



**POLITECHNIKA GDAŃSKA**  
**WYDZIAŁ OCEANOTECHNIKI I OKRĘTOWNICTWA**  
**KATEDRA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH**



80-233 Gdańsk ul. Narutowicza 11/12 tel. (58) 347-21-81, fax: 347-21-81 e-mail: [pawszym1@pg.gda.pl](mailto:pawszym1@pg.gda.pl)

---

dr inż. PAWEŁ SZYMAŃSKI

# **SYSTEM OKRĘTOWY – PODSTAWOWE POJĘCIA**

# Zakres tematyczny przedmiotu

- 1 . **Wiadomości wstępne** – pojęcie systemu okrętowego, funkcje i klasyfikacja systemów okrętowych. Wymagania formalno – prawne w odniesieniu do instalacji i urządzeń okrętowych.
- 2 . **Zdolność do ruchu statku** – ogólne wiadomości o **układzie napędowym**.
- 3 . Ogólne wiadomości o **instalacjach rurociągów** okrętowych.
- 4 . Bezpieczeństwo pożarowe statku – **instalacje przeciwpożarowe**.
- 5 . **Instalacje balastowe i zęzowe**.
- 6 . **Wentylacja i klimatyzacja**.
- 7 . **Instalacje sanitarne**
- 8 . **Okrętowe urządzenia i instalacje chłodnicze**.
- 9 . **Okrętowe systemy cumowniczo – kotwiczne**.
10. **Systemy dynamicznego pozycjonowania**.
11. **Niezawodność funkcjonowania systemów okrętowych**.
12. Ekologiczne aspekty eksploatacji statków – urządzenia i instalacje ochrony środowiska.
13. **Instalacje specjalne statków transportowych**.
14. **Instalacje specjalne statków pozatransportowych**.

# Temat 1 - zagadnienia

- 1. Pojęcie systemu – system okrętowy.**
- 2. Funkcje systemów okrętowych.**
- 3. Klasyfikacja systemów okrętowych.**
- 4. Wymagania formalno – prawne w odniesieniu do instalacji i urządzeń okrętowych.**
  - **klasa statku, przepisy klasyfikacyjne**
  - **konwencje i kodeksy**

## POJĘCIE SYSTEMU

**"Zespół powiązanych ze sobą elementów, które stanowią pewną całość. Istotną cechą tej całości jest to, że nie jest ona prostą sumą samych części"**

„Jakikolwiek **obiekt fizyczny lub abstrakcyjny**, w którym można wyróżnić jakieś **wzajemnie powiązane dla obserwatora elementy**. W tym sensie podział czegoś na systemy jest względny i zależy od tego kto, przy pomocy czego i do czego poklasyfikował jakiś zbiór na systemy. Dlatego też **elementy jednego systemu mogą stanowić składniki innych systemów.**”

„Wycinek świata realnego, który jako całość służy wypełnieniu określonych zadań”



# INTERPRETACJE POJĘCIA SYSTEMU

ZBIÓR ELEMENTÓW + STRUKTURA = UKŁAD

ZBIÓR UKŁADÓW + KOORDYNACJA WEWNĘTRZNA = MASZYNA

ZBIÓR MASZYN + FUNKCJA = **SYSTEM**

Przykład:

- *tłoki + cylindry + instalacje* → *silnik okrętowy*,
- *silnik + wał napędowy + śruby* → *układ napędowy*,
- *układ napędowy + inne układy + kadłub* → *maszyna zwana statkiem*,
- *statek + ładunek + załoga + port macierzysty i port docelowy* → **SYSTEM**

Przykład:

- *płuca + tchawica + jama ustna + inne narządy* → *układ oddechowy*,
- *układ oddechowy + układ pokarmowy + inne układy, wzajemnie skoordynowane* → *człowiek*,
- *człowiek + otoczenie + aktywność (np. zawodowa)* → **SYSTEM**

**„SYSTEM - BYT PRZEJAWIAJĄCY ISTNIENIE PRZEZ SYNERGICZNE WSPÓŁDZIAŁANIE SWOICH CZĘŚCI”.**

Pojęcie **SYSTEM** występuje powszechnie w języku naturalnym i we wszystkich naukach i technologiach.

## Przykłady:

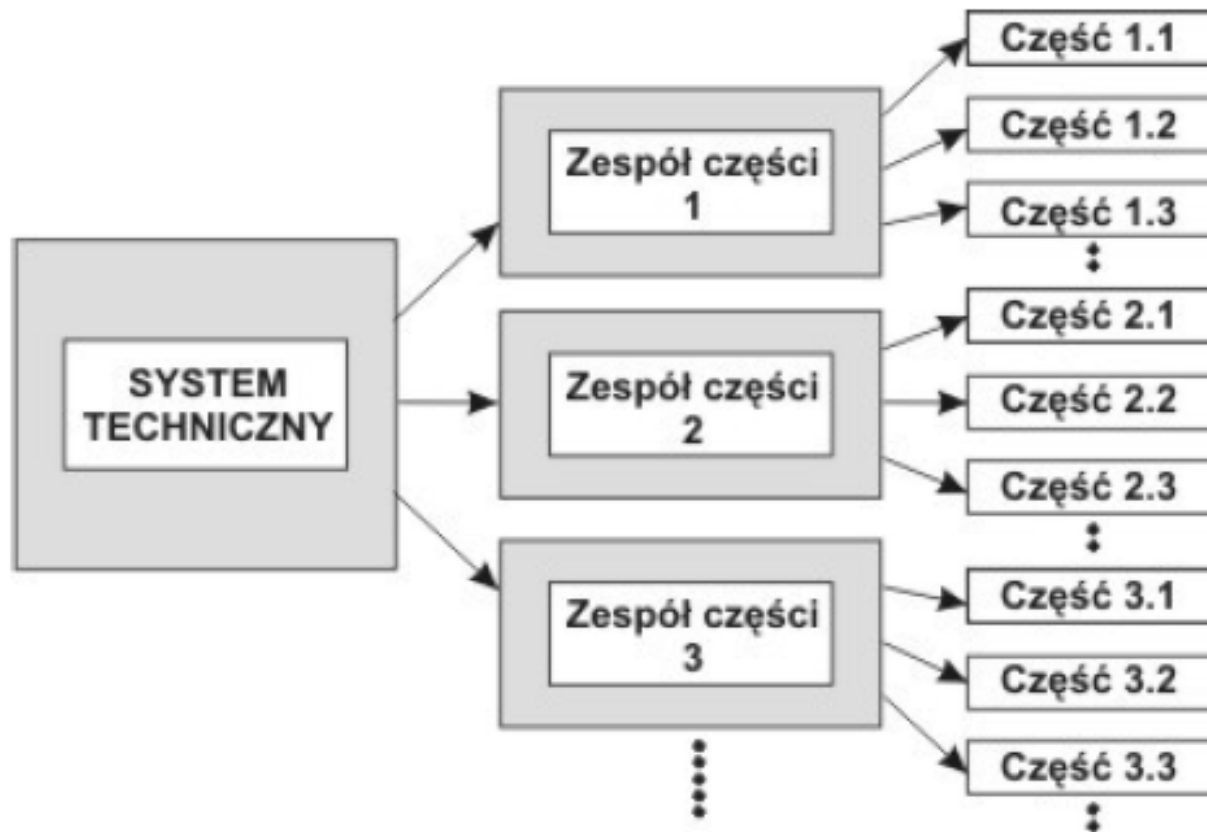
- **system państwowy, system prawny** – *nauki społeczne*
- **system operacyjny** – *informatyka*
- **system autonomiczny** - *Internet, cybernetyka*
- **system dedukcyjny** – *logika*
- **system liczbowy, dziesiętny, dwójkowy itp.** – *matematyka*
- **system metryczny** – *jednostki miar*
- **system nerwowy** – *anatomia*
- **system słoneczny** – *astronomia*
- **system filozoficzny** – *filozofia*
- **system radionawigacyjny** - *okrętownictwo*

# Cechy systemu

- Stanowi spójną całość
- Składa się z usytuowanych hierarchicznie podsystemów
- Elementy systemu są współzależne i powiązane relacjami
- Dąży do osiągnięcia określonego celu, a jego elementy osiągają stan końcowy, będący stanem równowagi
- Dokonuje transformacji wejść w wyjścia
- Musi mieć możliwość regulacji swoich elementów dla osiągnięcia założonych celów (planowanie, kontrola, inne)

**SYSTEM TECHNICZNY** składa się z podzespołów (podsystemów) i części złożonych w taki sposób, aby mogła być realizowana określona funkcja celu danego wyrobu.

**SYSTEM** składa się z odpowiednio połączonych podsystemów realizujących funkcje jednostkowe; w rezultacie otrzymuje się **strukturę funkcjonalną systemu**.



# Podstawowe pojęcia

**OBIEKT TECHNICZNY** – maszyna, urządzenie, mechanizm, przyrząd, aparat itd. **charakteryzujące się następującymi cechami ogólnymi:**

- jest wykonany przez człowieka z materii nieożywionej dla realizacji określonego celu działania,
- celowo wykorzystywać je może tylko człowiek,
- ma określone przeznaczenie (zbiór możliwych zastosowań),
- funkcjonuje zgodnie z prawami fizyki,
- ma skończoną trwałość,
- może być ulepszane,
- może szkodzić człowiekowi (emituje hałas, drgania, spaliny itd.).

# Podstawowe pojęcia

**OBIEKT TECHNICZNY** - przechodzi w swojej historii przez **kolejne fazy**:

- **potrzeby** (istnieje w sferze abstrakcji),
- **projektowanie** (konceptcja) – dobierania sposobu działania, stanowi podstawę konstruowania,
- **konstruowanie** - dobieranie cech konstrukcyjnych, postać geometryczna (przestrzenna), wymiarowa, materiałowa, stanowi podstawę wytwarzania,
- **wytwarzanie** - pożądane przekształcanie układów materialnych w obiekt techniczny zaspokajający potrzeby człowieka,
- **eksploatacja** - użytkowanie zgodnie z przeznaczeniem oraz obsługiwanie mające na celu utrzymanie bądź przywrócenie (odtworzenie) stanu technicznego obiektu zapewniającego realizację funkcji celu (zadań),
- **likwidacja** - ostateczna degeneracja właściwości użytkowych obiektu, przekazanie do złomowania obiektu wycofanego z eksploatacji lub jego demontaż w celu odzyskania części przydatnych do ponownego wykorzystania w procesie produkcyjnym lub usługowym (recykling).

# Podstawowe pojęcia

## **OBIEKT TECHNICZNY**

(synonim wielu pojęć: środek techniczny, maszyna, urządzenie, przyrząd, aparatura, narzędzie przyrząd, instrument, instalacja etc.)

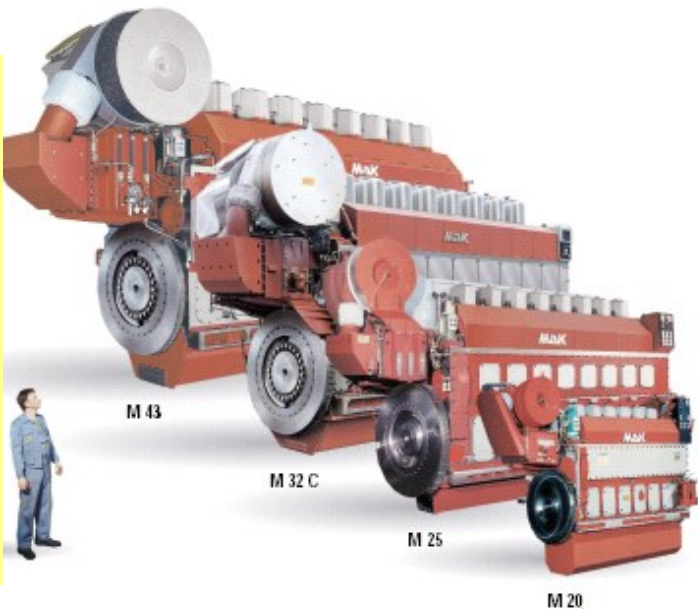
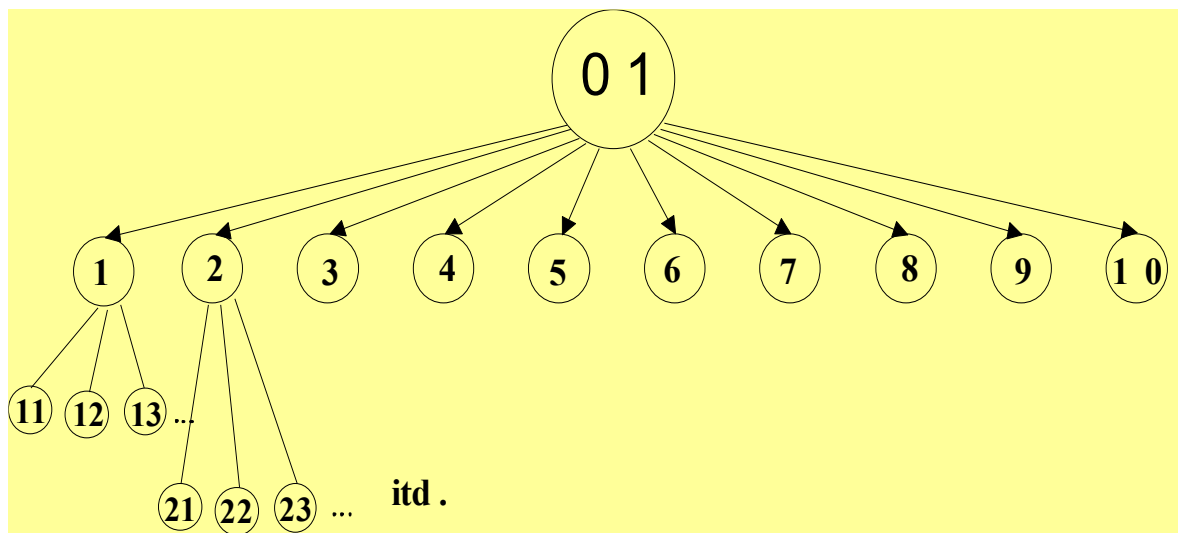


## **Urządzenie techniczne –**

materialny zbiór elementów (przedmiot) umożliwiający zrealizowanie określonego celu.

**Mechanizm** - zespół współpracujących ze sobą części składowych maszyny przeznaczony do przekształcania ich ruchu w wyniku pobranej energii mechanicznej.

# Przykład - silnik spalinowy jako system



**1** - układ tłokowo – cylindrowy, **2** – układ tłokowo – korbowy, **3** – układ smarowania itd.

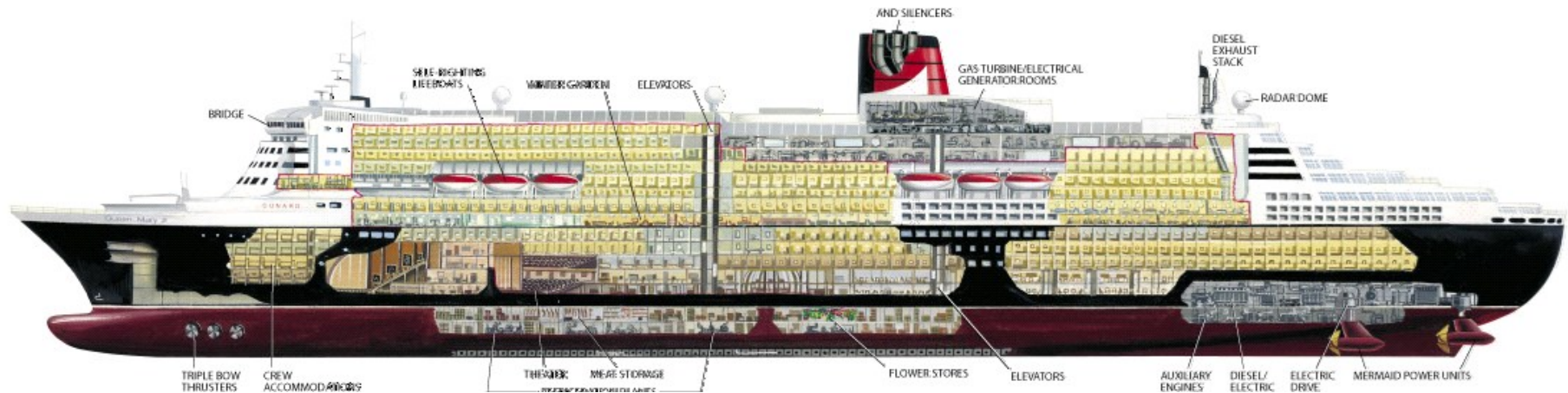
**Poziom 0** – silnik jako system.

**Poziom 1** – układy funkcjonalne stanowiące odrębne podsystemy.

**Poziom 2** – podsystemy stanowiące układy o niższym stopniu złożoności, warunkujące wykonanie zadań cząstkowych układów na poziomie 1.

