ▶ duże nawisy dziobowe stanowią utrudnienie dla suwnic kontenerowych
- ▶ duża szerokość ogranicza rozmiar odbojnicy
- ▶ małe parcie na kadłub
- ▶ standardowa pomoc holownika z wyjątkiem dowozowców
- ▶ małe statki mogą mieć listwy odbojowe
- ▶ stabilne odbojnice wspomagają wydajność przetadunków

### STATKI RORO I PROMY



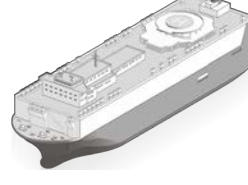
- ▶ bezpieczeństwo pasażerów jest najważniejsze
- ▶ statki o wielu kształtach i wielkościach
- ▶ cumowanie bez pilota
- ▶ cumowanie burtą i rufą
- ▶ większość statków ma listwę odbojową
- ▶ krótkie postoje statków i intensywne użytkowanie nabrzeża
- ▶ rzadka pomoc holowników
- ▶ stery strumieniowe

### DROBNICOWCE



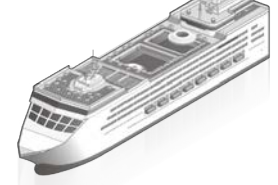
- ▶ statki o wielu kształtach i wielkościach
- ▶ preferowane mniejsze odbojnice, aby skrócić wysięg żurawia
- ▶ większe statki mogą korzystać z holowników
- ▶ mogą długo stać przy nabrzeżu
- ▶ duża zmiana zanurzenia
- ▶ z nabrzeża korzystają statki o różnej wielkości
- ▶ pomoc holowników tylko dla większych statków

### SAMOCHODOWCE



- ▶ trudne manewrowanie przy małych prędkościach ze względu na wysoką wolną burtę
- ▶ długa płaska burtą z dużym nawisem dziobowym
- ▶ mogą mieć listwy odbojowe i furty boczne
- ▶ częste cumowanie z holownikiem
- ▶ cumowanie burtą i rufą

### WYCIEZKOWCE



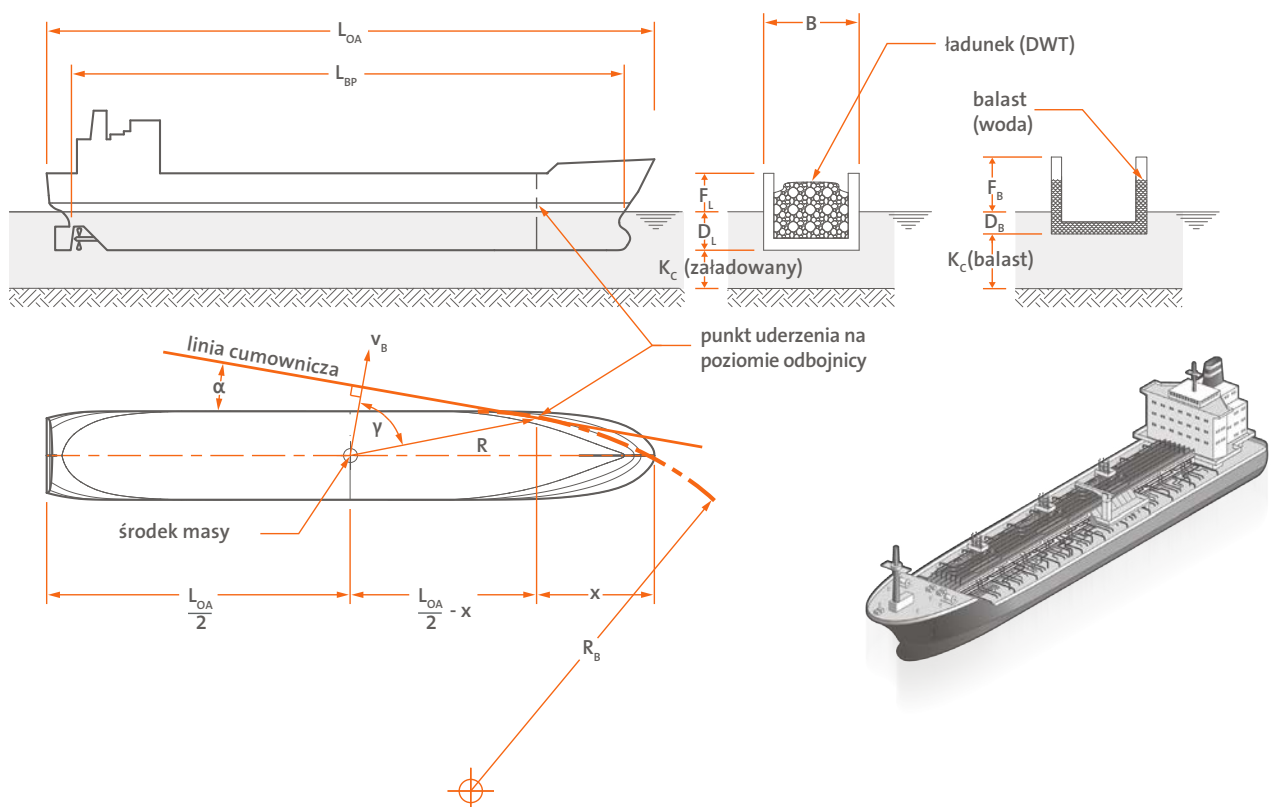
- ▶ bezpieczeństwo pasażerów jest decydujące
- ▶ małe zmiany zanurzenia
- ▶ wzrost wielkości statków dla wielu portów
- ▶ duży nawis dziobowy jest powszechny
- ▶ małe parcie na kadłub, o ile nie ma listwy odbojowej
- ▶ preferowane odbojnice niebrudzące
- ▶ z nabrzeża korzystają statki o różnej wielkości

\*Berthing Approach System (System Wsparcia Podejścia do Cumowania)

## WYMIARY STATKU

Projektanci powinni brać pod uwagę zakres wymiarów statków, które będą korzystały z nabrzeża i odbojnic. Poniżej podano najważniejsze cechy charakterystyczne, jakie należy określić:

długość całkowita	$L_{OA}$	maks. długość statku, która określa wymaganą wielkość śluzy lub suchego doku. Czasami oznaczana jako „L”.
długość między pionami	$L_{BP}$	Długość od trzonu steru do punktu przecięcia dziubu z linią wodną. To nie to samo co długość na wodnicy pływania, chociaż oba terminy są często mylone.
szerokość	$B$	Szerokość statku, zwykle na śródkręciu. Wartość szerokości w niektórych źródłach może obejmować listwy odbojowe, ale nie wpływa to na obliczenia energii cumowania.
zanurzenie statku załadowanego	$D_L$	Zanurzenie statku załadowanego to zwykle maksymalne letnie zanurzenie dla wody słonej w dobrych warunkach eksploatacyjnych. Statki będą miały takie zanurzenie albo nieco mniejsze, zależnie od ilości przewożonego ładunku.
zanurzenie balastowe	$D_B$	Minimalne zanurzenie morskie, kiedy statek jest niezaladowany i płynie pod balastem, zwykle brane pod uwagę dla zbiornikowców, masowców, drobnicowców i kontenerowców. Zanurzenie balastowe dla zbiornikowców, masowców i kontenerowców szacunkowo przyjmuje się jako $D_B \approx 2 + 0,02L_{OA}$ .
zanurzenie konstrukcyjne (nie pokazano)	$D_s$	Maksymalne dopuszczalne zanurzenie statku. Rzadko używane przy projektowaniu odbojnic.
wolna burta statku załadowanego	$F_L$	Wolna burta na śródkręciu dla zanurzenia statku załadowanego ( $D_L$ ).
wolna burta pod balastem	$F_B$	Wolna burta na śródkręciu dla zanurzenia statku pod balastem ( $D_B$ ).
zapas wody pod stępką	$K_C$	Głębokość wody pod stępką statku. Aby określić najtrudniejsze przypadki projektowe, należy uwzględnić wpływ wyporności statku pod balastem lub załadowanego, poziom wysokiej i niskiej wody.
promień krzywizny dziubu	$R_B$	Promień krzywizny dziubu w płaszczyźnie poziomej w przybliżeniu pokrywającej się z poziomem odbojnicy. Ten promień jest często przyjmowany do projektowania odbojnic jako wartość stała, ale w praktyce może zmieniać się wraz z zanurzeniem.
odległość dziubu statku do punktu uderzenia	$x$	Często nie jest prawidłowo zdefiniowana, gdyż może różnić się zależnie od kształtu statku, kąta podejścia itd. Tę odległość powszechnie przyjmuje się jako jedna czwarta długości całkowitej ( $x = 0,25 L_{OA}$ ), lub jedna piąta ( $x = 0,2 L_{OA}$ ), przy pomiarze od dziubu (lub rufy). Więcej szczegółów, patrz ‘współczynnik mimośrodowości (centryczności)’.
odległość punktu uderzenia do środka ciężkości statku (promień obrotu)	$R$	Ten wymiar jest stosowany do wyznaczania współczynnika mimośrodowości ( $C_e$ ). Umownie przyjmuje się, iż środek ciężkości statku jest zlokalizowany na śródkręciu ( $L_{OA}/2$ ), lecz faktycznie może być przesunięty 5-10% od śródkręcia w stronę rufy dla zbiornikowców, masowców i drobnicowców pod balastem lub przegiębionych na rufę.



## TERMINOLOGIA OKRĘTOWA

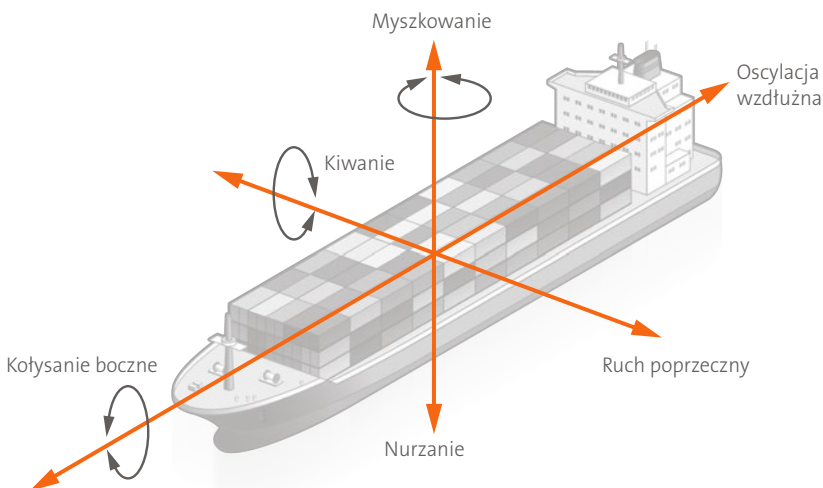
wyporność $M_D$	Ciężar statku, taki sam jak ciężar wody wypartej przez kadłub w stanie załadowania do określonego zanurzenia.
nośność ładunkowa DWT	Ciężar statku zaprojektowany tak, by statek bezpiecznie przewoził ładunek, oraz paliwo, słodką wodę i wody balastowe.
ciężar statku pustego LWT	Ciężar pustego kadłuba statku i wyposażenia, bez ładunku, paliwa itd.
pojemność rejestrowa brutto GRT	Przestarzała miara wewnętrznej objętości statku, gdzie : 1 GRT = 100 stóp <sup>3</sup> = 2,83 m <sup>3</sup> GRT nie ma związku z wypornością, zatem nie ma znaczenia w projektowaniu odbojnic.
pojemność brutto GT	Oznacza całkowitą wewnętrzną objętość statku w m <sup>3</sup> , stosowana przez IMO. Czasami mylnie nazywany GRT, zastąpiony w roku 1982r. GT nie ma związku z wypornością, zatem nie ma znaczenia w projektowaniu odbojnic.
TEU - jednostka umowna	20-stopowy kontener przeliczeniowy, Wielkość jednego standardowego kontenera o długości 20 stóp, stosowana do określenia wielkości, czyli pojemności kontenerowca.

### RUCHY STATKU

Oprócz ruchu postępowego przy podejściu do nabrzeża chronionego odbojnicami, statki mogą wykonywać inne ruchy wywołane wiatrem, falowaniem i prądami powodującymi ukośne, tj. ścinające ruchy odbojnicy podczas początkowego kontaktu i w czasie postoju. W szczególności:

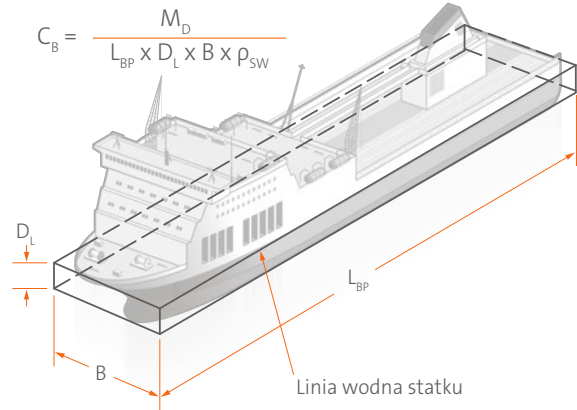
- Przeptywające statki:** Oscylacja wzdłużna, ruch poprzeczny i myszkowanie
- Wiatr:** Kołysanie boczne, ruch poprzeczny i Myszakowanie
- Pływy, prądy:** Oscylacja wzdłużna i nurzanie
- Falowanie:** Oscylacja wzdłużna i kiwanie

Projektanci powinni uwzględnić ruchy statku i ich wpływ na odbojnice, np. siły tnące, zmęczenie materiału, ścieranie oraz wpływ wibracji na elementy montażowe.



### BEZWYMIAROWY WSPÓŁCZYNNIK PEŁNOTLIWOŚCI PODWODZIA KADŁUBA ( $C_B$ )

Współczynnik pełnotliwości ( $C_B$ ) to stosunek rzeczywistej objętości kadłuba do objętości prostopadłościanu kadłuba, zwykle wyrażany jako:



Jeśli jest znany,  $C_B$  można użyć do obliczenia wyporności:

$$M_D = C_B \times L_{BP} \times D_L \times B \times \rho_{SW}$$

Przepisy i normy projektowania proponują typowe zakresy współczynników pełnotliwości dla różnych typów statków:

Typ statku	ROM 3.1-99	BS 6349	PIANC 2002
zbiornikowce	0.72–0.85	0.72–0.85	0.85
masowce (OBO)	0.78–0.87	0.72–0.85	0.72–0.85
gazowce	0.68–0.54	—	—
kontenerowce	0.63–0.71	0.65–0.70	0.60–0.80
ro-rowce	0.57–0.80	0.65–0.70	0.70–0.80
drobnicowce	0.56–0.77	—	0.72–0.85
samocho-dowce	0.56–0.66	—	—
wycieczkowce/ promy	0.57–0.68	0.50–0.70	—
szybkie jedno-kadłubowce	0.45–0.49	—	—
katamarany*	0.43–0.44	—	—

\* Szerokość (B) jest sumą szerokości dwóch pojedynczych kadłubów

Dla stanów załadowania innych niż w pełni załadowany (tj.  $D < D_L$ ) współczynnik pełnotliwości można obliczyć:

Kształt kadłuba	Rzeczywiste zanurzenie, D	$C_B$ (dla $D < D_L$ )
$C_B$ (at $D_L$ ) $\geq 0.75$	$D_B < D < D_L$	stała
	$0.6 D_L < D < D_L$	stała
$C_B$ (at $D_L$ ) $< 0.75$	$D_B < D < 0.6 D_L$	$0.9 \times C_B$ (at $D_L$ )

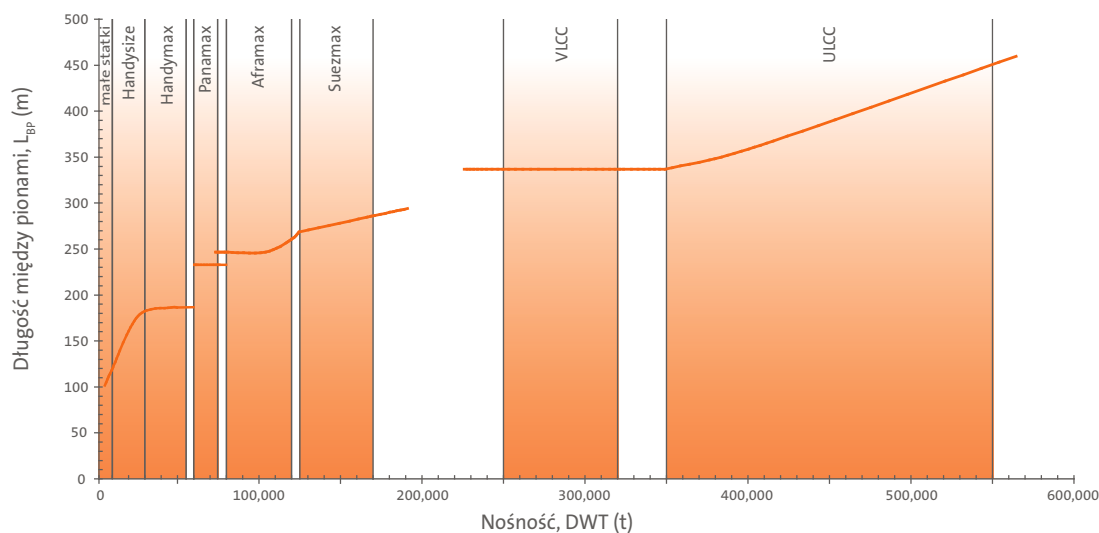
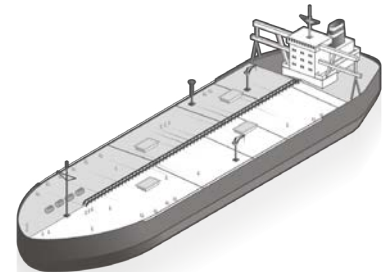
## ZBIORNIKOWCE



DWT	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	D <sub>B</sub> [m]	C <sub>B</sub>
500,000	590,000	415	392	73.0	30.5	24.0	10.3	0.838
441,585	528,460*	380	359	68.0	28.9	24.5	9.6	0.862
400,000	475,000	380	358	68.0	29.2	23.0	9.6	0.828
350,000	420,000	365	345	65.5	28.0	22.0	9.3	0.824
300,000	365,000	350	330	63.0	27.0	21.0	9.0	0.816
275,000	335,000	340	321	61.0	26.3	20.5	8.8	0.814
250,000	305,000	330	312	59.0	25.5	19.9	8.6	0.812
225,000	277,000	320	303	57.0	24.8	19.3	8.4	0.811
200,000	246,000	310	294	55.0	24.0	18.5	8.2	0.802
175,000	217,000	300	285	52.5	23.0	17.7	8.0	0.799
150,000	186,000	285	270	49.5	22.0	16.9	7.7	0.803
125,000	156,000	270	255	46.5	21.0	16.0	7.4	0.802
100,000	125,000	250	236	43.0	19.8	15.1	7.0	0.796
80,000	102,000	235	223	40.0	18.7	14.0	6.7	0.797
70,000	90,000	225	213	38.0	18.2	13.5	6.5	0.804
60,000	78,000	217	206	36.0	17.0	13.0	6.3	0.789
50,000	66,000	210	200	32.2	16.4	12.6	6.2	0.794
40,000	54,000	200	190	30.0	15.4	11.8	6.0	0.783
30,000	42,000	188	178	28.0	14.2	10.8	5.8	0.761
20,000	29,000	174	165	24.5	12.6	9.8	5.5	0.714
10,000	15,000	145	137	19.0	10.0	7.8	4.9	0.721
5,000	8,000	110	104	15.0	8.6	7.0	4.2	0.715
3,000	4,900	90	85	13.0	7.2	6.0	3.8	0.721

\*Zbiornikowce klasy V-plus (największe obecnie na świecie w eksploatacji to TI Europe i TI Oceania). Zanurzenie pod balastem według Reguł Konwencji MARPOL

Klasa	wymiary	wielkość statku
małe statki		≤ 10,000 DWT
Handysize	D <sub>L</sub> ≤ 10 m	10,000–30,000 DWT
Handymax	L <sub>OA</sub> ≤ 180 m	30,000–55,000 DWT
Panamax	B ≤ 32.3 m L <sub>OA</sub> ≤ 289.6 m D <sub>L</sub> ≤ 12.04 m	60,000–75,000 DWT
Aframax	41 ≤ B ≤ 44 m	80,000–120,000 DWT
Suezmax	D <sub>L</sub> ≤ 21.3 m B ≤ 70 m L <sub>OA</sub> ≤ 500 m	125,000–170,000 DWT
VLCC (bardzo duży zbiornikowiec)	L <sub>OA</sub> ≤ 300 m	250,000–320,000 DWT
ULCC (super zbiornikowiec)		≥ 350,000 DWT



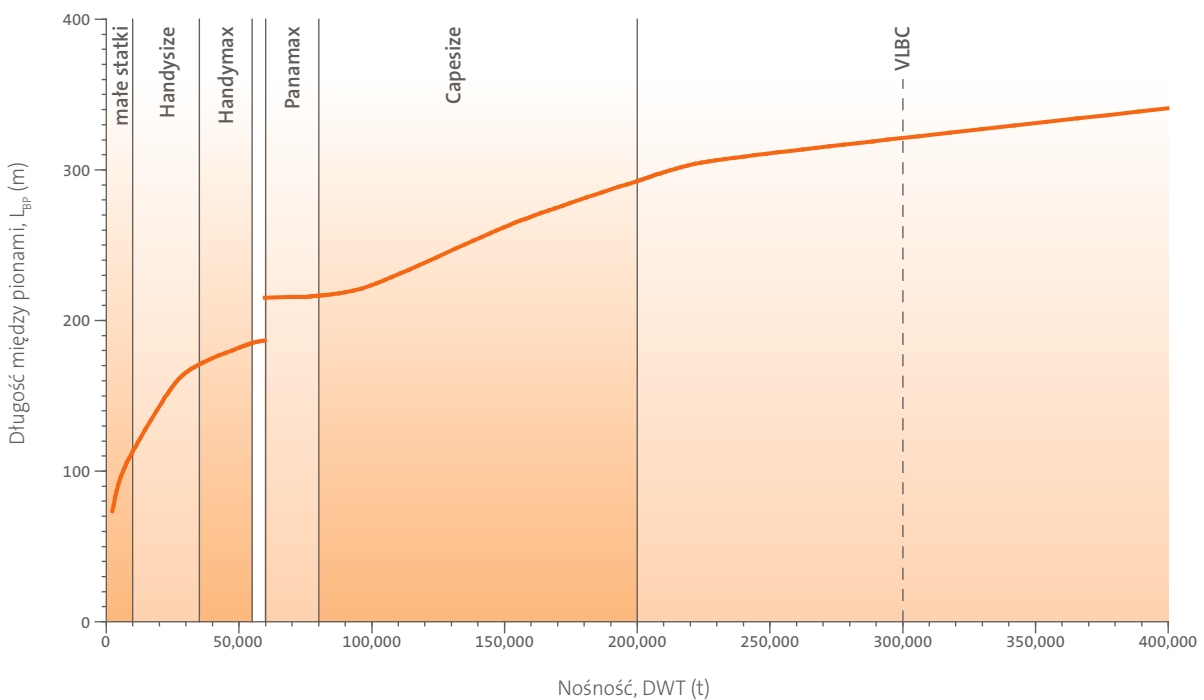
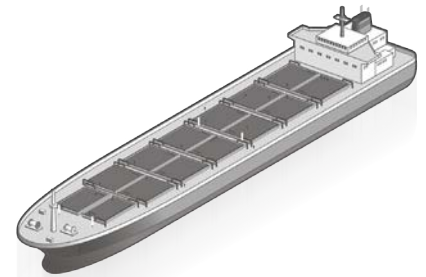
MASOWCE



DWT	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	D <sub>B</sub> [m]	C <sub>B</sub>
402,347	454,000	362	350	65.0	30.4	23.0	9.2	0.846
400,000	464,000	375	356	62.5	30.6	24.0	9.5	0.848
350,000	406,000	362	344	59.0	29.3	23.0	9.2	0.849
300,000	350,000	350	333	56.0	28.1	21.8	9.0	0.840
250,000	292,000	335	318	52.5	26.5	20.5	8.7	0.832
200,000	236,000	315	300	48.5	25.0	19.0	8.3	0.833
150,000	179,000	290	276	44.0	23.3	17.5	7.8	0.822
125,000	150,000	275	262	41.5	22.1	16.5	7.5	0.816
100,000	121,000	255	242	39.0	20.8	15.3	7.1	0.818
80,000	98,000	240	228	36.5	19.4	14.0	6.8	0.821
60,000	74,000	220	210	33.5	18.2	12.8	6.4	0.802
40,000	50,000	195	185	29.0	16.3	11.5	5.9	0.791
20,000	26,000	160	152	23.5	12.6	9.3	5.2	0.764
10,000	13,000	130	124	18.0	10.0	7.5	4.6	0.758

Zanurzenie balastowe zakłada Reguły Konwencji MARPOL.

Klasa	wymiary	wielkość statku
małe statki	L <sub>OA</sub> ≤ 115 m	≤ 10,000 DWT
Handysize	D <sub>L</sub> ≤ 10 m	10,000–35,000 DWT
Handymax	L <sub>OA</sub> ≤ 190 m	35,000–55,000 DWT
Panamax	B ≤ 32.3 m L <sub>OA</sub> ≤ 289.6 m D <sub>L</sub> ≤ 12.04 m	60,000–80,000 DWT
Capesize	41 ≤ B ≤ 44 m	80,000–200,000 DWT
		90,000–180,000 DWT
Chinamax		≤ 300,000 DWT
VLBC (bardzo duży zbiornikowiec)	L <sub>OA</sub> ≥ 300 m	≥ 200,000 DWT



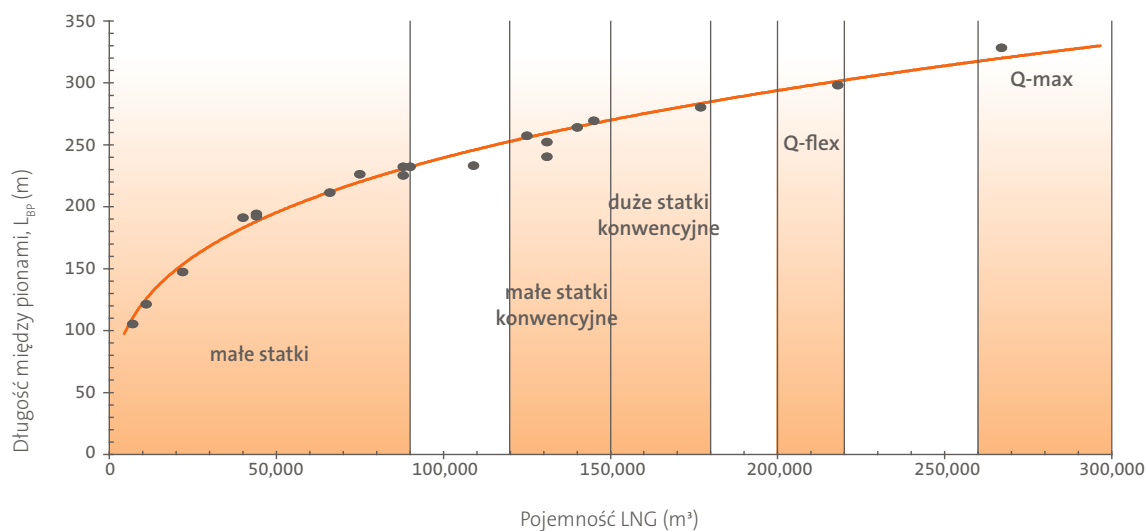
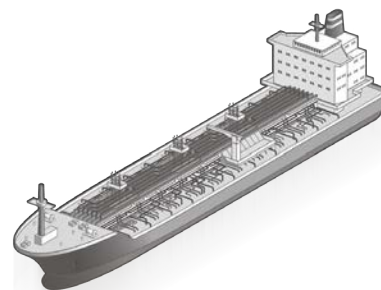
## GAZOWCE



ojemność zbiorników [m <sup>3</sup> ]	DWT	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	D <sub>B</sub> [m]	C <sub>B</sub>
<b>gazowiec LNG, zbiorniki pryzmatyczne</b>									
266,000	125,000*	175,000	345.0	333.0	53.8	27.6	12.0	8.9	0.794
210,000	97,000**	141,000	315.0	303.0	50.0	26.2	12.0	8.3	0.757
177,000	90,000	120,000	298.0	285.0	46.0	26.2	11.8	8.0	0.757
140,000	80,000	100,000	280.0	268.8	43.4	24.5	11.4	7.6	0.734
75,000	52,000	58,000	247.3	231.0	34.8	20.6	9.5	6.9	0.741
40,000	27,000	40,000	207.8	196.0	29.3	17.3	9.2	6.2	0.739
<b>gazowiec LNG, zbiorniki sferyczne typu MOSS</b>									
145,000	75,000	117,000	288.0	274.0	49.0	24.7	11.5	7.8	0.739
125,000	58,000	99,000	274.0	262.0	42.0	23.7	11.3	7.5	0.777
90,000	51,000	71,000	249.5	237.0	40.0	21.7	10.6	7.0	0.689
<b>gazowiec LPG</b>									
131,000	60,000	95,000	265.0	245.0	42.2	23.7	13.5	7.3	0.664
109,000	50,000	80,000	248.0	238.0	39.0	23.0	12.9	7.0	0.652
88,000	40,000	65,000	240.0	230.0	35.2	20.8	12.3	6.8	0.637
66,000	30,000	49,000	226.0	216.0	32.4	19.9	11.2	6.5	0.610
44,000	20,000	33,000	207.0	197.0	26.8	18.4	10.6	6.1	0.575
22,000	10,000	17,000	160.0	152.0	21.1	15.2	9.3	5.2	0.556
11,000	5,000	8,800	134.0	126.0	16.0	12.5	8.1	4.7	0.526
7,000	3,000	5,500	116.0	110.0	13.3	10.1	7.0	4.3	0.524
<b>metanowiec</b>									
131,000	60,000	88,000	290.0	257.0	44.5	26.1	11.3	7.8	0.664
88,000	40,000	59,000	252.0	237.0	38.2	22.3	10.5	7.0	0.606
44,000	20,000	31,000	209.0	199.0	30.0	17.8	9.7	6.2	0.522

\*Q-max i \*\*Q-flex. Zanurzenie balastowe według Regułu Konwencji MARPOL.