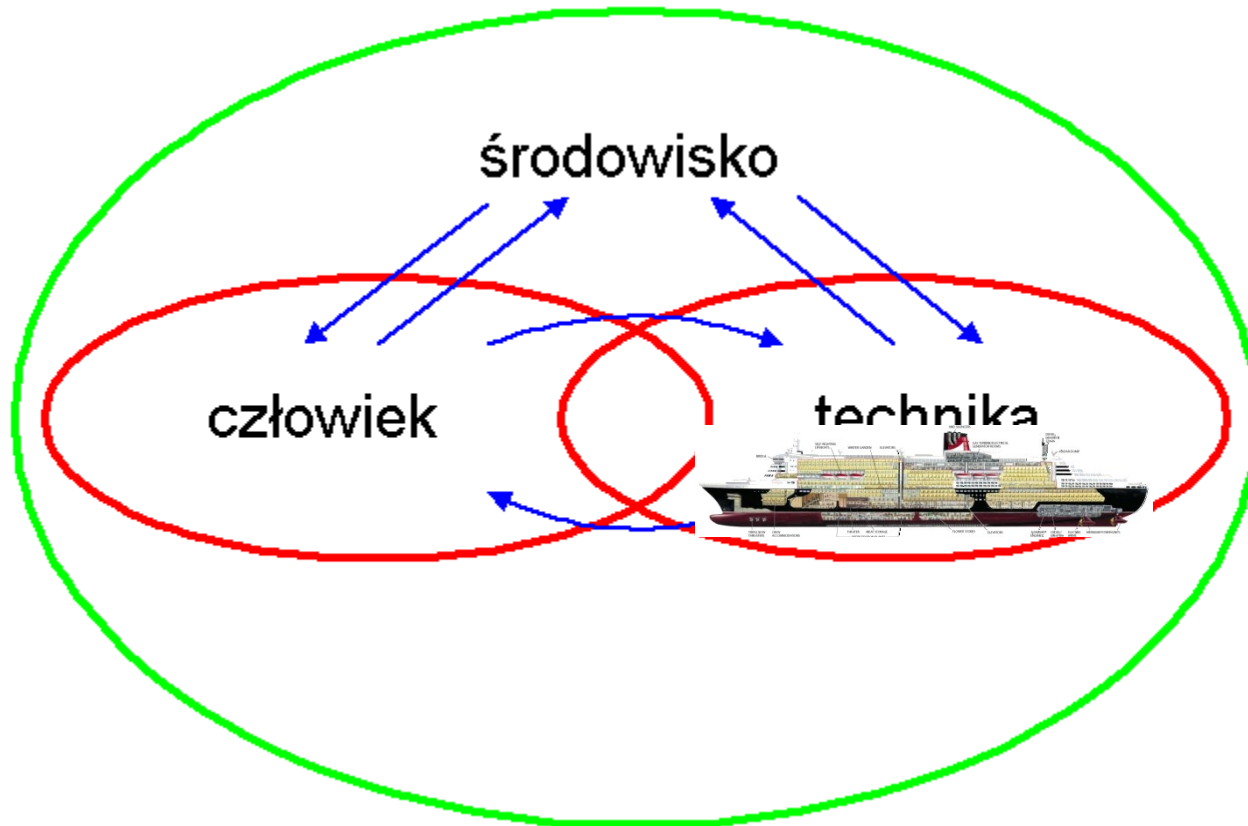


# Statek jako system techniczny

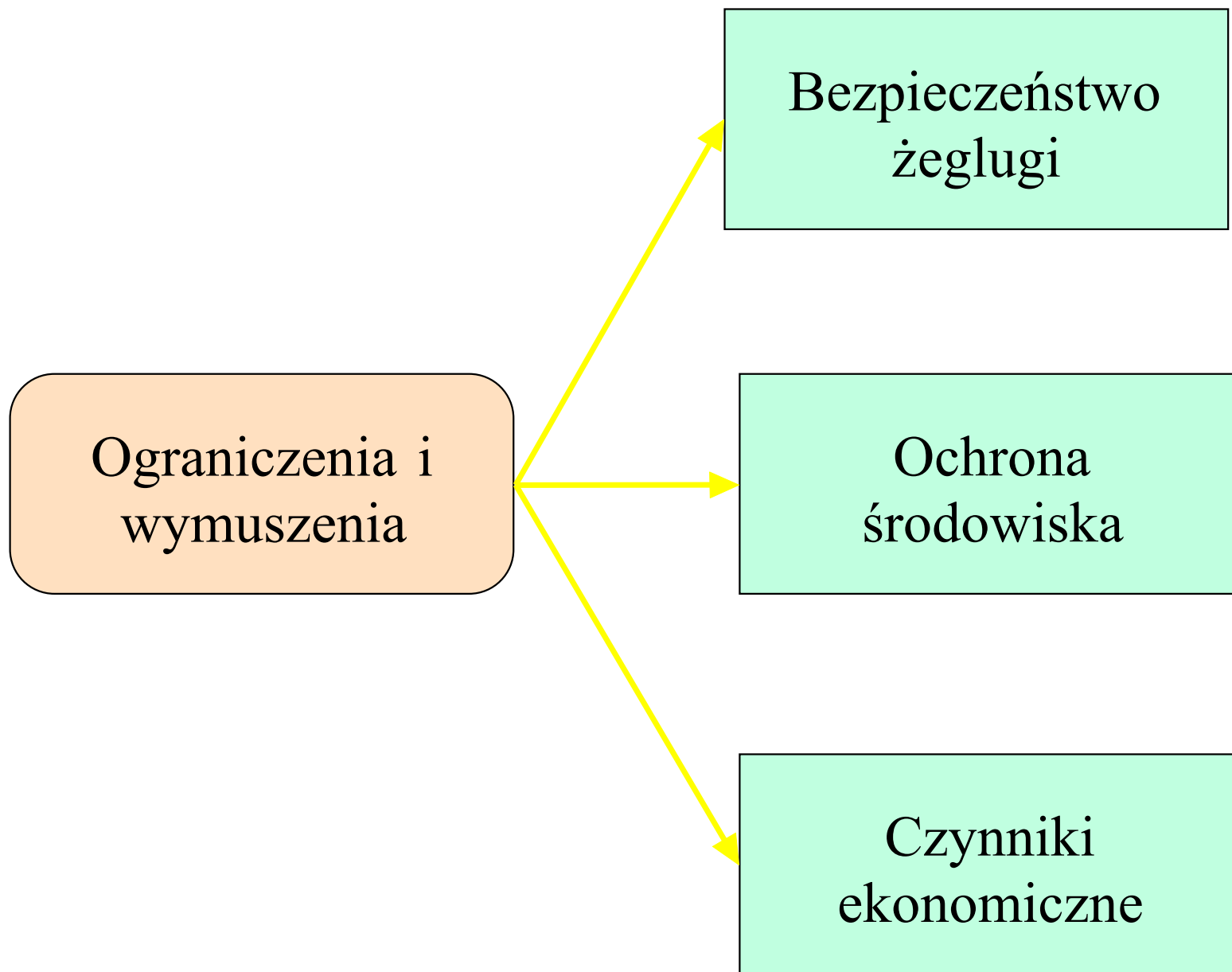


**Jaki cel ?**

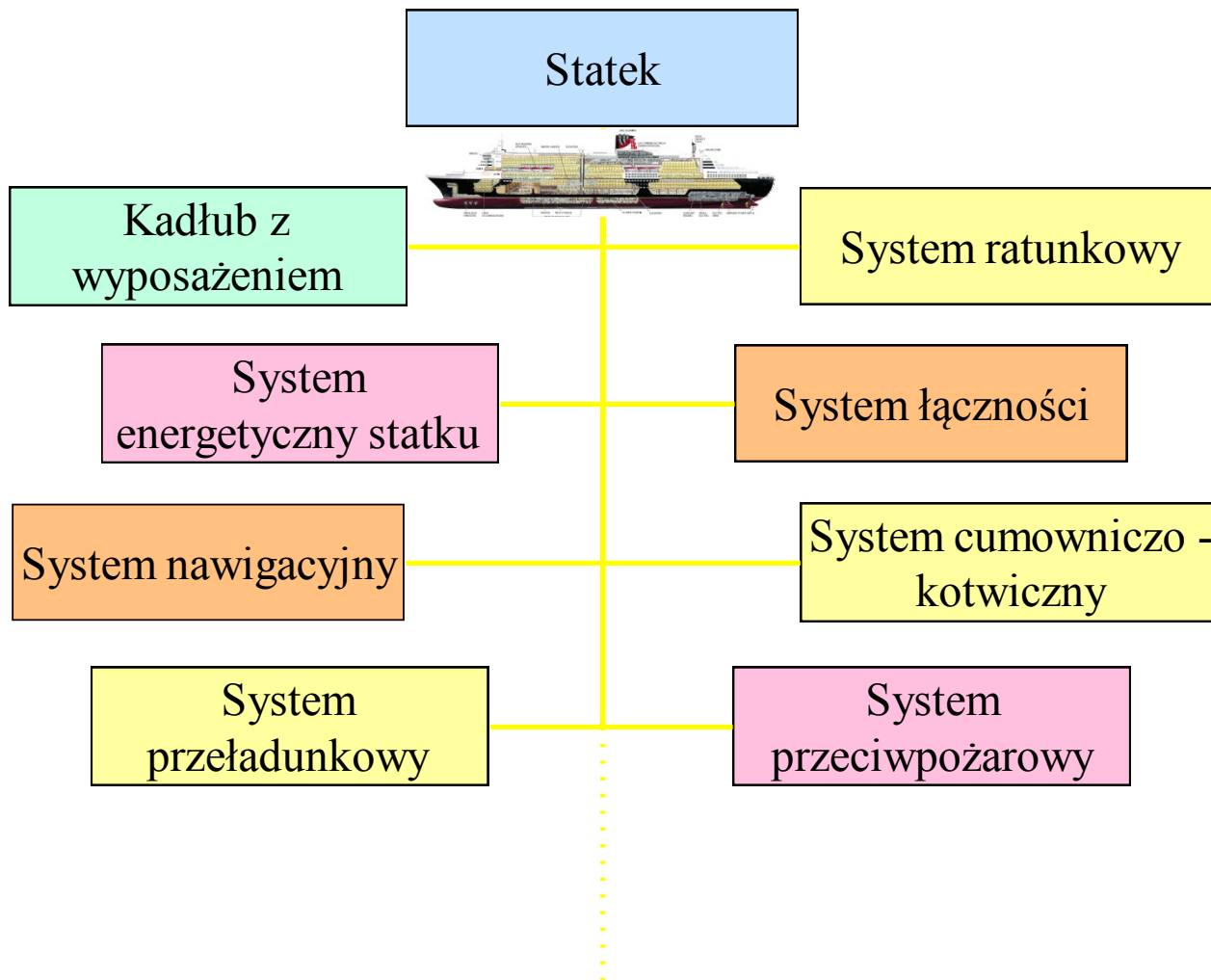
# Statek jako system techniczny



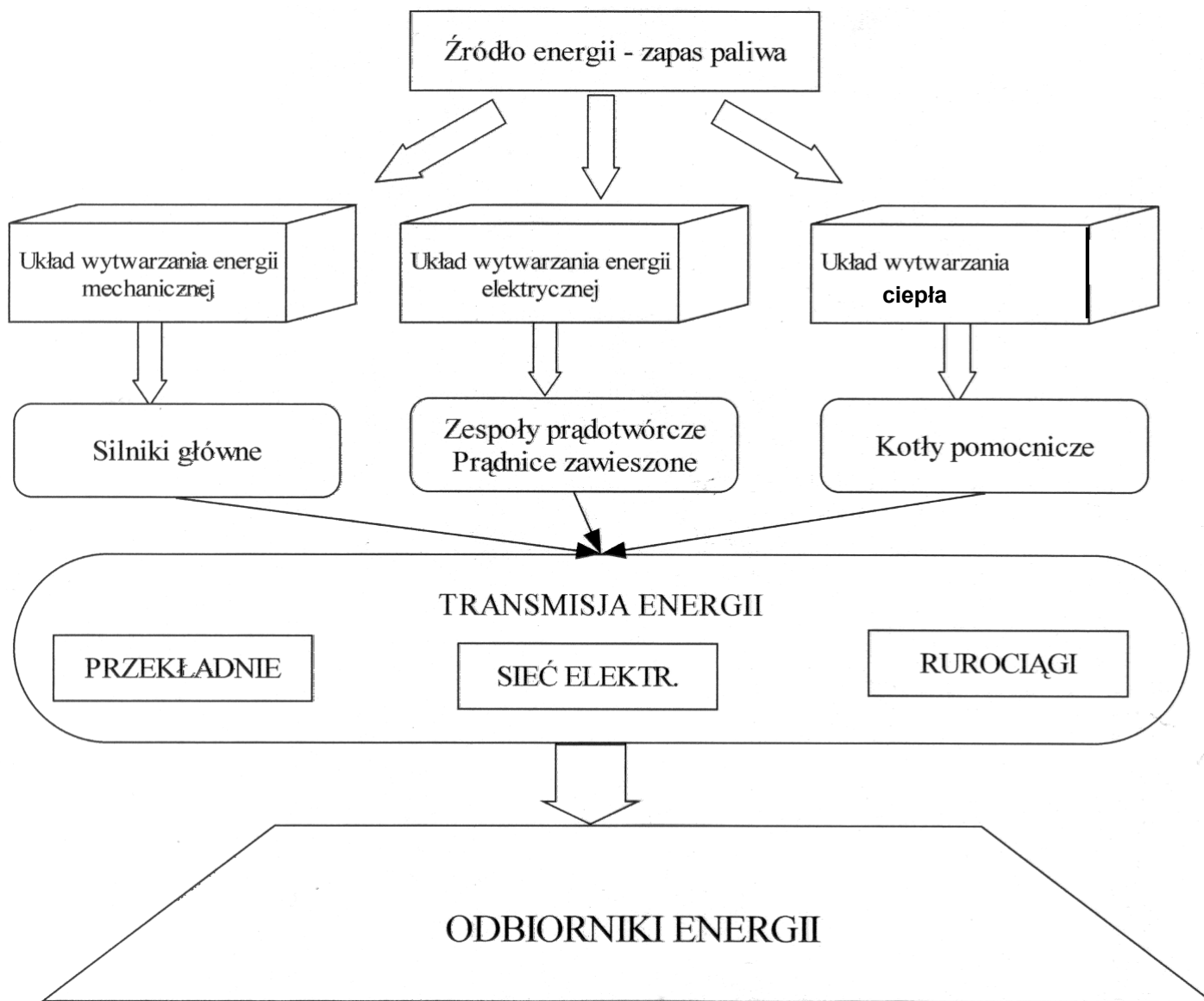
**Ograniczenia i wymuszenia**



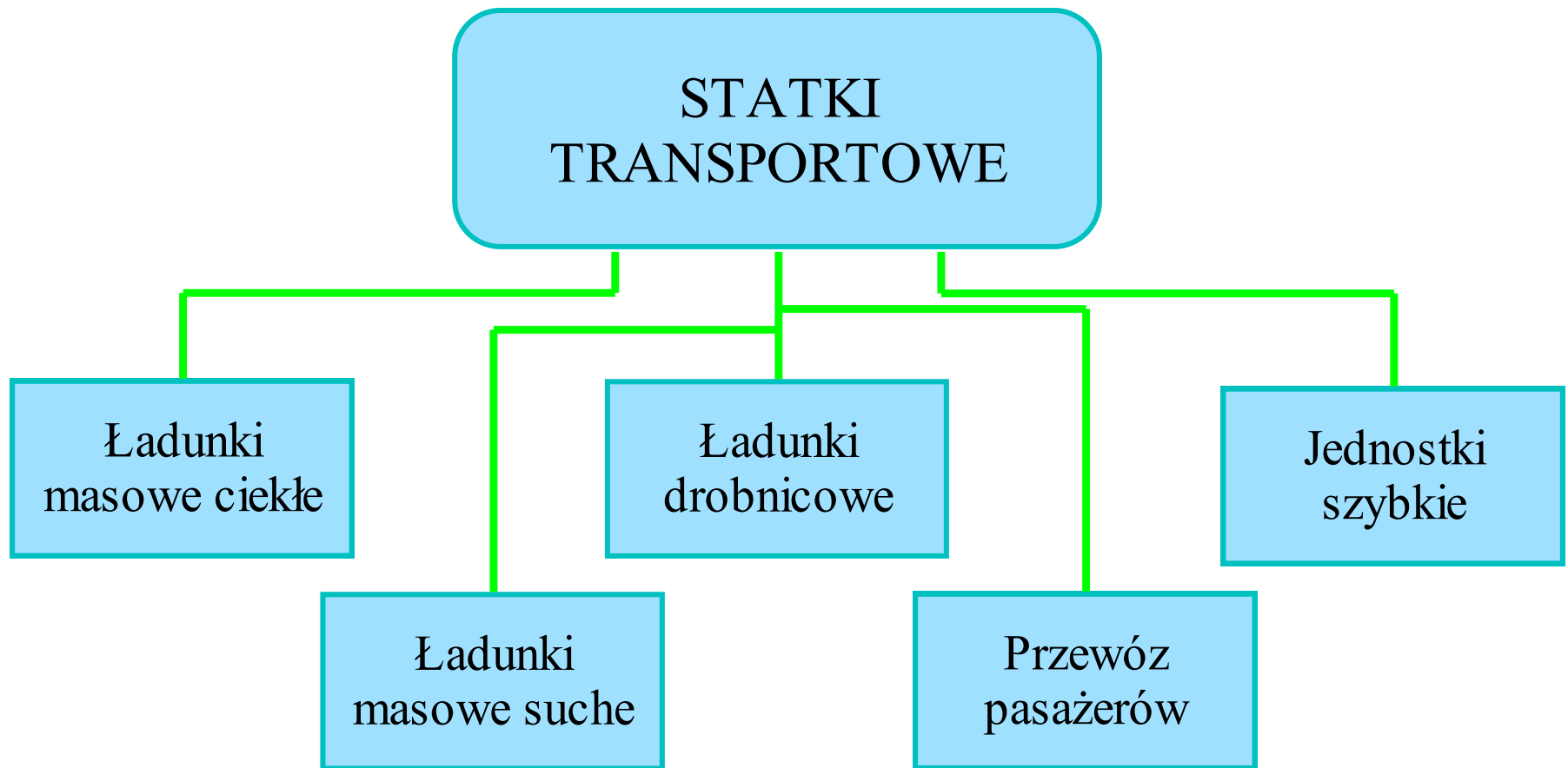
# Systemy okrętowe



# Systemy okrętowe – system energetyczny



# WIADOMOŚCI OGÓLNE



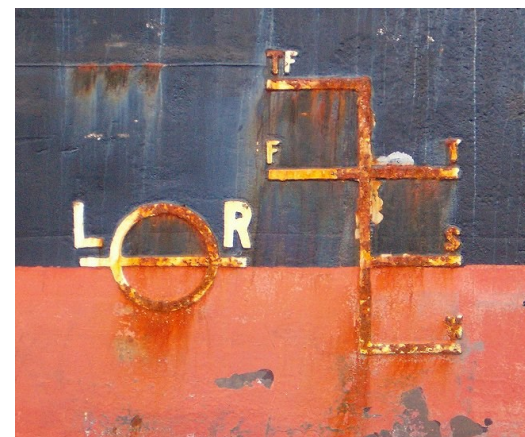
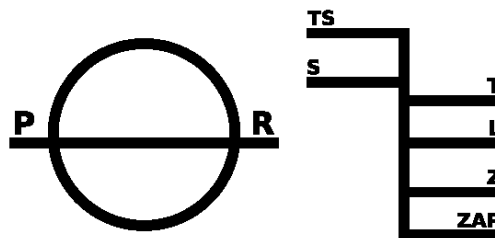
# Ładunki masowe ciekłe

**ROPOWIEC (TANKER)** - zbiornikowiec olejowy zatrudniony w żegludze handlowej, służący wyłącznie do przewozu surowej ropy naftowej. Są to statki o najwyższej spotykanej **nośności**. Prędkość eksploatacyjna od 12 do 16 węzłów.

**PRODUKTOWIEC (PRODUCT TANKER)** - zbiornikowiec olejowy zatrudniony w żegludze handlowej, służący wyłącznie do przewozu olejów innych niż surowa ropa naftowa.

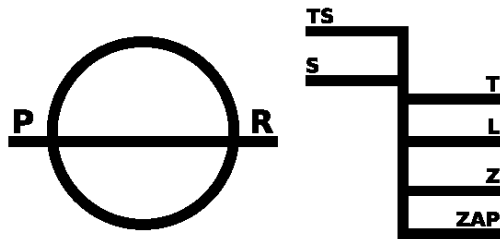


**NOŚNOŚĆ** to podstawowy parametr określający **wielkość statku**. **NOŚNOŚĆ** oznacza zdolność przewozową statku i określa łączną masę ładunku, załogi, zapasów paliwa, wody pitnej i technicznej, prowiantu, części zamiennych itp. jaką statek może przyjąć na pokład, nie przekraczając dopuszczalnego zanurzenia (przy zanurzeniu do znaku wolnej burty). Wyróżnia się także **ładowność** (nośność użyteczną), oznaczającą masę samego ładunku.