Klasa	wymiary	wielkość statku
małe statki	L <sub>OA</sub> ≤ 250 m B ≤ 40 m	≤ 90,000 m <sup>3</sup>
małe statki konwencyjne	L <sub>OA</sub> 270–298 m B 41–49 m	120,000–150,000 m <sup>3</sup>
duże statki konwencyjne	L <sub>OA</sub> 285–295 m B ≤ 43–46 m D <sub>L</sub> ≤ 12 m	150,000–180,000 m <sup>3</sup>
Q-flex	L <sub>OA</sub> ≈ 315 m B ≈ 50 m D <sub>L</sub> ≤ 12 m	200,000–220,000 m <sup>3</sup>
Q-max	L <sub>OA</sub> ≈ 345 m B ≈ 53–55 m D <sub>L</sub> ≤ 12 m	≥ 260,000 m <sup>3</sup>
Med-max		ok. 75,000 m <sup>3</sup>
Atlantic-max		ok. 165,000 m <sup>3</sup>



KONTENEROWCE

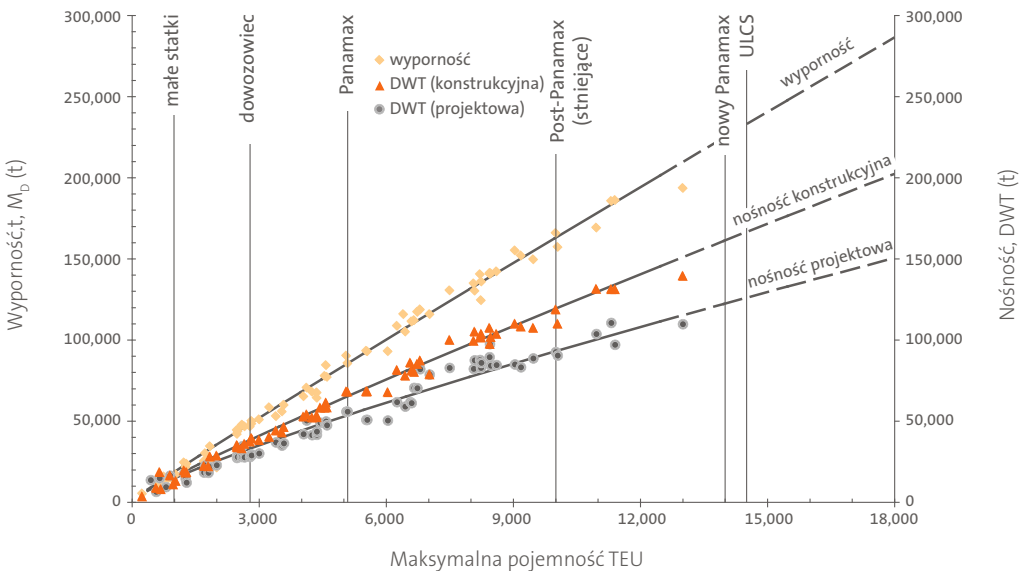


TEU	DWT	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	D <sub>B</sub> [m]	C <sub>B</sub>
20,568	210,019**	270,224	399	380	58.6	33.2	16.0	10.7	0.740
20,170	192,672***	271,880	400	381	58.6	32.8	16.0	10.7	0.743
18,340	196,000**	272,089	399	380	59.0	33.2	16.0	10.7	0.741
18,000	195,000**	262,566	420	395	56.4	26.7	15.0	9.9	0.767
15,500	156,907*	222,627	397	375	56.4	25.3	14.0	9.4	0.734
14,000	157,000	190,828	366	350	48.4	24.8	15.0	9.0	0.733
12,500	143,000	171,745	366	350	48.4	24.5	13.5	9.0	0.733
10,000	101,000	145,535	349	334	45.6	23.6	13.0	8.7	0.717
8,000	81,000	120,894	323	308	42.8	22.7	13.0	8.2	0.688
6,500	67,000	100,893	300	286	40.0	21.7	13.0	7.7	0.662
5,500	58,000	85,565	276	263	40.0	20.9	12.5	7.3	0.635
5,100	54,000	74,399	294	283	32.2	20.4	12.0	7.7	0.664
4,500	48,600	70,545	286	271	32.2	19.8	12.0	7.4	0.657
4,000	43,200	65,006	269	256	32.2	19.0	11.8	7.1	0.652
3,500	38,100	54,885	246	232	32.2	18.2	11.3	6.6	0.634
2,800	30,800	42,389	211	196	32.2	17.0	10.7	5.9	0.612
2,800	30,800	43,166	222	210	30.0	17.0	10.6	6.2	0.631
2,500	27,700	37,879	209	197	30.0	16.4	10.0	5.9	0.625
2,000	22,400	32,208	202	190	28.0	15.3	9.2	5.8	0.642
1,600	18,200	26,762	182	170	28.0	14.4	8.6	5.4	0.638
1,200	13,800	19,219	160	149	25.0	13.4	8.0	5.0	0.629
1,000	11,600	15,719	150	140	23.0	12.9	7.6	4.8	0.627
800	9,300	13,702	140	130	21.8	12.3	7.4	4.6	0.637
600	7,000	10,390	122	115	19.8	11.7	7.0	4.3	0.636
400	4,800	7,472	107	100	17.2	11.1	6.5	4.0	0.652

Pojemności i wymiary z wielu źródeł, w tym ROM, MAN i PIANC. Zanurzenie balastowe według Reguł Konwencji MARPOL.

\*Klasa E \*\*Klasa trzy E \*\*\*Klasa Pegasus

Klasa	wymiary	wielkość statku
małe statki	B ≤ 23.0 m (ok.)	≤ 1,000 TEU
dowozowiec	23.0 m < B ≤ 30.0 m	1,000–2,800 TEU
Panamax	B ≤ 32.3 m D <sub>L</sub> ≤ 12.04 m L <sub>OA</sub> ≤ 294.1 m	2,800–5,100 TEU
Post-Panamax (stniejące)	39.8 m ≤ B ≤ 45.6 m	5,500–10,000 TEU
nowy Panamax	B ≤ 49.0 m D <sub>L</sub> ≤ 15.2 m L <sub>OA</sub> ≤ 365.8 m	12,000–14,000 TEU
ULCS (super kontenerowiec)	B > 49.0 m	> 14,500 TEU

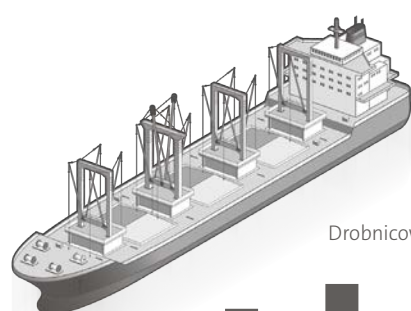


## DROBNICOWCE

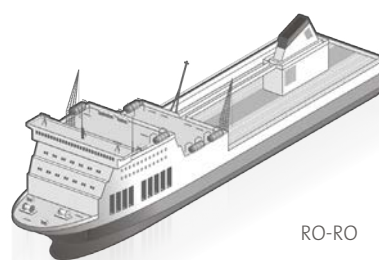


DWT	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	D <sub>B</sub> [m]	C <sub>B</sub>
40,000	54,500	209	199	30.0	18	12.5	6.2	0.713
35,000	48,000	199	189	28.9	17	12.0	6.0	0.714
30,000	41,000	188	179	27.7	16	11.3	5.8	0.714
25,000	34,500	178	169	26.4	15.4	10.7	5.6	0.705
20,000	28,000	166	158	24.8	13.8	10.0	5.3	0.697
15,000	21,500	152	145	22.6	12.8	9.2	5.0	0.696
10,000	14,500	133	127	19.8	11.2	8.0	4.7	0.703
5,000	7,500	105	100	15.8	8.5	6.4	4.1	0.724
2,500	4,000	85	80	13.0	6.8	5.0	3.7	0.750

Zanurzenie pod balastem zgodnie z Regulami Konwencji MARPOL.



Drobnicowce



RO-RO



## STATKI RO-RO I PROMY MORSKIE



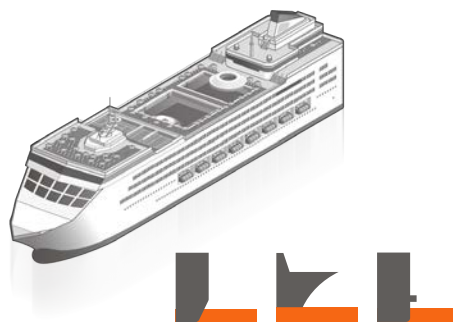
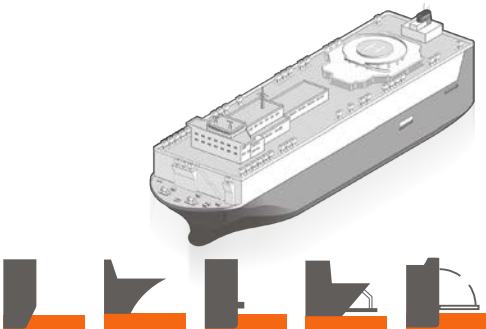
DWT	GT	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	C <sub>B</sub>
<b>RO-RO</b>								
–	50,000	87,500	287	273	32.2	28.5	12.4	0.783
–	45,000	81,500	275	261	32.2	27.6	12.0	0.788
–	40,000	72,000	260	247	32.2	26.2	11.4	0.775
–	35,000	63,000	245	233	32.2	24.8	10.8	0.759
–	30,000	54,000	231	219	32.0	23.5	10.2	0.737
–	25,000	45,000	216	205	31.0	22.0	9.6	0.720
–	20,000	36,000	197	187	28.6	21.0	9.1	0.722
–	15,000	27,500	177	168	26.2	19.2	8.4	0.726
–	10,000	18,400	153	145	23.4	17.0	7.4	0.715
–	5,000	9,500	121	115	19.3	13.8	6.0	0.696

DWT	GT	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	C <sub>B</sub>
<b>RO-PAX (prom sam.-pas.)</b>								
–	15,000	25,000	197	183	30.6	16.5	7.1	0.613
–	12,500	21,000	187	174	28.7	15.7	6.7	0.612
–	11,500	19,000	182	169	27.6	15.3	6.5	0.611
–	10,200	17,000	175	163	26.5	14.9	6.3	0.609
–	9,000	15,000	170	158	25.3	14.5	6.1	0.600
–	8 000	13 000	164	152	24,1	14,1	5,9	0,587
–	6 500	10 500	155	144	22,7	13,6	5,6	0,560

## SAMOCHODOWCE



DWT	GT	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	C <sub>B</sub>
–	30,000	48,000	220	205	32.2	31.2	11.7	0.606
–	25,000	42,000	205	189	32.2	29.4	10.9	0.618
–	20,000	35,500	198	182	32.2	27.5	10.0	0.591
–	15,000	28,500	190	175	32.2	26.5	9.0	0.548



## WYCIEZKOWCE



DWT	GT	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	C <sub>B</sub>	NAZWA STATKU
–	225,282	105,750	362	308	47.0	22.9	9.3	0.767	Allure of the Seas
–	155,873	74,126	329	280	40.0	22.1	8.7	0.742	Norwegian Epic
–	148,528	72,193	345	293	41.0	22.7	10.1	0.580	Queen Mary 2
–	110,000	50,253	291	247	35.4	20.4	8.2	0.684	Carnival Conquest
–	102,587	52,239	273	232	36.0	19.7	8.2	0.744	Costa Fortuna
–	80,000	44,000	272	231	35.0	20.0	8.0	0.664	Typowy Post Panamax
–	70,000	38,000	265	225	32.2	19.3	7.8	0.656	Typowy Panamax
–	60,000	34,000	252	214	32.2	18.8	7.6	0.633	Typowy Panamax
–	50,000	29,000	234	199	32.2	18.0	7.1	0.622	Typowy Panamax
–	40,000	24,000	212	180	32.2	17.3	6.5	0.622	Typowy Panamax
–	35,000	21,000	192	164	32.2	17.0	6.3	0.616	Typowy Panamax

## SZYBKE PROMY – JEDNOKADŁUBOWE



DWT	GT	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> <sup>*</sup> [m]	C <sub>B</sub>
–	20,000	3,200	140	133	21	5.8	2.9	0.606
–	15,000	2,400	128	120	19.2	5.4	2.7	0.618
–	10,000	1,600	112	102	16.9	5.2	2.5	0.591
–	8,000	1,280	102	87.5	15.4	5.0	2.5	0.548

\*zanurzenie nie obejmuje sterów głębokościowych i stateczników, które po wysunięciu mogą powiększyć aż o 80% zanurzenie jednostki. Szerokość na linii wodnej wynosi 0,8~0,9 x szerokość na poziomie pokładu.

## SZYBKE PROMY – KATAMARANY



DWT	GT	M <sub>D</sub> [t]	L <sub>OA</sub> [m]	L <sub>BP</sub> [m]	B [m]	H <sub>M</sub> [m]	D <sub>L</sub> [m]	C <sub>B</sub> <sup>*</sup>
–	30,000	48,000	220	205	32.2	31.2	11.7	0.606
–	25,000	42,000	205	189	32.2	29.4	10.9	0.618
–	20,000	35,500	198	182	32.2	27.5	10.0	0.591
–	15,000	28,500	190	175	32.2	26.5	9.0	0.548

\*Współczynnik pełnotliwości oblicza się stosując całkowitą szerokość obu kadłubów, maksymalna szerokość każdego kadłuba to w przybliżeniu 25% szerokości na poziomie pokładu (podana).

## OGRANICZENIA WIELKOŚCI STATKÓW

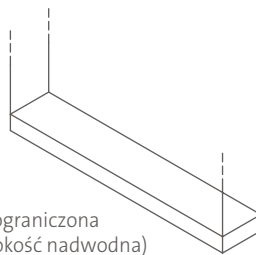
W wielu częściach świata, wielkość statku jest ograniczona ze względu na śluzy, kanały i mosty. Główne wymiary ograniczeń to długość, szerokość, zanurzenie i wysokość nadwodna.

$L_{OA}$	długość całkowita
B	szerokość
$D_L$	zanurzenie statku załadowanego
$D_A$	wysokość nadwodna



### CHINAMAX

Chinamax odnosi się do zdolności przeładunkowych w wielu portach w Chinach. Maksymalna nośność dochodzi do 380,000 – 400,000 DWT, ale nałożone ograniczenie wynosi 380,000 DWT.

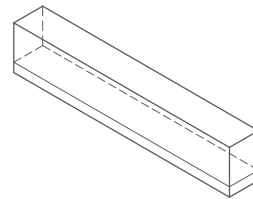


(nieograniczona wysokość nadwodna)

$L_{OA}$	$\leq 360$ m
B	$\leq 65$ m
$D_L$	$\leq 24$ m
$D_A$	Bez limitu

### NEW PANAMAX

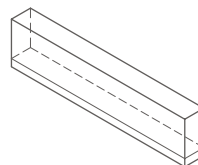
Otwarcie nowych (trzech) śluz w Kanale Panamskim jest zaplanowane na 2016. Niektóre istniejące statki są za duże na obecnie działające śluzy (Post-Panamax), i nowe specjalnie zaprojektowane jednostki będą mogły przechodzić przez nowe śluzy.



$L_{OA}$	$\leq 366$ m
B	$\leq 49$ m
$D_L$	$\leq 15.2$ m
$D_A$	$\leq 57.91$ m

### PANAMAX

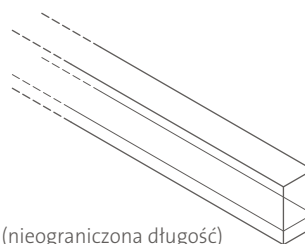
Otwarcie drugich śluz w Kanale Panamskim w 1914 wpłynęło na zmiany w konstrukcji wielu statków.



$L_{OA}$	$\leq 294.13$ m
B	$\leq 32.31$ m
$D_L$	$\leq 12.04$ m
$D_A$	$\leq 57.91$ m

### SUEZMAX

Kanał Sueski umożliwia praktycznie nieograniczone przejście, z wyjątkiem kilku maksymalnie załadowanych zbiornikowców.

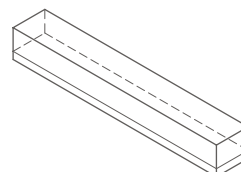


(nieograniczona długość)

$L_{OA}$	Bez limitu
B	$\leq 50$ m
$D_L$	$\leq 20.1$ m
$D_A$	$\leq 68$ m

### Q-MAX

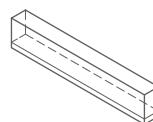
Q-max to największy gazowiec ze zbiornikami pryzmatycznymi, jaki może zacumować na terminalach w Katarze, ograniczony zwłaszcza zanurzeniem w tamtym rejonie.



$L_{OA}$	$\leq 345$ m
B	$\leq 53.8$ m
$D_L$	$\leq 12$ m
$D_A$	$\leq 34.7$ m

### SEAWAYMAX

Seawaymax to największy statek, jaki mieści się w śluzach na Drodze Wodnej Św. Wawrzyńca na jezioro Ontario. Na jeziorach operują większe statki, za duże na te śluzy.



$L_{OA}$	$\leq 225.6$ m
B	$\leq 23.8$ m
$D_L$	$\leq 7.92$ m
$D_A$	$\leq 35.5$ m

## OBCIĄŻENIA OD STATKÓW

Większość nabrzeży projektuje się dla ładunków na eksport lub import, czasami dla obu kierunków. Różne zanurzenie i wyporność statku w takich przypadkach mogą być ważne przy projektowaniu odbojnic.

### NABRZEŻA WYŁADUNKOWE (IMPORTOWE)

Na nabrzeże importowe statek przybywa w pełni lub częściowo załadowany. Statki większe mogą korzystać z nabrzeża, ale przy ograniczonym zanurzeniu.

### NABRZEŻA ZAŁADUNKOWE (EKSPORTOWE)

Statki zwykle przybywają na nabrzeża eksportowe pod balastem, z wodą w zbiornikach balastowych, co zapewnia, iż statek ma odpowiedni trym, śruba i ster są zanurzone, a jednostka jest stateczna i ma zdolności manewrowe. Wodę balastową wypompuje się w miarę zapełniania ładowni.

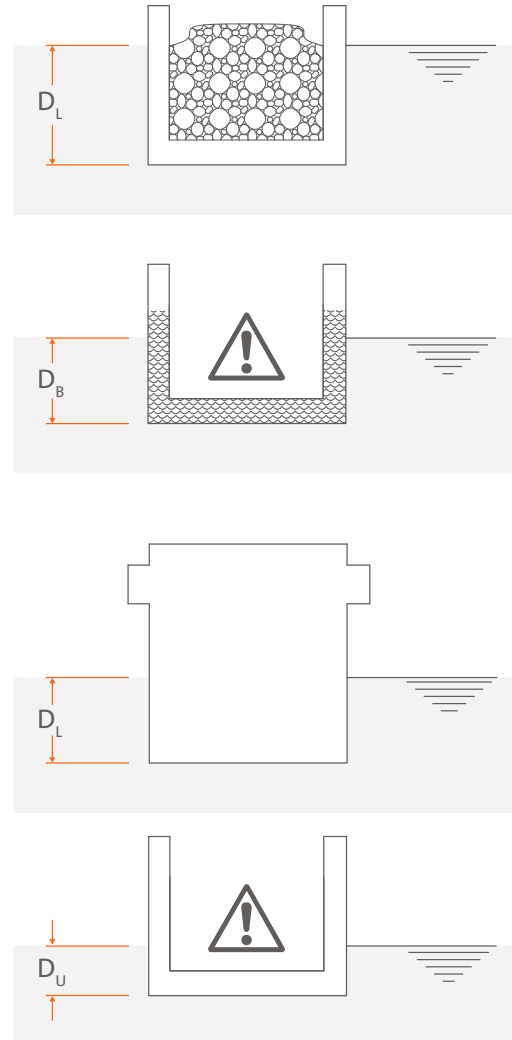


### NABRZEŻA DLA STATKÓW PASAŻERSKICH, WYCIEZKOWCÓW I ROROWCÓW

Takie statki przewożą bardzo mało ładunku, więc ich zanurzenie zmienia się tylko nieznacznie od stanu załadowania do balastowego. Przy obliczeniu energii cumowania, takie statki powinny być traktowane jako w pełni załadowane. Minimalne zanurzenie wynosi zwykle przynajmniej 90% zanurzenia w stanie pełnego załadowania.

### NABRZEŻA WYPOSAŻENIOWE I REMONTOWE

Statki w stanie pustym, bez ładunku i balastu, spotyka się tylko, kiedy są w budowie lub remoncie. Należy szczególnie uważać, ponieważ elementy kadłuba, takie jak listwy odbojowe, mogą oprzeć się na odbojnicach, a podwodne wystające elementy mogą znaleźć się na poziomie odbojnic.



Kiedy projektuje się odbojnice dla statków pod balastem lub częściowo załadowanych, należy mieć na uwadze przypadki, gdy statek wyjdzie w morze w pełni załadowany lecz będzie musiał wrócić z przyczyn technicznych. Na nabrzeżach eksportowo-importowych projektant powinien uwzględnić statek częściowo lub w pełni załadowany.

### WSPÓŁCZYNNIK PEŁNOTLIWOŚCI PODWODZIA KADŁUBA DLA STANU BALASTOWEGO

Dla statków o pełnym kształcie kadłuba, zwłaszcza zbiornikowców i masowców, powszechnie zakłada się, że współczynnik pełnotliwości ( $C_B$ ) nie zmienia się wraz z rzeczywistym zanurzeniem ( $D$ ) w jakimkolwiek stanie załadowania. Dla statków innych typów, współczynnik pełnotliwości nieznacznie maleje wraz z malejącym zanurzeniem.

Zbiornikowce i masowce	$D_L \geq D \geq D_U$	$C_B = \frac{M_D}{L_{BP} \times B \times D_L \times \rho_{sw}}$
Inne typy statków	$D_L \geq D \geq 0.6 D_L$	
		$D < 0.6 D_L$

## PODCHODZENIE STATKU DO NABRZEŻA

Zależnie od rodzaju nabrzeża i typu statków mogą one dobijać w różny sposób. Metodę podejścia trzeba brać pod uwagę, aby znać rzeczywisty punkt kontaktu kadłuba, wektor prędkości i inne czynniki, które mogą powodować ściskanie odbojnicy pod różnymi kątami, ścinanie pod wpływem tarcia, oparcie kadłuba itd. Najczęstsze przypadki cumowania są następujące:

### CUMOWANIE BURTA

- ▶ Statek podchodzi równoległe lub pod małym kątem do linii cumowniczej.
- ▶ Wektor prędkości jest w przybliżeniu prostopadły do linii cumowniczej.
- ▶ Statek obraca się wokół punktu kontaktu z odbojnicą lub odbojnicami, co powoduje częściowe rozproszenie energii kinetycznej.
- ▶ Kontakt zwykle następuje między 20% a 35% odległości od dziobu, zależnie od promienia krzywizny dziobu i jego geometrii.
- ▶ Statek może uderzyć w jedną, dwie, trzy lub więcej odbojnic zależnie od ich wielkości, rozmieszczenia i promienia krzywizny dziobu.
- ▶ Jeśli wektor prędkości nie jest dokładnie prostopadły do linii cumowniczej, wystąpi zjawisko ścinania w odbojnicach na skutek tarcia.

### CUMOWANIE DZIOBEM LUB RUFĄ

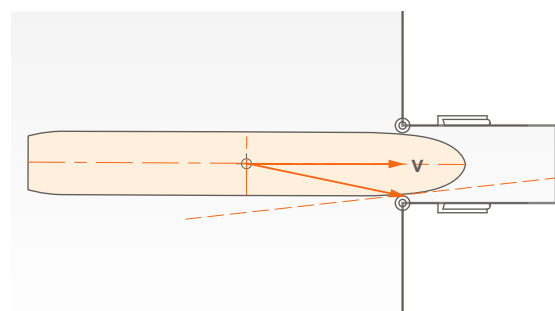
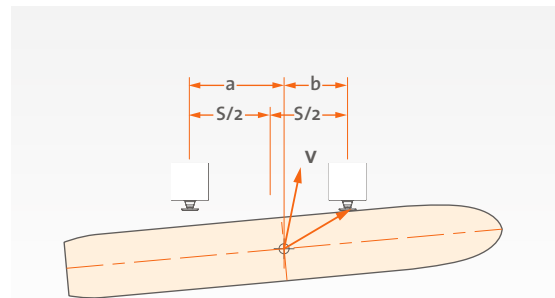
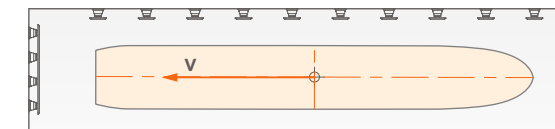
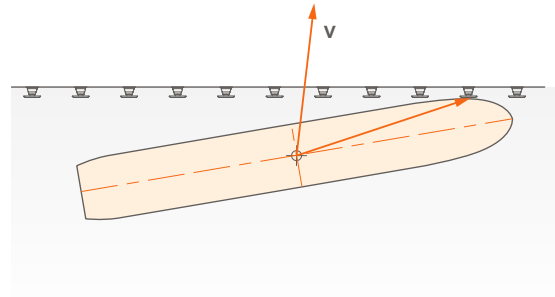
- ▶ Statek dobija dziobem lub rufą do nabrzeża.
- ▶ Powszechne podejście do ramp ro-ro i pontonów, ale czasami stosowane do barek i statków przewożących sztuki ciężkie.
- ▶ Kąty cumowania, zazwyczaj małe, co w rezultacie powoduje, iż pojedyncza odbojnica lub bardzo mały obszar systemu odbojowego będzie miał kontakt z listwą odbojową dziobu albo rufy statku.
- ▶ Prędkości cumowania mogą być wysokie a obrót statku niewielki wokół punktu kontaktu (albo może nie być go wcale), wtedy odbojnica musi pochłonąć całą energię kinetyczną.
- ▶ Masa towarzysząca przemieszczanej wody jest dość mała, ze względu na bardziej opływowy kształt kadłuba.

### CUMOWANIE DO DALB

- ▶ Statek jest ustawiony równoległe, albo pod małym kątem do linii cumowniczej.
- ▶ Powszechna metoda dla terminali naftowych i gazowych, gdzie wektor prędkości jest w większości prostopadły do linii cumowniczej.
- ▶ Również powszechna metoda dla niektórych nabrzeży dla rorowców, gdzie wektor prędkości może obejmować duży składnik prędkości wzdłużnej (w kierunku rampy), który może wytworzyć duże siły tnące.
- ▶ Kontakt na terminalach naftowych/gazowych występuje często pomiędzy 30-40% długości od dziobu lub rufy, zazwyczaj na płaskiej środkowej części kadłuba.
- ▶ Kontakt na nabrzeżach ro-ro jest zazwyczaj między 25-35% długości od dziobu, ale często występuje w strefie śródkręcia, na dalbach zewnętrznych.
- ▶ Jeśli wektor prędkości nie jest dokładnie prostopadły do linii cumowniczej, wystąpi zjawisko ścinania w odbojnicach na skutek tarcia.