Oznaczenia wolnej burty tzw. Znak Plimsolla (od linii pokładowej): **TS** - Tropikalna linia ład. dla wody słodkiej; **S** - Linia ładunkowa dla wody słodkiej; **T** - Tropikalna linia ładunkowa; **L** - Letnia linia ładunkowa; **Z** - Zimowa linia ładunkowa; **ZAP** - Zimowa linia ład. dla Półn. Atlantyku

# Ładunki masowe ciekłe



Oznaczenia wolnej burty tzw. Znak Plimsolla (od linii pokładowej):  
**TS** - Tropikalna linia ład. dla wody słodkiej; **S** - Linia ładunkowa dla wody słodkiej; **T** - Tropikalna linia ładunkowa; **L** - Letnia linia ładunkowa; **Z** - Zimowa linia ładunkowa; **ZAP** - Zimowa linia ład. dla Półn. Atlantyku

**Znak wolnej burty (także Znak Plimsolla)** – oznaczenie składające się z: kręgu wolnej burty oraz linii ładunkowych wskazujących największe dopuszczalne zanurzenie statku w różnych okolicznościach i różnych porach roku, według zasad określonych w konwencji o liniach ładunkowych, przyjętej w Londynie dnia 5 kwietnia 1966 r.

W kręgu wolnej burty znajdują się litery oznaczające towarzystwo klasyfikacyjne, z którego klasą pływa statek. Dla przykładu **PR - Polski Rejestr Statków**, **LR - Lloyd's Register**, **NV - Det Norske Veritas**, **BV - Bureau Veritas**.

Statek może się maksymalnie zanurzyć do górnej krawędzi linii odpowiedniej dla strefy, w której się znajduje. Podział świata na strefy i czas obowiązywania zimy i lata w niektórych z tych stref został określony w załączniku do konwencji. Mniejsze zanurzenie (większa wolna burta) zapewnia statkowi zapas pływalności i większą wysokość pokładu oraz nadbudówek nad wodą, co zmniejsza szanse na jego uszkodzenie i zatopienie w warunkach złej pogody, jaka jest bardziej prawdopodobna w sezonach zimowych.

Linie pokazujące maksymalne zanurzenie w wodzie słodkiej pozwalają na takie załadowanie statku, stojącego w porcie o wodzie słodkiej, że po przejściu do wody morskiej zanurzenie zmniejszy się (ze względu na większy ciężar właściwy wody morskiej) do letniej (lub tropikalnej) linii zanurzenia.



# Ładunki masowe ciekłe

**ROPOWIEC (TANKER)** - zbiornikowiec olejowy zatrudniony w żegludze handlowej, służący wyłącznie do przewozu **surowej ropy naftowej**. Są to statki o najwyższej spotykanej **nośności**. Prędkość eksploatacyjna od 12 do 16 węzłów.

**PRODUKTOWIEC (PRODUCT TANKER)** - zbiornikowiec olejowy zatrudniony w żegludze handlowej, służący wyłącznie do przewozu olejów innych niż surowa ropa naftowa.



**Nośność** wyrażana jest w **tonach**: metrycznych (1000 kg) lub angielskich (1016 kg). **Nośność** określa się też angielskim skrótem DWT (ang. *deadweight tonnage*), nie jest to jednak jednostka **nośności** i nie należy jej używać jako jednostki;

**jednostką jest natomiast tona.**

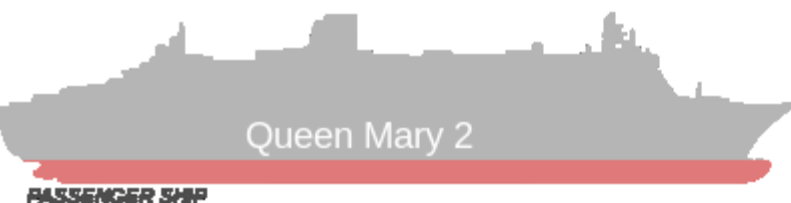
**Nośność** jest czasami mylona z wypornością, jednakże aby otrzymać **wyporność** statku należy do jego **nośności** dodać **masę statku pustego**. **Wyporność jest z kolei podstawowym parametrem określającym wielkość okrętów wojennych.**



458 m  
(1503 ft)



397 m  
(1302 ft)



345 m  
(1132 ft)

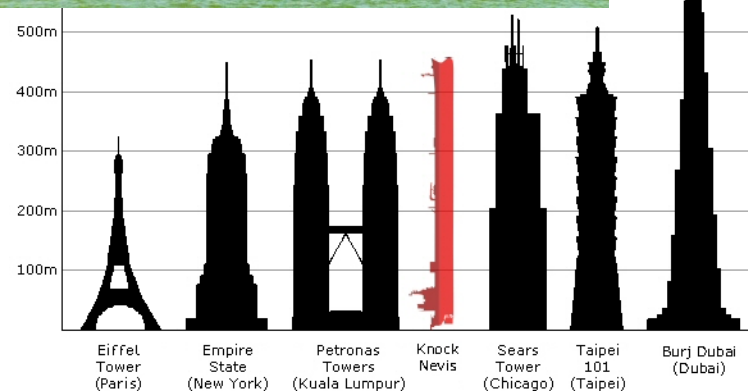


342 m  
(1122 ft)



341 m  
(1119 ft)

100 m

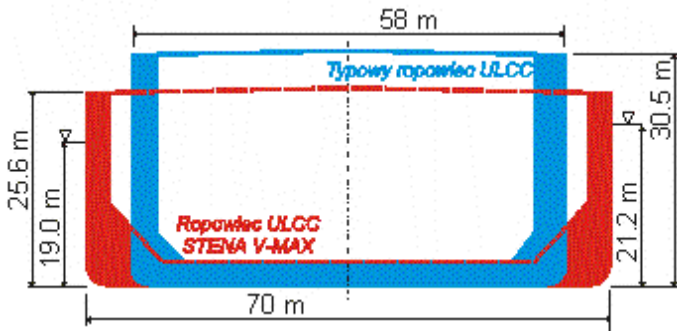


tową. Jeden z nich **TT Knock**

**Nevis** jest statkiem o **największej wyporności na świecie** – nośność liczy **564 761 DWT** i może zabrać blisko **650.000 m<sup>3</sup>** ropy naftowej (zanurzenie 24,7 m, v=16w, napęd turbinowy parowy)



<b>Class and type:</b>	<a href="#">Mærsk E-class</a> container ship
<b>Tonnage:</b>	156,907 metric tons (deadweight tonnage) 170,794 (gross tons)
<b>Length:</b>	397.00 m (1,302.49 ft)
<b>Beam:</b>	56.00 m (183.73 ft)
<b>Draught:</b>	30.00 m (98.43 ft)
<b>Draft:</b>	17.5 m (57 ft)
<b>Propulsion:</b>	Wärtsilä engine 80,000 kW / 250 ton/doba śruba napędowa 9,6 m/131 ton
<b>Speed:</b>	26.0 knots (48 km/h) (maximum) 25.2 knots (47 km/h) (cruising)
<b>Capacity:</b>	13,500 containers (company statistics) 11,000 TEU (IMO calculations)
<b>Crew:</b>	13



Scantling (wymiary elementów konstrukcyjnych):

Nośność: 315 000 ton

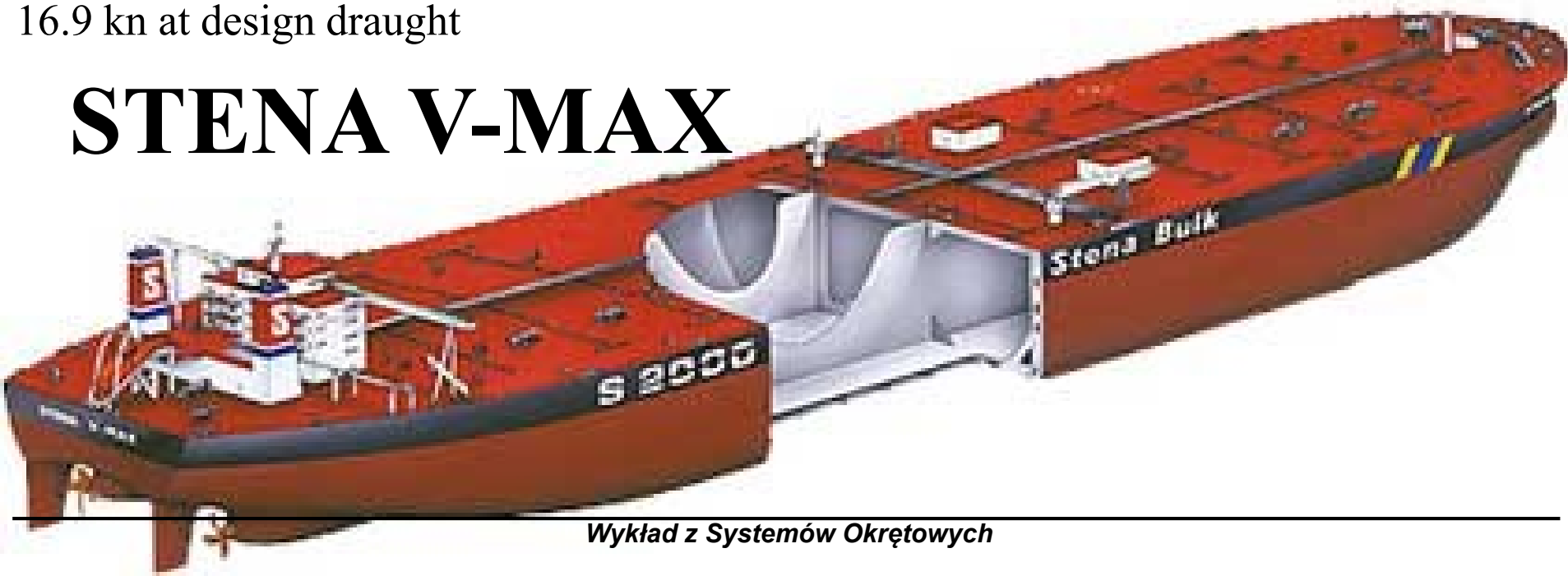
Lpp: 320 m

2×MAN-B&W 7S60MC-E

2×15 785 kW

16.9 kn at design draught

# STENA V-MAX



# Ładunki masowe ciekłe

**Gazowiec** - statek budowany lub przystosowany i używany do przewozu luzem dowolnego gazu skroplonego (np. amoniak, chlor, etylen, chlorek winylu,...). **Zbiornikowce do przewozu gazu ziemnego - LNG (Liquid Natural Gas), gazów ropopochodnych - LPG (Liquefied Petroleum Gas), naturalnego gazu ciekłego nie zawierającego metanu - NGL (Natural Gas Liquids).**

Produkty chemiczne są przewożone zbiornikowcami powyższych typów, zależnie od własności fizycznych. **Gazowce** są wyposażone w odpowiednie izolowane zbiorniki, instalacje ładunkowe.



**LNG - Liquefied Natural Gas, – 162°C temperatura wrzenia metanu, głównego składnika gazu ziemnego. Podczas skraplania jego objętość redukuje się 630 razy.**

# Gazowiec LNG (*Liquid Natural Gas*)



# Ładunki masowe ciekłe

**Siarkowiec** - statek przystosowany do przewozu **płynnej siarki**, który wymaga temperatury **125 - 140 °C** w zbiornikach ładunkowych (zestalenie) - ogrzewanie zbiorników oraz rurociągów ładunkowych.

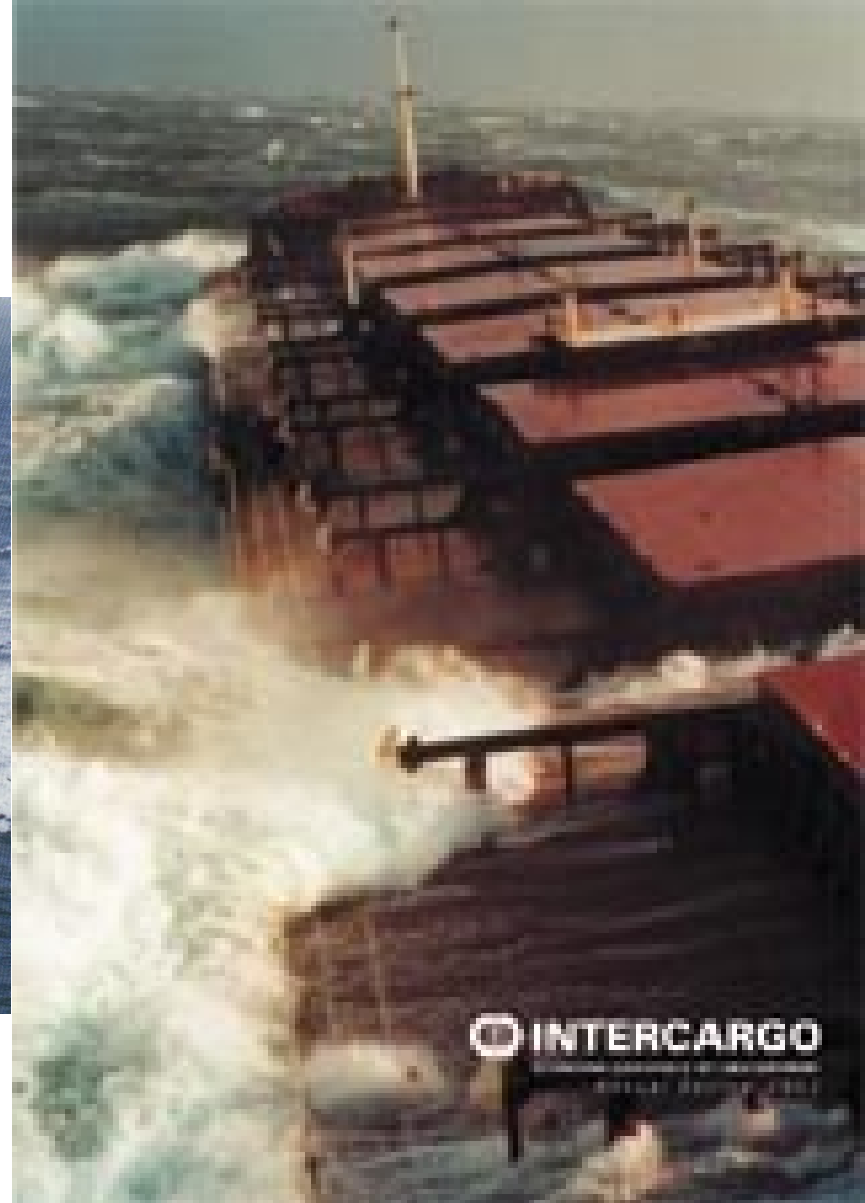
**Podgrzewanie** za pomocą pary wodnej, gorącej wody, oleju grzewczego lub energii elektrycznej z zastosowaniem węzownic grzewczych umieszczonych w zbiornikach albo poprzez cyrkulację płynnego ładunku poprzez podgrzewacz umieszczony na pokładzie.

# Ładunki masowe suche

- **Masowiec (ruda, węgiel, zboże)**
- **Masowiec samowyładowczy**
- **Inny masowiec (cement, boksyt, cukier, ...)**



# Masowiec



# Ładunki drobnicowe

- Drobnicowiec
- Paletowiec
- Kontenerowiec
- **Ro-ro** (*roll on-roll off*)
- **Con-ro** (*ro-ro + kontenerowiec*)
- Samochodowiec
- Chłodniowiec
- Drewnowiec
- Barkowiec
- Statek do przewozu ładunków wielkogabarytowych
- Statek do żywca
- Inna jednostka drobnicowa

# Drobnicowiec





# Kontenerowiec



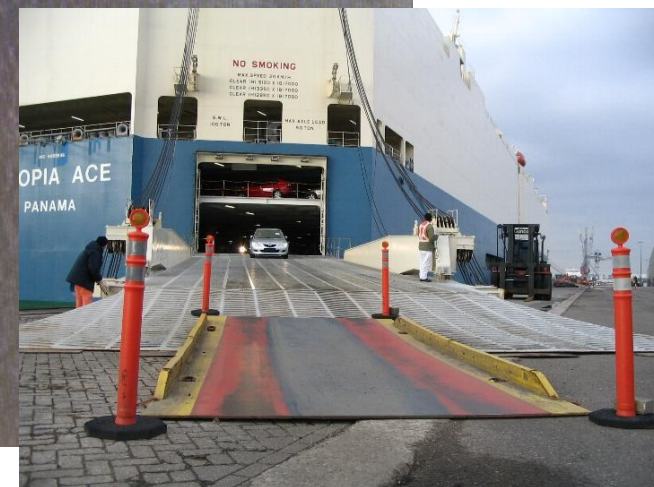
# Ładunki drobnicowe

**Ro-ro** (*ang. Roll on – Roll off*) - statek specjalnie przeznaczony do przewozu jednostkowych ładunków przemieszczanych za **pomocą środków transportu kołowego (cysterny drogowe, przyczepy, naczepy, roll-trailery, ciężarówki,...)** przy zastosowaniu w operacjach ładunkowych głównie lub częściowo systemu poziomego wtaczania lub wytaczania.

**Budowane jako uniwersalne** (ro-ro, con-ro, bulk-ro, sto-ro: ładunek wwożony na statek, ale sztatuowany konwencjonalnie) lub **specjalistyczne** (do przewozu samochodów ciężarowych i naczep - trailer ships, samochodowce). System przeciwprzechyłowy.



# Ro-Ro (Roll on – Roll off)



### Do podstawowych rodzajów statków typu ro-ro zalicza się:

**Con-ro** – połączenie **ro-ro** i **kontenerowca**: część przestrzeni ładunkowej (najczęściej dziobowa) przeznaczona jest wyłącznie do przewozu **kontenerów** – są to ładownie z prowadnicami kontenerowymi, jak na typowym kontenerowcu, a pozostała część (na ogół rufowa) to ładownie z pokładami, dzielącymi przestrzeń ładunkową na międzypokładzia dla **ładunków tocznych**.

**Lo-lo** – rozwinięciem tego skrótu jest **lift-on/lift-off**. Jest to termin określający metodę **przeładunku pionowego kontenerów na statek i ze statku**. Jest to wykonywane przy użyciu nabrzeżnej suwnicy bramowej. Dzięki temu, cała czynność może być wykonywana w znacznie szybszy sposób i bardziej precyzyjny co skutkuje mniejszą szansą na uszkodzenie towaru.

Na statku typu **con-ro** **przestrzenie ładunkowe ro-ro** i **lo-lo** są **rozdzielone i nie pokrywają się**, z wyjątkiem (w niektórych przypadkach) pokładu górnego statku, który czasem cały może być przystosowany dla obu systemów przeładunku.