### PODEJŚCIE DO ŚLUZY

- ▶ Podchodzący statek jest zazwyczaj ustawiony współosiowo w stosunku do osi śluzy.
- ▶ Jeśli statek nie jest w osi śluzy, dziób może uderzyć w narożnik nabrzeża, wtedy linia cumownicza jest styczna do kadłuba statku.
- ▶ Wektor prędkości ma duży składnik wzdłużny, zatem wytworzy duże i utrzymujące się siły na skutek tarcia.
- ▶ Punkt kontaktu może być blisko dziobu, zatem należy brać pod uwagę duże nawisy dziobowe.
- ▶ Punkt kontaktu może być też w znacznej odległości, 30% długości lub więcej od dziobu, a zatem niewielki obrót spowoduje rozproszenie energii cumowania.



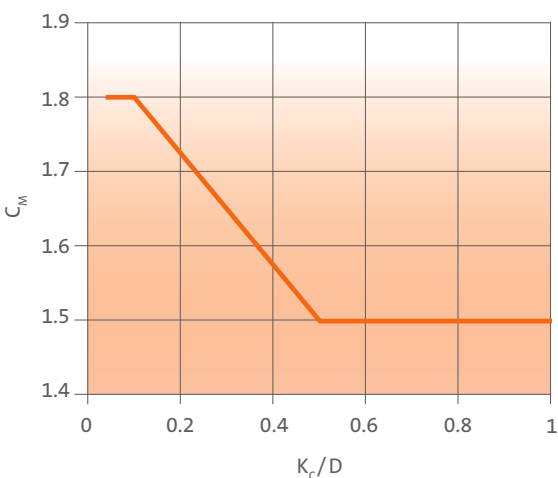
## WSPÓŁCZYNNIK MASY WODY TOWARZYSZĄCEJ ( $C_M$ )

Kiedy statek dobija burtą do nabrzeża, towarzyszy mu pewna dodatkowa masa wody. W miarę jak ruch statku jest zatrzymywany przez odbojnice, pęd wody powoduje parcie na kadłub, co zwiększa całkowitą energię kinetyczną, jaka musi być pochłonięta przez odbojnicę. Współczynnik masy towarzyszącej uwzględnia rzeczywistą masę (wyporność) statku oraz masę pozorną wody.

Różnie szacuje się masę pozorną wody przemieszczającą się ze statkiem, ale wiadomo, iż jej efekt jest mniejszy w głębokiej wodzie, większy w wodzie płytkiej. Wynika to z ograniczonego zapasu wody pod stępką ( $K_C$ ), przestrzeni przez którą woda pchająca statek mogłaby ująć. Niektóre wzory na współczynnik masy towarzyszącej uwzględniają to, inne metody biorą to pod uwagę oddzielnie we współczynniku konfiguracji nabrzeża ( $C_C$ ). Powszechnie stosowane wzory na współczynnik masy towarzyszącej są następujące:

### METODA PIANC (2002)

PIANC łączy poniższe metody i współczynnik konfiguracji nabrzeża ( $C_C$ ) w swoim raporcie z 2002 r., uwzględniając efekt masy towarzyszącej wody i  $K_C$  w jednym członie wzoru. Ta metoda, obecnie przyjęta w przepisach EAU-2004 i innych, zakłada iż  $C_C=1$ .

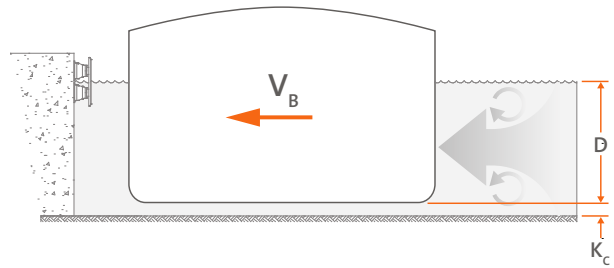


### METODA SHIGERU UEDY (1981)

Bazująca na badaniu modelowym i obserwacjach rzeczywistych, metoda ta jest szeroko stosowana w Japonii i daje podobne lub nieco niższe wartości w stosunku do metody Vasco Costy.

### METODA VASCO COSTY (1964)

Po raz pierwszy zaproponowana w publikacji "The Berthing Ship" (1964), metoda Vasco Costy pozostaje do dziś najpowszechniejszą metodą używaną w normach międzynarodowych, w tym BS6349 i innych.



$$\frac{K_C}{D} \leq 0.1 \rightarrow C_M = 1.8$$

$$0.1 < \frac{K_C}{D} < 0.5 \rightarrow C_M = 1.875 - 0.75 \left( \frac{K_C}{D} \right)$$

$$\frac{K_C}{D} \geq 0.5 \rightarrow C_M = 1.5$$

gdzie  $D_B \leq D \leq D_L$

$$C_M = 1 + \frac{\pi \times D}{2 \times B \times C_B}$$

$$C_M = 1 + \frac{2 \times D}{B}$$

## WSPÓŁCZYNNIK MIMOŚRODOWOŚCI (CENTRYCZNOŚCI) ( $C_E$ )

Jeśli wektor prędkości statku ( $v$ ) nie przechodzi przez punkt kontaktu z odbojnicą, wówczas statek obraca się jednocześnie ściskając odbojnicę. Obrót rozprasza część energii kinetycznej statku, a jej pozostałą część musi pochłonąć odbojnica.

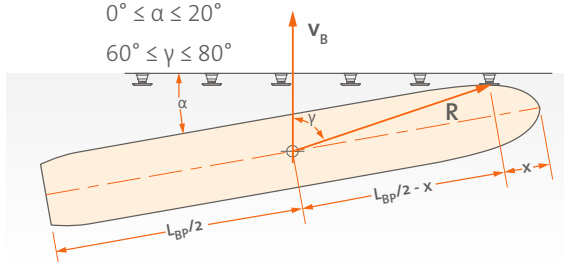
Jeśli odległość między wektorem prędkości a punktem kontaktu z odbojnicą zwiększa się (jest bliżej dzioba), to  $C_E$  maleje, i odwrotnie. Jeśli punkt kontaktu z odbojnicą jest dokładnie na wprost środka masy statku podczas cumowania burtą lub dziobem/rufą, to statek nie obraca się ( $C_E \approx 1$ ).

### CUMOWANIE BURTA

Zwykle:  $0.4 \leq C_E \leq 0.7$

$$0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$$

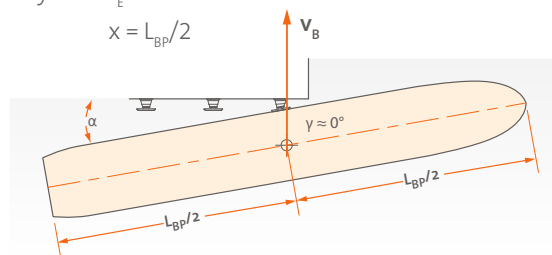
$$60^\circ \leq \gamma \leq 80^\circ$$



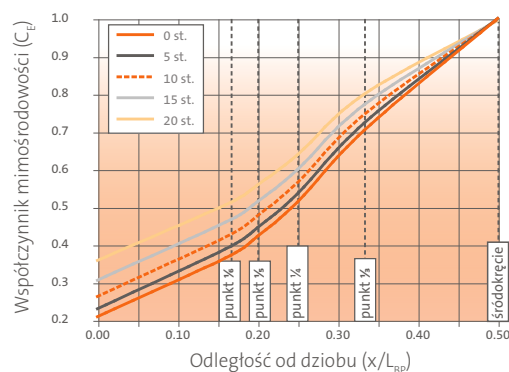
### KONTAKT ZE ŚRÓDOKRĘCIEM

Zwykle:  $C_E = 1.0$

$$x = L_{BP}/2$$



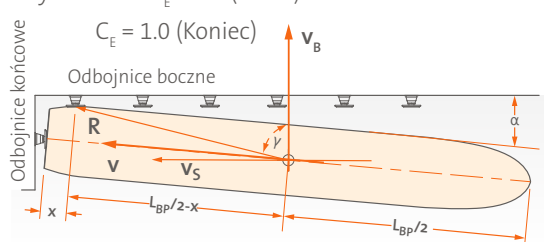
$$C_E = \frac{\text{Energia kinetyczna przekazana odbojnicy}}{\text{Całkowita energia kinetyczna statku}} \leq 1$$



### NABRZEŻA ROROWCÓW

Zwykle:  $0.4 \leq C_E \leq 0.7$  (Burtą)

$C_E = 1.0$  (Koniec)



$$C_E = \frac{K^2 + (R^2 \cos^2(\gamma))}{K^2 + R^2}$$

$$K = (0.19 \times C_B + 0.11) \times L_{BP}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{L_{BP}}{2} - x\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2}$$

$$\gamma = 90 - \alpha - \text{asin}\left(\frac{B}{2R}\right)$$

Powszechne przybliżenia współczynnika mimośrodowości stosuje się do szybkiego obliczania energii:

kontakt w punkcie 1/5:  $C_E \approx 0.45$

kontakt w punkcie 1/4:  $C_E \approx 0.50$

kontakt w punkcie 1/3:  $C_E \approx 0.70$

kontakt śródkręciem:  $C_E \approx 1.00$

kontakt dziobem/rufą (roro):  $C_E \approx 1.00$



Szczególny przypadek  $\gamma = 90^\circ$  należy stosować z rozwagą.

Przykład dla zbiornikowca 100 000DWT w stanie pełnego załadunku (patrz str. 9), zakładający kontakt w punkcie trzecim (1/3) przy dobijaniu burtą (typowy dla dalb) i kąt cumowania  $5^\circ$ :

$$M_D = 125,000 \text{ t}$$

$$B = 43.0 \text{ m}$$

$$L_{BP} = 236 \text{ m}$$

$$D_L = 15.1 \text{ m}$$

$$C_B = \frac{125,000}{1.025 \times 236 \times 43 \times 15.1} = 0.796$$

$$K = (0.19 \times 0.796 + 0.11) \times 236 = 61.7 \text{ m}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{236}{2} - \frac{236}{3}\right)^2 + \left(\frac{43}{2}\right)^2} = 44.8 \text{ m}$$

$$\gamma = 90^\circ - 5^\circ - \text{asin}\left(\frac{43}{2 \times 44.8}\right) = 56.3^\circ$$

$$C_E = \frac{61.7^2 + (44.8^2 \times \cos^2(56.3^\circ))}{61.7^2 + 44.8^2} = 0.761$$

## WSPÓŁCZYNNIK KONFIGURACJI NABRZEŻA ( $C_c$ )

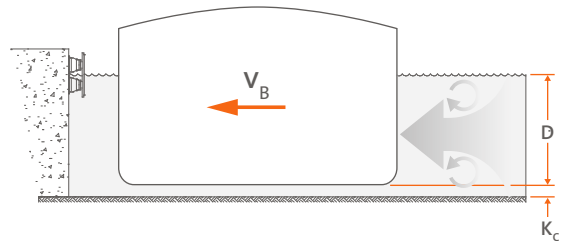
W ostatniej fazie cumowania statek pcha pewną objętość wody w kierunku budowli. Zależnie od jej typu woda może swobodnie przepływać między palami, albo pozostać uwięziona między kadłubem a a ścianą nabrzeża (beton, ścianka szczelna). Efekt amortyzujący wody będzie też zależał od zapasu wody pod stępką ( $K_c$ ) i od kąta dobijania statku ( $\alpha$ ). Duża przestrzeń pod kadłubem statku, np. przy wysokiej wodzie, lub kiedy statek cumuje pod balastem, pozwoli na odpływ wody spod statku. Kiedy statek nie cumuje równoległe do nabrzeża, woda ma szansę ująć w kierunku rufy lub dziobu.

### NABRZEŻE OPOROWE (PEŁNE)

$$\frac{K_c}{D} \leq 0.5 \rightarrow C_c \cong 0.8 (\alpha \leq 5^\circ)$$

$$\frac{K_c}{D} > 0.5 \rightarrow C_c \cong 0.9 (\alpha \leq 5^\circ)$$

kiedy  $\alpha > 5^\circ \rightarrow C_c = 1.0$

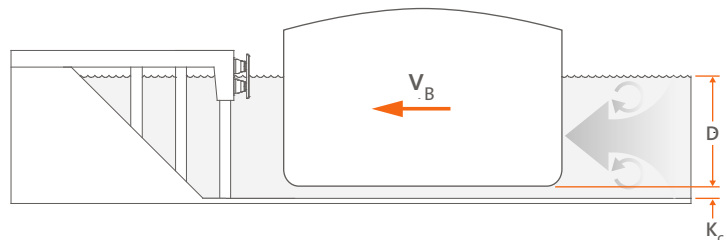


### NABRZEŻE ESTAKADOWE (CZĘŚCIOWO ZAMKNIĘTE)

$$\frac{K_c}{D} \leq 0.5 \rightarrow C_c \cong 0.9 (\alpha \leq 5^\circ)$$

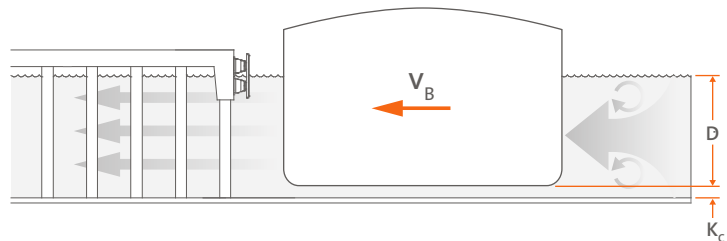
$$\frac{K_c}{D} > 0.5 \rightarrow C_c \cong 1.0 (\alpha \leq 5^\circ)$$

kiedy  $\alpha > 5^\circ \rightarrow C_c = 1.0$



### NABRZEŻE POMOSTOWE (PALOWA KONSTRUKCJA OTWARTA)

$C_c = 1.0$



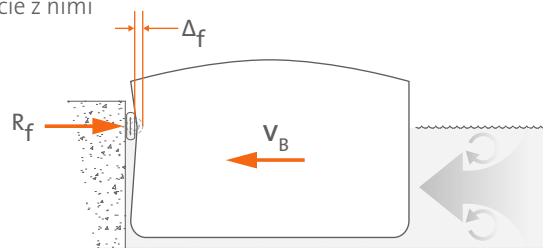
Metoda PIANC dla współczynnika masy towarzyszącej ( $C_M$ ) uwzględnia zapas wody pod stępką, zatem w tym przypadku  $C_c=1$ . Jeśli stosuje się metodę Vasco Costy albo Shigeru Uedy dla masy towarzyszącej, wówczas  $C_c$  można brać pod uwagę zgodnie z powyższymi wytycznymi.

## WSPÓŁCZYNNIK TWARDOŚCI ODBOJNICY ( $C_s$ )

Twarde odbojnice mogą powodować sprężyste ugięcie kadłuba statku, co pochłania małą ilość energii. Współczesne odbojnice są przeważnie uważane jako podatne („miękkie”), zatem przy kontakcie z nimi kadłub nie pochłania energii.

$$\Delta_f \leq 0.15 \text{ m} \rightarrow C_s \leq 0.9$$

$$\Delta_f \geq 0.15 \text{ m} \rightarrow C_s \leq 1.0$$



## PRĘDKOŚCI CUMOWANIA

Zakres prędkości cumowania statku to najważniejsza zmienna w obliczaniu energii. Prędkość mierzona jest prostopadle do linii cumowania ( $v_b$ ) i zależy od kilku czynników, które projektant musi wziąć pod uwagę:

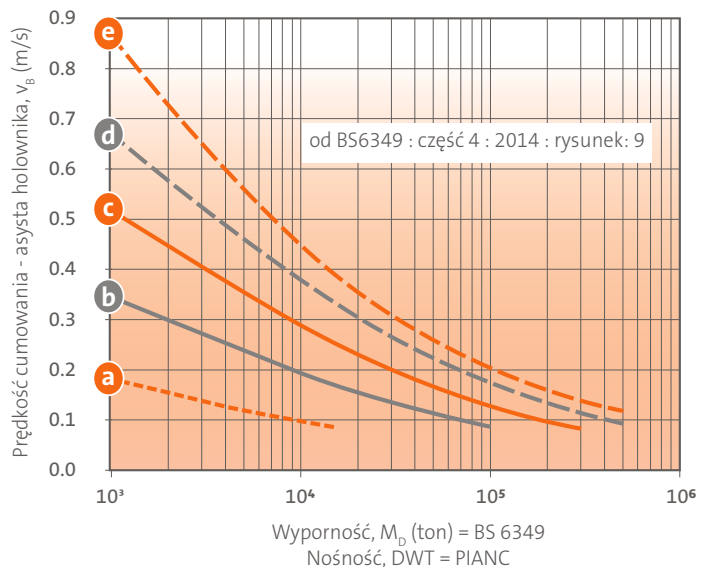
- ▶ Cumowanie przy lub bez udziału holowników;
- ▶ Trudność manewru podejścia do nabrzeża;
- ▶ W jakim stopniu nabrzeże jest wystawione na działanie prądów i wiatru, które dopychają statek;
- ▶ Wielkość statku, oraz czy podchodzi w pełni załadowany, częściowo czy pod balastem.

BS6349, PIANC i wiele innych norm przyjmuje krzywe prędkości cumowania Brokmy. Wybrane wartości z tych krzywych podano w poniższej tabeli. Najczęściej stosowane warunki cumowania przedstawiają linie „b” i „c”.

- a: łatwe cumowanie, basen osłonięty
- b: trudne cumowanie, basen osłonięty
- c: łatwe cumowanie, basen nieosłonięty
- d: dobre cumowanie, basen nieosłonięty
- e: trudne cumowanie, basen nieosłonięty

Wyporność $M_b$ [t]	a	b	c	d*	e**
1 000	0,179	0,343	0,517	0,669	0,865
3 000	0,136	0,269	0,404	0,524	0,649
5 000	0,117	0,236	0,352	0,459	0,558
10 000	0,094	0,192	0,287	0,377	0,448
15 000	0,082	0,169	0,252	0,332	0,391
20 000	*	0,153	0,228	0,303	0,355
30 000	*	0,133	0,198	0,264	0,308
40 000	*	0,119	0,178	0,239	0,279
50 000	*	0,110	0,164	0,221	0,258
75 000	*	0,094	0,141	0,190	0,223
100 000	*	0,083	0,126	0,171	0,201
150 000	*	*	0,107	0,146	0,174
200 000	*	*	0,095	0,131	0,158
250 000	*	*	0,086	0,120	0,146
300 000	*	*	0,080	0,111	0,137
400 000	*	*	*	0,099	0,124
500 000	*	*	*	0,090	0,115

\* Nie zaleca się projektować dla prędkości cumowania poniżej 0.08m/s.  
\*\* PIANC stwierdza, że krzywe d i e mogą stanowić zbyt wysokie wartości i należy je stosować z rozważą.



### Cumowanie bez holowników

Wszystkie prędkości na wykresie i w tabeli zakładają cumowanie konwencjonalnego statku z pomocą holowników. Jeśli holowniki nie będą używane, projektanci powinni skorzystać z wykresów podanych w:

(i) EAU 2004 (Rys. R40-1) (ii) ROM 2.0-11 (Tabela 3.4.2.3.5.2)

Przepisy sugerują, iż prędkość cumowania bez holowników może być 2–3 razy większa w niekorzystnych warunkach, a 1.3–2.3 razy większa w dogodnych warunkach.

Prędkości cumowania podano dla konwencjonalnych statków handlowych. W przypadku nietypowych statków, w tym szybkich jednostek jednokadłubowych i katamaranów, barek, holowników i podobnych jednostek, prosimy zwrócić się o poradę do ShibataFenderTeam. W sprawie okrętów wojennych, projektanci mogą skorzystać z wytycznych US Department of Defence, UFC 4-152-01 (Rysunki 5.3 i 5.4).

## ENERGIA CUMOWANIA

Energię cumowania statku rozważa się w dwóch etapach:

### ENERGIA NORMALNA ( $E_N$ )

Energia normalna występuje regularnie w trakcie okresu użytkowania nabrzeża, nie powodując uszkodzenia odbojnicy. Czynniki brane pod uwagę:

- ▶ pełny zakres statków dobijających do nabrzeża
- ▶ prawdopodobny zakres wyporności podczas cumowania statku (niekoniecznie w pełni załadowanego)
- ▶ częstotliwość cumowania
- ▶ łatwość lub trudność manewru podejścia
- ▶ lokalne warunki pogodowe
- ▶ siła pływu lub prądów
- ▶ dostępność i moc holowników

### ENERGIA WYJĄTKOWA ( $E_A$ )

Wyjątkowo duża energia pojawia się rzadko w okresie użytkowania odbojnicy i nie powinna doprowadzić do znaczącego jej uszkodzenia. Związane z nią czynniki:

- ▶ wpływ awarii odbojnicy na operacje cumowania
- ▶ okazjonalne nietypowe statki
- ▶ duże statki o bardzo małych prędkościach, które wymagają wyjątkowych umiejętności manewrowania w basenie
- ▶ ładunki niebezpieczne i wpływ na środowisko
- ▶ błąd ludzki
- ▶ awaria urządzeń.

### ENERGIA NORMALNA

Normalna energia kinetyczna cumowania ( $E_N$ ) statku jest wyznaczana jako:  $E_N = 0.5 \times M_D \times v_B^2 \times C_M \times C_E \times C_C \times C_S$

### WSPÓŁCZYNNIK BEZPIECZEŃSTWA ( $\eta$ )

Współczynnik bezpieczeństwa uwzględnia zdarzenia i okoliczności, które mogą spowodować przekroczenie normalnej energii. PIANC podaje, że "ocena projektantów powinna być nadrzędna przy określaniu odpowiedniego współczynnika". Należy starać się unikać przesadnie wysokich współczynników bezpieczeństwa, ponieważ efektem będą zbyt duże albo zbyt twarde odbojnice dla mniejszych statków, zwłaszcza gdy przewiduje się szerokie spektrum wielkości jednostek cumujących. Niektóre współczynniki bezpieczeństwa proponuje PIANC (przyjęte również przez EAU-2004, oraz inne przepisy i wytyczne):

TYP STATKU	NAJWIĘKSZY	NAJMNIEJSZY	KOMENTARZE I INTERPRETACJE	
zbiornikowce	1.25 <sup>A</sup>	1.75 <sup>B</sup>	A: Suezmax i powyżej	B: Handymax i mniejsze
masowce	1.25 <sup>A</sup>	1.75 <sup>B</sup>	A: Capesize i powyżej	B: Handymax i mniejsze
gazowce	1.50–2.00		Brak wytycznych PIANC. Bezpieczeństwo jest decydujące, zatem wymagany jest wysoki współczynnik.	
kontenerowce	1.50 <sup>A</sup>	2.00 <sup>B</sup>	A: Post-Panamax i powyżej	B: Panamax i mniejsze
drobnicowce	1.75		Stosować wyższe współczynniki i prędkości, jeśli holowniki są nieużywane.	
rorowce i promy	≥ 2.00		Wysokie współczynniki bezpieczeństwa mogą być konieczne na najbardziej odstępnych nabrzeżach.	
samochodowce	2.00		Brak wytycznych PIANC. Duża powierzchnia nawiewu może utrudniać cumowanie.	
wycieczkowce	2.00		Brak wytycznych PIANC. Duża powierzchnia nawiewu może utrudniać cumowanie.	
szybkie promy	≥ 2.00		Brak wytycznych PIANC. Statki wolno płynące mają ograniczoną zdolność manewrową.	
holowniki, łodzie robocze	2.00		Mają najróżniejsze kształty i wielkości. Wiele niewiadomych.	

O ile nie podano inaczej, sugerowane wartości zawarte są w PIANC 2002 (Tabela 4.2.5).

### ENERGIA WYJĄTKOWA

Wyjątkowa energia kinetyczna cumowania ( $E_A$ ) jest wyznaczana następująco:

$$E_A = E_N \times \eta$$



Pojemność energii pochłanianej przez odbojnicę ( $E_{RPD}$ ) zawsze musi być większa niż energia wyjątkowa  $E_A$ . Wybór odbojnicy powinien też uwzględniać tolerancję fabryczną, kąt ściskania, temperatury pracy i prędkości ściskania. Patrz strona 26.

$$E_{RPD} \geq \frac{E_A}{f_{TOL} \times f_{ANG} \times f_{TEMP} \times f_{VEL}}$$

# CZĘŚĆ 2

## PORADNIK DOBORU ODBOJNIC

Dobór odbojnic.....	24
Pochłanianie energii i czynniki środowiskowe.....	26
Sprawność odbojnicy.....	27
Zastosowania odbojnicy .....	28
Rozstaw odbojnic .....	29
Kontakt statku z kilkoma odbojnicami.....	30
Momenty zginające.....	31
Konstrukcja panelu.....	32
Panele odbojowe .....	33
Rozkład nacisku i Płyty o niskim współczynniku tarcia .....	34
Płyty o niskim współczynniku tarcia i Mocowania płyt .....	35
Projektowanie łańcuchów .....	36
Zwis łańcucha i projektowanie uchwytów.....	37
Odbojnice kołowe i obrotowe .....	38
Projektowanie odbojnic piankowych .....	40
Ściskanie kątowe .....	41
Montaż odbojnicy piankowej .....	42
Odbojnice palowe (typu “Donut”).....	44
Zastosowanie odbojnic palowych .....	45
Montaż odbojnicy pneumatycznej .....	46
Odbojnice hydro-pneumatyczne .....	47
Środowisko i zapobieganie korozji .....	48
Anody, powłoki malarskie i stal nierdzewna.....	49
Badanie pracy odbojnicy .....	50
Certyfikaty jakości .....	53
Kwestionariusz projektu .....	54
Przeliczniki.....	56
Usługi posprzedażowe i gwarancje .....	58

## DOBÓR ODBOJNIC

Przed wyborem odbojnic, projektant powinien zapoznać się ze wszystkimi wymaganiami dot. inwestycji i innymi dostępnymi informacjami, w tym zalecanymi przepisami projektowymi i wytycznymi. Poniższy wykaz spełnia funkcję użytecznej listy kontrolnej dla określenia, które informacje wynikają ze specyfikacji, jak również dla których brakuje danych wyjściowych, co wymaga dokonania dodatkowych założeń lub badań. Niektóre dane projektowe pochodzą z obliczeń, zatem ważne jest, aby zaznaczyć, czy te obliczenia bazowały na znanych i/lub zakładanych informacjach.



- Wielkości statków
- Typy lub klasy statków
- Stan załadowania lub balastowy
- Zapas wody pod stępką
  
- Rodzaj cumowania
- Częstotliwość cumowania
- Prędkość podchodzenia statku
- Kąty dobijania statku
- Punkt uderzenia statku
  
- Kąty nawisu dziobowego
- Promień krzywizny dziobu
- Listwy odbojowe
- Furty burtowe i części wystające kadłuba
- Poziomy wolnej burty
  
- Konstrukcja nabrzeża
- Poziomy korony nabrzeża i spodu nadbudowy
- Dostępna powierzchnia montażu odbojnicy
- Rzędna dna
- Teoretyczne amplitudy pływu
- Nowa lub istniejąca budowla
- Złącza konstrukcyjne lub szczeliny dylatacyjne
  
- Zakresy temperatur
- Zalodzenie
- Lokalna korozyjność

## DOBÓR ODBOJNIC

Inne kryteria dla odbojnic można wyspecyfikować lub założyć zgodnie z najlepszymi praktykami, typem nabrzeża i lokalnymi warunkami, wykorzystując doświadczenie projektanta. Jest wiele aspektów, jakie trzeba rozważyć projektując odbojnice, aby prawidłowy wybór zapewnił optymalną pracę odbojnicy i minimalizował koszty eksploatacyjne. Czasami mały szczegół, np. zastosowanie grubszych płyt poślizgowych o niskim współczynniku tarcia lub naddatek łańcucha ze względu na korozję może przedłużyć czas eksploatacji niewielkim kosztem.