### **Do podstawowych rodzajów statków typu ro-ro zalicza się:**

Czasami spotykamy (u niektórych armatorów), mylące i wprowadzające chaos pojęciowy, nazywanie zwykłych statków **ro-ro** lub **ro-lo** (mogących przewozić spory ładunek kontenerów, zwłaszcza na pokładzie górnym) jednostkami typu **con-ro**.

Dzieje się tak zwłaszcza u armatorów, którzy używają takiej nazwy dla odróżnienia tych statków w swojej flocie od posiadanych również "**czystych ro-ro**" – np. **samochodowców** oraz u tych armatorów, którzy nie zważając na prawidłowość i konsekwencję merytoryczną, dla celów marketingowych/reklamowych, chcą "dodać uniwersalności" swoim statkom **ro-ro**.

To, że statek **ro-ro** może czasem przewozić sporą liczbę kontenerów nie wystarczy jednak, by nazywać taką jednostkę "**con-ro**".



**Do podstawowych rodzajów statków typu ro-ro zalicza się:**

**Ro-lo** – jednostka, na której albo część albo cała przestrzeń ładunkowa jest przystosowana do przewozu ładunków oraz do przeładunków zarówno w systemie **ro-ro** (poziomym, ładunki toczne), jak i **lo-lo** (pionowym);

### **Do podstawowych rodzajów statków typu ro-ro zalicza się:**

**Sto-ro** – jednostka, na którą ładunek jest **wwożony maszynami kołowymi** (czyli występuje element przeładunku w systemie **ro-ro**), a **następnie jest tam ustawiany/układany i pozostawiany** ("sto" – od ang. stowage – układać / sztautować).

„Rasowe”, "czyste" jednostki typu **sto-ro** **nie mają w ogóle zewnętrznych, ani wewnętrznych ramp ro-ro**, a **jedynie furty burtowe z windami/podnośnikami** ("side-loaders").

Maszyna portowa poruszająca się po nabrzeżu układa sztukę ładunku (rolę papieru, paletę, etc.) na wyłożonym poza burtę statku "stole" z rodzajem przenośnika taśmowego, na którego przedłużeniu (na jego poziomie) zatrzymuje się platforma podnośnika ładunkowego, przenosząca ładunek na poziom docelowego pokładu. Tam sztuka ładunku odbierana jest z platformy przez wózek widłowy lub układarkę pracującą w ładowni/na danym pokładzie i odwozi ładunek oraz ustawia go w docelowym miejscu.

**Do podstawowych rodzajów statków typu ro-ro zalicza się:**

**Ro-pax** – w zasadzie **odmiana promu pasażersko-samochodowego**, ze zwiększoną przestrzenią ładunkową i zmniejszoną powierzchnią pomieszczeń publicznych i kabin dla pasażerów.

**Ro-pax'ami** czasem błędnie nazywane są "typowe" promy pasażersko-samochodowe.

**Ro-pax'y** wykształciły się z "normalnych" promów pasażersko-samochodowych, gdy po zniesieniu w żegludze między krajami Unii Europejskiej zaczęły tracić na znaczeniu na wielu liniach przewozy pasażerskie, a jednocześnie wzrastały przewozy towarowe – na niektórych liniach wprowadzano (jako dodatkowe lub jedyne), na miejsce dotychczasowych pasażersko-samochodowych jednostki czysto towarowe, na innych "klasyczne" promy pasażersko-samochodowe, które były i nadal są (połowa pierwszej dekady XXI wieku) zastępowane statkami typu **ro-pax**.

**Do podstawowych rodzajów statków typu ro-ro zalicza się:**

**Statki hybrydowe** z elementami przeładunków w systemie **ro-ro**.

W zasadzie nie wyróżnia się i nie stosuje się odpowiedniego nazewnictwa w takich przypadkach, ale trzeba sobie zdawać z tego sprawę, że na licznych statkach mamy do czynienia z "hybrydowymi" konfiguracjami i kombinacjami **ro-ro**, **lo-lo** i **sto-ro**. Dla przykładu jednostki z side-loader'ami mają nierzadko także rufowe rampy **ro-ro**. Z kolei prawie każdy statek **ro-ro** (z otwartym pokładem ładunkowym – górnym) może być przeładowywany w całości w systemie **ro-ro**, a ponadto (tylko jeśli chodzi o pokład górny) także w systemie **lo-lo**.

# Samochodowiec





# Destroyer *USS Cole* is loaded aboard the heavy lift M/V *Blue Marlin*





# Przewóz pasażerów i ładunków

- **Wycieczkowiec**
- **Prom**
- **Inna jednostka pasażerska**

# Jachty / Inne pasażerskie.





# Przewóz pasażerów

***Liniowce, wycieczkowce (Cruise Liners)*** – Są to statki, których główną funkcją **obok transportu** jest **zapewnienie podróży komfortu i rozrywki**. Wycieczkowce charakteryzują się bardzo **dużymi rozmiarami**, a przestrzenie użytkowe są wykorzystywane jako **restauracje, sklepy wolnocłowe, kluby nocne, kina, pływalnie i inne miejsca, w których pasażerowie mogą przyjemnie spędzić czas**. Statki tego typu przeznaczone są zazwyczaj do długich rejsów, dlatego pomieszczenia kabinowe przeznaczone są dla wszystkich pasażerów

# Przewóz pasażerów - wycieczkowiec



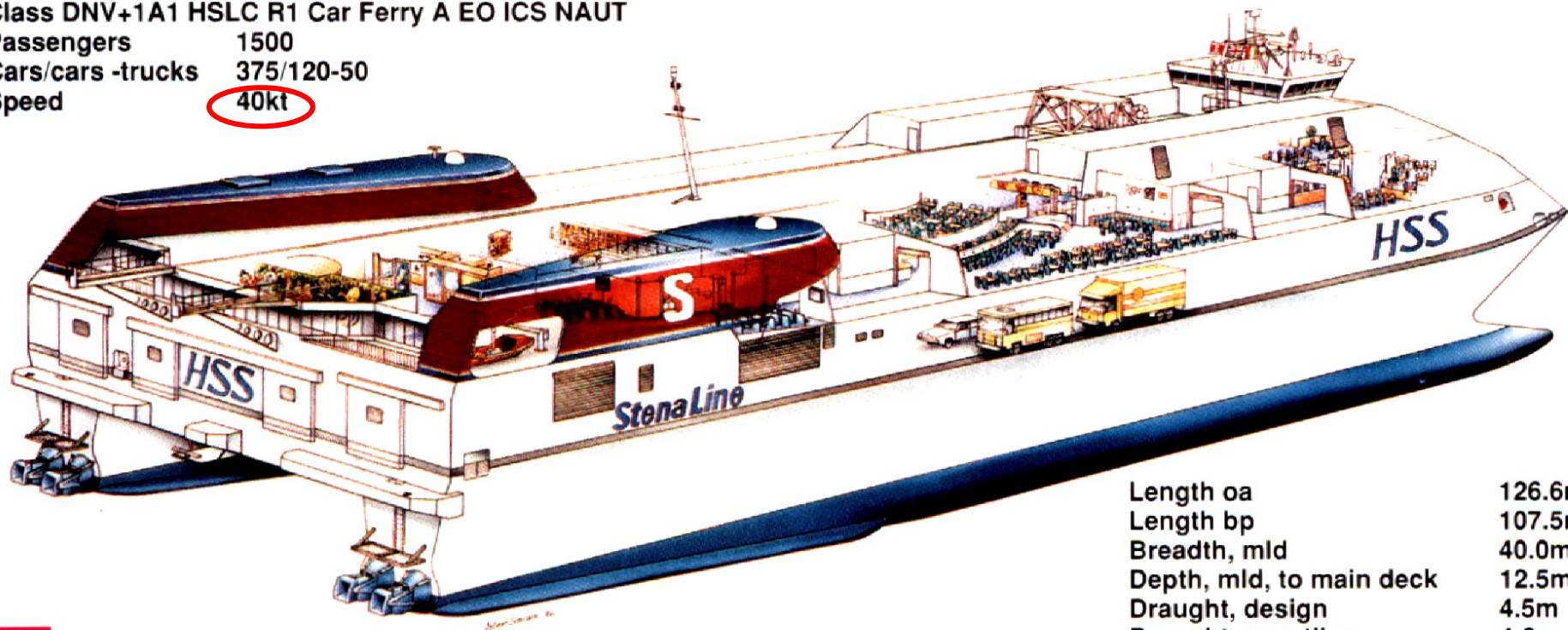
# Szybki prom

Class DNV+1A1 HSLC R1 Car Ferry A EO ICS NAUT

Passengers 1500

Cars/cars -trucks 375/120-50

Speed 40kt



**STENA HSS**

Length oa	126.6m
Length bp	107.5m
Breadth, mld	40.0m
Depth, mld, to main deck	12.5m
Draught, design	4.5m
Draught, scantling	4.6m
Dwt, design	1500t

A cutaway of the Stena HSS shows one of the two vehicle decks, as well as the 4000m<sup>2</sup> of passenger deck space featuring seating areas and a variety of restaurants and bars



# Szybki prom



# Szybki prom



# Katamaran półzanurzeniowy



# Poduszkowce - przykłady

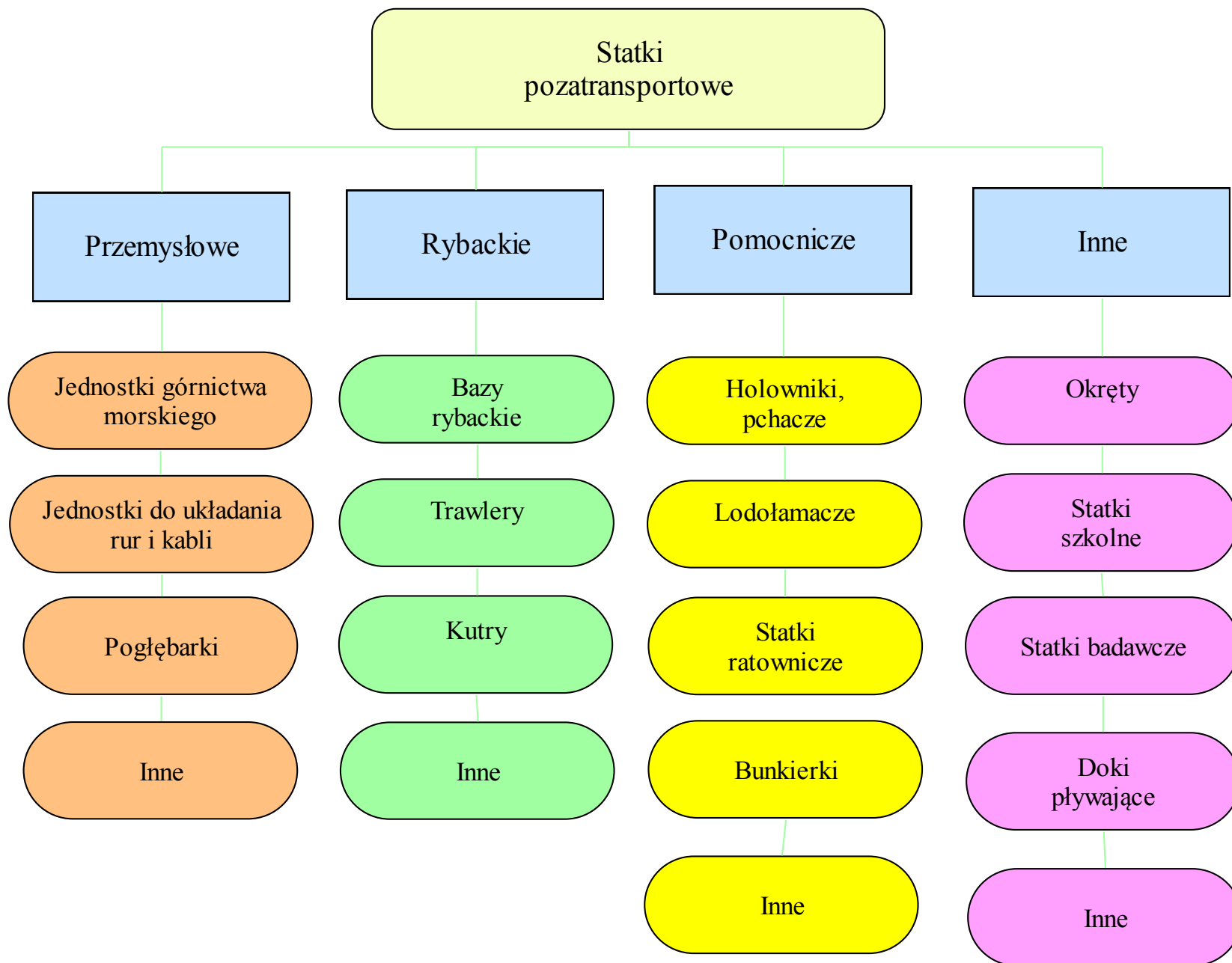




# ***Wymagania stawiane siłowniom wycieczkowców***

- zapewnienie dużej niezawodności siłowni, poprzez **redundancję urządzeń**;
- zachowanie funkcjonalności w ekstremalnych warunkach;
- generowanie minimalnych drgań i hałasów;
- emitowanie do środowiska jak najmniejszej ilości zanieczyszczeń;
- zapewnienie wysokiej sprawności energetycznej siłowni w szerokim zakresie obciążeń.

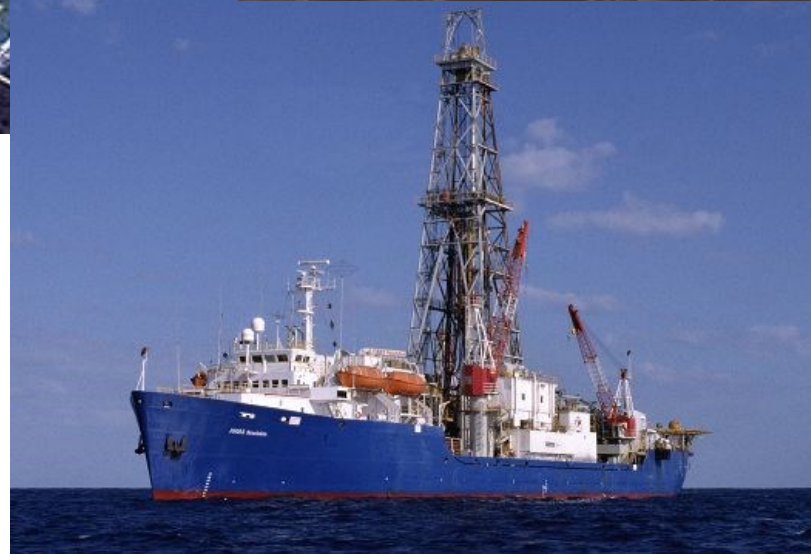




# Jednostki górnictwa morskiego

- **Zbiornikowce wydobywczo-magazynowo-wyładunkowe** (*floating-production-storage-offloading*).
- **Statki magazynowo-wyładunkowe.**
- **Jednostki wiertnicze.**
- Mogą być **poszukiwawcze lub eksploatacyjne**. Są to **statki oraz platformy wiertnicze**. Platformy mogą być stacjonarne lub pływające.
- **Statki wiertnicze** (drill ship) - cecha specjalna: obrotowy bęben kotwiczny, przez środek którego przechodzi wiercenie). Duże zapotrzebowanie mocy podczas dynamicznego pozycjonowania, stąd najczęściej napęd spalinowo-elektryczny. Prędkość marszowa około 13 węzłów.
- **Statki wydobywcze.**
- **Pływające terminale przeładunkowe.**
- **Zbiorniki ropy i gazu ziemnego.**
- **Zaopatrzeniowce.**
- **Transportowce rur.**
- **Statki do badań sejsmicznych.**
- **Statki pogotowia górniczego** (*offshore standby vessels*).
- **Statki konserwacyjno-remontowe** (*offshore maintenance-utility vessels*).
- **Barki do układania rurociągów.**
- **Jednostki dźwigowe.**
- **Jednostki wydobywcze minerałów stałych.**

# Jednostki górnictwa morskiego



# Jednostki górnictwa morskiego

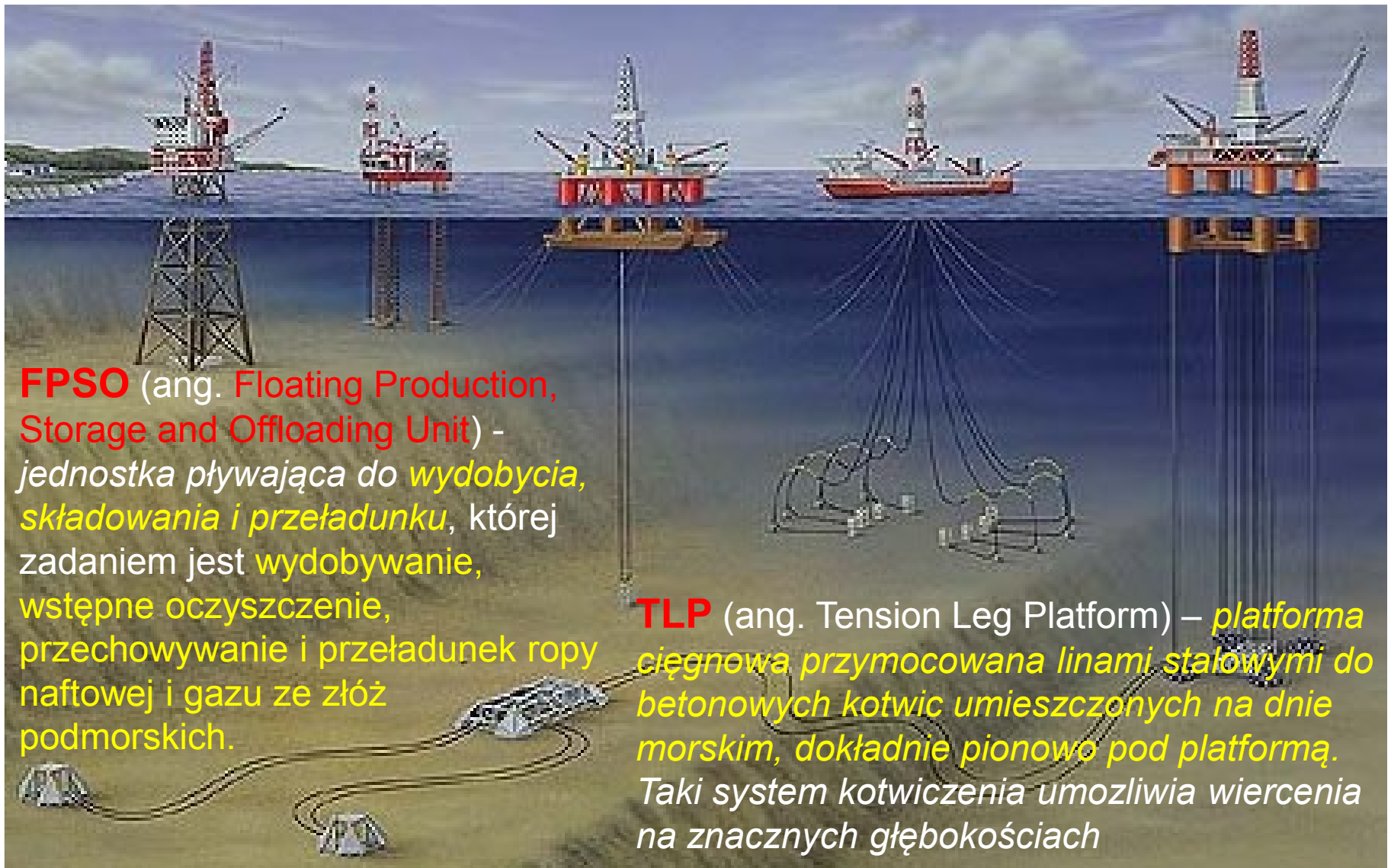
## Platformy samopodnośne (Jack-up)



Składają się z **kadłuba**, na którym zainstalowane są urządzenia wiertnicze i pomocnicze, oraz z **kolumn (podpór)** wysuniętych ponad kadłub. Wysunięte wysoko ponad kadłub kolumny stwarzają problemy statecznościowe podczas transportu platformy na pole odwiertu, dlatego też konstruktorzy zmniejszyli do minimum ilość kolumn (3÷5 kolumn) oraz wprowadzili konstrukcje teleskopowe.