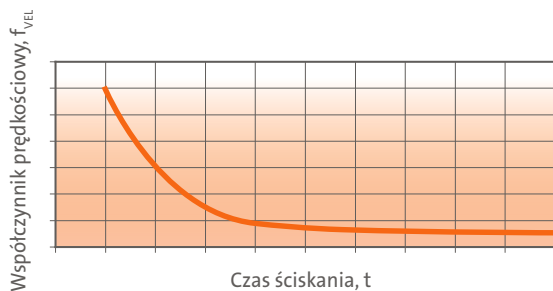
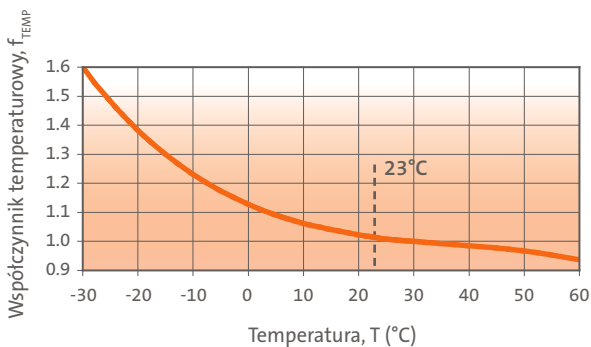
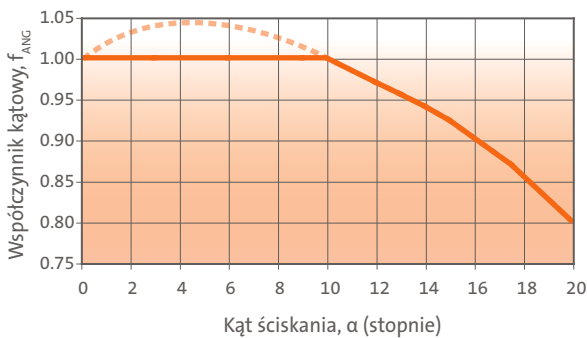


- ☑ Typ odbojnicy (stała, pływająca itd.)
- ☑ Wielkość i klasa odbojnicy
- ☑ Temperatura, współczynnik kątowy i prędkościowy
- ☑ Tolerancja fabryczna
- ☑ Aprobata typu odbojnicy wg PIANC, ASTM lub ISO
- ☑ Badanie, certyfikacja i obecność przy badaniach
  
- ☑ Parcie odbojnicy na kadłub
- ☑ Wysokość i szerokość panelu odbojowego
- ☑ Skosy krawędzi
- ☑ Momenty zginające
- ☑ Konstrukcja otwarta lub zamknięta panelu skrzyniowego
- ☑ Gatunki stali (plastyczność, niska temperatura itd.)
- ☑ Naddatki korozyjne
  
- ☑ Trwałość farby (ISO12944 itp.)
- ☑ Grubość suchej warstwy
- ☑ Rodzaj farby
- ☑ Kolory warstwy zewnętrznej
  
- ☑ Materiał płyty o niskim współczynniku tarcia
- ☑ Naddatek na zużycie
- ☑ Kolor
- ☑ Wielkość i ciężar płyty
- ☑ Metoda mocowania i klasa prętów gwintowanych
  
- ☑ łańcuchy nośne, na siły ścinające i reakcyjne
- ☑ Typ, klasa i wykończenie ogniw
- ☑ Uchwyty łączące na ścianie nabrzeża
- ☑ Połączenie z panelem odbojnicy
- ☑ Regulacja lub łańcuchy o tolerowanych wymiarach
- ☑ Współczynnik bezpiecznego obciążenia roboczego
- ☑ Słabe ogniwo (PIANC)
- ☑ Naddatek korozyjny
  
- ☑ Kotwy wbetonowane lub wklejane
- ☑ Klasa materiału i wykończenie
- ☑ Podkładki lub nakrętki zabezpieczające
- ☑ Specjalne podkładki

## POCHŁANIANIE ENERGII I CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE

We wszystkich przypadkach odbojnica musi mieć zdolność do pochłaniania energii większą lub równą obliczonej energii wyjątkowej cumowania statku (lub podanej w specyfikacji wymaganej energii według definicji PIANC). Należy wziąć poprawkę na tolerancje fabryczne odbojnic ( $f_{TOL}$ ) a także wpływ temperatury, prędkości ściskania oraz poziome i pionowe kąty ściskania.

Różne typy odbojnic i materiału różnie reagują na te czynniki, prosimy o skorzystanie z katalogu produktów ShibataFenderTeam albo pytania dotyczące konkretnych danych na temat wybranego typu i materiału. Podane dane są typowe dla odbojnic typu SPC.



### MINIMALNA ABSORPCJA ENERGII ODBOJNICY ( $E_F$ )

$$E_F = E_{RPD} \times f_{TOL} \times f_{ANG} \times f_{TEMP} \times f_{VEL}$$

### MAKSYMALNA SIŁA REAKCJI ODBOJNICY ( $R_F$ )

$$R_F = R_{RPD} \times f_{TOL} \times f_{ANG} \times f_{TEMP} \times f_{VEL}$$

### WSPÓŁCZYNNIK KĄTOWY ( $f_{ANG}$ )

Kąt ściskania oddziałuje na niektóre odbojnice, ponieważ pewne obszary gumowego czy piankowego elementu są bardziej ściskane niż inne. Kąt odniesienia wynosi  $0^\circ$ .

Minimalna energia odbojnicy wystąpi przy największym kącie ściskania.  $f_{ANG}$  należy wyznaczyć stosując kąt złożony (pionowy i poziomy) dla odbojnic stożkowych i tulejowych.  $f_{ANG}$  należy wyznaczyć stosując oddzielne współczynniki pionowe i poziome dla liniowych typów odbojnicy, np. łukowych, cylindrycznych i piankowych. Współczynniki kątowe  $>1.0$  są zwykle ignorowane.

### WSPÓŁCZYNNIK TEMPERATUROWY ( $f_{TEMP}$ )

Guma i pianka, jak większość materiałów, staje się bardziej miękka, gdy jest ciepła, sztywniejsza gdy jest zimna. Temperatura odniesienia wynosi  $23^\circ\text{C}$  ( $f_{TEMP} = 1$ ).

Minimalna energia odbojnicy wystąpi w najwyższej temperaturze pracy, maksymalna siła reakcji wystąpi w najniższej temperaturze pracy.

### WSPÓŁCZYNNIK PRĘDKOŚCIOWY ( $f_{VEL}$ )

Guma i pianka mają właściwości wiskoelastyczne, co oznacza, że działają częściowo jak sprężyna, częściowo jak amortyzator. Wartość odniesienia początkowej prędkości uderzenia wynosi  $0.15\text{m/s}$ .

Współczynnik ten zależy od wielkości odkształcenia odbojnicy, więc współczynnik prędkościowy wyznacza się z czasu ściskania. Maksymalna siła reakcji odbojnicy wystąpi przy największej prędkości uderzenia.

### TOLERANCJA ODBOJNIC ( $f_{TOL}$ )

$f_{TOL}$  jest wykonawczą tolerancją dla danego typu odbojnicy, zwykle  $\pm 10\%$  dla gumowych odbojnic formowanych,  $\pm 20\%$  dla gumowych odbojnic wytłaczanych, a  $\pm 15\%$  dla odbojnic piankowych.

Z przyczyn historycznych tolerancja dla odbojnic pneumatycznych wynosi  $0\%$  na energię absorpcji (nazywana „gwarantowaną absorpcją energii”) a  $\pm 10\%$  na siłę reakcji.

### NOMINALNE DANE EKSPLOATACYJNE (RPD)

RPD to publikowane lub katalogowe charakterystyki pracy odbojnicy w  $23^\circ\text{C}$ , przy  $0.15\text{m/s}$  początkowej prędkości uderzenia, kącie ściskania  $0^\circ$  i średniej tolerancji.

$E_{RPD}$  to energia absorpcji odbojnicy przy parametrach RPD

$R_{RPD}$  to siła reakcji odbojnicy przy parametrach RPD

## SPRAWNOŚĆ ODBOJNICY

Każdy typ odbojnicy ma różne cechy charakterystyczne. Ich porównanie zawsze obejmuje stosunek energii w dolnej granicy przedziału tolerancji ( $E_{LET}$ ) do siły reakcji w górnej granicy przedziału tolerancji ( $R_{HET}$ ). Sprawność odbojnicy (Eff) wyrażona jest jako stosunek siły, która jest przenoszona na budowlę na jednostkę pochłoniętej energii.

Pojedynczy stożek	Podwójny stożek	Cylindryczna	Pneumatyczna	Piankowa
1 szt. /system SPC1000 G2.1	2 szt. /system SPC800 G2.0	1 szt. /system 1400 x 700 x 2300 L	1 szt. /system 2000 x 3500 (0.8)	1 szt. /system OG 2000 x 4000 STD
				
$E_{LET}$ : 501 x 0.9 = 451 kNm $R_{HET}$ : 955 x 1.1 = 1051 kN Eff: 451/1051 = 0.43	$E_{LET}$ : 498 x 0.9 = 448 kNm $R_{HET}$ : 1186 x 1.1 = 1305 kN Eff: 448/1305 = 0.34	$E_{LET}$ : 506 x 0.9 = 455 kNm $R_{HET}$ : 1771 x 1.1 = 1948 kN Eff: 455/1948 = 0.23	$E_{LET}$ : 491 x 1.0 = 491 kNm $R_{HET}$ : 1315 x 1.1 = 1447 kN Eff: 491/1447 = 0.34	$E_{LET}$ : 540 x 0.85 = 459 kNm $R_{HET}$ : 1005 x 1.15 = 1156 kN Eff: 459/1156 = 0.40

Porównanie to bierze pod uwagę tylko energię, reakcję i tolerancje fabryczne. Bardziej szczegółowe porównanie powinno uwzględniać kąty ściskania, temperaturę i prędkość uderzenia. Inne czynniki obejmują przydatność na akwenach o małych lub dużych skokach pływu, wysokość i ugięcie odbojnicy, niski poziom uderzenia, wysokie parcie, listwy odbojowe, odbojnice niebrudzące, łatwość montażu, koszty konserwacji, trwałość, cenę itp.

### ANALIZA RYZYKA

Każde założenie poczynione w procesie projektowania niesie ryzyko. Można oszacować prawdopodobieństwo i częstotliwość wystąpienia konkretnych zdarzeń w okresie eksploatacji odbojnicy czy budowli. Ochrona przed każdym najmniejszym ryzykiem może okazać się ekonomicznie nierealna, ale jeśli istnieje wysokie prawdopodobieństwo niektórych zdarzeń, a zdarzenia te mają poważne skutki, wówczas analiza ryzyka pomoże projektantowi wybrać najlepszą odbojnicę.

$$P = \left(1 - \left(1 - \frac{1}{Y}\right)^N\right) \times 100\%$$

P = prawdopodobieństwo zdarzenia równe (lub przewyższające) przynajmniej jeden przypadek w danym okresie

Y = okres do powtórzenia zdarzenia

N = okres użytkowania

#### PRZYKŁAD 1

Największy statek cumuje 12 razy w roku. Statek uderza w odbojnicę z największą prędkością raz na 100 cumowań. Dobija pod największym kątem raz na 40 cumowań. Projektowana żywotność odbojnicy (N) w tym przypadku ma wynosić 25 lat. Prawdopodobieństwo takiego zdarzenia przy dowolnej wysokości pływu wynosi:

$$Y = 1 / \left(12 \times \frac{1}{100} \times \frac{1}{40}\right) = 333 \text{ years}$$

$$P = \left(1 - \left(1 - \frac{1}{333}\right)^{25}\right) \times 100\% = 7.2\%$$

Projektanci mogą uważać to za istotne.

#### PRZYKŁAD 2

Największy statek cumuje 12 razy w roku. Statek uderza w odbojnicę z największą prędkością raz na 100 cumowań. Dobija pod największym kątem raz na 40 cumowań. Projektowana żywotność odbojnicy (N) w tym przypadku ma wynosić 25 lat. Prawdopodobieństwo takiego zdarzenia następującego podczas najniższego pływu astronomicznego (co 18.5 roku) wynosi:

$$Y = 1 / \left(12 \times \frac{1}{100} \times \frac{1}{40} \times \frac{1}{18.5}\right) = 6,167 \text{ years}$$

$$P = \left(1 - \left(1 - \frac{1}{6,167}\right)^{25}\right) \times 100\% = 0.4\%$$

Projektanci mogą uważać to za nieistotne.

## ZASTOSOWANIE ODBOJNIC

Poprawnie dobrane odbojnice będą istotnym elementem nabrzeża zapewniającym bezawaryjną pracę.

TYPY STATKÓW	TYPY ODBOJNIC															
	SPC	CSS	FE	ORUCHU RÓWN. (PM)	PIVOT	V-SX	V-SXP	V-SH	CYL	ROLKOWE	KOŁOWE	PNEU	HYD-PN	PIANKOWA	PALOWA (typu „Donut“)	WYTŁACZANE
Zbiornikowce																
Masowce																
Gazowce																
Kontenerowce	⚠	⚠	⚠													
Drobnicowce																
Barki																
Promy Ro-Ro (Ro-pax)			⚠													
Samochodowce			⚠													
Wycieczkowce																
Szybkie promy												⚠				
Okręty wojenne nawodne																
Okręty podwodne														⚠	⚠	

ZASTOSOWANIE	TYPY ODBOJNIC															
	SPC	CSS	FE	ORUCHU RÓWN. (PM)	PIVOT	V-SX	V-SXP	V-SH	CYL	ROLKOWE	KOŁOWE	PNEU	HYD-PN	PIANKOWA	PALOWA (typu „Donut“)	WYTŁACZANE
Nabrzeże ciągłe																
Dalby									⚠			⚠				
Monopale																
Statki o niskiej, wolnej burcie						⚠	⚠	⚠	⚠			⚠		⚠		
Statki z listwą odbojową			⚠			⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠		⚠	⚠	⚠
Duże nawisy dziobowe	⚠	⚠	⚠						⚠	⚠	⚠				⚠	
Strefy wysokich pływów			⚠			⚠	⚠	⚠	⚠	⚠	⚠					
Strefy niskich pływów																
Wycieczkowce																
Strefy występowania lodu	⚠	⚠														
Budowle naprowadzające			⚠													
Nabrzeża postojowe															⚠	
Odbojnice na rampach roro	⚠	⚠	⚠													
Wejścia do śluzy	⚠	⚠	⚠							⚠	⚠				⚠	
Ściany śluzy										⚠	⚠					
Stocznie										⚠	⚠					
Burta w burtę																
Odbijające statkowe																
Nabrzeża tymczasowe																

☐ Ogólnie odpowiedni typ odbojnicy

■ Typ odpowiedni do niektórych zastosowań w tej kategorii



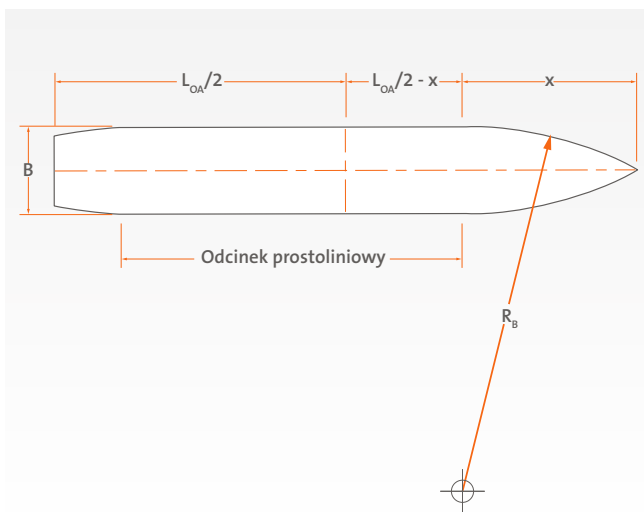
⚠ Wymaga specjalistycznej wiedzy o produkcie – należy pytać ShibataFenderTeam

## ROZSTAW ODBOJNIC

Normy projektowe takie jak BS6349 mówią, że urządzenie odbojowe to pojedynczy system lub kilka systemów rozmieszczonych wystarczająco blisko siebie, aby przyjąć uderzenie cumującego statku. Promień krzywizny dziobu statku, kąt nawisu dziobowego oraz kąt cumowania będą determinować dobór odbojnicy oraz odległości pomiędzy nimi.

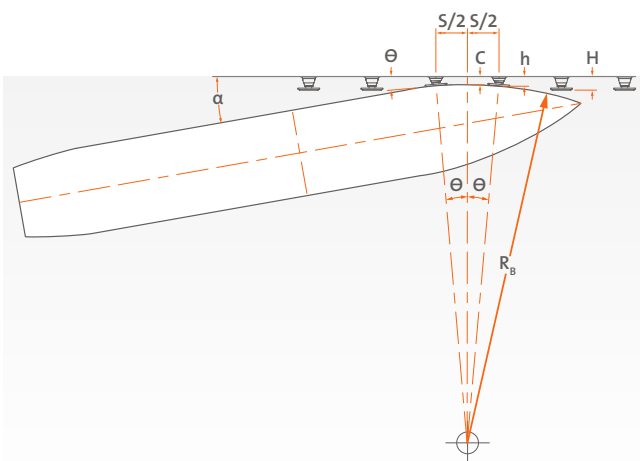
### PROMIENIĘ KRZYWIZNY DZIUBU STATKU

Często zakłada się, że statki mają stały promień krzywizny kadłuba patrząc od dziobu do prostoliniowej części kadłuba (PSB). Statki opływowe zaprojektowane na duże prędkości (kontenerowce, wycieczkowce i niektóre rorowce) będą miały przedłużoną krzywiznę dziobu. Statek zaprojektowany do przewożenia maksymalnych ilości ładunku (masowce lub zbiornikowce) będą miały krótszą krzywiznę dziobu.



### ROZSTAW ODBOJNIC

Duże odległości między odbojnicami mogą sprawić, iż statki, zwłaszcza mniejsze, będą uderzać w budowlę. Pomiędzy statkiem a budowlą zawsze powinna być wolna przestrzeń, zazwyczaj 5–15% nieściśniętej odbojnicy (w tym tarcza odbojowa, króćce dystansowe itd.)



Wielkość krzywizny dziobu szacuje się czasami na podstawie współczynnika pełnotliwości statku:

$$C_B < 0.6 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.3$$

$$0.6 \leq C_B < 0.8 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.25$$

$$C_B \geq 0.8 \rightarrow \frac{x}{L_{OA}} \approx 0.2$$

Promień krzywizny dziobu można obliczyć:

$$R_B = \frac{x^2}{B} + \frac{B}{4}$$

Rozstaw pomiędzy odbojnicami to:

$$S \leq 2 \sqrt{R_B^2 - (R_B - h + C)^2}$$

S = Rozstaw odbojnic

R<sub>B</sub> = Promień krzywizny dziobu statku

H = Wysokość nieściśniętej odbojnicy

h = Wysokość ściśniętej odbojnicy

C = Prześwit do nabrzeża (szczelina między nabrzeżem, a statkiem)

α = Kąt cumowania

θ = Kąt stycznej do odbojnicy

Kąt styku z odbojnicą wynosi:

$$\theta = \arcsin\left(\frac{S}{2 \times R_B}\right)$$

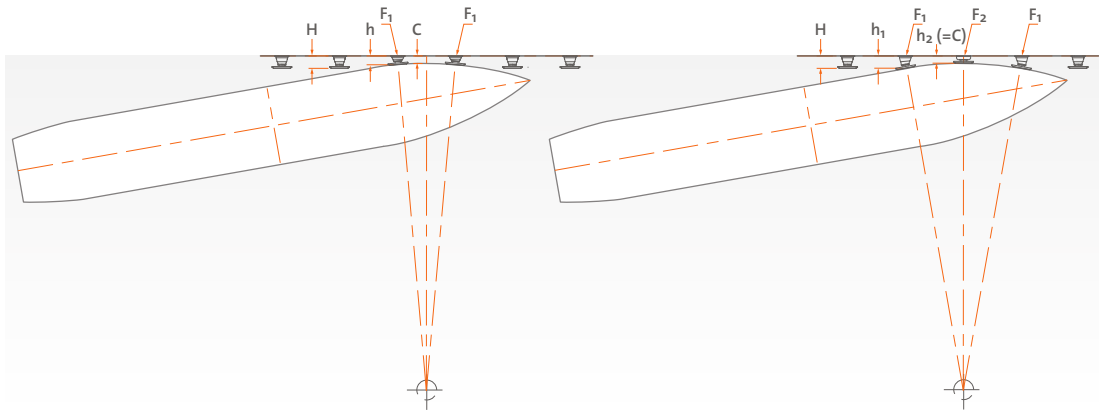
Norma BS6349 proponuje:

$$S \leq 0.15 L_s$$

L<sub>s</sub> = Długość całkowita najkrótszego statku

## KONTAKT STATKU Z KILKOMA ODBOJNICAMI

Zależnie od promienia krzywizny dziobu statku i rozstawu odbojnic, statki mogą uderzać w więcej niż jedną odbojnicę podczas cumowania. Jeśli to następuje, całkowita energia cumowania zostanie pochłonięta odpowiednio do ugięcia każdej z odbojnic.



### KONTAKT Z PARZYSTĄ LICZBĄ ODBOJNIC (2, 4 itd.)

- ▶ Energia dzieli się równomiernie między dwie odbojnice
- ▶ zmniejszone ugięcie każdej odbojnicy
- ▶ Większa całkowita reakcja działająca na konstrukcje nadbrzeża
- ▶ Prześwit (C) będzie zależał od promienia krzywizny dziobu i nawisu dziobowego
- ▶ Statki z małym promieniem krzywizny dziobu mogą dochodzić bliżej do ściany nadbrzeża

### NAWIS DZIOBOWY

Kąt dziobu statku w punkcie kontaktu może zredukować efektywny prześwit (odstęp) między kadłubem a budowlą:

$$C' = C - a \times \sin(\beta), \text{ gdzie}$$

$C'$  = prześwit do nawisu dziobowego

$C$  = prześwit na skutek promienia krzywizny dziobu i ugięcia odbojnicy

$a$  = wysokość od odbojnicy do pokładu statku (albo na powierzchni budowli morskiej, którakolwiek jest niżej)

$\beta$  = kąt dziobu statku do panelu, króćce dystansowe itd.



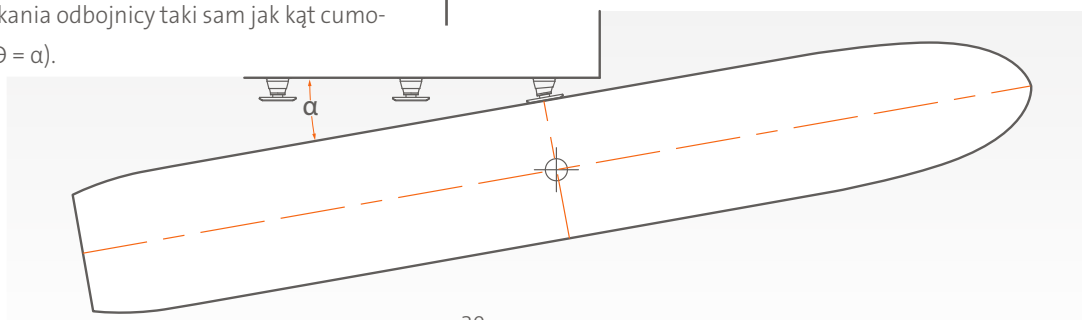
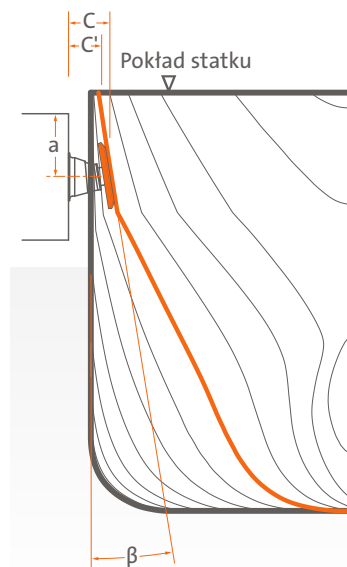
Zawsze należy sprawdzać prześwit między panelem odbojowym lub uchwytemi montażowymi a budowlą morską.

### DALBY I SKRAJNE ODBOJNICE

Na konstrukcjach dalbowych i w przypadku skrajnych odbojnic na nadbrzeżach ciągłych powszechnie projektuje się kąt ściskania odbojnicy taki sam jak kąt cumowania statku ( $\theta = \alpha$ ).

### KONTAKT Z NIEPARZYSTĄ LICZBĄ ODBOJNIC (1, 3, 5 itd.)

- ▶ Energia jest pochłaniana przez jedną odbojnicę i dwie sąsiednie po obu stronach
- ▶ Prawdopodobne jest większe ugięcie środkowej odbojnicy
- ▶ Nawis dziobowy jest istotny
- ▶ Prawdopodobny jest kontakt z jedną odbojnicą w przypadku najmniejszych statków
- ▶ Możliwy kontakt największych statków z wieloma odbojnicami.



## MOMENTY ZGINAJĄCE

Panele odbojnicy projektuje się, by rozkładać siły działające na kadłub statku. Statki zwykle stykają się z panelem odbojnicy w jednym lub w dwóch punktach lub całym odcinkiem płaskiego kadłuba. Wytwarza to momenty gnące i siły tnące w konstrukcji panelu. Momenty gnące i siły tnące szacuje się za pomocą prostych metod statycznych. Bardziej szczegółowa analiza potrzebna jest dla zbadania skomplikowanych skutków obciążeń asymetrycznych. Szczególną uwagę należy zwrócić na miejsca, gdzie koncentrują się naprężenia, takie jak uchwyty łańcuchów i połączenia śrubowe. Firma ShibataFenderTeam jest zawsze gotowa pomóc w zaawansowanej analizie strukturalnej zgodnie z europejskimi, amerykańskimi i innymi przepisami projektowymi.

### PRZYPADKI PROJEKTOWE

Niektóre uproszczone, powszechne przypadki projektowania odbojnic podano poniżej:

#### KONTAKT LISTWY ODBOJOWEJ ZE ŚRODKIEM PANELU

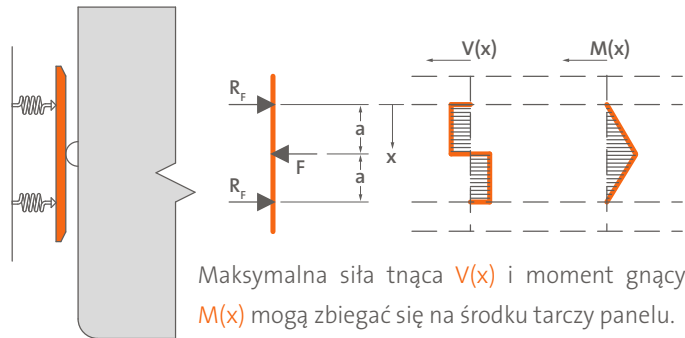
Statkowa listwa odbojowa stykająca się ze środkiem panelu spowoduje wysokie momenty gnące. Górny i dolny element odbojowy są jednakowo ściśnięte i oba mogą osiągnąć szczytowe wartości siły reakcji:

$$L = 2a$$

$$F = 2R_F$$

$$V(x = a) = R_F$$

$$M(x = a) = F \times L / 4$$



#### KONTAKT LISTWY ODBOJOWEJ Z DOLNĄ CZĘŚCIĄ PANELU

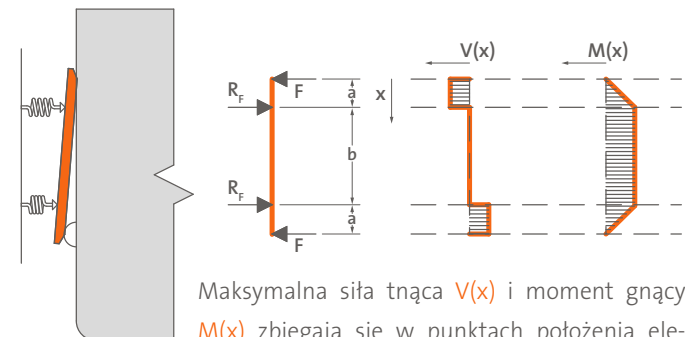
Listwa odbojowa statku w kontakcie z dołem panelu przechyła go powodując nierównomierne ugięcie elementów odbojowych. Góra może stykać się z kadłubem statku, powodując, iż długi odcinek panelu musi stawiać opór siłom gnącym.

$$L = 2a + b$$

$$F = R_F$$

$$V(x = a) = F$$

$$M(x = a) = F \times a$$



#### KONTAKT CAŁEGO PANELU Z KADŁUBEM

Statki o wysokiej wolnej burcie i płaskim poszyciu burt mogą stykać się z całą powierzchnią panelu. Systemy odbojowe mogą mieć jeden lub więcej elementów gumowych, które zostaną jednakowo ściśnięte.