Po przetransportowaniu platformy na miejsce odwiertu kolumny są opuszczane na dno i stabilizowane. Platformy samopodnośne są stosunkowo niedrogie, a także odporne na niesprzyjające warunki atmosferyczne. Głębokości, na których mogą pracować to 30÷70m, a niekiedy nawet 150m

# Stacjonarna Półzanurzalna Samopodnośna FPSO TLP



**FPSO** (ang. Floating Production, Storage and Offloading Unit) - jednostka pływająca do **wydobycia, składowania i przeładunku**, której zadaniem jest **wydobywanie, wstępne oczyszczenie, przechowywanie i przeładunek ropy naftowej i gazu ze złóż podmorskich.**

**TLP** (ang. Tension Leg Platform) – **platformaciągnowa przymocowana linami stalowymi do betonowych kotwic umieszczonych na dnie morskim, dokładnie pionowo pod platformą.** Taki system kotwiczenia umożliwia wiercenia na znacznych głębokościach

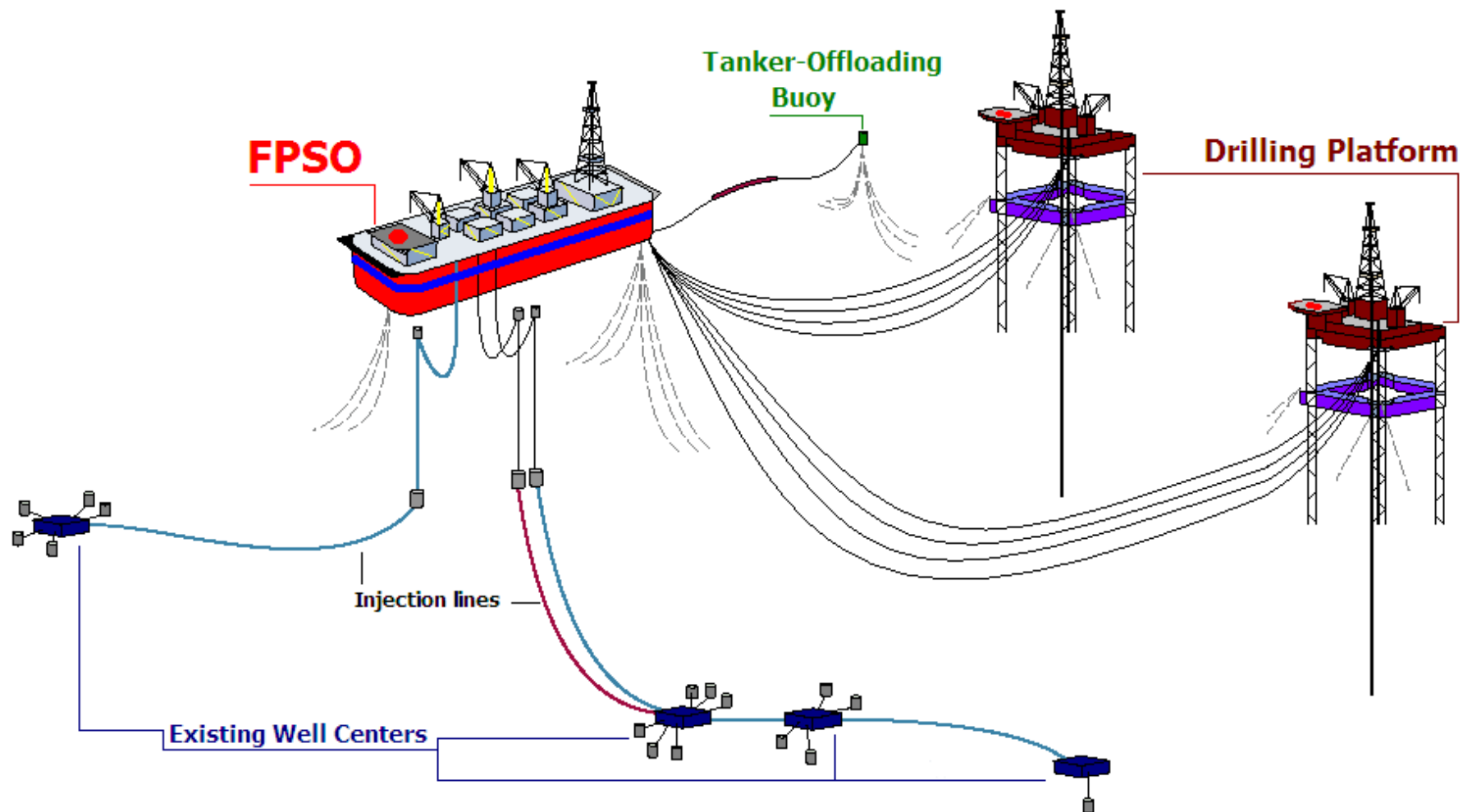


**FPSO** ([ang](#) Floating Production, Storage and Offloading Unit, *jednostka pływająca do wydobywania, składowania i przeładunku*) – jednostka pływająca, której zadaniem jest **wydobywanie, wstępne oczyszczenie, przechowywanie i przeładunek ropy naftowej i gazu ze złóż podmorskich**.

W latach 70. XX wieku górnictwo podmorskie ropy naftowej rozwinęło się na tyle, że oprócz pozyskiwania ropy ze złóż pod stosunkowo płytkimi wodami (kilkadziesiąt metrów) sięgnięto po złoża znajdujące się pod wodą o głębokości kilkuset metrów. Wymagało to rozwinięcia nowych technik i środków. Wcześniej wydobyta ropa była transportowana rurociągami na brzeg. Przy odległościach między brzegiem a złożem rzędu kilkuset kilometrów stawało się to nieopłacalne, zwłaszcza, że układanie rurociągu na głębokości kilkuset metrów było trudniejsze niż na głębokości kilkudziesięciu metrów. Ropę z odległych złóż należało transportować tankowcami. Początkowo tankowiec odbierał ropę na bieżąco z platform produkcyjnych. Musiał jednak być zamocowany do platformy lub pobliskiej boi przeładunkowej, co generowało koszty i stwarzało niebezpieczeństwo w razie pogorszenia pogody. Spowodowało to konieczność składowania ropy w pobliżu złoża, w oczekiwaniu na tankowiec. W tym celu kotwiczono na stałe na polach naftowych wielkie tankowce (w bezpieczny sposób, za pomocą kilku kotwic) i łączono je rurociągami z platformami. Takie obiekty, które tylko przechowywały ropę i mogły ją przepompować na tankowiec dowozowy (*Shuttle tanker*), nazwano **FSO** (Floating Storage and Offload Unit – jednostka pływająca do przechowywania i przeładunku). Z czasem na takich jednostkach zaczęto montować urządzenia do wstępnego oczyszczania ropy i gazu oraz podłączać je bezpośrednio do ujęć na dnie (zaopatrzwszy w aparaturę do kontrolowania wydobywania). W ten sposób powstały jednostki **FPSO**.

Część **FPSO** stanowią wielkie **tankowce**, których eksploatacja na liniach żeglugowych stała się mniej opłacalna, część jest budowana od nowa jako FPSO. Przeładunek może następować za pomocą boi przeładunkowej (ustawionej w odległości 1-2 mil morskich od FPSO lub bezpośrednio z FPSO na tankowiec. Do bezpośredniego przeładunku używane są tankowce typu *shuttle tanker*. Pusty tankowiec podchodzi do boi lub FPSO i zostaje zamocowany za pomocą odpowiednich środków cumowniczych zwanych z angielskiego (hawser). Następnie przekazuje się na tankowiec pływające węże, podłączane na pokładzie do manifoldów lub BLS (Bow Loading System). Za pomocą pomp FPSO, w ciągu kilkunastu do trzydziestu godzin przetacza ładunek na tankowiec, który po rozłączeniu wiezie ją do portu przeznaczenia.

FPSO może pomieścić miliony baryłek ropy naftowej. TT Knock Nevis ma pojemność 4,1 miliona baryłek, czyli ok. 650 000 m<sup>3</sup>. W zależności od wydajności złoża, FPSO napełnia się kilka/kilkanaście dni, rozładunek trwa około 24 godzin.



**Platformy ciągnowe (*Tension Leg Platform- TLP*)** są przymocowane linami stalowymi do betonowych kotwic umieszczonych na dnie morskim, dokładnie pionowo pod platformą. Taki system kotwiczenia umożliwia wykorzystanie platform TLP do wierceń na znacznych głębokościach. Pierwsza w świecie betonowa platforma TLP została zakotwiczona na polu Heidrum na Morzu Północnym, na głębokości 350 m. Platforma ma wymiary 150 x 80 m i waży 220 000 ton. Jest obsługiwana przez 350 osób i produkuje 220 000 bbls/d ropy. Maksymalne odchylenie platformy od pozycji kotwiczenia przy najbardziej niekorzystnych warunkach atmosferycznych może wynieść 31 m. Na największych głębokościach konieczne jest wykorzystanie do wierceń statków wiertniczych (*drillship*). Są to nieduże jednostki o wyporności do 14 000 DWT, długości 135 m, osiągające prędkość do 14 w. Na śródokręciu statku ustawiona jest wieża, a na jego rufie pokład helikopterowy. Przy wierceniu do 200 m głębokości jednostki te zakotwiczone są na kilku kotwicach (zazwyczaj ośmiu), natomiast na większych głębokościach do 2000 m i od 6000 do 10000 m poniżej dna morskiego wykorzystywane są statki wyposażone w system dynamicznego pozycjonowania DP (*Dynamic Positioning System*)



### **Barrel (bbl)**

7.3 bbls = One tonne: 6.29 bbls = One cubic metre: One bbl = 159 litres approx



# TLP – Tensing Leg Platform

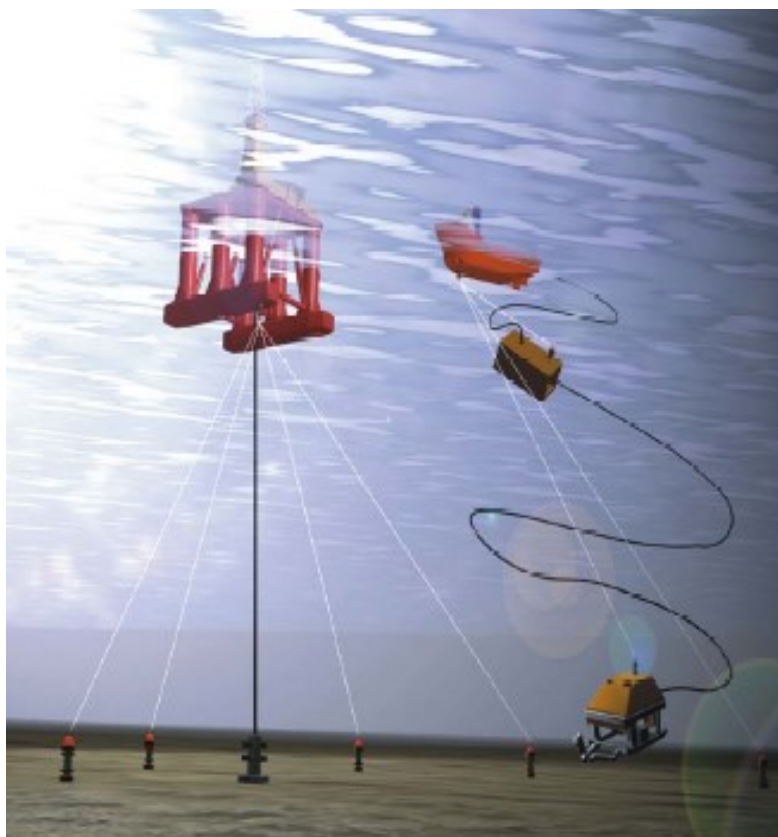


Holowanie kadłuba Morpeth Sea Star TLP z Houma do pola naftowego "Morpeth" w Zatoce Meksykańskiej.



# Jednostki górnictwa morskiego

## System Dynamicznego Pozycjonowania



Pomiar poziomego przesunięcia jednostki realizują urządzenia hydrolokacyjne.

Sygnały akustyczne z nadajnika pod dnem statku są odbijane przez przekaznik impulsów na dnie morza w bezpośrednim sąsiedztwie otworu wiertniczego i przyjmowane przez zestaw hydrofonów w części podwodnej kadłuba. Określenie zmian położenia statku odbywa się na podstawie przetwarzania czasu przebiegu sygnału na równoważną odległość.

Maszyny cyfrowe współpracujące z układem akustycznym obliczają aktualną pozycję statku i przekazują decyzję do układu napędowego. Na ogół elementami wykonawczymi tego układu jest zestaw kilku, a nawet kilkunastu pędników.

# Pogłębiarka wieloczerpakowa



# „Scandi Navica” - jednostka specjalistyczna do układania rur i kabli







**Szalanda** - rodzaj statku, służący do przewozu urobku wydobytego przez pogłębiarki. Cechą charakterystyczną jest to, że szalandy mają możliwość samodzielnego i szybkiego rozładunku przez otwarcie klap w dnie lub burtach.

Powoduje to wypadnięcie ładunku (kilkaset a nawet kilka tysięcy ton w ciągu kilku- kilkunastu sekund). Na wodach płytkich stosuje się szalandy bocznoklapowe, a na głębokich - dennoklapowe.

# Jednostki pomocnicze

- **Holownik**
- **Pchacz**
- **Lodołamacz**
- **Statek ratowniczy**
- **Pilotówka**
- **Statek pożarniczy**
- **Szalanda**
- **Bunkierka**
- **Inny statek pomocniczy**

# Jednostki pomocnicze

**Bunkierka**



**Bunkierka** - niewielki **zbiornikowiec** lub barka zaopatrująca statki (okręty) w paliwo ciekłe, rzadziej wodę kotłową. Wyposażony jest w urządzenia do przeładunku cieczy: pompy, węże o dużych przekrojach na specjalnych wysięgnikach pozwalające na bezproblemowe podanie paliwa na jednostkę zaopatrywaną. Swoje zadania realizuje na redzie, w portach oraz na pełnym morzu.

- **Holownik**
- **Pchacz**
- **Lodołamacz**
- **Statek ratowniczy**
- **Pilotówka**
- **Statek pożarniczy**
- **Szalanda**
- **Bunkierka**
- **Inny statek pomocniczy**



# Holowniki



# Holowniki



*Holownik portowo redowy Tap Mun ( $L=25.40$  m,  $B=8.50$  m,  $N=2650$  kW,  $Z=45.45$  T, pędnik azymutalny)*

## Holowniki portowe - redowe

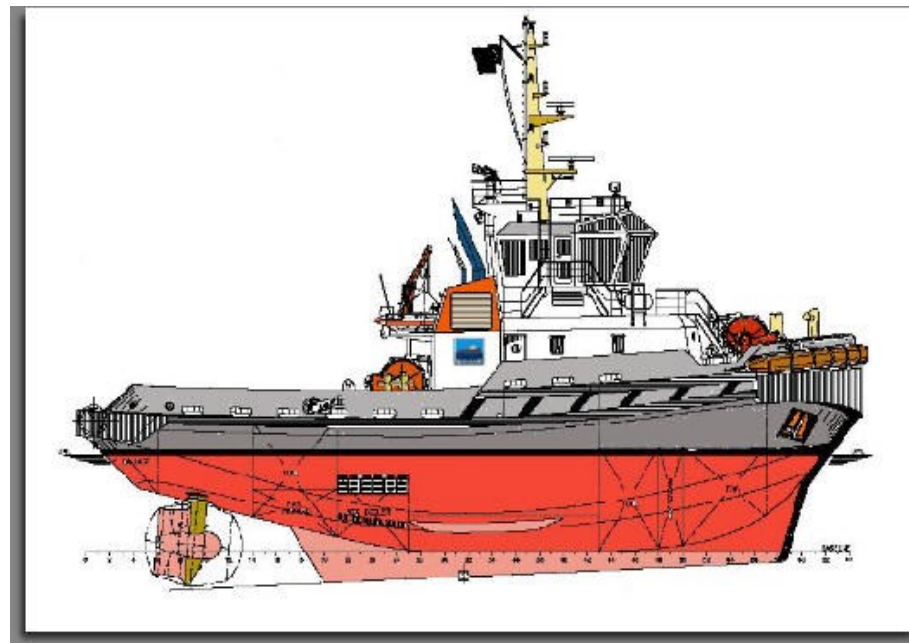
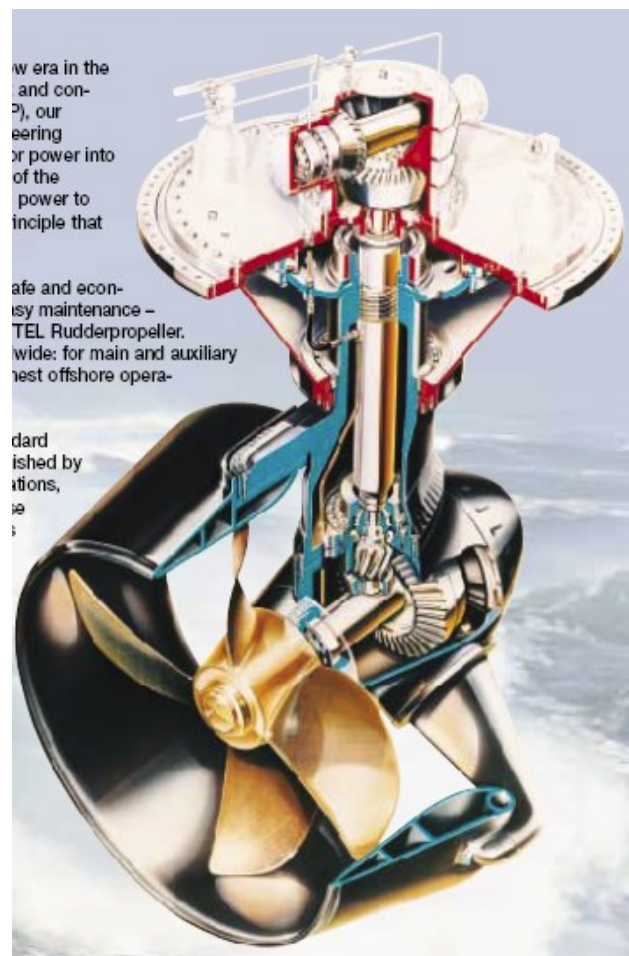
Wymiary dochodzą do **40 metrów**, moce napędu głównego przeciętnie wynoszą **750 ÷ 4000 kW**. Prędkość pływania swobodnego mieści się w granicach 10 ÷ 13 węzłów, zaś autonomiczność pływania 2 ÷ 4 doby.

Najczęściej spotykane **pędniki** na tego rodzaju jednostkach to śruby o skoku nastawnym bądź w dyszy korta, pędniki azymutalne lub Voith - Schneidera

Jednostki tego typu mają za zadanie **wprowadzać i wyprowadzać** statki z portów lub terminali przeładunkowych oraz pomagać w bezpiecznym poruszaniu się wewnątrz nich.



# Pędnik azymutalny Schottel



# Pędnik cykloidalny



# Statki rybackie

- **Statki łowcze** – podstawowy stan eksploatacyjny: praca na łowisku;
- **Statki przetwórcze** przerób i konserwacja surowca rybnego (przetwórnice, konserwiarnie, mączkarnie);
- **Statki łowczo – przetwórcze;**
- **Statki pomocnicze** – zwiad rybacki, zaopatrzenie, remonty itp.



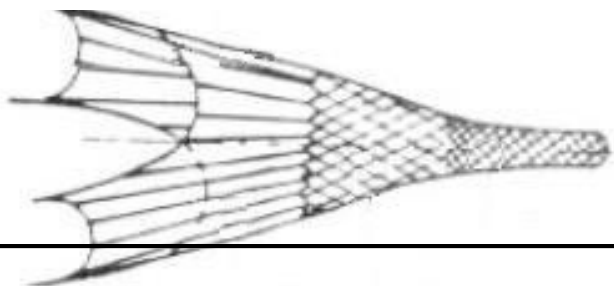
# Trawlery



**Draga**



**Włok pelagiczny linowy**

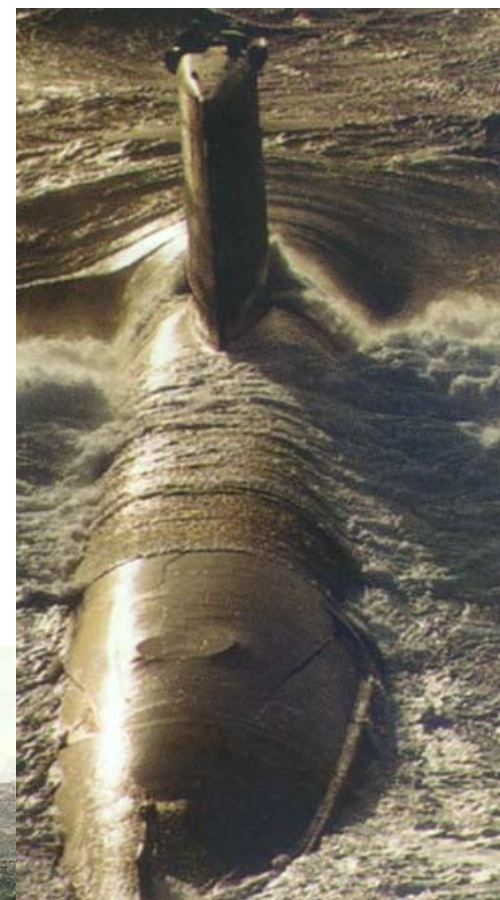


**Włok  
denny**

## Jednostki szybkie

- **Jednokadłowiec wypornościowy**
- **Jednokadłowiec półślizgowy (SPS)**
- **Wodolot jednokadłubowy**
- **Wodolot wielokadłubowy**
- **Katamaran półzanurzeniowy (SWATH)**
- **Katamaran półślizgowy**
- **Katamaran na zanurzonych płatach**
- **Katamaran falotnący**
- **Poduszkowiec**
- **Poduszkowiec bocznościenny (SES)**
- **Ekranopłat jednokadłubowy**
- **Ekranopłat wielokadłubowy**

# OKRĘTY



# Nadzór i klasyfikacja

*Projektowanie, budowa i eksploatacja* jednostek pływających jest obwarowana licznymi przepisami dotyczącymi zagadnień technicznych, bezpieczeństwa statku, załogi i pasażerów, bezpieczeństwa pracy i warunków socjalno-bytowych oraz kwalifikacji załogi. W Polsce głównymi organami powołanymi do kontroli stanu bezpieczeństwa statków, załóg, ładunków i żeglugi oraz do wystawiania odpowiednich dokumentów są Urzędy Morskie (terenowe organy administracji państwowej) oraz Polski Rejestr Statków będący towarzystwem klasyfikacyjnym.

*Urzędy Morskie* odpowiadają za przestrzeganie przepisów krajowych i konwencji międzynarodowych, wystawiają dokumenty uprawniające do żeglugi oraz kontrolują statki przy wejściu i wyjściu z portów polskich. Obecnie *UM* są również odpowiedzialne za ochronę prawną i techniczną wybrzeża oraz środowiska morskiego.

# Wzmagania formalno - prawne

## 1. Przepisy klasyfikacyjne.

- **PRS** (Polski Rejestr Statków)
- **DNV** (Det Norske Veritas – Norwegia)
- **ABS** (American Bureau of Shipping - USA)
- **LR** (Lloyd's Register –Wlk. Brytania)
- **GL** (Germanischer Lloyd - Niemcy)
- **Rina S. p. A.** (Registro Italiano Navale – Włochy)
- **NKK** (Nippon Kaiji Kyokai – Japonia)
- **BV** (Bureau Veritas – Francja)
- **RS** (Russian Maritime Register of Shipping – Rosja)




**IACS - International Association of Classification Societies** (*Międzynarodowe Zrzeszenie Towarzystw Klasyfikacyjnych*)



W zakres działalności *towarzystwa klasyfikacyjnego* wchodzi np. ustalanie przepisów, którym ma odpowiadać konstrukcja kadłuba statku, jego wyposażenia i materiałów, sprawowanie nadzoru nad budową i remontem statku, nadawanie jednostce *klasy*, świadczącej o jego przydatności żeglugowej, itd.

**K l a s a s t a t k u** – zgodność konstrukcji, wykonania i stanu statku (kadłuba, urządzeń maszynowych, instalacji, wyposażenia) z właściwymi wymaganiami *Przepisów klasyfikacyjnych*, potwierdzona nadaniem symbolu klasy i wydaniem *Świadectwa klasy*.

 1A1 Tanker for Oil, EO, Bow Loading, STL, ESP, DYNPOS  
AUTR, F-AMC, OPP-F, W1, ICE – 1C, RPS, ICS,

# Wzmaganie formalno - prawne

## 2. Konwencje międzynarodowe (wybrane).

- „Międzynarodowa konwencja o zapobieganiu zanieczyszczaniu morza przez statki” 1973 i Protokół 1978 (**MARPOL 73/78**)

Jest aktem prawnym o zasięgu globalnym regulującym sprawy zapobiegania zanieczyszczaniu mórz przez statki. Zakres konwencji obejmuje wszystkie zagadnienia techniczne związane z ograniczeniem zanieczyszczania morza przez statki, za wyjątkiem zatapiania odpadów i innych substancji. Dotyczy statków wszystkich typów oraz platform wiertniczych. Nie ma zastosowania do zanieczyszczeń będących następstwem badań i eksploatacji dna morskiego oraz złóż położonych pod dnem. Konwencja posiada 6 załączników dotyczących poszczególnych rodzajów zanieczyszczeń.

# Wzmagania formalno - prawne

## **2. Konwencje międzynarodowe (wybrane).**

- **SOLAS („International Convention for the Safety of Life at Sea”)**, „Międzynarodowa konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu”.

Konwencja **SOLAS** ma na celu podniesienie bezpieczeństwa życia na morzu przez ustalenie jednolitych zasad i przepisów budowy statków, jak również podaje wzory wystawianych dokumentów.

Rozdział II-1 Budowa – konstrukcja, niezatapialność i stateczność, urządzenia maszynowe i instalacje elektryczne

Rozdział II-2 Konstrukcja – ochrona przeciwpożarowa, wykrywanie i gaszenie pożarów

Rozdział III Środki i urządzenia ratunkowe

Rozdział IV Radiokomunikacja

Rozdział VII Przewóz towarów niebezpiecznych

Rozdział VII Statki z napędem jądrowym

Rozdział X Środki bezpieczeństwa dla jednostek szybkich

Rozdział XI-1 Środki specjalne dla podniesienia bezpieczeństwa na morzu

Rozdział XI-2 Środki specjalne dla wzmocnienia ochrony na morzu

Rozdział XII Dodatkowe środki bezpieczeństwa dla masowców

# Wzmagania formalno - prawne

## **3. Kodeksy (wybrane).**

- **Kodeks HSC** - International Code of Safety for High-Speed Craft („Międzynarodowy kodeks bezpieczeństwa jednostek szybkich”);
- **Kodeks IGC** - International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk („Międzynarodowy kodeks budowy i wyposażenia statków przewożących skroplone gazy luzem”);
- **Kodeks LSA** - Life-Saving Appliance Code („Międzynarodowy kodeks środków ratunkowych”);
- **Kodeks FSS** – International Fire Safety Systems Code („Międzynarodowy kodeks systemów bezpieczeństwa pożarowego”).

# Międzynarodowa Organizacja Morska - IMO

*International Maritime Organization*

Zadaniem IMO jest tworzenie **platform i mechanizmów współpracy rządów oraz tworzenie zasad odnoszących się do różnych spraw technicznych wpływających na żeglugę**

## Komitet Bezpieczeństwa na Morzu MSC

*Maritime Safety Committee*

Zajmuje się przede wszystkim sprawami technicznymi związanymi z bezpieczeństwem na morzu. Działa przez szereg podkomitetów

## Komitet Ochrony Środowiska Morskiego MEPC

*Marine Environment Protection Committee*

Prowadzi działalność IMO w sprawach zapobiegania i kontroli zanieczyszczenia środowiska morskiego ze statków



# ***Bezpieczeństwo żeglugi***



# Ochrona środowiska naturalnego





# POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ OCEANOTECHNIKI I OKRĘTOWNICTWA

KATEDRA SIŁOWNI MORSKICH I LĄDOWYCH

e-mail: [pawszym1@pg.gda.pl](mailto:pawszym1@pg.gda.pl)

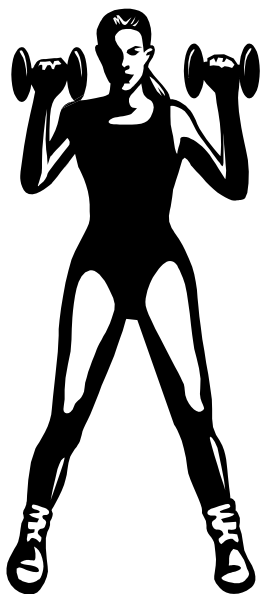


dr inż. Paweł Szymański

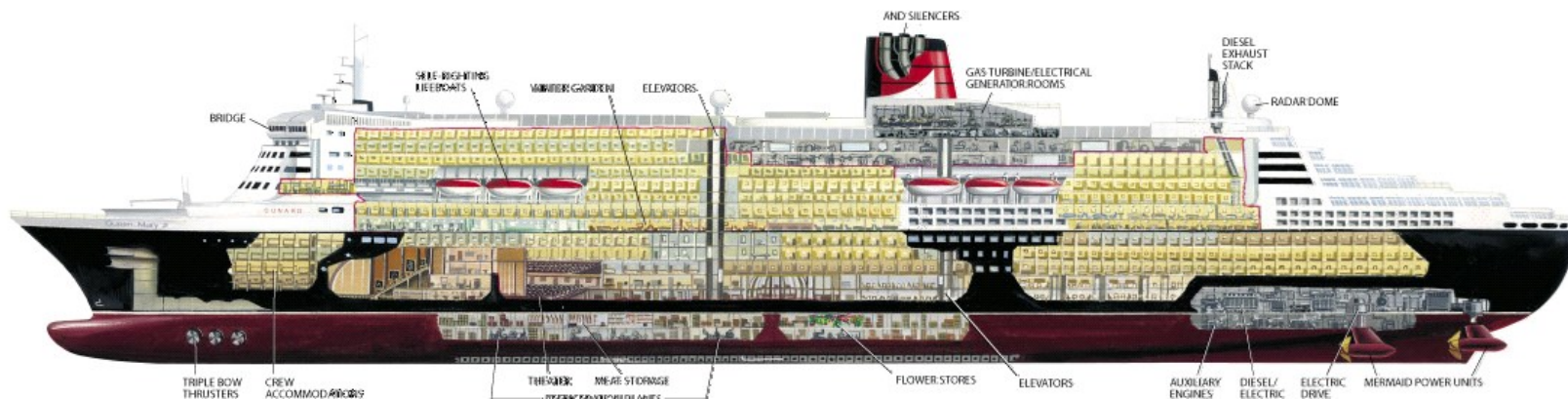
## ZDOLNOŚĆ STATKU DO RUCHU – OGÓLNE WIADOMOŚCI O UKŁADZIE NAPĘDOWYM

# Temat 2 - zagadnienia

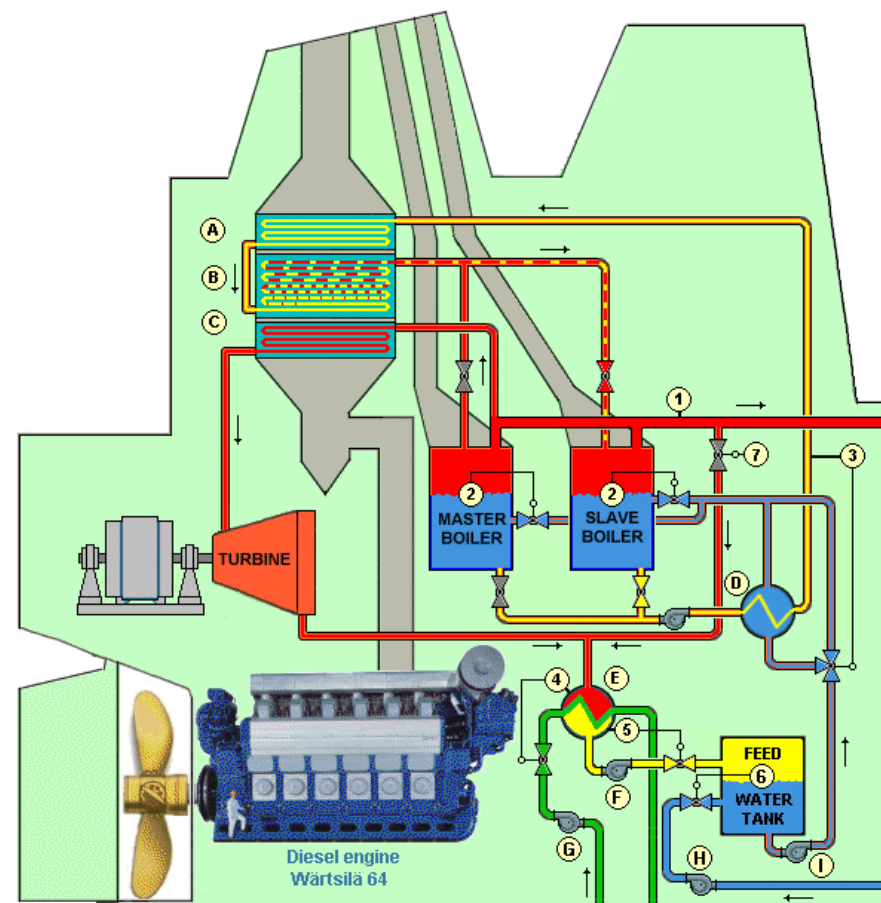
- Określenie siłowni okrętowej.
- Podstawowe zadania siłowni okrętowych.
- Główny układ napędowy statku.
- Pędniki okrętowe.
- Przykłady rozwiązań specjalnych.







## Siłownia okrętowa – centrum energetyczne statku (okrętu)

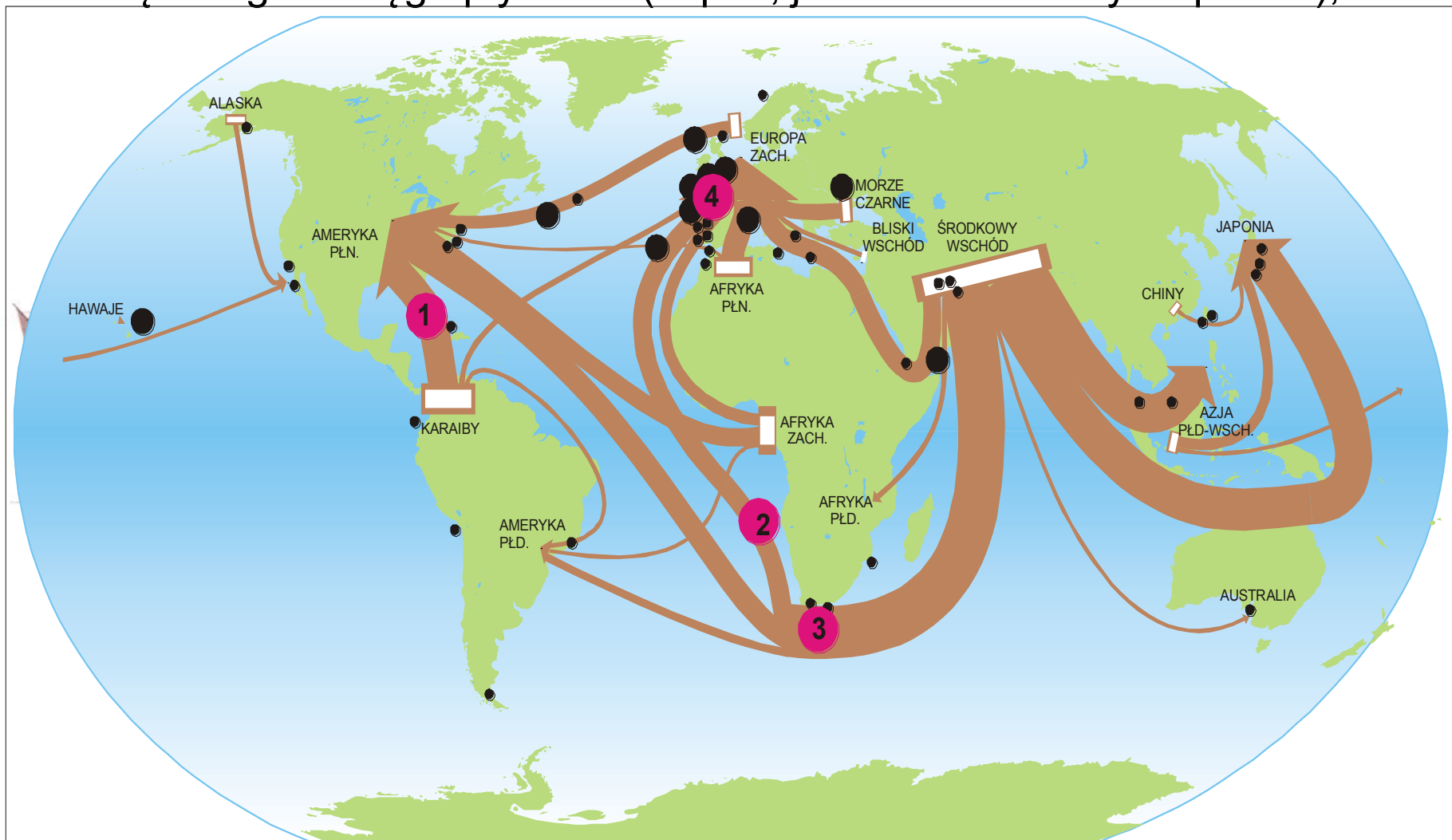


**Siłownia okrętowa** – podsystem funkcjonalny jednostki pływającej przeznaczony do dostarczania wszystkich niezbędnych dla jej funkcjonowania nośników energii (rodzajów energii).