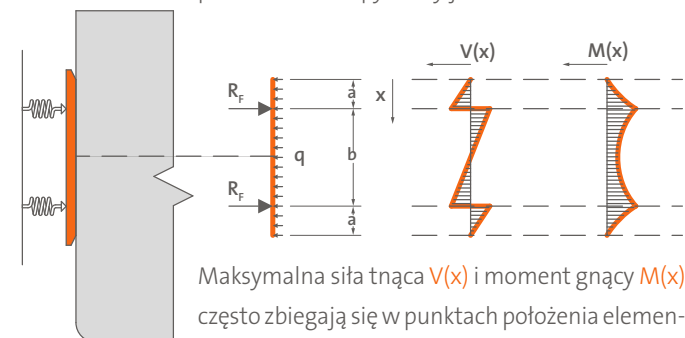
$$L = 2a + b$$

$$q = 2R_F / L$$

$$V(x = a) = q \times a$$

$$M(x = a) = q \times a^2 / 2$$

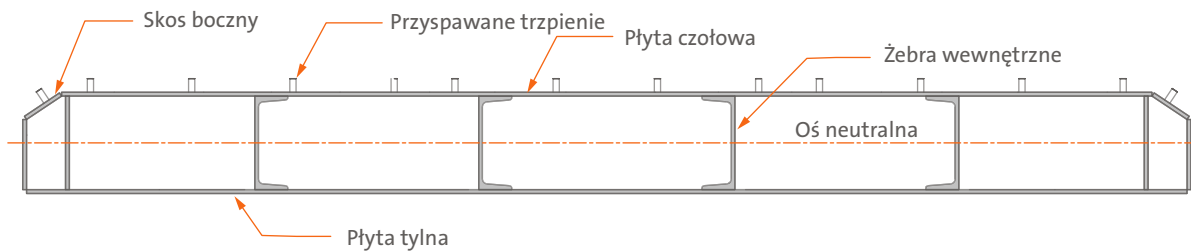
$$M(x = L/2) = M(x = a) - q \times b^2 / 8$$



## KONSTRUKCJA PANELU

Większość nowoczesnych paneli odbojowych ma konstrukcję skrzyniową zamkniętą. Takie rozwiązanie konstrukcyjne daje wysoki stosunek wytrzymałości do ciężaru i tworzy prosty kształt zewnętrzny, łatwy do pomalowania i konserwacji. Wnętrze panelu jest badane pod ciśnieniem, aby sprawdzić jego wodoszczelność.

Typowy przekrój panelu odbojowego obejmuje kilka pionowych wewnętrznych żeber usztywniających, którymi zazwyczaj są ceowniki lub teowniki, najczęściej prefabrykowane z płyt stalowych. Grubości zewnętrznych płyt stalowych, wielkość i typ ww. żeber będą zależały od wielu czynników. Zespół inżynierów ShibataFenderTeam w każdym przypadku służy poradą dla zaprojektowania możliwie najlepszej konstrukcji.

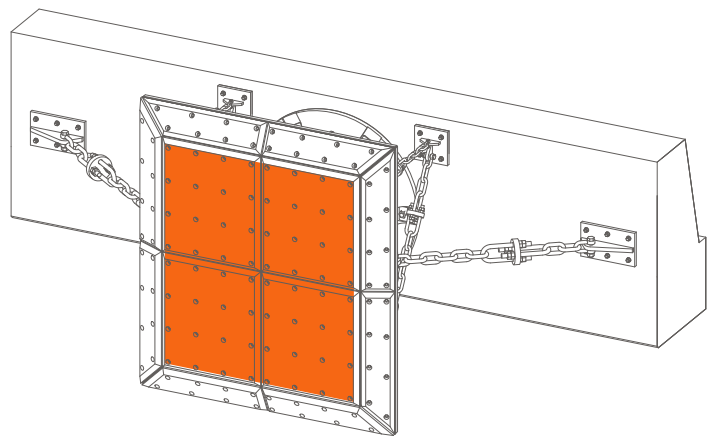


Na panel odbojnicy działa wiele sił i czynników, które powodują zginanie, ścinanie, skręcanie, zgniatanie i zmęczenie materiału.

Środowisko morskie wymaga zastosowania dobrych powłok malarskich, które zapobiegają korozji stalowego panelu i utrzymują jego wytrzymałość.

Niskie temperatury wymagają stosowania specjalnych gatunków stali, które nie stają się kruche.

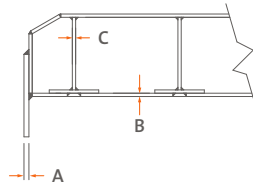
Płyty na lico paneli muszą być mocno przytwierdzone do panelu, ale tak, by umożliwiać łatwą wymianę w okresie eksploatacji odbojnicy.



## PANELE ODOBOJOWE

### GRUBOŚĆ STALI

PIANC 2002 zaleca minimalne grubości stali do konstrukcji panelu. Ich przekroje często będą grubsze niż wymagane minimum w przypadku ciężkich i skrajnie ciężkich warunków pracy.



A	Obie strony odkryte	≥ 12 mm (1/2")
B	Jedna strona odkryta	≥ 9 mm (3/8")
C	Wewnętrzna (nie odkryta)	≥ 8 mm (5/16")

### GATUNKI STALI

Panele odbojowe wykonuje się ze spawanych stali konstrukcyjnych. Użyty gatunek może zależeć od warunków lokalnych i dostępności. Poniżej podano niektóre typowe gatunki stali.

#### TYPOWE EUROPEJSKIE GATUNKI STALI

EN10025	granica plastyczności N/mm <sup>2</sup>	wytrzymałość na rozciąganie N/mm <sup>2</sup>	temperatura °C
S235JR	235	360	N/A
S275JR	275	420	N/A
S355J2	355	510	-20
S355J0	355	510	0

#### TYPOWE AMERYKAŃSKIE GATUNKI STALI

ASTM	granica plastyczności N/mm <sup>2</sup>	wytrzymałość na rozciąganie N/mm <sup>2</sup>	temperatura °C
A36	250	400	*
A572-42	290	414	*
A572-50	345	448	*

\*Gatunki stali ASTM do zastosowań w niskich temperaturach powinny mieć określoną wymaganą wartość z testu wg Charpy'ego i temperaturę badania.

### CIĘŻAR PANELI ODOBOJOWYCH

Każda konstrukcja odbojnicy jest inna; tę tabelę można wykorzystywać jako praktyczną podstawę do początkowych obliczeń innych elementów, np. łańcuchów.

Panele do pracy w standardowych warunkach: 200–300 kg/m<sup>2</sup>

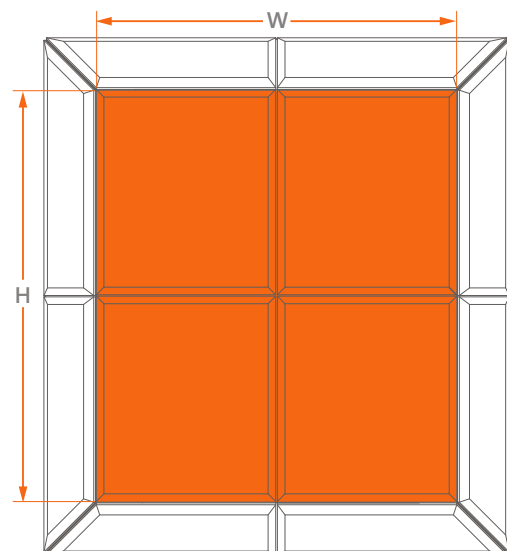
Panele do pracy w ciężkich warunkach: 300–400 kg/m<sup>2</sup>

Panele do pracy w skrajnie ciężkich warunkach: Ponad 400 kg/m<sup>2</sup>

### PARCIE NA KADŁUB STATKU

Wiele statków ma ograniczoną wytrzymałość na parcie na kadłub, zatem ważne jest takie określenie prawdopodobnego parcia na kadłub, zależnego od wolnej burty i pływu, aby nie dopuścić do przekroczenia dopuszczalnych granicznych obciążeń. Jeśli brak bardziej szczegółowych informacji, powszechnie stosuje się poniższe wytyczne PIANC.

TYP	WIELKOŚĆ	PARCIE kN/m <sup>2</sup> (kPa)
Zbiornikowce	Handysize	≤ 300
	Handymax	≤ 300
	Panamax lub większe	≤ 350
	VLCC	150–200
Masowce	Wszystkie wielkości	≤ 200
Kontenerowce	Dowozowce	≤ 400
	Panamax	≤ 300
	Post-Panamax	≤ 250
	ULCS	≤ 200
Drobnicowce	≤ 20 000 DWT	400–700
	> 20 000 DWT	≤ 400
Rorowce i promy	nie ma zastosowania – zwykle z listwą odbojową	



$\bar{HP}$  = Przeciętne parcie na kadłub (kN/m<sup>2</sup> lub kPa)

$\Sigma R_f$  = całkowita reakcja odbojnicy (kN)

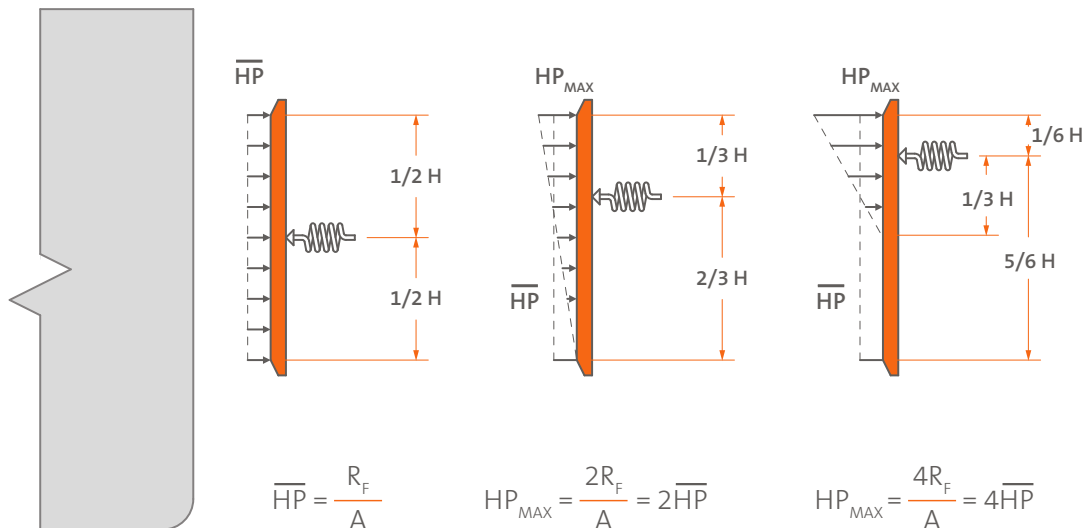
$W$  = szerokość płaskiego panelu (m)

$H$  = wysokość płaskiego panelu (m)

$A$  = powierzchnia styku płaskiego panelu (m)

## ROZKŁAD PARCIA ODBOJNICY NA KADŁUB

Parcie na kadłub rozkłada się równomiernie, jeśli reakcja odbojnicy na panel jest symetryczna. Kiedy reakcja odbojnicy jest przesunięta od środka, maksymalne parcie na kadłub jest większe, nawet jeśli średnie parcie pozostaje na tym samym poziomie. Poniższe przykłady pokazują typowe przypadki projektowe. Powszechnie stosuje się układ odbojnic taki, iż maksymalne parcie na kadłub nie jest większe niż dwukrotność średniego parcia.



## PŁYTY O NISKIM WSPÓŁCZYNNIKU TARCIA

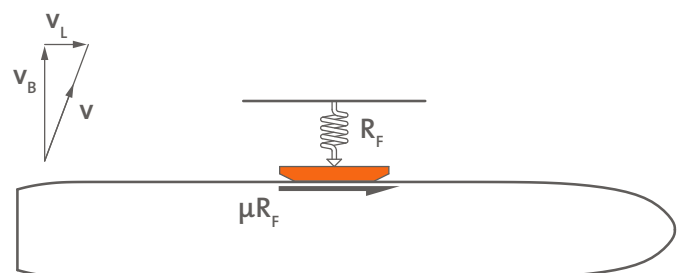
Płyty z polietylenu o ultra-wysokiej masie cząstkowej (PE-UHMW) są wymiennymi płytami montowanymi na panelach odbojnic. Ich dobra wytrzymałość na zużycie i powierzchnia o niskim współczynniku tarcia zapobiegają uszkodzeniom kadłuba statku i powłoki malarskiej. Redukują również siły tnące w łańcuchach odbojnic.

Duże arkusze polietylenu UHMW wytwarza się przez spiekanie w formach polimerowych granulek. Arkusze mogą być strugane, przycinane na wymiar, wiercone i fazowane przy produkcji pojedynczych płyt. Takie płyty mocowane są do paneli przy pomocy przyspawanych trzpieni szpilek, śrub albo niskoprofilowych elementów montażowych.

Polietylen UHMW dostępny jest w wykonaniu z materiału pierwotnego lub wtórnego, w wielu kolorach i grubościach, zależnie od zastosowań: standardowych, do ciężkich i skrajnych warunków pracy.

Materiały		Współczynnik tarcia ( $\mu$ )	
Materiał 'A'	Materiał 'B'	Minimum	Projekt*
PE-UHMW	Stal (mokra)	0.1–0.15	$\geq 0.2$
PE-UHMW	Stal (sucha)	0.15–0.2	$\geq 0.2$
PE-HD	Stal	0.2–0.25	$\geq 0.3$
Guma	Stal	0.5–0.8	$\geq 0.8$
Drewno	Stal	0.3–0.5	$\geq 0.6$

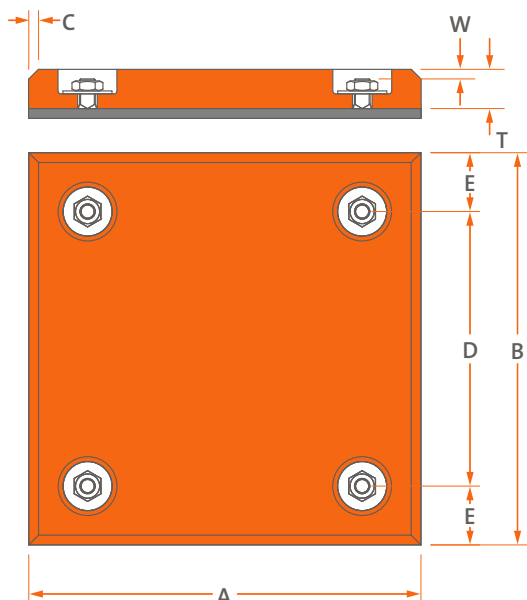
\*Zaleca się wyższą wartość projektową, aby uwzględnić inne czynniki, takie jak chropowatość powierzchni, temperatura, czy parcie miejscowe, które mogą wpłynąć na współczynnik tarcia.



Tarcie jest ważnym czynnikiem w dobrym projekcie odbojnicy. Statki nieuchronnie przesuwają się po licu odbojnicy, generując siły, które mogą zmienić geometrię ugięcia odbojnicy. Przy zredukowanym tarcu i właściwej konstrukcji łańcucha, skutki te zostają zminimalizowane.

## PŁYTY O NISKIM WSPÓŁCZYNNIKU TARCIA

Wybór płyt i metoda ich mocowania powinny uwzględniać czynniki takie jak uderzenia statków, zużycie czy ścieranie powodowane przez listwy odbojowe, fale i częstotliwość użycia. Jeśli dostęp do nich jest trudny, można zastosować naddatek na zużycie mechaniczne, aby zredukować koszty konserwacji w całym okresie użytkowania.



Płyt (T)	Ciężar	Wielkość elementu mont.	Zużycie (W)*
[mm]	[kg/m <sup>2</sup> ]		[mm]
30*	28.5	M16	5
40*	38.0	M16	10
50	47.5	M20	15

\* Do mocowania nakrętek kołnierzowych.

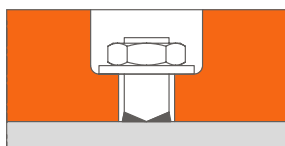
Układ	[mm]
Skos krawędzi, (C)	15
Rozstaw śrub (D)	300 – 400
Odległość do krawędzi (E)	> 70

Inne wymiary na zapytanie.

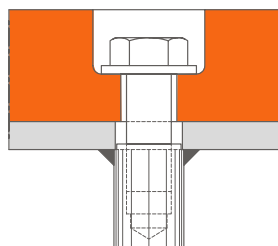
## MOCOWANIA PŁYT

Płyty czołowe z polietylenu PE-UHMW mocuje się różnymi metodami zależnie od typu panelu. Często stosuje się trzpienie spawane albo nakrętki kołnierzowe ze śrubami do mocowania paneli skrzyniowych. Standardowe nakrętki stosuje się do paneli i konstrukcji otwartych. Nakrętki kołnierzowe ze śrubami umożliwiają większy naddatek na zużycie płyty ślizgowej. Należy używać większych podkładek, aby doprowadzić do rozłożenia obciążenia i zapobiegać przeciągnięciu płyty. Grubość polietylenu pod łbem śruby z podkładką wynosi zwykle min. 25–35% grubości płyty.

Bolec/Nakrętka kołnierzowe



Śruba z nakrętką ślepą

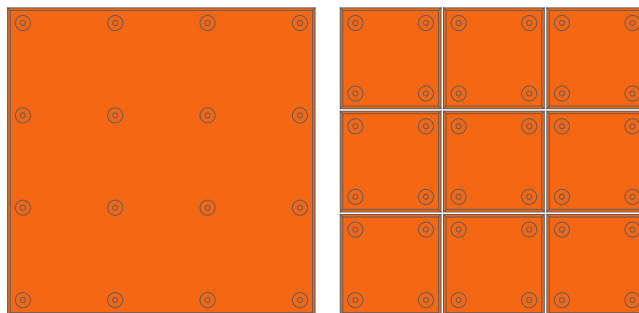


## PŁYTY BARWIONE

Płyty z polietylenu można wykonać w wielu kolorach (na specjalne zamówienie) tak, by pasowały do koloru kadłuba okrętów wojennych czy wycieczkowców, były bardziej widoczne albo dla łatwiejszego rozróżnienia nabrzeży. Typowe kolory to czarny, biały, szary, żółty, niebieski i zielony.

## MAŁE I DUŻE PŁYTY

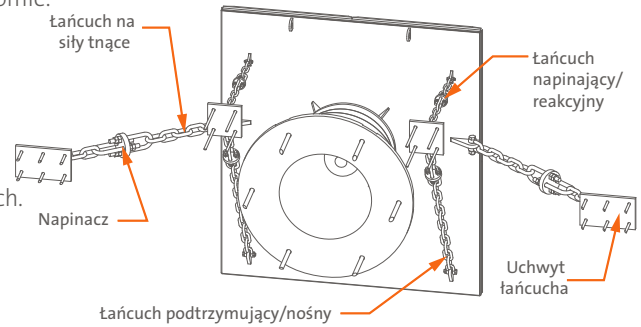
Większe płyty mają więcej elementów montażowych i mogą być trwalsze. Małe płyty są lżejsze, łatwiejsze do wymiany i tańsze. W niektórych krajach maksymalny ciężar dźwignia (często 25 kg) może ograniczać wielkość największych płyt.



## PROJEKTOWANIE ŁAŃCUCHÓW

łańcuchy stosuje się, aby kontrolować geometrię odbojnicy podczas uderzenia statku w odbojnicę i aby zapobiegać nadmiernemu przesuwaniu się panelu. łańcuchy pomagają w podtrzymywaniu ciężaru dużych paneli, zapobiegają zwisowi. Ponadto zwiększają ugięcie tarczy panelu odbojnicy. i absorpcję energii w przypadkach uderzeń dolnych, poniżej osi wzdłużnej.

- ▶ łańcuchy na siły tnące stosuje się, aby ograniczyć ruch w poziomie.
- ▶ łańcuchy podtrzymujące/nośne ograniczają pionowy ruch i redukują zwis.
- ▶ łańcuchy napinające/reakcyjne pracują w połączeniu z łańcuchami podtrzymującymi, aby ograniczyć zwis, mogą też poprawiać pracę odbojnicy przy uderzeniach dolnych.
- ▶ Uchwyty łańcuchów mogą być zakotwione, przyśrubowane, przyspawane albo wbetonowane w konstrukcję nabrzeża.
- ▶ Napinacze ograniczają luz łańcucha wynikający z tolerancji fabrycznej lub zużycia łańcucha.



Długość (L) oraz kąt statyczny ( $\alpha_0$ ) to najważniejsze czynniki determinujące obciążenie i wielkości łańcuchów.

- T = Obciążenie robocze na jeden zestaw łańcuchowy (kN)
- $R_F$  = reakcja systemu odbojowego (kN)
- $\mu$  = współczynnik tarcia
- G = ciężar panelu odbojowego, nakładki PE itd. (kN)
- L = długość łańcucha między sworzniami (m)
- $\Delta$  = ugięcie odbojnicy (m)
- n = liczba łańcuchów pracujących razem
- $\alpha_0$  = statyczny kąt łańcucha (ów), odbojnica nieugięta (st.)
- $\alpha_1$  = dynamiczny kąt łańcucha (ów), odbojnica ugięta (st.)
- x = ruch panelu na skutek łuku łańcucha (m)

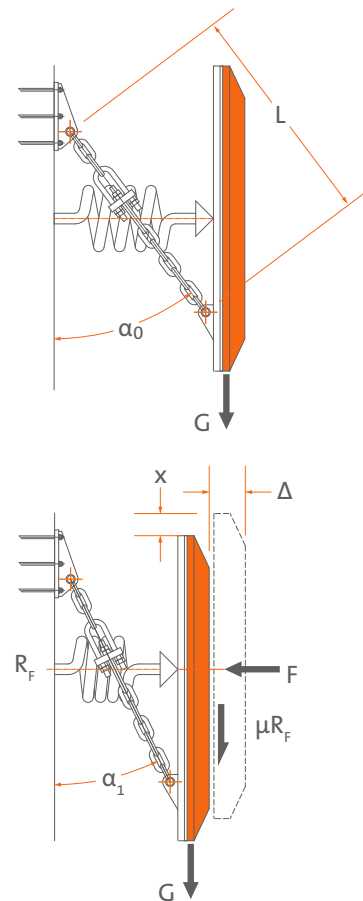
$$\alpha_1 = \sin^{-1} \left[ \frac{(L \times \sin \alpha_0) - \Delta}{L} \right]$$

$$x = L \times (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_0)$$

$$T = \frac{G + \mu \times R_F}{n \times \cos \alpha_1}$$

### UWAGI PROJEKTOWE

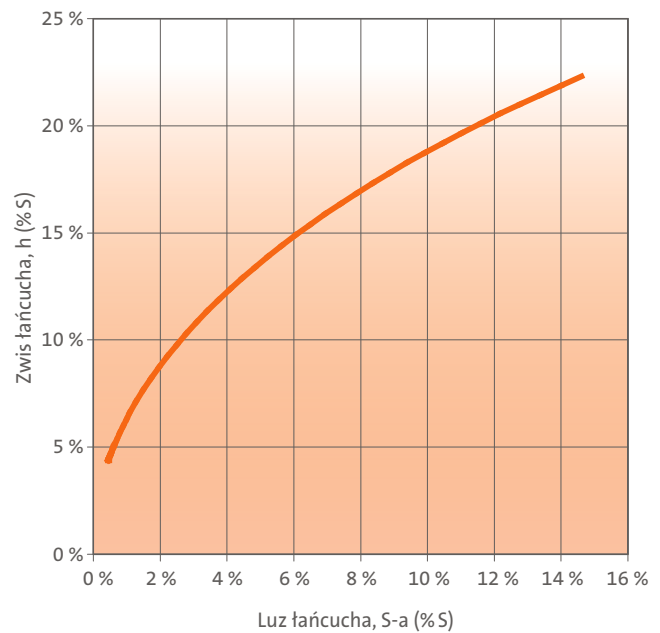
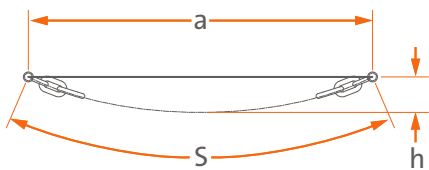
- (1) Najwyższe obciążenia łańcucha często występują kiedy odbojnica osiąga szczytową siłę reakcji, mniej więcej w połowie nominalnego ugięcia.
- (2) Dla łańcuchów na siły tnące,  $G = 0$
- (3) ShibataFenderTeam zaleca współczynnik bezpieczeństwa ( $\eta$ ) równy 2 dla większości zastosowań, lecz na życzenie klienta można zastosować większy współczynnik.
- (4) Łatwe do wymiany i niedrogie słabe ogniwo lub element można włączyć w zestaw łańcuchowy, aby uniknąć uszkodzenia panelu odbojowego lub konstrukcji nabrzeża na skutek przecięcia.



## ZWIS ŁAŃCUCHA

Czasami mówi się, iż łańcuch ma „zerowy“ luz lub zwis, jednak jest to nierealne i niepotrzebne. Nawet bardzo mały luz ( $S-a$ ) około 2% długości łańcucha ( $S$ ) spowoduje, iż będzie on zwiisał na środku ( $h$ ) o prawie 9% długości łańcucha.

Na przykład, łańcuch o długości 2,000 mm ( $S$ ) i luzie 40 mm ( $S-a$ ) będzie miał na środku zwis 170 mm ( $h$ ). Taki sam łańcuch z luzem wynoszącym tylko 7 mm będzie miał zwis 50 mm.

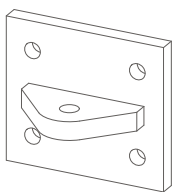


## KONSTRUKCJA UCHWYTU DO MOCOWANIA ŁAŃCUCHÓW

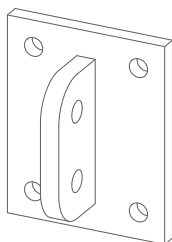
Uchwyty łańcuchowe projektuje się, aby pasowały do nowych lub istniejących budowli, stalowych lub betonowych. Uchwyt powinien być znacznie mocniejszy niż najłabszy składnik zestawu łańcuchowego. Konstrukcja łańcucha musi umożliwić jego swobodny obrót w całym zakresie i nie powinna przeszkadzać w działaniu innych uchwytów, panelu odbojowego czy gumowego korpusu odbojnicy w trakcie ściskania. Główne ucho powinno być wystarczająco grube i zawierać płytki dystansowe, aby prawidłowo podtrzymywać szakłę odpowiedniej wielkości i typu.

Wielkość spawu spajającego ucho uchwytu z podstawą jest istotna i powinna być skonsultowana z inżynierami ShibataFenderTeam, co do szczegółów konstrukcyjnych. Poza tym wielkość, klasa i pozycje kotew lub śrub mocujących powinny być określone na etapie projektowania detali.

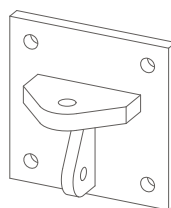
### Z JEDNYM OTWOREM



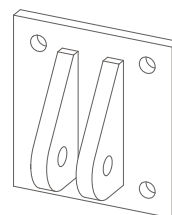
### Z DWOMA OTWORAMI



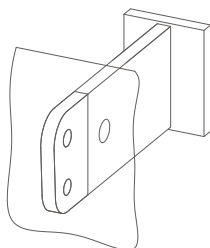
### DWU-PŁASZCZYZNOWY



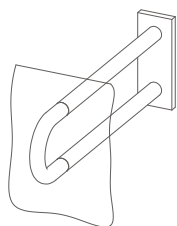
### Z PODWÓJNYM UCHEM



### WBETONOWANY, PODWÓJNY



### WBETONOWNY TYPU U



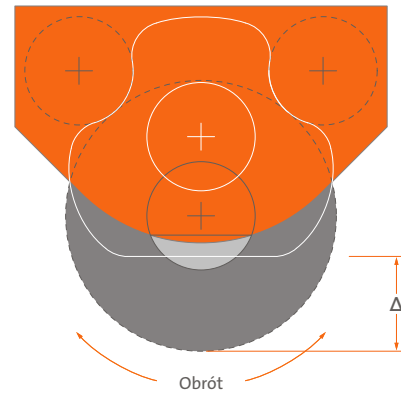
Prosimy o konsultację z ShibataFenderTeam w sprawie odpowiedniego typu, wielkości, materiału i wykończenia uchwytu łańcucha.