# Zadania siłowni okrętowej

Do najważniejszych zadań siłowni okrętowych należy zapewnienie :

- zdolności do ruchu z określoną prędkością w określonym czasie;
- żądanego zasięgu pływania (zapas, jednostkowe zużycie paliwa);

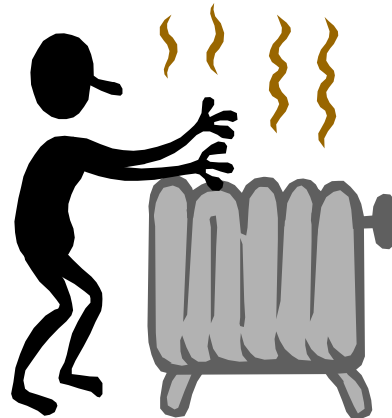
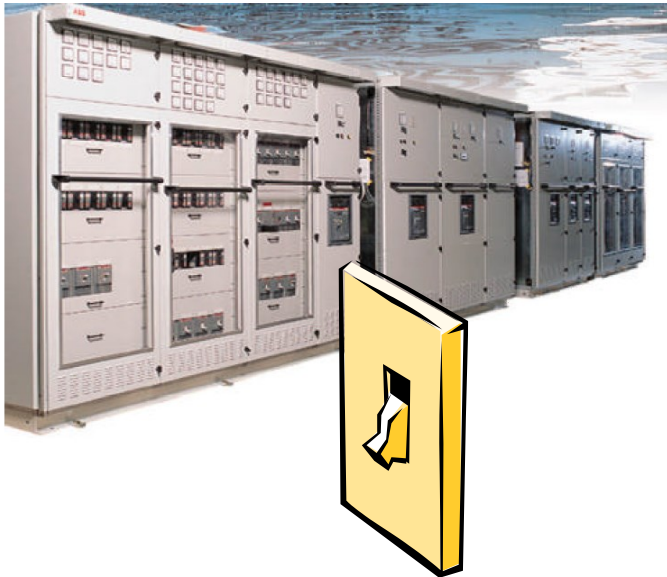




# Zadania siłowni okrętowej

Do najważniejszych zadań siłowni okrętowych należy zapewnienie :

- wymaganej (we wszystkich przewidzianych stanach eksploatacyjnych) ilości oraz prawidłowego rozdziału energii elektrycznej dla wyposażenia technicznego;
- wymaganej ilości energii w postaci innych nośników (np. ciepła woda, para wodna, sprężone powietrze itd.) dla normalnej eksploatacji jednostki;



# Zadania siłowni okrętowej

Do najważniejszych zadań siłowni okrętowych należy zapewnienie :

- bezpieczeństwa ppoż.;





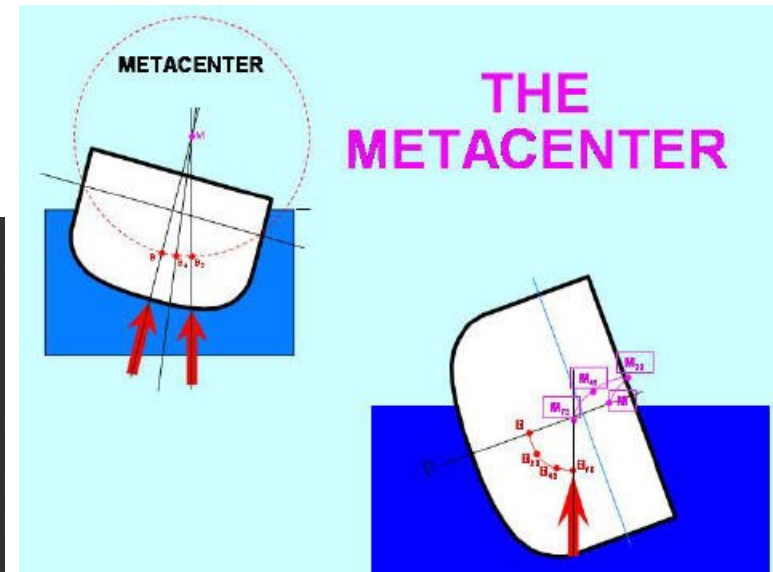
# Zadania siłowni okrętowej

Do najważniejszych zadań siłowni okrętowych należy zapewnienie :

- odpowiednich własności statecznościowo – niezatapialnościowych jednostki pływającej;



**NIEZATAPIALNOŚĆ** – zdolność okrętu do utrzymania się na wodzie, przy zachowaniu stateczności, w wypadku wdarcia się wody do wnętrza kadłuba.

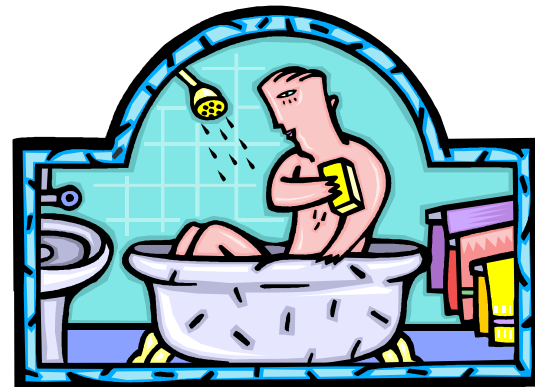


**STATECZNOŚĆ** – zdolność powracania okrętu do stanu równowagi („pozycji wyprostowanej”) po jej czasowym zakłóceniu.

# Zadania siłowni okrętowej

Do najważniejszych zadań siłowni okrętowych należy zapewnienie :

- wymaganych warunków socjalno - bytowych załogi na postoju i w ruchu;



# Zadania siłowni okrętowej

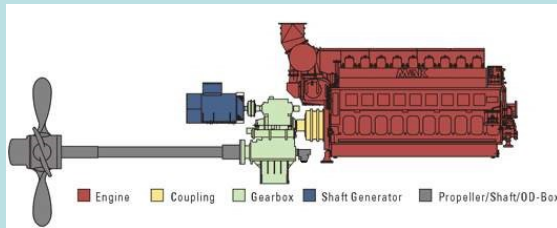
**Do najważniejszych zadań siłowni okrętowych należy zapewnienie:**

- zdolności do ruchu z określoną prędkością w określonym czasie;
- żądanego zasięgu pływania;
- wymaganej (we wszystkich przewidzianych stanach eksploatacyjnych) ilości oraz prawidłowego rozdziału energii elektrycznej dla wyposażenia technicznego;
- wymaganej ilości energii w postaci innych nośników (np. ciepła woda, para wodna, sprężone powietrze itd.) dla normalnej eksploatacji jednostki;
- bezpieczeństwa ppoż.;
- odpowiednich własności statecznościowo – niezatapialnościowych jednostki pływającej;
- wymaganych warunków socjalno - bytowych załogi na postoju i w ruchu.

# Struktura siłowni

## SIŁOWNIA OKRĘTOWA

OKRĘTOWY UKŁAD  
NAPEĐDOWY



## OKRĘTOWE MECHANIZMY I URZĄDZENIA POMOCNICZE

ELEKTROWNIA OKR.

KOTŁOWNIA

INNE ...

INSTALACJE RUROCIĄGÓW OKRĘTOWYCH

# WIADOMOŚCI OGÓLNE

**SIŁOWNIA OKRĘTOWA (def.)** - jest to wydzielona wodoszczelna część kadłuba, w której znajdują się silnik lub silniki napędu głównego, elektrownia okrętowa, maszyny i urządzenia pomocnicze niezbędne do zapewnienia prawidłowej pracy silników napędu głównego, ruchu statku, zasilania urządzeń sterowych, nawigacyjnych, ratunkowych, dźwigowych, cumowniczych i innych, zapewnienie działania różnych instalacji okrętowych, a także zapewnienia potrzeb bytowych załogi i ewentualnych pasażerów. Dla okrętów wojennych, również zasilanie urządzeń zapewniających możliwość wykorzystania uzbrojenia okrętowego.



# WIADOMOŚCI OGÓLNE

**SIŁOWNIA OKRĘTOWA** (def.) - jest to zespół maszyn i urządzeń wraz z łączącymi je rurociągami i armaturą, aparaturą sterowania i zabezpieczeń oraz aparaturą kontrolno-pomiarową.

# WIADOMOŚCI OGÓLNE

**MASZYNA** (def.) – taki wytwór człowieka z materii nieożywionej, w którym następuje przemiana jednego rodzaju energii w inną, której wynikiem jest przekazanie ciepła lub wykonanie pracy np. przemiana energii elektrycznej w mechaniczną (pompy, sprężarki, wirówki oleju, wciągarki pokładowe itp.)

# WIADOMOŚCI OGÓLNE

**URZĄDZENIE** (def.) – taki wytwór człowieka z materii nieożywionej, w którym następuje wymiana energii tego samego rodzaju (podgrzewacze, chłodnice, kotły, siłowniki itp.) lub uzdatnianie czynnika energetycznego np. oleju smarowego lub pędnego, filtry, wyparowniki, zbiorniki, osadowe, odoliwiacze powietrza itp.).

# WIADOMOŚCI OGÓLNE

**SIŁOWNIA OKRĘTOWA - to:**

- **główny układ napędowy,**
- **elektrownia okrętowa,**
- **kotły pomocnicze i instalacja pary pomocniczej,**
- **wyparowniki wody słodkiej,**
- **urządzenia ochrony środowiska,**
- **urządzenia chłodnicze i klimatyzacyjne,**
- **instalacje siłowniane,**
- **instalacje ogólnookrętowe,**
- **układy automatyzacji siłowni oraz kontroli jej parametrów pracy.**

# WIADOMOŚCI OGÓLNE

## SIŁOWNIE OKRĘTOWE

ELEMENTY UKŁADU  
RUCHOWEGO

ELEMENTY SIŁOWNI  
SPALINOWEJ

SIŁY DZIAŁAJĄCE NA  
OKRĘT W RUCHU

WŁASNOŚCI  
RUCHOWE OKRĘTU

GŁÓWNE  
SILNIKI  
NAPĘDOWE

OKRĘTOWE  
MECHANIZMY  
POMOCNICZE

INSTALACJE  
SIŁOWNIANE I  
OKRĘTOWE

ROZWIĄZANIA SIŁOWNI  
OKRĘTOWEJ

## CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA DOBÓR RODZAJU SIŁOWNI OKRĘTOWEJ

KLASA  
OKRĘTU

PRĘDKOŚĆ  
MAKSYMALNA I  
KRAŻOWNICZA

KADŁUB

WYMAGANIA  
SPECJALNE

RODZAJ

WYMIARY  
PRZEDZIAŁU  
MASZYNO-  
WEGO I  
ZBIORNIKÓW

WYMIARY  
GŁÓWNE

MOC

OPÓR

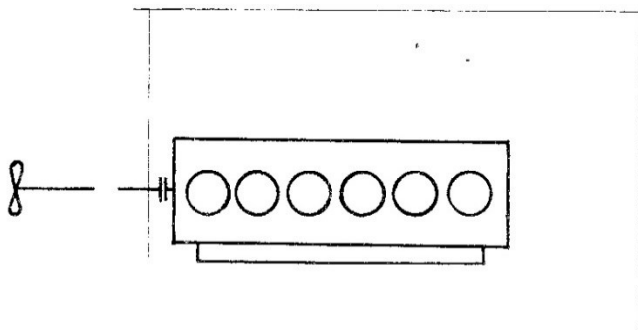
RODZAJ  
SIŁOWNI



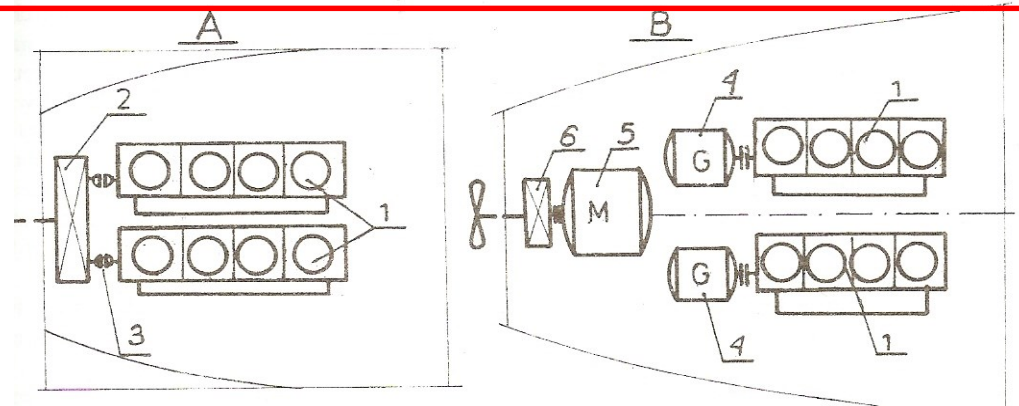
# GŁÓWNY UKŁAD NAPĘDOWY STATKU

W skład **głównego układu napędowego** statku wchodzi następujące **mechanizmy i urządzenia**, także zwane głównymi:

- silniki główne (tłokowe o ZS, turbinowe - spalinowe i parowe),
- urządzenia zapewniające realizację obiegu termodynamicznego silników głównych (np. w przypadku turbin parowych – kotły główne bądź reaktory jądrowe, skraplacze główne,
- sprzęgła rozłączne (włączanie i wyłączanie napędu linii wałów oraz zmiana kierunku jej obrotu),
- przekładnia redukcyjna (redukcja prędkości obrotowej wału śrubowego),
- linie wałów (przekazywanie energii mechanicznej silników głównych do pędników okrętowych),
- pędniki (śruby napędowe),
- urządzenia sterowania i kontroli pracy głównego układu napędowego.



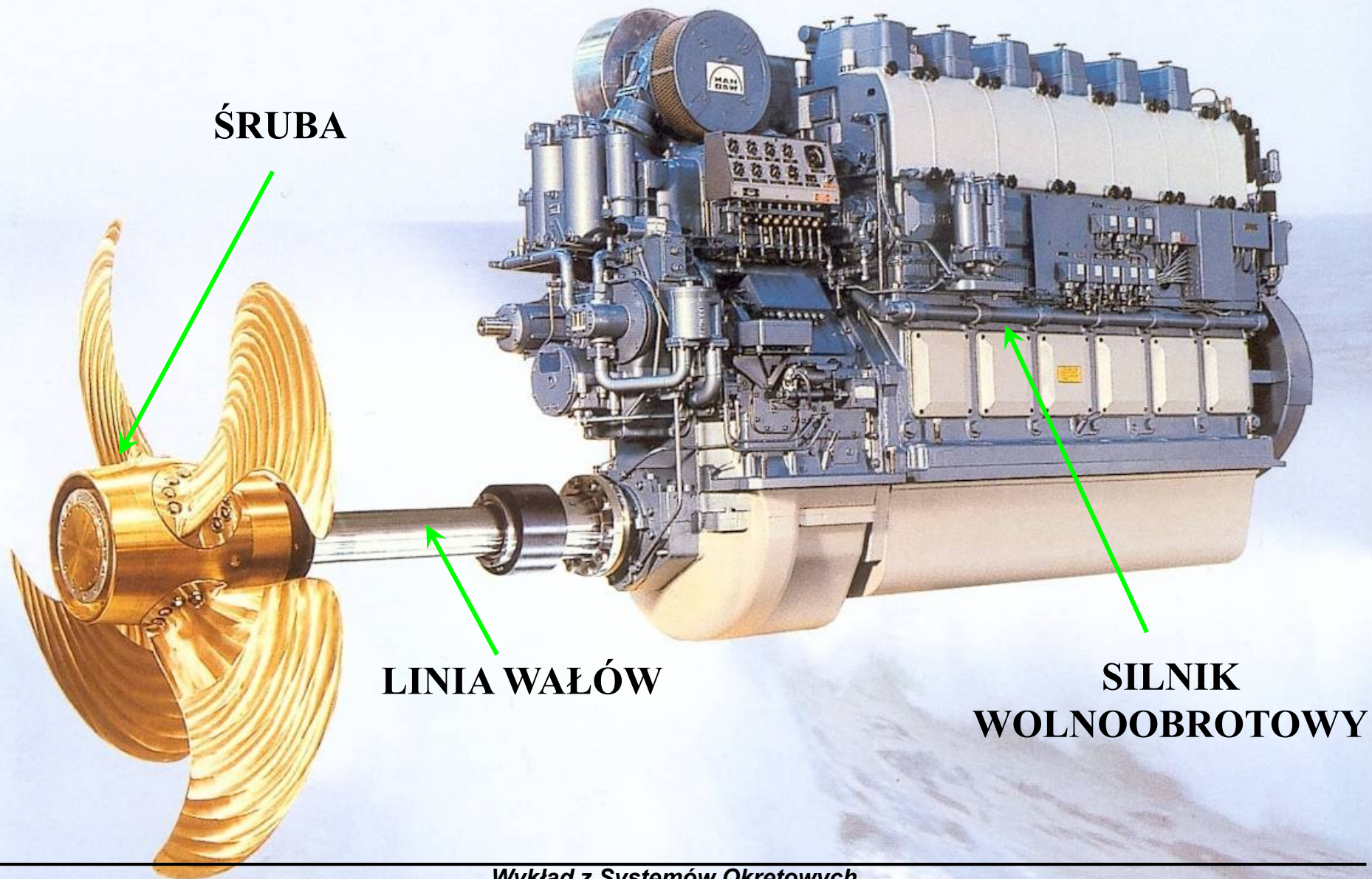
**Bezpośredni napęd główny** statku wolnoobrotowym tłokowym silnikiem spalinowym



**Pośredni napęd główny statku**

- A) z przekładnią mechaniczną, B) z przekładnią elektryczną  
1 - silnik główny, 2 - przekładnia mechaniczna z łożyskiem oporowym,  
3 - sprzęgło rozłączne, podatne, 4 - prądnica, 5 - silnik elektryczny napędu głównego, 6 - przekładnia redukcyjna z łożyskiem oporowym.