## ODBOJNICE KOŁOWE I OBROTOWE

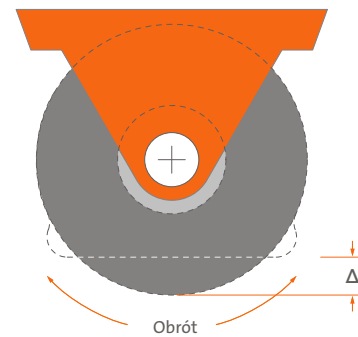
Odbojnice kołowe mają ślizgową oś i rolki w celu zwiększenia ugięcia i absorpcji energii, przez co nadają się do użycia na wejścia do śluz i na narażone na uderzenia narożniki nabrzeży.

Odbojnice obrotowe mają stałą oś, która umożliwia obrót prawie bez oporów, odpowiedni do prowadzenia statków w śluzach i suchych dokach.

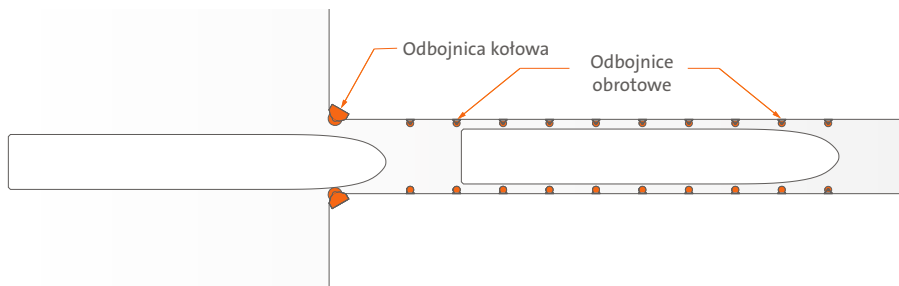
### ODBOJNICA KOŁOWA



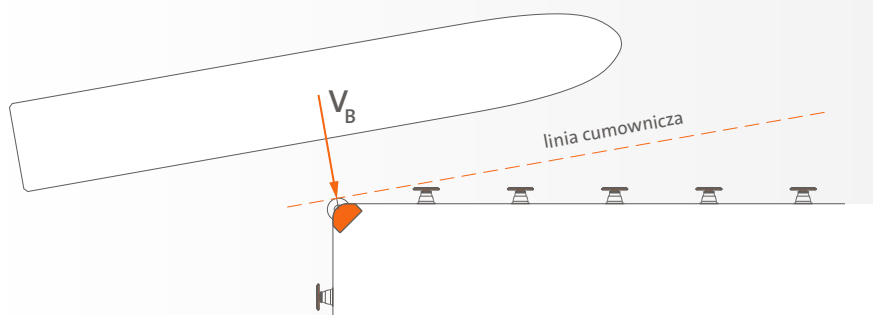
### ODBOJNICA OBROTOWA



W czasie wchodzenia statku do śluzy lub suchego doku, statek płynie prawie równoległe do ściany śluzy, ale może znajdować się bliżej jednej strony. Dziób styka się z odbojnicą kołową, co powoduje odchylenie toru statku. W miarę jak statek wchodzi, odbojnice obrotowe działają jak prowadnica, zabezpieczając kadłub i ścianę śluzy.



Niektóre konwencjonalne nabrzeża mają odkryte narożniki, które wymagają zabezpieczenia odbojnicą kołową. Chociaż statek może być ustawiony pod dużym kątem do głównych odbojnic, linia cumownicza na odbojnicy kołowej pozostaje pod kątem zero stopni. W wielu przypadkach należy brać pod uwagę uderzenie śródkręciem, śródkręciem w odbojnicę kołową.



## SZCZEGÓLNY PRZYPADEK UDERZENIA STATKU W ODBOJNICĘ

Kiedy statek porusza się i wchodzi do śluzy lub suchego doku, kontakt z odbojnicą kołową może nastąpić w sekcji dziobowej. Linia cumownicza pozostaje styczna do dziobu. Do obliczenia energii absorpcji potrzebny jest składowa prędkości prostopadła do linii cumownicza.

$$V_B = V \times \sin \Theta$$

$\alpha$  = kąt znosu statku (kurs rzeczywisty)

Takie manewry są trudne, a prędkość postępową statku dość małą. Typowe wartości projektowe to:

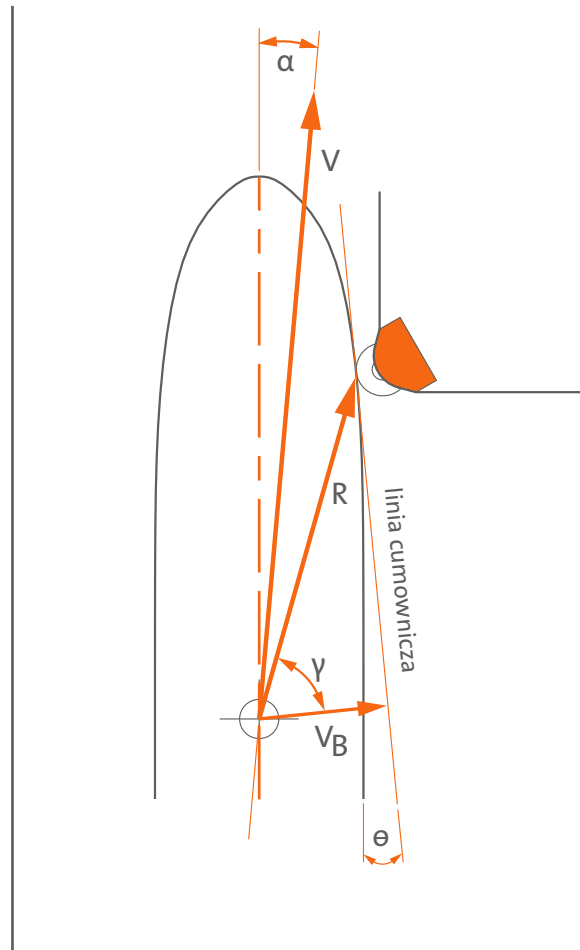
$$V \leq 1 \text{ m/s}$$

$$\alpha \leq 10^\circ$$

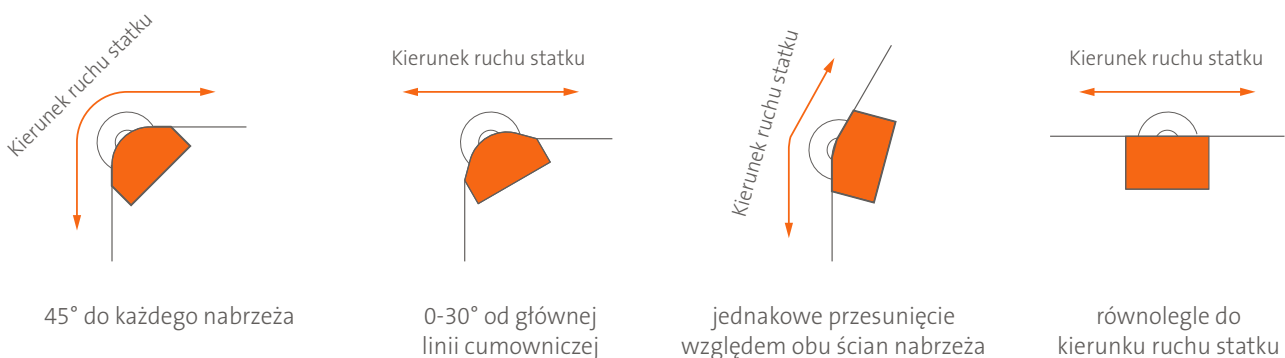
$$\Theta \leq 5^\circ$$

$$V_B < 1.0 \times \sin(5^\circ + 10^\circ) = 0.26 \text{ m/s}$$

Kąt linii cumowniczej jest większy dla uderzeń bliżej dziobu, ale odległość od środka masy do punktu uderzenia ( $R$ ) również wzrasta. Wartość współczynnika mimośrodowości ( $C_p$ ) wymaga starannego rozważenia. Po poradę należy zwrócić się do ShibataFenderTeam.

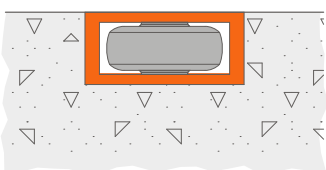


Odbojnice kołowe, aby pracowały optymalnie, powinny być ustawione zgodnie z przewidywanym kątem kadłuba statku.

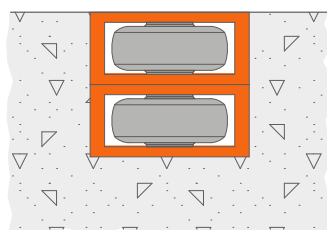


Pojedyncze odbojnice kołowe stosuje się tam, gdzie poziom wody zmienia się nieznacznie. Zestawy odbojnic kołowych stosuje się w akwenach z dużym skokiem pływu czy poziomu wody.

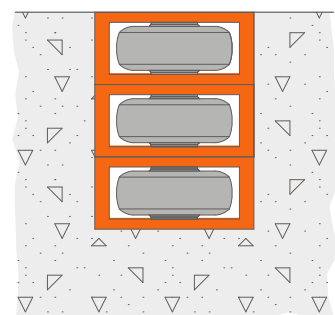
### POJEDYNCZA ODBOJNICA KOŁOWA



### PODWÓJNA ODBOJNICA KOŁOWA



### POTRÓJNA ODBOJNICA KOŁOWA





## PROJEKTOWANIE ODBOJNIC PIANKOWYCH

Odbojnice piankowe występują w wielu konfiguracjach. OceanGuard i OceanCushion można stosować jako odbojnice pływające lub podwieszane. Odbojnice palowe typu „Donut” są osadzone na palu, wznoszą się i opadają wraz z pływem. Odbojnice piankowe mają szereg unikatowych właściwości, które należy uwzględnić podczas projektowania, np. temperatura otoczenia, kąt ściskania i liczba cykli.

## KLASY PIANKI I CYKLE

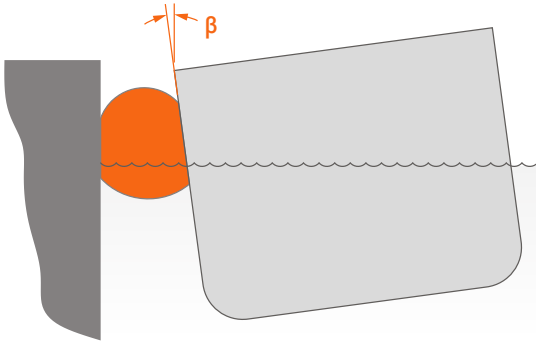
Rdzeń piankowy, usieciowany polietylen o komórkach zamkniętych, składa się z milionów małych kieszeni powietrznych. Pianki miękkie mają większe kieszenie powietrzne i mniejszą gęstość. Twardsze pianki mają mniejsze kieszenie powietrzne i większą gęstość. Po wielu cyklach ściskania, sztywność pianki zmniejsza się na skutek relaksacji naprężeń. Podstawowa charakterystyka pracy odbojnic piankowych jest brana pod uwagę po trzecim cyklu ściskania.

	KLASA PIANKI	LICZBA CYKLI ŚCISKANIA (n)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	100
Niska siła reakcji	LR	1.30	1.07	<b>1.00</b>	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.88
<b>Standard</b>	<b>STD</b>	<b>1.31</b>	<b>1.07</b>	<b>1.00</b>	<b>0.97</b>	<b>0.95</b>	<b>0.94</b>	<b>0.93</b>	<b>0.92</b>	<b>0.92</b>	<b>0.91</b>	<b>0.88</b>
Wysoka pojemność	HC	1.40	1.09	<b>1.00</b>	0.96	0.94	0.92	0.91	0.90	0.89	0.89	0.85
Bardzo wysoka pojemność	EHC	1.45	1.10	<b>1.00</b>	0.95	0.93	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88	0.83
Super wysoka pojemność	SHC	1.54	1.11	<b>1.00</b>	0.95	0.92	0.90	0.88	0.87	0.87	0.86	0.81

Zmniejszona sztywność odbojnic po wielokrotnym ściskaniu jest zwykle kompensowana wyższą wydajnością przy wyższych parametrach ściskania niż w charakterystyce pracy odbojnic przy 60% ściskaniu. Zostało to wykazane w niezależnych badaniach laboratoryjnych naszych odbojnic piankowych, w których osiągnięto parametry znamionowe znacznie poniżej uginania znamionowego.

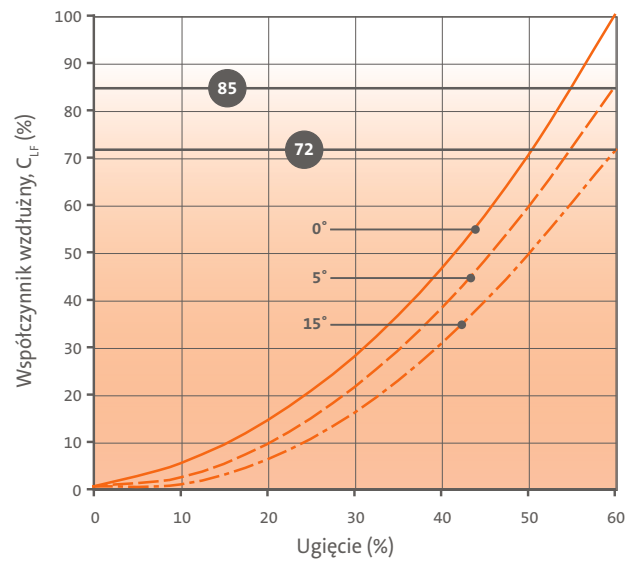
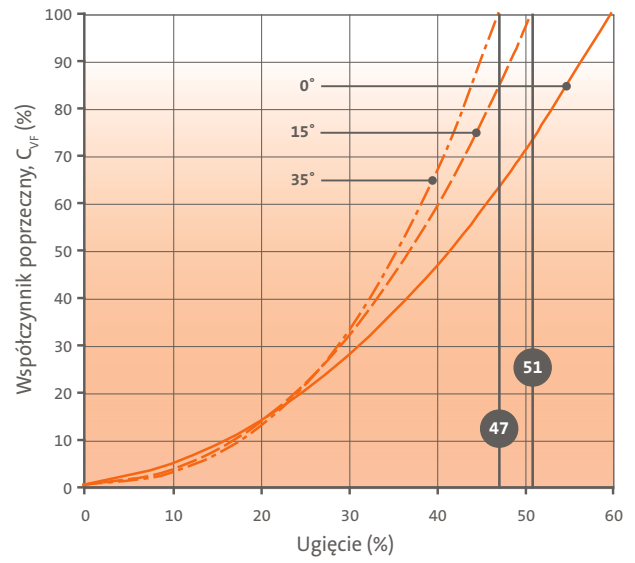
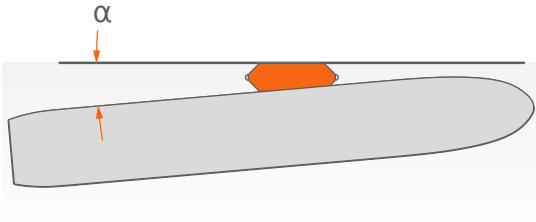
## ŚCISKANIE PIONOWE

Kąt ściskania pionowego może wystąpić ze względu na nawis dziobowy albo kotłowanie boczne statku.



## ŚCISKANIE WZDŁUŻNE

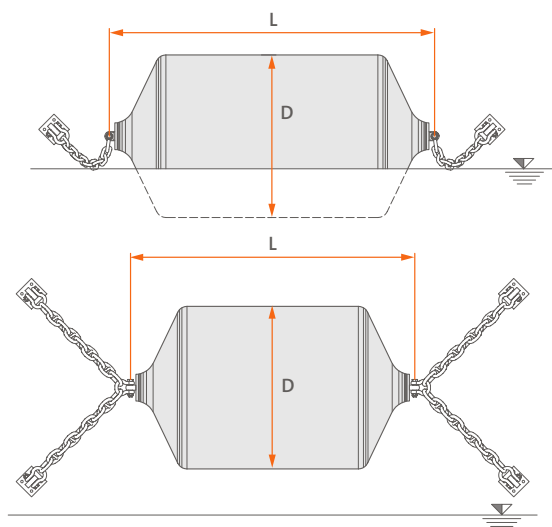
Kąt ściskania wzdłużnego może wystąpić na skutek cumowania pod kątem lub krzywizny dziobu.



## MONTAŻ ODBOJNICY PIANKOWEJ

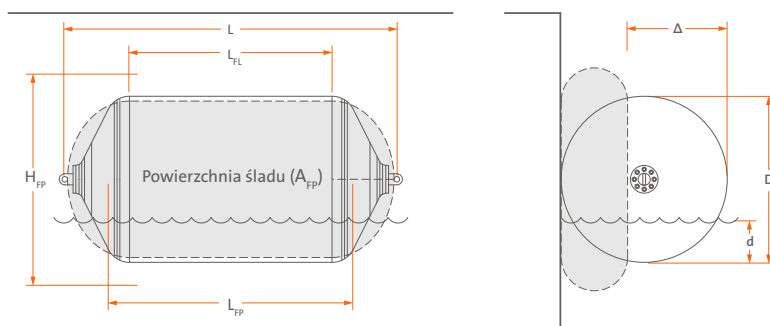
Odbojnice piankowe mogą unosić się wraz z płytą albo być zamocowane nad poziomem wody. Wybór sposobu cumowania zależy od szeregu czynników:

- ▶ Amplituda pływu na akwenie
- ▶ Prawdopodobne kąty ściskania
- ▶ Ruch wzdłużny i pionowy statków dobijających i zacumowanych
- ▶ Dostępna powierzchnia styku na budowlu hydrotechnicznej
- ▶ Własności ściernie lica budowli
- ▶ Płaskość lica budowli (np. brusy ścianki szczelnej)
- ▶ Wysokość fali znacznej względem wielkości odbojnicy



## POWIERZCHNIA STYKU ODBOJNICY

Wysokość i szerokość budowli musi być na tyle wystarczająca, aby odbojnica OceanGuard mogła swobodnie powiększać się w miarę ściskania jej korpusu. Wymiary całkowitej powierzchni montażowej powinny pozwalać na opadanie i wznoszenie się odbojnicy oraz wszelkie ruchy możliwe ze względu na zwis łańcuchów.



## ZANURZENIE ODBOJNICY

Zanurzenie odbojnicy OceanGuard zmienia się zależnie od gęstości użytej pianki, grubości jej powłoki, wielkości i długości łańcuchów i czynników mogących zmniejszyć lub zwiększyć ciężar odbojnicy. Tabela podaje typowe wartości klas LR, STD i HC. Informacje nt. innych przypadków projektowych można uzyskać od ShibataFenderTeam.

ŚREDN. (D) x DŁUGOŚĆ (L)	GRUB. POWŁOKI	BEZ KOMPRES.	ŚLAD ODBOJNICY SKOMPRESOWANEY			CIĘŻAR STD	SIŁA UCIĄGU NA KOŃCACH SWL	ZANURZENIE (d)		
			DŁUGOŚĆ L <sub>FL</sub> [mm]	WYSOKOŚĆ H <sub>FP</sub> [mm]	DŁUGOŚĆ L <sub>FP</sub> [mm]			POWIERZCHNIA A <sub>FP</sub> [m <sup>2</sup> ]	LR [mm]	STD [mm]
700 x 1,500	19	880	660	1,460	0.87	109	42	210	250	290
1,000 x 1,500	19	700	940	1,460	1.19	147	42	250	310	370
1,000 x 2,000	19	1,190	940	1,950	1.66	200	42	200	270	330
1,200 x 2,000	19	980	1,130	1,940	1.93	299	76	310	380	450
1,500 x 3,000	25	1,830	1,410	2,950	3.77	653	107	280	380	470
1,700 x 3,000	25	1,710	1,600	2,930	4.18	748	107	310	420	520
2,000 x 3,500	25	2,070	1,880	3,430	5.78	1,161	151	330	470	590
2,000 x 4,000	29	2,560	1,880	3,920	6.70	1,397	151	320	460	580
2,000 x 4,500	29	3,050	1,880	4,430	7.66	1,571	222	300	440	560
2,500 x 4,000	32	2,230	2,360	3,910	8.14	1,925	311	400	580	730
2,500 x 5,500	38	3,660	2,360	5,400	11.64	3,095	311	390	570	720
3,000 x 4,900	38	2,770	2,830	4,790	12.00	3,295	311	460	670	850
3,000 x 6,000	38	3,900	2,830	5,900	15.15	4,370	489	430	640	830
3,300 x 4,500	38	2,230	3,110	4,390	11.82	3,531	489	560	790	990
3,300 x 6,500	41	4,240	3,110	6,380	18.02	5,485	489	440	680	890

## MONTAŻ ODBOJNICY PIANKOWEJ

### A) PODWIESZENIE

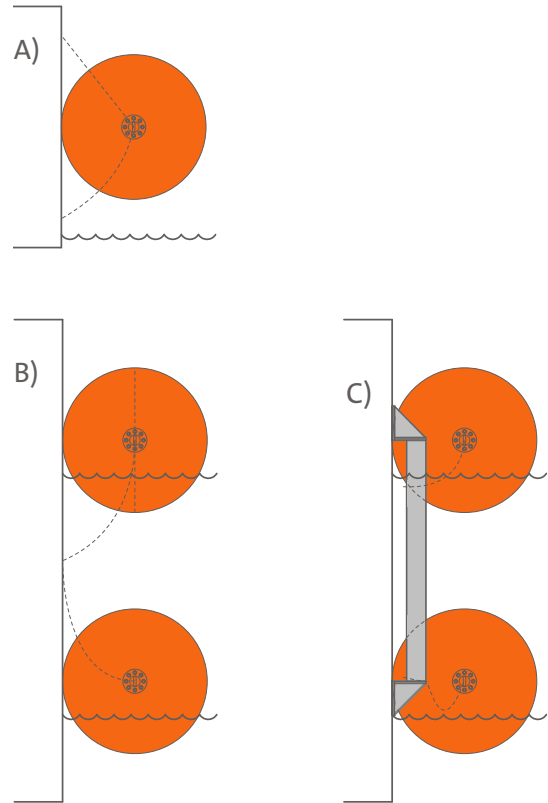
Jeśli odbojnica piankowa ma być zawieszona nad powierzchnią wody, wysokość ściany nabrzeża musi być większa niż powierzchnia styku odbojnicy i uwzględnić pionowy ruch odbojnicy na jaki pozwalają łańcuchy. Łańcuch dolny ma zapobiegać podnoszeniu się odbojnicy lub wtaczaniu się na koronę nabrzeża wraz ze zmianą pływu lub zanurzenia statku.

### B) PROSTE ZAKOTWIENIE ODBOJNICY PŁYWAJĄCEJ

Proste zakotwienie unoszącej się na wodzie odbojnicy wymaga użycia łańcuchów wystarczająco długich w czasie najwyższych i najniższych poziomów pływu plus dodatkowy luz, aby zapobiec 'szarpającym' obciążeniom łańcuchów i krańcowych elementów montażowych odbojnicy. Projektant powinien wziąć pod uwagę boczne ruchy odbojnicy przy średnim poziomie pływu.

### C) SZYNA PROWADZĄCA ODBOJNICY PŁYWAJĄCEJ

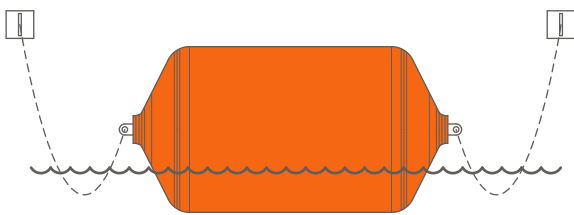
Solidniejszym mocowaniem odbojnicy na akwenach o wysokim poziomie pływu jest szyna prowadząca. Łańcuch jest połączony z pierścieniem lub rolką cumującą na obwodzie szyny. Taki układ utrzymuje równomierne obciążenie łańcucha, ogranicza ruch boczny i jest najlepszym rozwiązaniem na akwenach pływowych.



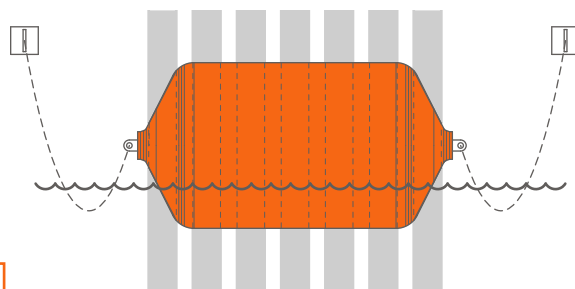
## ZMNIĘSZENIE ŚCIERANIA

Ścieranie warstwy wierzchniej może następować, kiedy odbojnica OceanGuard zostanie zamontowana bezpośrednio na betonowej ścianie lub innej chropowatej powierzchni. Szybkość zużycia może być wyższa, jeśli występuje falowanie lub prądy wody, które powodują ciągły ruch odbojnicy. Ścieranie można zredukować albo wyeliminować poprzez montaż szeregu listew PE-UHMW w rejonie oddziaływania sił reakcji. Można zastosować inne materiały, np. drewno, ale te wymagają dodatkowej konserwacji.

Montaż bezpośrednio na betonie przyspiesza zużycie odbojnicy



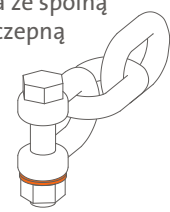
Listwy z PE-UHMW wydłużą okres użytkowania odbojnicy



Szakla z przeciwnakrętką



Szakla ze spoiną szczepną

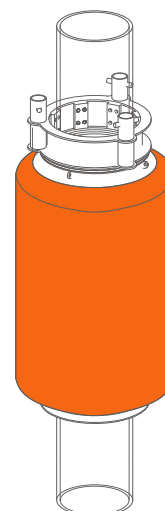
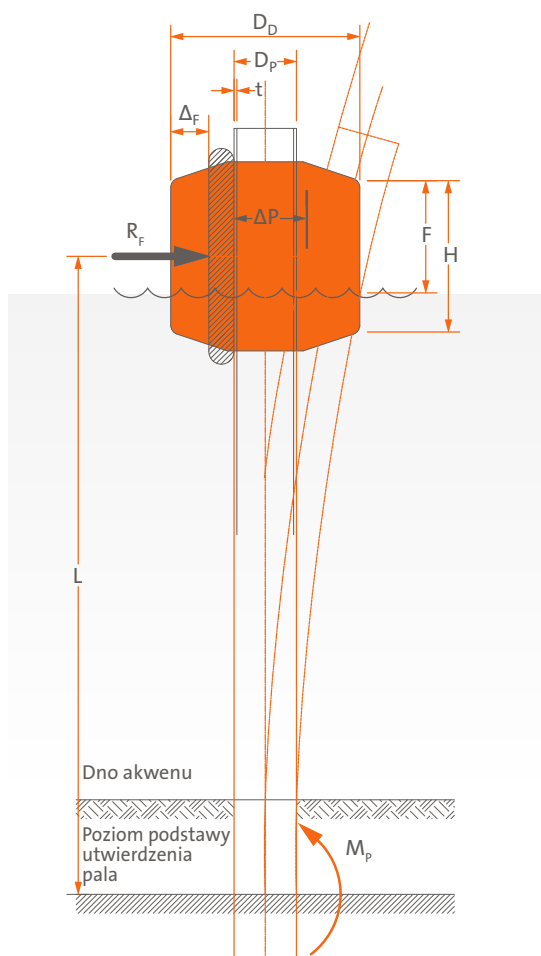


Odbojnice pływające poruszają się ciągle na skutek wiatru, fal, pływu i prądów. Z czasem szakle mogą się poluzować (nawet te ze sworzniem śrubowym). Zaleca się regularne inspekcje zakotwiczonych odbojnic, natomiast aby zmniejszyć ryzyko odłączenia się odbojnicy, należy użyć szakli z przeciwnakrętką, albo nakrętka powinna być szczepiona spawem z korpusem szakli.

## ODBOJNICE PALOWE (TYPU „DONUT“)

Odbojnice palowe pochłaniają energię przez ściskanie piankowej tulei i w większości przypadków, przez sprężyste ugięcie rurowego stalowego pala. Odbojnice te stosuje się powszechnie na akwenach pływowych, aby utworzyć ściany naprowadzające do słuz i aby chronić narożniki basenów. Odbojnica palowa typu „Donut“ unosi się i opada na palu wraz z przyływem i odpływem, zatem w projekcie trzeba rozważyć kilka przypadków, aby system odbojowy zawsze działał skutecznie. Każda z poniższych zmiennych ma wpływ na pracę urządzenia odbojowego:

- ▶ gęstość pianki (klasa / gatunek)
- ▶ średnica wewnętrzna i zewnętrzna elementu odbojowego
- ▶ wysokość odbojnicy
- ▶ skok pływu
- ▶ średnica pala i grubość ścianki
- ▶ długość swobodna pala od podstawy zamocowania
- ▶ redukcja grubości pala w czasie na skutek korozji



### WYSOKOŚĆ NADWODNA ODBOJNICY

Można obliczyć wysokość nadwodną (w milimetrach) dla typowych wielkości odbojnicy palowej (patrz katalog produktów, strona 59) i standardowej klasy pianki:

$$H = 0.75 \times D_D \rightarrow F = 0.963 \times H - 720$$

$$H = 1.00 \times D_D \rightarrow F = 0.946 \times H - 810$$

$$H = 1.25 \times D_D \rightarrow F = 0.938 \times H - 910$$

$$H = 1.50 \times D_D \rightarrow F = 0.929 \times H - 990$$

W przypadku innych wielkości odbojnicy i klas pianki, prosimy o kontakt z ShibataFenderTeam.

### UGIĘCIE PALA

Kiedy ścianka odbojnicy ulega ścisaniu, siła reakcji ( $R_f$ ) spowoduje ugięcie pala. Zakładając, że jeden koniec pala jest wbudowany na stałe, możemy obliczyć ugięcie pala, sztywność i energię:

$$\text{Moment pala:} \quad M_p = R_f \times L$$

$$\text{2gi moment powierzchni:} \quad I_{xx} = [D_p^4 - (D_p - 2t)^4]$$

$$\text{Moduł Younga:} \quad E = 200 \times 10^9 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Ugięcie pala:} \quad \Delta_p = \frac{R_f \times L^3}{3 \times E \times I_{xx}}$$

$$\text{Maksymalne naprężenie pala:} \quad \sigma = \frac{M_p}{Z_{xx}}$$

$$\text{Energia pala:} \quad E_p = 0.5 \times R_f \times \Delta_p$$

### ENERGIA ODBOJNICY I PALA

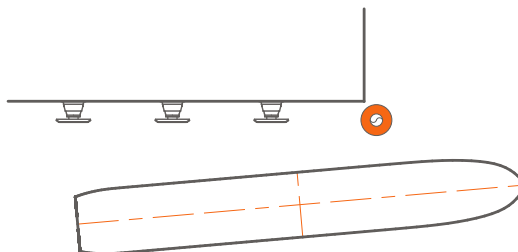
Całkowitą energię pochłoniętą przez pal i odbojnicę typu „Donut“ określa się następująco:

$$\text{Energia całkowita:} \quad \Sigma E = E_f + E_p$$

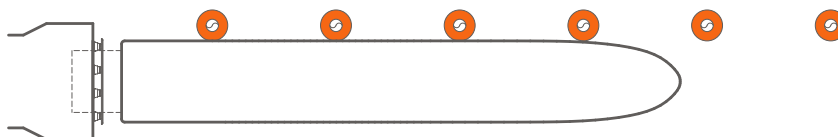
## ZASTOSOWANIA ODBOJNICY PALOWEJ

Odbojnice palowe często chronią narożniki nabrzeży i pomagają wprowadzić statek do śluzy.

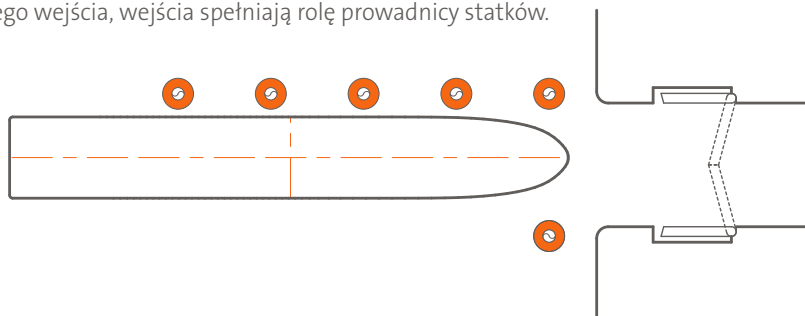
Jedną lub kilka odbojnic palowych często stosuje się do ochrony wystających narożników nabrzeży.



Tam, gdzie statki przesuwają się naprzód lub wstecz mając kontakt z odbojnicami, odbojnica palowa zredukuje tarcie i siły tnące. Odbojnice palowe mogą być ekonomicznym rozwiązaniem na nabrzeżach rorowców.

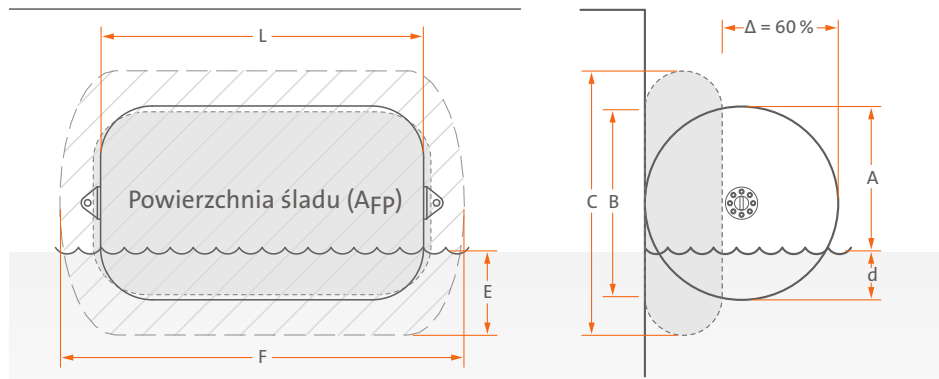


Statki podchodzące do śluz i suchych doków wymagają naprowadzenia, aby ustawiły się w osi obiektu. Odbojnice palowe pomagają wprowadzić statek do wąskiego wejścia, wejścia spełniają rolę prowadnicy statków.



## MONTAŻ ODBOJNICY PNEUMATYCZNEJ

Odbojnice pneumatyczne normalnie swobodnie unoszą się na wodzie, wznosząc się i opadając wraz z płytą. Ważne jest, aby odbojnica pneumatyczna miała wystarczającą powierzchnię podparcia na dąbnie czy ścianie nabrzeża w trakcie jej ściskania, bez ryzyka braku podparcia z góry lub boku. Istotne jest użycie łańcucha o właściwej wielkości, długości i gatunku materiału oraz odpowiednich dla niego szaki i krętlików. Szaki powinny mieć nakrętki zabezpieczające lub szczepione, aby uniknąć poluzowania. Można podwieszać odbojnice pneumatyczne ze ściany nabrzeża, ale nie wszystkie typy i wielkości do tego się nadają, a końce odbojnic wymagają specjalnego wzmocnienia. ShibataFenderTeam służy poradą dla każdego przypadku.



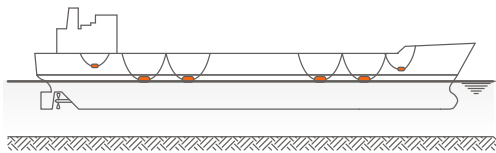
WIELKOŚĆ (D X L)	A	B	C	d	E	F	ŁAŃCUCH [mm]
φ 1,000 x 1,500 L	769	942	1,342	231	431	1,575	16
φ 1,200 x 2,000 L	949	1,130	1,610	251	491	2,100	18
φ 1,500 x 2,500 L	1,194	1,413	2,013	306	606	2,625	22
φ 2,000 x 3,500 L	1,639	1,884	2,684	361	761	3,675	28
φ 2,500 x 4,000 L	2,111	2,355	3,355	389	889	4,200	32
φ 3,300 x 6,500 L	2,698	3,109	4,429	602	1,262	6,825	44
φ 4,500 x 9,000 L	3,670	4,239	6,039	830	1,730	9,450	50

Podane wymiary dotyczą odbojnic z opłotem z łańcucha i opon, parcie początkowe 50 kPa. W pozostałych przypadkach prosimy zwrócić się o poradę do ShibataFenderTeam.

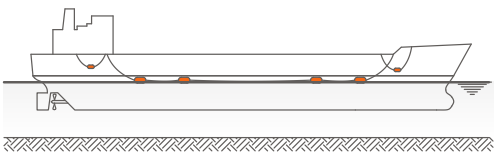
## CUMOWANIE STATKÓW BURTA W BURTĘ

Cumowanie równoległe dwóch statków (w celu odładunku) wymaga każdorazowo specjalnego planowania. Należy uwzględnić energię uderzenia, kąty podejścia oraz ruchy względne statku, zwłaszcza kołysanie boczne, które może przybliżyć kadłuby obu statków do siebie. Wybrana wielkość odbojnic (odbijaczy) musi utrzymywać bezpieczny odstęp między burtami, lecz nie na tyle duży, by doprowadzić do wtoczenia się odbijacza na pokład małej jednostki o niskiej wolnej burcie.

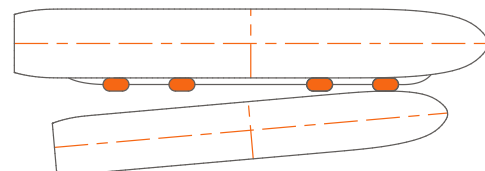
Odbojnice zamocowane pojedynczo



Odbojnice połączone ze sobą w rzędzie



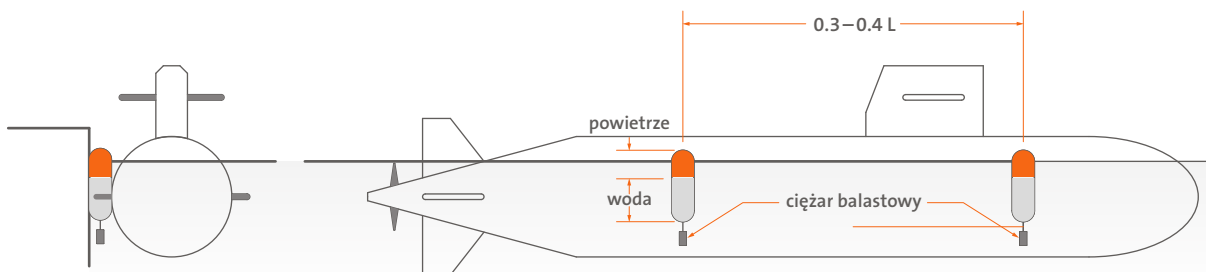
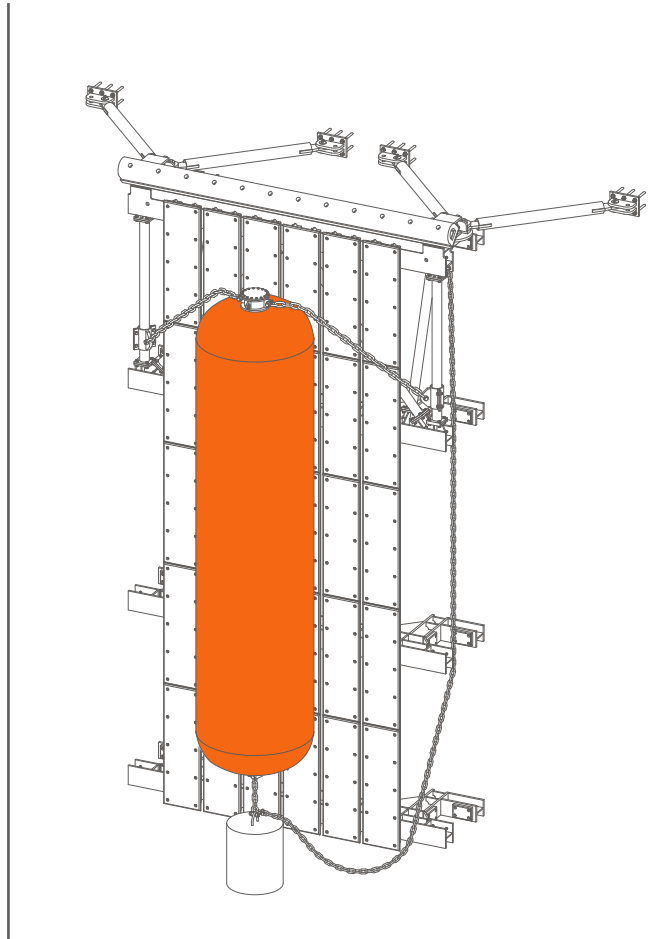
Wielkości statków i rozmieszczenie odbijaczy trzeba starannie zaplanować przed cumowaniem burta w burtę.



## ODBOJNICE HYDRO-PNEUMATYCZNE

Jest kilka typów statków, których większa część kadłuba jest pod wodą. Należą do nich okręty podwodne i pół-zanurzalne platformy wydobywcze. W szczególności okręty podwodne mają bardzo wrażliwe kadłuby pokryte akustycznymi gumowymi płytkami, które wymagają delikatnych i podatnych odbojnic.

Odbojnice hydro-pneumatyczne są częściowo wypełnione wodą i mają przeciwciężar utrzymujący je pionowo w wodzie. Aby utrzymać odbojnicę w pionie potrzebna jest rama podtrzymująca albo płaska konstrukcja nadbrzeża, oraz cumy zapobiegające zdrzefowaniu odbojnicy ze swojej pozycji.



Pracę odbojnicy hydro-pneumatycznej można dostosować odpowiednio do typu statku. Osiąga się to przez zmianę stosunku powietrza do wody i regulację ciśnienia wewnętrznego. Zanurzenie odbojnicy można zmieniać stosując różne przeciwciężary, po to, by zapewnić kontakt korpusu odbojnicy z najszerszą częścią kadłuba. W przypadku okrętów podwodnych jest również ważne, aby unikać kontaktu ze sterem głębokościowym.

## ŚRODOWISKO

Nieprzyjazne środowisko morskie stawia przed systemami odbojowymi wiele wymagań. Należy postawić na niezawodność, trwałość i odporność na degradację, w zależności od warunków lokalnych.

WPŁYW	UWAGI	STREFA ZWROTNIKOWA/ PODZWROTNIKOWA	UMIARKOWANA	ARKTYCZNA/ SUBARKTYCZNA
Korozyjność	Wysoka temperatura może przyspieszać korozję, tak jak wysokie stężenie soli w strefach pod/zwrotnikowych. Projektant musi wybrać właściwe powłoki kryjące, w niektórych przypadkach elementy montażowe ze stali nierdzewnej, naddatki korozyjne na grubości płyt i średnicach ogniw łańcucha, aby zminimalizować koszty konserwacji.	Wysoka	Umiarkowane	Umiarkowane
Ozon i promieniowanie UV	Z upływem czasu ozon powoduje kruchość powierzchni gumowej, a ultrafiolet powoduje pęknięcie. Skutki minimalizuje się stosując dobre materiały i właściwe mieszanie składników, ale nie można ich wyeliminować.	Wysokie	Umiarkowane	Wysokie
Zmęczenie	Zmęczenie materiału może wystąpić wszędzie, należy je brać pod uwagę przy projektowaniu, przy czym w niskich temperaturach skutki obciążeń zmęczeniowych mogą być poważniejsze, jeśli wybrane materiały staną się kruche.	Różne	Różne	Wysokie
Efekty cieplne	Wysokie temperatury powodują, iż guma mięknie, obniżając absorpcję energii. Niskie temperatury dają odwrotny skutek i zwiększają siły reakcji. Dla bardzo niskich temperatur należy dobrać odpowiednio gatunki stali i tworzyw, aby te nie stały się kruche.	Wysokie	Umiarkowane	Wysokie
Ruch i wibracje	Wibracje i duże ruchy statku mogą występować w każdym rejonie świata, choć najczęściej przy nieosłoniętych nabieżkach i terminalach głębokowodnych. Projektanci powinni wziąć pod uwagę wpływ kotyśań i wibracji na ścieranie płyty czołowej, luzowanie elementów montażowych i zużycie zestawów łańcuchowych.	Różne	Różne	Różne

## ZAPOBIEGANIE KOROZJI ELEMENTÓW ODBOJNIC

Jest kilka skutecznych metod zapobiegania lub zmniejszania korozji paneli odbojowych i akcesoriów.

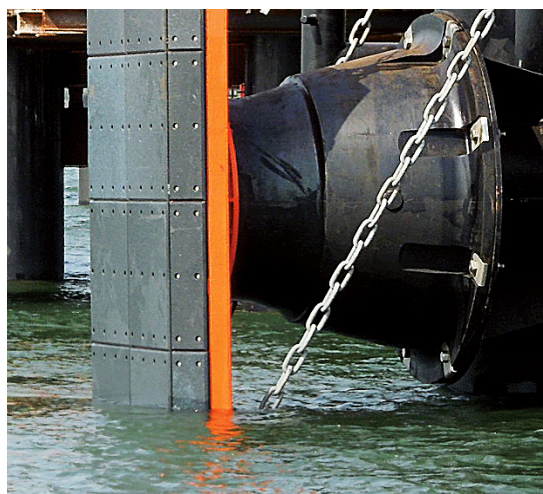
### GALWANIZACJA

Cynkowanie polega na nałożeniu ochronnej warstwy cynku na stal, co zapobiega rdzewieniu, ponieważ warstwa cynkowa koroduje najpierw. Grubsze powłoki są trwalsze (w granicach wykonalności), ale kiedy zapasy cynku wyczerpią się, stal pod spodem zaczyna korodować. Przy specyfikacji cynkowych powłok galwanicznych powszechnie stosuje się normę ISO 1461.

Grubość powłoki galwanicznej można powiększyć poprzez przygotowanie podłoża: śrutowanie, wytrawianie, w niektórych przypadkach przez dwukrotne zanurzenie. Należy kontrolować grubość powłoki na śrubach, aby uniknąć zapychania gwintu cynkiem – bezpośrednio po nałożeniu powłoki śruby poddaje się odwirowaniu.

Typowe grubości powłok:

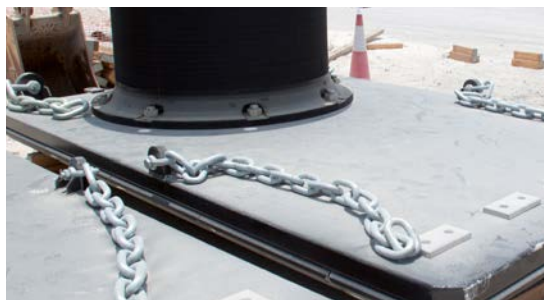
Składnik	Nominalna (średnia)	Minimalna (ISO 1461)
Wyroby cynkowanie ogniowo ( $t \geq 6$ mm)	85 $\mu\text{m}$ (610 g/m <sup>2</sup> )	70 $\mu\text{m}$ (505 g/m <sup>2</sup> )
Śruby ocynkowane z odwirowaniem (średnica $\geq 6$ mm)	50 $\mu\text{m}$ (360 g/m <sup>2</sup> )	40 $\mu\text{m}$ (285 g/m <sup>2</sup> )



Standardowe sworznie szaki są cynkowane elektrolitycznie, a nie ogniowo, czy zanurzeniowo z odwirowaniem.

## ANODY PROTEKTOROWE

Anody protektorowe działają podobnie jak powłoki galwaniczne, ale zapewniają większy zapas cynku, zatem mogą dłużej chronić stalowe elementy, w tym łańcuchy. Ważne jest aby anoda była stale zanurzona, aby uniknąć nagromadzenia się warstwy tlenku, która utrudnia działanie ochronne anody. Typowe anody protektorowe dla odbojnic ważą 4 kg i powinny być wymieniane dla skutecznej ochrony co 2-5 lat.



Ciężar anody dobiera się zależnie od chronionej powierzchni i okresu użytkowania. Prosimy skonsultować się z ShibataFenderTeam.

## POWŁOKI MALARSKIE

Norma ISO 12944 jest ogólnie stosowana jako międzynarodowa norma dla powłok malarskich nakładanych na panele odbojowe. Przepisy te wprowadzają podział na strefy środowiskowe i klasy trwałości. Dla najdłuższego okresu użytkowania w wodzie morskiej, w strefie rozbryzgu i w zakresie strefy pływów zaleca się zastosować klasę C5M(H) gdzie przewidywany okres eksploatacji wynosi przynajmniej 15 lat przy przestrzeganiu odpowiednich kontroli i konserwacji zapobiegawczej.

FARBA	Przygotowanie powierzchni ISO 8501	Powłoka(i) bazowa(e)				Powłoka(i) bazowa(e)			Ogółem DFT	Okres użytkowania Życie
		BAZA	TYP	POWŁOKI	DFT	BAZA	POWŁOKI	DFT		
Ogólna	SA2.5	Epoksydowa/ PUR	Wysokocynkowa	1	40 µm	Epoksydowa/ PUR	3-4	280 µm	320 µm	>15 lat
Jotun	SA2.5	Jotacoat Epoxy		2	140 µm	TDS Hardtop PU	1	45 µm	325 µm	>15 lat

## STAL NIERDZEWNA

W miejscach o wysokiej korozyjności zaleca się stosować elementy montażowe i śruby ze stali nierdzewnej. Nie wszystkie gatunki stali nierdzewnej nadają się do użytku morskiego, natomiast gatunki dobrze znane to:

SS 316/316L Gatunek	Austenityczna stal nierdzewna nadająca się do większości zastosowań odbojowych. Dostępna również jako stal 316S33 o wyższej zawartości molibdenu zapewniającej większą trwałość.
Duplex/ Super Duplex	Stale nierdzewne Duplex i Super Duplex są stosowane tam, gdzie wymagany jest bardzo długi okres użytkowania i gdzie dostęp w celu konserwacji może być utrudniony.
SS 304 Gatunek	Ten gatunek nie jest zalecany do zastosowań morskich, gdyż stal atakowana przez sól ulega korozji wżerowej.



### Zgrzewanie na zimno (określane też jako korozja cierna)

To zjawisko które może oddziaływać na elementy złączne ze stali nierdzewnej. Kiedy śruba jest dokręcana, tarcie na gwincie tworzy miejscowo wysoką temperaturę która powoduje zgrzewanie gwintów, uniemożliwiając dokręcenie lub odkręcenie elementu. Zaleca się stosowanie środka przeciwciernego na gwint przed montażem.

Trwałość stali nierdzewnej w zastosowaniach na morzu wyraża się liczbą PREN (Pitting Resistance Equivalent Number - równoważnik odporności na korozję wżerową). Wyższy PREN wskazuje na wyższą odporność, ale zazwyczaj oznacza wyższe koszty.

Pospolita nazwa	EN10088 ASTM	Typ	Cr (%)	Mo (%)	N (%)	PREN Cr+3.3Mo+16N
Zeron 100	1.4501	Super Duplex	24.0-26.0	3.0-4.0	0.20-0.30	<b>37.1-44.0</b>
	S32760		24.0-26.0	3.0-4.0	0.30-0.30	<b>37.1-44.0</b>
Duplex	1.4462	Duplex	21.0-23.0	2.5-3.5	0.10-0.22	<b>30.9-38.1</b>
	S31803		21.0-23.0	2.5-3.5	0.08-0.20	<b>30.5-37.8</b>
316/316L	1.4401	Austenityczna	16.5-18.5	≤ 2.00	≤ 0.11	<b>24.9-26.9</b>
	316/316L		16.0-18.0	≤ 2.00	≤ 0.10	<b>24.2-26.2</b>

## PROCEDURA BADAŃ

Standardowa procedura badania dla zaawansowanych odbojnic gumowych<sup>1</sup> ShibataFenderTeam spełnia wytyczne PIANC, które zostały określone w „Podręczniku dla projektowania systemów odbojowych: 2002: Załącznik A: Sekcja 6: Weryfikacja/Badanie jakościowe”.

## SPRZĘT BADAWCZY I URZĄDZENIA POMIAROWE

Sprzęt badawczy jest w pełni wyposażony w skalibrowane mierniki lub przetwornik ciśnienia oraz przetwornik(i) liniowy do mierzenia przemieszczenia, co umożliwia ciągłe monitorowanie parametrów roboczych odbojnicy podczas badania. Cały sprzęt testujący jest odpowiednio skalibrowany a certyfikaty dotyczące kalibracji są regularnie aktualizowane, tak aby zawsze był zachowany dla nich okres ważności co najmniej jednego roku.

## PROCEDURA BADAŃ – METODA CV

Badanie odbojnic formowanych<sup>2</sup> i odbojnic cylindrycznych<sup>3</sup> jest przeprowadzane na miejscu z możliwością udziału osób trzecich z wykorzystaniem pełnowymiarowych odbojnic, zgodnie z poniższą konfiguracją badania, spełniającą wytyczne PIANC (Załącznik A:4.1):

- ▶ Wszystkie odbojnice mają niepowtarzalny numer seryjny, dzięki któremu można zlokalizować zapisy z danego etapu produkcji i testów.
- ▶ Odbojnice są testowane na ściskanie osiowe w pionie.
- ▶ Odbojnica jest 3 razy ściskana do nominalnej wartości ugięcia, a następnie przez przynajmniej godzinę powraca ona do poprzedniego stanu.
- ▶ Temperatura badania wynosi  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ▶ Właściwe wartości wytrzymałości zostają zapisane na podstawie czwartego ściskania.
- ▶ Prędkość ściskania wynosi 2 – 8 cm / min.
- ▶ Podczas testu obciążenie powinno być zapisane z dokładnością  $\pm 1.0 \text{ kN}$  ( $\pm 0.1 \text{ t}$ ) a ugięcie  $\pm 0.5 \text{ mm}$ , chyba, że określono inaczej.
- ▶ Absorpcja energii<sup>5</sup> wyznaczana jest jako całka reakcji i ugięcia, obliczona według reguły Simpsona.
- ▶ Ściskanie powinno być zatrzymane po uzyskaniu 110 % nominalnej siły reakcji, dla maksymalnej siły reakcji określonej w specyfikacji albo do osiągnięcia nominalnego / maksymalnego ugięcia odbojnicy.
- ▶ Jeśli jakikolwiek element nie spełnia warunków specyfikacji, ilość odbojnic poddanych próbie zwiększa się do 20 % odbojnic (w zaokrągleniu do jedności), z wyłączeniem elementów niespełniających wymogów.
- ▶ Jeśli dalsza próbka nie spełnia wymogów, należy przetestować 100 % pozostałych elementów. Tylko elementy zgodne ze specyfikacją techniczną zostaną przekazane do wysyłki. Odbojnice nie spełniające wymagań zostaną odrzucone.

<sup>1</sup> Zgodnie z definicją PIANC Załącznik A: Sekcja 1.2, wyklucza się małe odbojnice.

<sup>2</sup> Odbojnice formowane obejmują następujące typy: SPC, CSS, FE, SX, SX-P oraz SH. Odbojnice SPC, CSS, SX, SX-P oraz SH są testowane pojedynczo, odbojnice FE są testowane parami.

<sup>3</sup> Wyłączając odbojnice cylindryczne dla holowników.

<sup>4</sup> Gdy temperatura otoczenia wykracza poza podany zakres, odbojnice należy doprowadzić do temperatury mieszczącej się w podanym zakresie w pomieszczeniu przeznaczonym do kondycjonowania przez odpowiedni okres czasu (zależnie od wielkości odbojnicy) lub wartości parametrów odbojnicy można korygować zgodnie z tabelą współczynników korekcyjnych dla odbojnic. Czas stabilizacji nie będzie krótszy niż  $20x^{1.5}$  dni, zaokrąglony do kolejnego pełnego dnia ( $x$  = rozmiar największej grubości gumy w metrach).

<sup>5</sup> Tam, gdzie znajduje to zastosowanie siła reakcji (i odpowiadająca jej obliczona absorpcja energii) ma być dokładnie zapisaną wartością ze względu na temperaturę lub prędkość ściskania.



Badanie odbojnic gumowych

## KRYTERIA ZALICZENIA

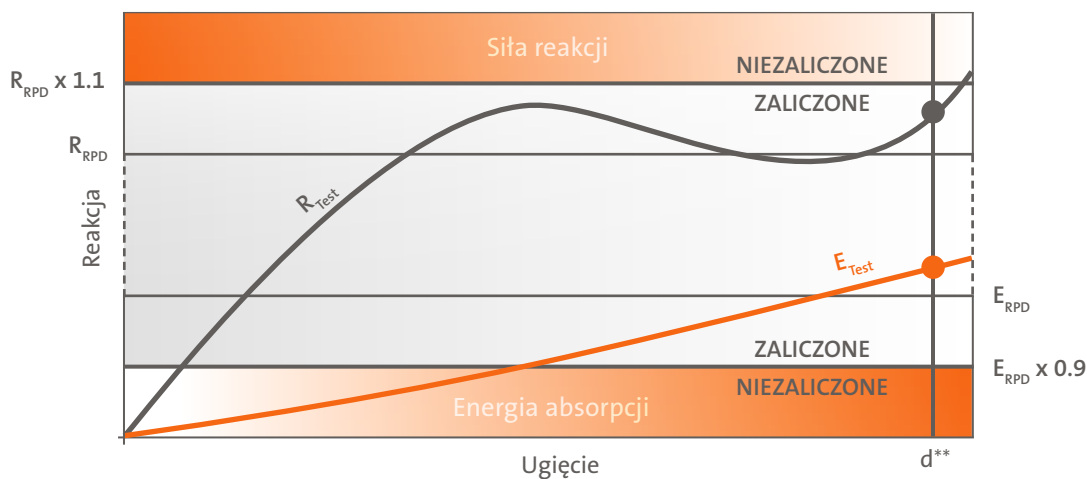
Badanie sprawdzające (lub badanie jakościowe) jest przeprowadzane w celu sprawdzenia pracy odbojnic pod kątem zgodności z katalogiem RPD (nominalne dane eksploatacyjne) lub innymi wartościami określonymi przez klienta. Testowane są odbojnice wykonane dla konkretnego projektu. Jeśli jest to konieczne uzyskane wyniki zostają dopasowane z wykorzystaniem tabel współczynnika korekcyjnego dla początkowej prędkości uderzenia i temperatury. Odbojnica przechodzi badanie sprawdzające, jeśli spełnione zostaną następujące warunki:

### 1. Wizualne

Nie ma wizualnych śladów wad, takich jak usterki łączy lub rozdarcia na powierzchni odbojnicy.

### 2. Parametry robocze

Odbojnica pracuje w wymagany sposób (wymagana reakcja i energia) w zakresie tolerancji produkcyjnych, jeśli podczas badania zostaną spełnione jednocześnie wszystkie poniższe wymogi.\*



#### KRYTERIA ZALICZENIA SIŁY REAKCJI

$R_{Test}$  Siła Reakcji w zależności od prędkości i właściwej temperatury, jest niższa lub równa wymaganej reakcji pomnożonej przez nominalną wartość tolerancji reakcji\* (wartość najwyższa) określonej w katalogu.

$$R_{Test} \leq R_{RPD} \times 1.1$$

#### KRYTERIA ZALICZENIA ABSORPCJI ENERGII

$E_{Test}$  Energia absorpcji w zależności od prędkości i właściwej temperatury jest wyższa lub równa wymaganej energii pomnożonej przez nominalną wartość dla tolerancji energii\* (wartość najniższa) określonej w katalogu.

$$E_{Test} \geq E_{RPD} \times 0.9$$

$R_{Test}$  = Siła reakcji dla odpowiedniej prędkości i temperatury określona na podstawie badania sprawdzającego

$R_{RPD}$  = Siła reakcji przy parametrach RPD (nominalne dane eksploatacyjne)

$E_{Test}$  = Energia absorpcji dla odpowiedniej prędkości i temperatury określona na podstawie badania sprawdzającego

$E_{RPD}$  = Energia absorpcji przy parametrach RPD (nominalne dane eksploatacyjne)

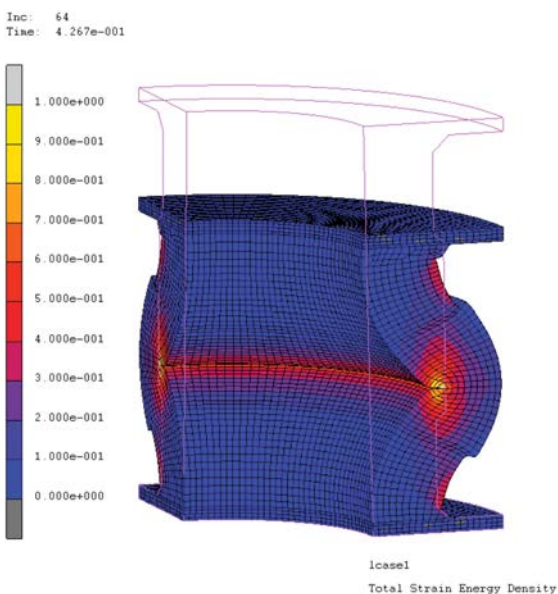
\* Standardowe zakresy tolerancji dla produkcji, patrz katalog produktu ShibataFenderTeam strona 124

\*\* Ugięcie nie stanowi kryteriów zaliczenia/niezaliczenia, prosimy sprawdzić wytyczne PIANC2002 strona 49 punkt 6.1.2

## UWAGI

- ▶ Standardowe badanie sprawdzające jest przeprowadzane dla 10% odbojnic jednego rozmiaru i klasy, wyprodukowanych z tej samej formy dla określonego zamówienia (w zaokrągleniu do pełnej jednostki).
- ▶ Próbne ugięcie jest obowiązkowe dla odbojnic o sile reakcji 100 t i wyższej, które mają być instalowane na konstrukcjach wrażliwych na obciążenie (patrz PIANC 6.2.1).
- ▶ Wszystkie urządzenia pomiarowe powinny być skalibrowane i opatrzone certyfikatem zgodności w zakresie  $\pm 1\%$ , zgodnie z ISO lub odpowiednich wymogów JIS lub ASTM. Kalibracja powinna być możliwa do odniesienia dla krajowych / międzynarodowych norm i powinna być wykonywana raz na rok przez akredytowaną organizację zewnętrzną.
- ▶ Standardowe badanie PIANC jest wliczone w cenę odbojnicy. Inna częstotliwość badania, poświadczenie strony trzeciej oraz koszty uzyskania wymaganych warunków temperaturowych są ponoszone przez nabywcę.

## ANALIZY FE



Testowanie ściskania kąowego odbojnicy SPC z łańcuchami mocującymi



Komora klimatyczna

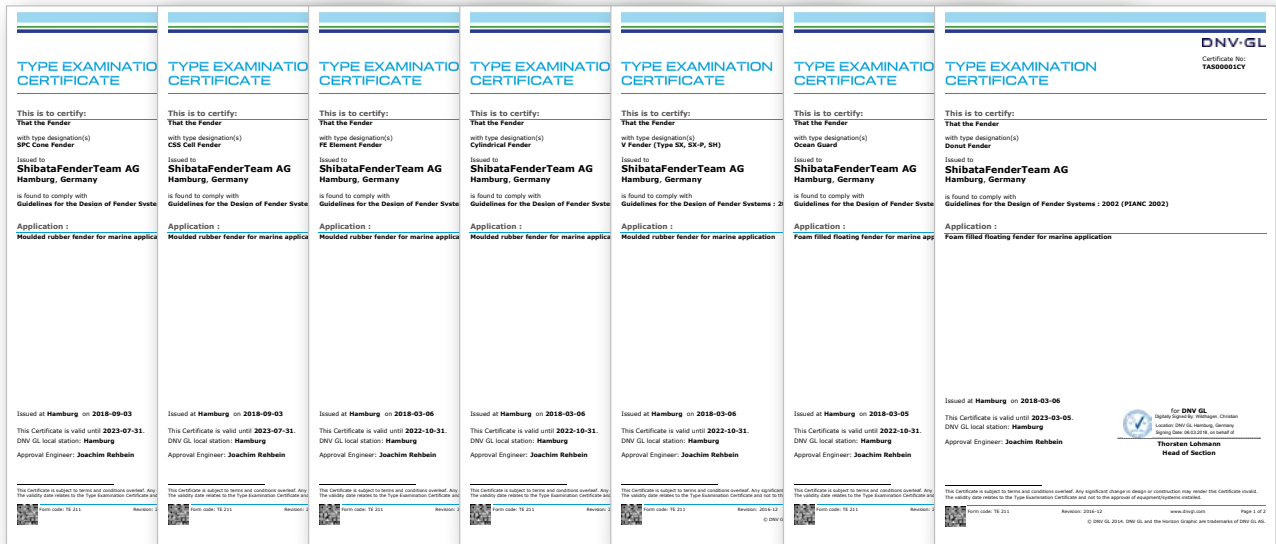


Testowanie na siły ścinające odbojnicy CSS z panelem i płytami czołowymi UHMW-PE

CERTYFIKATY JAKOŚCI



- ▶ ISO 14001:2015 – Certyfikat zakładu produkcyjnego (Shibata Industrial Co. Ltd.)
- ▶ ISO 9001:2015 – Certyfikat łańcucha dostaw (Shibata Industrial Co. Ltd.)
- ▶ ISO 9001:2008 – Certyfikat łańcucha dostaw (ShibataFenderTeam AG)
- ▶ EN 1090-2:2008+A1:2011 – EXC3 Certyfikat zakładu produkcyjnego (spawanie) (ShibataFenderTeam AG)



Świadectwa homologacji dla różnych typów odbojnic zgodne z PIANC 2002.

Dla celów weryfikacyjnych prosimy o sprawdzenie na stronie <https://approvalfinder.dnvgl.com>

- ▶ Odbojnice stożkowe (SPC)
- ▶ Odbojnice tulejowe (CSS)
- ▶ Odbojnice elementowe (FE)
- ▶ Odbojnice cylindryczne
- ▶ Odbojnice V
- ▶ Odbojnice Ocean Guard
- ▶ Odbojnice typu "Donut"

## WYMAGANIA PROJEKTOWE

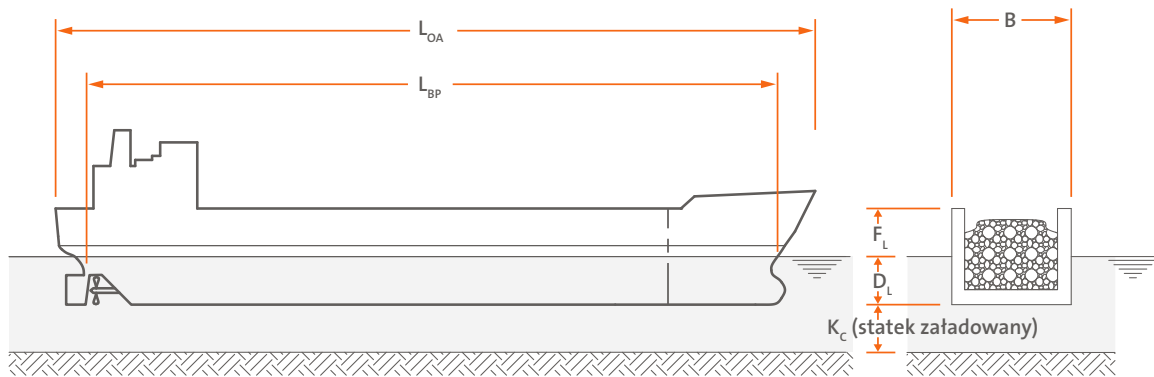
Port: .....  
 Nabrzeże: .....  
 Klient: .....  
 Projektant: .....  
 Wykonawca: .....

Dokładne informacje projektowe wymagane są w celu złożenia oferty na najbardziej odpowiednie odbojnice.  
 Prosimy skorzystać z poniższej tabeli aby opisać wymagania eksploatacyjne w sposób jak najbardziej szczegółowy.

Projekt (inwestycja):  Nowa budowa  Modernizacja

Status:  wstępny  szczegółowy  oferta przetargowa

## INFORMACJE O STATKU



### NAJWIĘKSZE STATKI

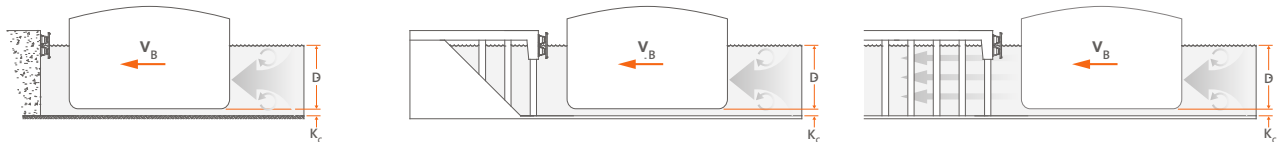
Typ/Klasa .....  
 Nośność ..... DWT  
 Wyporność ..... t  
 Długość całkowita ..... m  
 Szerokość ..... m  
 Zanurzenie ..... m  
 Parcie na kadłub ..... kN/m<sup>2</sup> (kPa)  
 Listwa odbojowa  tak  nie ..... wielkość  
 Nawis dziobowy .....st.  
 Promień krzywizny dziobu ..... m

### NAJMNIEJSZE STATKI

Typ/Klasa .....  
 Nośność ..... DWT  
 Wyporność ..... t  
 Długość całkowita ..... m  
 Szerokość ..... m  
 Zanurzenie ..... m  
 Parcie na kadłub ..... kN/m<sup>2</sup> (kPa)  
 Listwa odbojowa  tak  nie ..... wielkość  
 Nawis dziobowy .....st.  
 Promień krzywizny dziobu ..... m

## INFORMACJE DOT. NABRZEŻA

CZOŁO NABRZEŻA ZAMKNIĘTEGO  CZOŁO NABRZEŻA PÓŁ-ZAMKNIĘTEGO  BUDOWLA OTWARTA



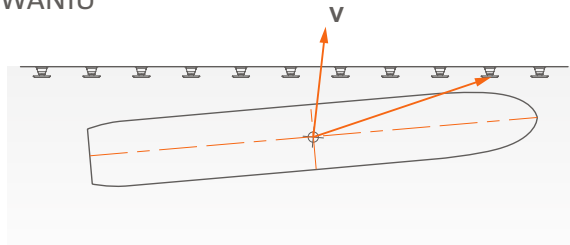
Rodzaj nabrzeża  Nabrzeże ciągłe  Dalby  Ponton  Śluza lub suchy dok  Inne .....  
 Rozstaw odbojnic ..... m Maksymalna reakcja ..... kN  
 Poziom korony nabrzeża .....m (powyżej zera mapy) Poziom spodu nabrzeża (powyżej zera mapy) ..... m  
 Największy przyptyw morza (WW) .....m (powyżej zera mapy) Najniższy przyptyw morza (NW) ..... m  
 Zapas wody pod stępką ..... m (min)..... m (max) Prędkość wiatru ..... m/s  
 Import/Export  Import  Export  Oba Prędkość prądu ..... m/s

**LOKALIZACJA**

- Klimat**       Umiarkowany     Zwrotnikowy     Pustynny     Śródziemnomorski     Polarny  
**Temperatura**    .....°C (min)      .....°C (max)      **Korozyjność**     Wysoka     Średnia     Niska  
**Rodzaj wody**     Słona     Słodka    SG = ..... t/m<sup>3</sup>      **Kra zimą**       Nigdy     Czasami     Co roku

**INFORMACJE O CUMOWANIU**

Cumowanie burtą

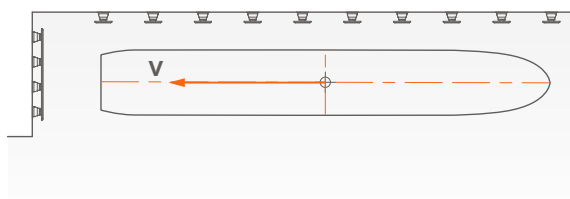


Prędkość podchodzenia ..... m/s

Kąt podejścia ..... st.

Współczynnik.....  
 bezpieczeństwa

Cumowanie rufą/dziobem

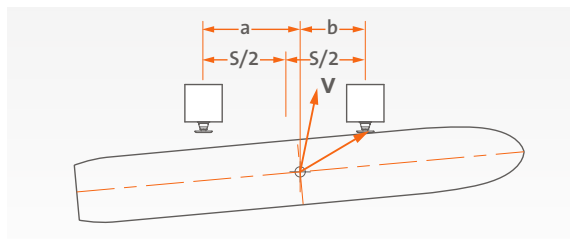


Prędkość podchodzenia ..... m/s

Kąt podejścia ..... st.

Współczynnik.....  
 bezpieczeństwa

Cumowanie do dalb

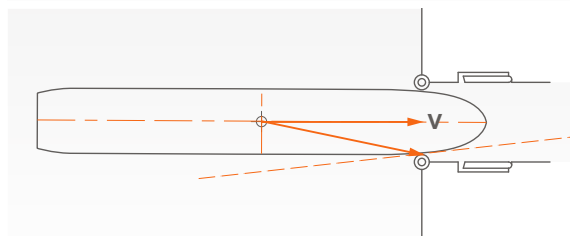


Prędkość podchodzenia ..... m/s

Kąt podejścia ..... st.

Współczynnik.....  
 bezpieczeństwa

Wejście do śluzy

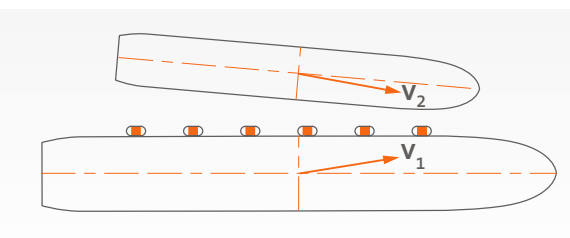


Prędkość podchodzenia ..... m/s

Kąt podejścia ..... st.

Współczynnik.....  
 bezpieczeństwa

Odładunek burta w burtę



Prędkość podchodzenia ..... m/s

Kąt podejścia ..... st.

Współczynnik.....  
 bezpieczeństwa

**INNE INFORMACJE**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Przepisy projektowe:**

- PIANC
- BS6349
- EAU-2004
- ROM 2.0-11
- ROSA 2000
- ASNZ 4997
- UFC 4-152-01
- Inne

## PRZELICZNIKI

<b>KĄT</b>	<b>Stopnie</b>	<b>Minuty</b>	<b>Sekundy</b>	<b>Radian</b>
1 RADIAN	57.3	3,438	$2.063 \times 10^5$	1
1 stopień	1	60	3,600	$1.745 \times 10^{-2}$
<b>ODLEGŁOŚĆ</b>	<b>m</b>	<b>in</b>	<b>ft</b>	<b>Mila Morska</b>
1 METR	1	39.37	3.281	$5.4 \times 10^{-4}$
1 cal	$2.54 \times 10^{-2}$	1	$8.333 \times 10^{-2}$	$1.371 \times 10^{-5}$
1 stopa	0.3048	12	1	$1.646 \times 10^{-4}$
1 mila morska	1,852	$7,291 \times 10$	6,076.1	1
<b>POWIERZCHNIA</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>cm<sup>2</sup></b>	<b>in<sup>2</sup></b>	<b>ft<sup>2</sup></b>
1 METR KWADRATOWY	1	$10^4$	1,550	10.76
1 centymetr kwadratowy	$10^{-4}$	1	0.155	$1.076 \times 10^{-3}$
1 cal kwadratowy	$6.452 \times 10^{-4}$	6.452	1	$6.944 \times 10^{-3}$
1 stopa kwadratowa	$9.290 \times 10^{-2}$	929	144	1
<b>OBJĘTOŚĆ</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>cm<sup>3</sup></b>	<b>litry</b>	<b>ft<sup>3</sup></b>
1 METR SZEŚCIENNY	1	$10^6$	1,000	35.31
1 centymetr sześcienny	$10^{-6}$	1	$10^{-3}$	$3.531 \times 10^{-8}$
1 litr	$10^{-3}$	1,000	1	$3.531 \times 10^{-2}$
1 stopa sześcienna	$2.832 \times 10^{-2}$	$2.832 \times 10^4$	28.32	1
<b>MASA</b>	<b>kg</b>	<b>t</b>	<b>lb</b>	
1 KILOGRAM	1	$10^{-3}$	2.205	
1 tona	$10^3$	1	2,205	
1 funt	0.454	$4.536 \times 10^{-4}$	1	
<b>GĘSTOŚĆ</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>t/m<sup>3</sup></b>	<b>lb/ft<sup>3</sup></b>	<b>lb/in<sup>3</sup></b>
1 KILOGRAM/METR <sup>3</sup>	1	$10^{-3}$	$6.243 \times 10^{-2}$	$3.613 \times 10^{-5}$
1 tona/metr <sup>3</sup>	$10^3$	1	62.428	$3.613 \times 10^{-2}$
1 funt/stopa <sup>3</sup>	16.018	$1.602 \times 10^{-2}$	1	$5.787 \times 10^{-4}$
1 funt/cal <sup>3</sup>	27,680	27.68	1,728	1
<b>PRĘDKOŚĆ</b>	<b>m/s</b>	<b>mil/godz.</b>	<b>km/godz.</b>	<b>kt</b>
1 METR/SEKUNDA	1	2.237	3.600	1.944
1 mila na godzinę	0.447	1	1.609	0.869
1 kilometr na godzinę	0.278	0.621	1	0.54
1 węzeł	0.514	1.151	1.852	1
<b>SIŁA</b>	<b>kN</b>	<b>tf</b>	<b>lbf</b>	<b>kip</b>
1 KILONIUTON	1	0.102	224.8	0.225
1 tona siła	9.807	1	2,204	2.205
1 kip	4.448	0.454	$10^3$	1
<b>ENERGIA</b>	<b>kNm (kJ)</b>	<b>tm</b>	<b>kip-ft</b>	
1 KILONIUTON-METR	1	0.102	0.738	
1 tona-metr	9.807	1	7.233	
1 kip-stopa	1.356	0.138	1	
<b>PARCIE, NAPRĘŻENIE</b>	<b>kN/m<sup>2</sup> (kPa)</b>	<b>N/mm<sup>2</sup> (MPa)</b>	<b>tf/m<sup>2</sup></b>	<b>lbf/in<sup>2</sup> (psi)</b>
1 NIUTON/METR <sup>2</sup>	0.001	$10^{-6}$	$1.02 \times 10^{-4}$	$1.450 \times 10^{-4}$
1 kilopaskal	1	$10^{-3}$	0.102	0.145
1 megapaskal	$10^3$	1	102	145
1 tona siła/metr <sup>2</sup>	9.807	$9.807 \times 10^{-3}$	1	1.422
1 funt siła /cal <sup>2</sup> (psi)	6.895	$6.895 \times 10^{-3}$	0.703	1
<b>GRAWITACJA</b>	<b>m/s<sup>2</sup></b>	<b>cm/s<sup>2</sup></b>	<b>in/s<sup>2</sup></b>	<b>ft/s<sup>2</sup></b>
1 g	9.807	980.7	386.1	32.174



## USŁUGI POSPRZEDAŻOWE I GWARANCJE

ShibataFenderTeam zobowiązana jest do udzielania wsparcia technicznego i pomocy podczas fazy montażu i rozruchu oraz w późniejszym okresie. Posiadając w Niemczech własną ekipę specjalistów od montażu i konserwacji, możemy zaoferować pomoc podczas montażu i/lub podczas prac konserwacyjnych. Udzielamy wsparcia klientom w zakresie remontów i modernizacji oraz kiedy trzeba szybko usunąć przypadkowe uszkodzenia. Oferujemy gwarancje standardowe i rozszerzone, jak również doradztwo w sprawach inspekcji i programów konserwacji realizowanych po to, aby nasze systemy odbojowe zawsze zapewniały najlepsze działanie i ochronę.

Standardowy okres gwarancji to 12 miesięcy od montażu albo 18 miesięcy od daty wysyłki, którekolwiek z powyższych nastąpi wcześniej. Gwarancje na dłuższy okres udostępniamy na żądanie. Gwarancje na pracę odbojnic są też dostępne, jeśli przeprowadzone zostanie badanie działania odbojnic. Możemy też udzielić rozszerzonych gwarancji na powłoki malarskie. We wszystkich przypadkach gwarancje firmy ShibataFenderTeam są uzależnione od przeprowadzania przez operatorów nabrzeży okresowych inspekcji zgodnie z naszymi zaleceniami, oraz terminowego przesyłania raportów i zdjęć. Pozwoli to na wczesne wykrycie wszelkich problemów i ich naprawę i monitorowanie.

Gwarancje nie obejmują przypadkowych uszkodzeń, normalnego zużycia, wyglądu czy skutków degradacji od czynników zewnętrznych z upływem czasu. W mało prawdopodobnym przypadku roszczenia dotyczące wadliwego materiału i/lub wykonawstwa, ShibataFenderTeam naprawi lub wymieni wadliwe elementy według własnego uznania. Wartość rekompensaty nie może przekroczyć kosztów dostarczonych materiałów, pomniejszoną o normalne zużycie, a w żadnych okolicznościach nie akceptujemy kosztów usunięcia lub ponownego montażu, czy innych powiązanych kosztów, strat lub przyjętych zobowiązań.

ShibataFenderTeam zaleca użytkownikom, aby wdrożyli system zarządzania majątkiem oparty na normie ISO 55000 (lub PAS-55).

### WYŁĄCZENIE ODPOWIEDZIALNOŚCI

ShibataFenderTeam dołożyła wszelkich starań, aby specyfikacje techniczne, opisy wyrobów i metody projektowania były prawidłowe i zgodne z najlepszymi praktykami. ShibataFenderTeam AG, jej przedsiębiorstwa podległe oraz przedstawiciele i jednostki powiązane nie ponoszą żadnej odpowiedzialności za błędy i zaniedbania bez względu na ich przyczynę. Klientom używającym niniejszego podręcznika w celu opracowania projektu zaleca się stanowczo, aby zwrócili się do specjalistów ShibataFenderTeam o szczegółową specyfikację, obliczenia i zatwierdzone rysunki przed rozpoczęciem budowy i/lub produkcji. ShibataFenderTeam nieustannie dąży do podnoszenia jakości i parametrów użytkowych swoich produktów i systemów. Zastrzegamy sobie prawo do wprowadzania zmian w specyfikacjach bez uprzedniego powiadomienia. Wszystkie podane wymiary, właściwości materiałowe i parametry użytkowe podlegają znormalizowanym tolerancjom. Niniejszy podręcznik zastępuje informacje podane w poprzednich wydaniach. Powinien być używany razem z aktualnymi katalogami wyrobów ShibataFenderTeam. W razie wątpliwości, prosimy zwrócić się o wyjaśnienia do firmy ShibataFenderTeam.

© 2026 ShibataFenderTeam AG, Germany

Wszystkie prawa do niniejszego podręcznika zastrzeżone przez ShibataFenderTeam AG. Jego reprodukcja, kopiowanie czy przekazywanie osobom trzecim bez uprzedniego indywidualnego zezwolenia firmy ShibataFenderTeam AG są zabronione.

ShibataFenderTeam® stanowi zastrzeżony znak handlowy firmy ShibataFenderTeam AG.

mies./rok: 05/2026



---

# BIURA.

## **ShibataFenderTeam AG**

Tarpen 40, Haus 1b  
22419 Hamburg, Germany  
Tel. +49 (0)40 63 86 10 - 170  
Fax +49 (0)40 63 86 10 - 180  
info@shibata-fender.team

## **ShibataFenderTeam Inc.**

44084 Riverside Parkway, Suite 170  
Lansdowne, VA 20176, USA  
Tel. +1 (571) 281-3770  
Fax +1 (571) 223-3267  
contact-americas@shibata-fender.team

## **ShibataFenderTeam S.A.S.**

Parc d'Activité du Tremblay  
7 rue Roland Martin, Bâtiment B  
94500 Champigny-sur-Marne, France  
Tel. +33 (0)1 48 73 00 96  
Fax +33 (0)1 48 77 55 40  
contact-france@shibata-fender.team

## **ShibataFenderTeam Sdn. Bhd.**

Level 11, Top Glove Tower  
Lot 11-H, No.16, Persiaran Setia Dagang  
Bandar Setia Alam, 40170 Shah Alam  
Selangor, Malaysia  
Tel. +60 (0)3 5545 9215  
Fax +60 (0)3 3362 6365  
contact-malaysia@shibata-fender.team

## **ShibataFenderTeam Spain SLU**

Av/ Amado Granell Mesado no. 75  
3ª Planta, oficina 3C  
46013 Valencia, Spain  
Tel. +34 960 913 108  
contact-spain@shibata-fender.team

## **ShibataFenderTeam B.V.**

Meerheide 58A  
5521 DZ Eersel, The Netherlands  
contact-netherlands@shibata-fender.team

[www.shibata-fender.team](http://www.shibata-fender.team)

Przedstawiono przez:

**GALOR·EU**

**Przemysław Galor**  
ul. Madalińskiego 8  
71-101 Szczecin  
e-mail: [biuro@galor.eu](mailto:biuro@galor.eu)  
tel./fax. 91 423 32 01  
tel. mob. 508 097 082