# NAPĘD BEZPOŚREDNI





**SILNIK  
ŚREDNIOOBROTOWY**

# **NAPĘD POŚREDNI**

**ŚRUBA**

**PRZEKŁADNIA**

**SPRZĘGŁO  
PODATNE**

**LINIA WAŁÓW**

# DIRECT PROPULSION SYSTEM VS INDIRECT PROPULSION SYSTEM



## NAPĘD BEZPOŚREDNI (75% MOCY NAPĘDÓW WSZYSTKICH STATKÓW):

### Zalety:

- najwyższe z możliwych sprawności silników napędowych (wolnoobrotowych) o mocy nawet do 65 MW;
- silniki napędowe przystosowane są do spalania paliwa najniższej jakości (najtańsze);
- prosta konstrukcja i eksploatacja;
- wysoka trwałość i niezawodność.

### Wady:

- duża masa i objętość napędu (masa jednostkowa 30-50kg/kW);
- wysoki silnik, wysoko położony środek ciężkości – problem stateczności statku;
- trudna budowa i remont siłowni (razem ze statkiem).

# DIRECT PROPULSION SYSTEM VS INDIRECT PROPULSION SYSTEM



## Napęd pośredni (silniki średnio- i szybkoobrotowe):

### Zalety:

- możliwość doboru optymalnej pr. obr. śruby (wyższe sprawności);
- ekonomiczna praca silników na obciążeniach częściowych (praca w układach);
- duża niezawodność napędu, pewność ruchu i bezpieczeństwo statku;
- mniejsza masa i gabaryty silników (masa jednostkowa siln. średn. 8-20 kg/kW, silniki szybkoobr. – 1,2 – 4.0 kg/kW, silniki turbinowe 0,1-1,0 kg/kW);
- nisko położony środek ciężkości – zwiększa stateczność statku;
- powiększenie nośności statku kosztem mniejszej masy i objętości siłowni;
- łatwiejsze remonty (małe i lekkie podzespoły).

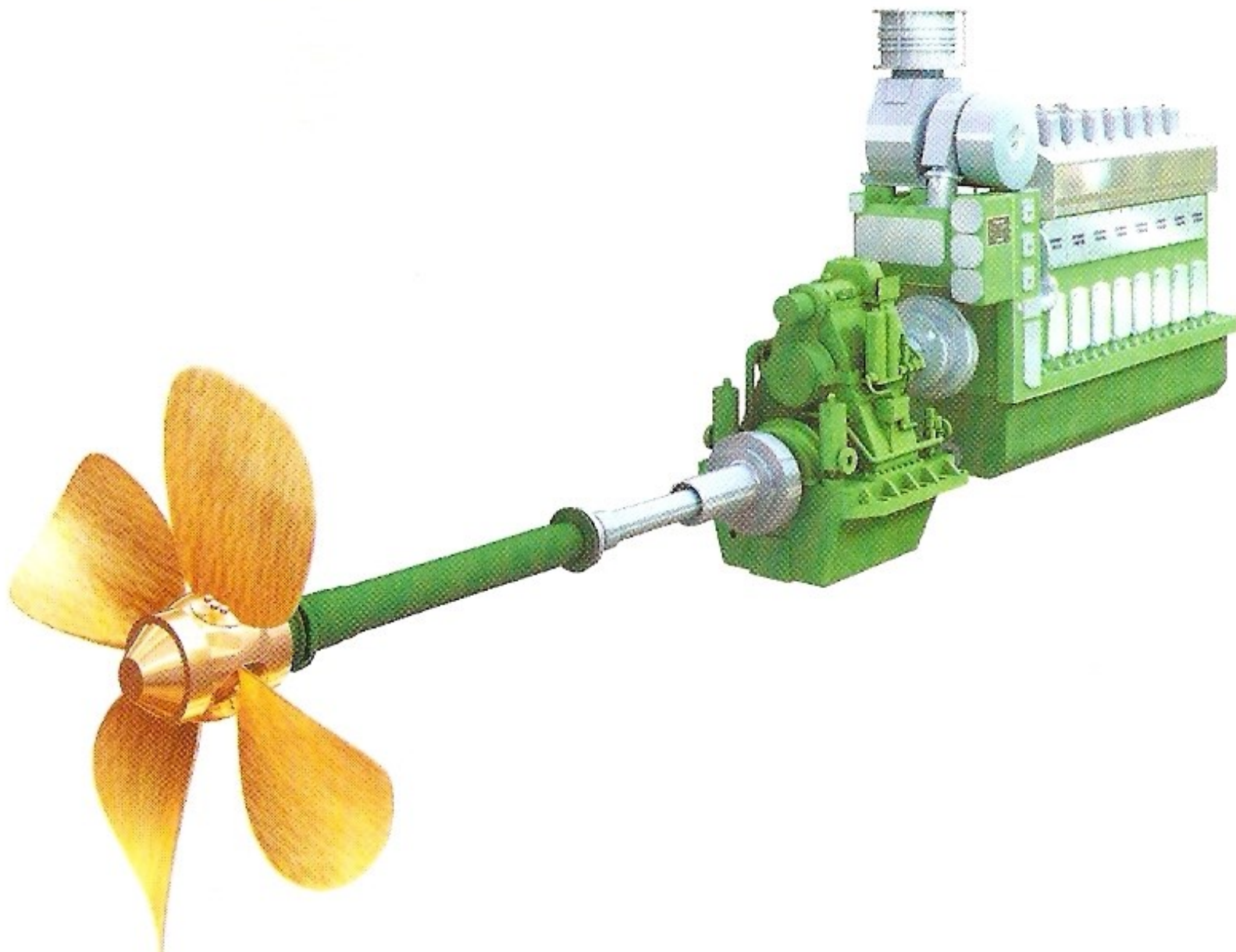
## Napęd pośredni (silniki średnio- i szybkoobrotowe):

### Wady:

- niższa sprawność silników napędowych;
- dodatkowe straty energii w przekładni i sprzęgłach;
- niższa trwałość i niezawodność napędu;
- większa awaryjność silników i zespołów napędowych;
- większe koszty remontów;
- wyższy poziom hałasu.

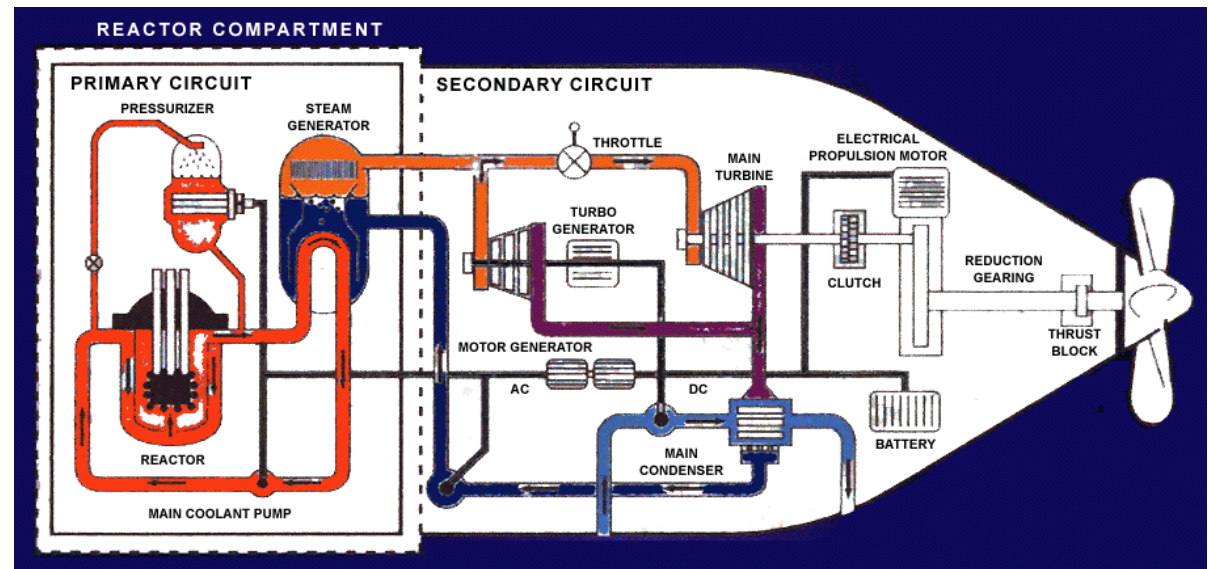


# NAPĘD POŚREDNI – SILNIK ŚREDNIOOBROTOWY, ŚRUBA NASTAWNA

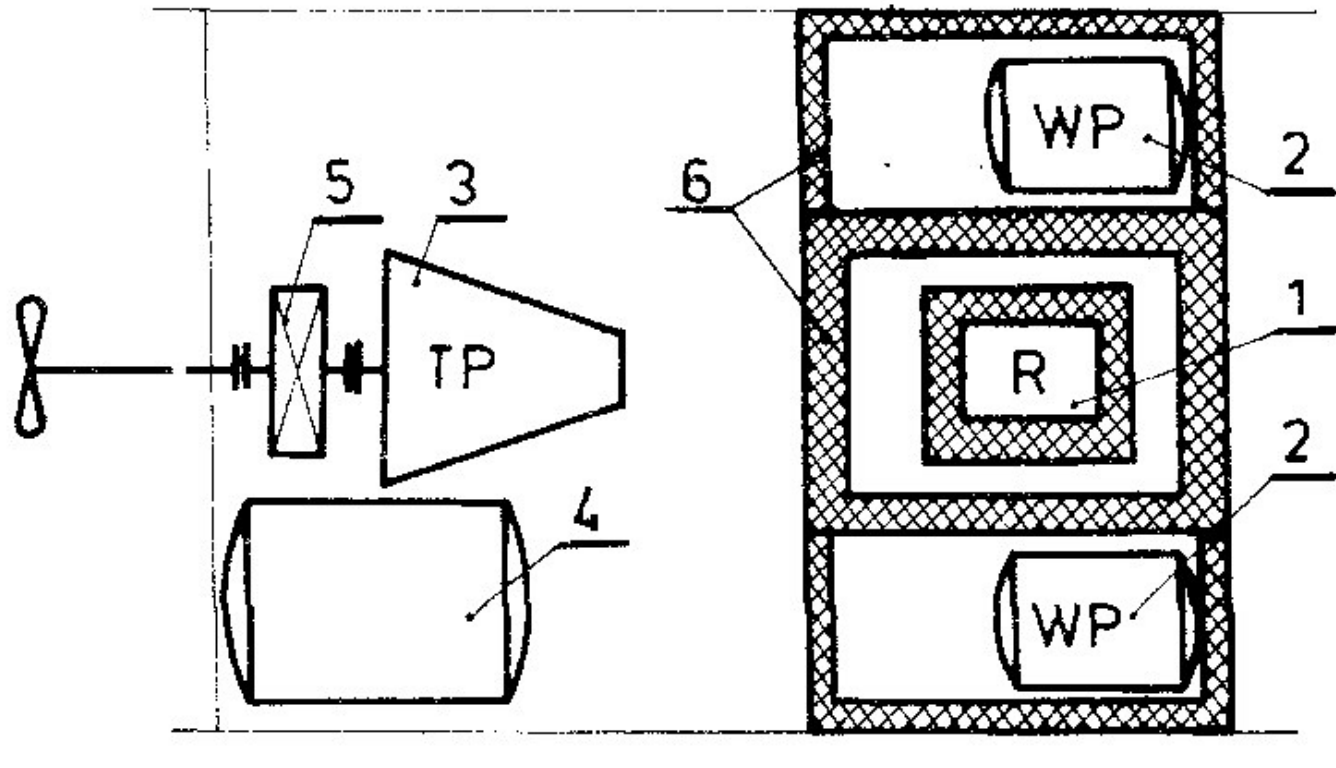


# Klasyfikacja siłowni okrętowych

- Ze względu na rodzaj paliwa:
  - Konwencjonalne
  - Jądrowe



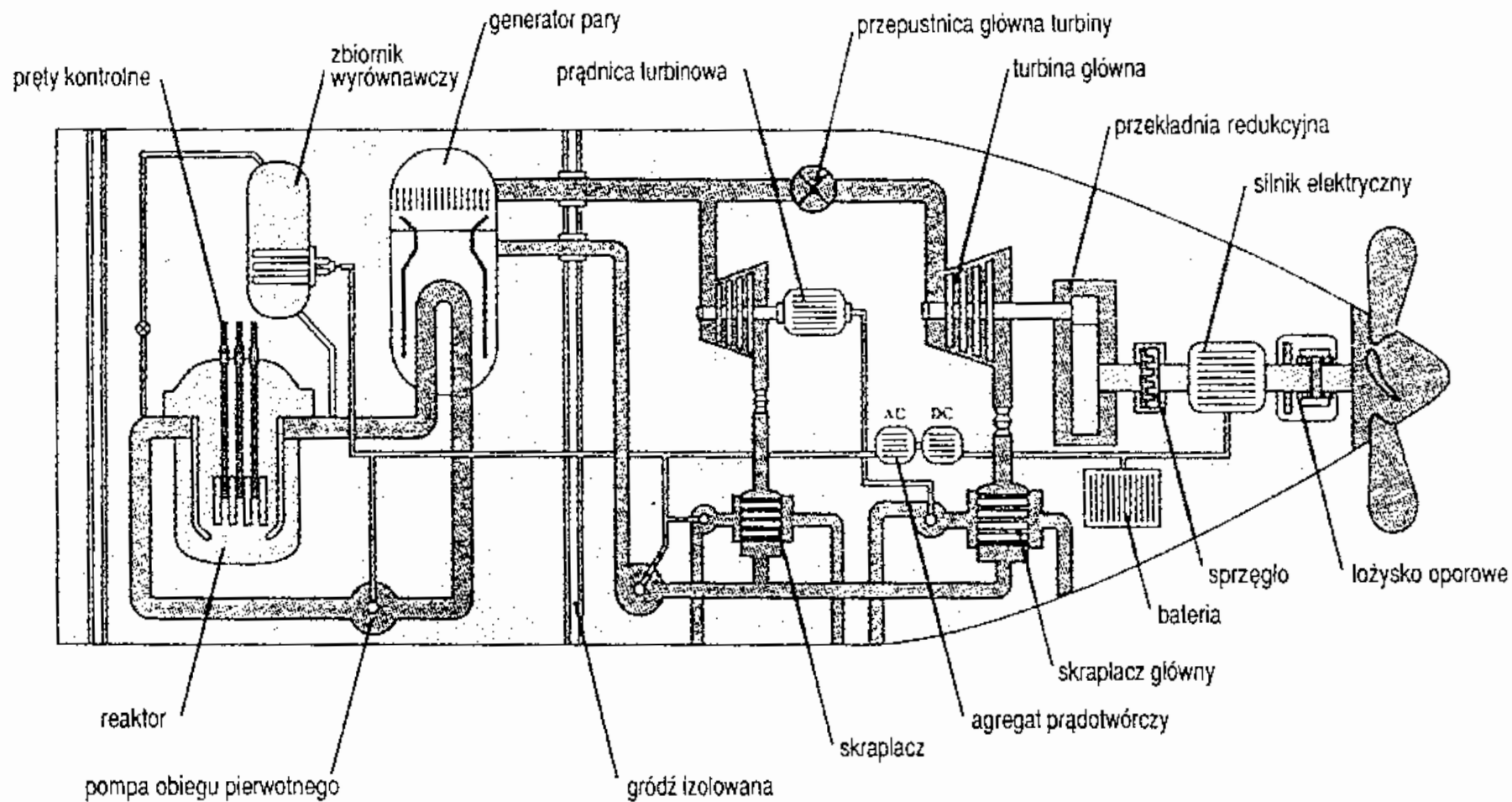
# GŁÓWNY UKŁAD NAPĘDOWY STATKU



Główne podzespoły napędu głównego **siłowni jądrowej** statku

- 1** - reaktor jądrowy, **2** - wytwornica pary, **3** - turbina parowa, **4** - skraplacz,  
**5** - przekładnia redukcyjna z łożyskiem oporowym, **6** - osłona pochłaniająca promieniowanie.

# GŁÓWNY UKŁAD NAPĘDOWY STATKU



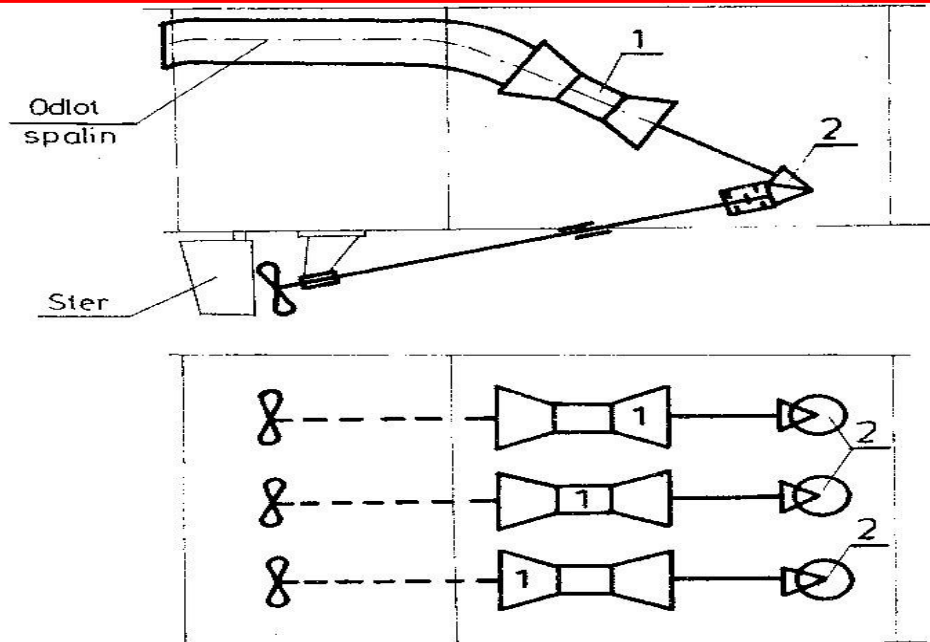
**Paliwo – wzbogacony uran zawierający 90% czystego uranu U-235 (elektrownie 2-5%, broń atomowa 98%).**  
**Pręty kontrolne – spowalniające reakcję roszczepiania atomów uranu – kadm, hafn.**

# Klasyfikacja siłowni okrętowych

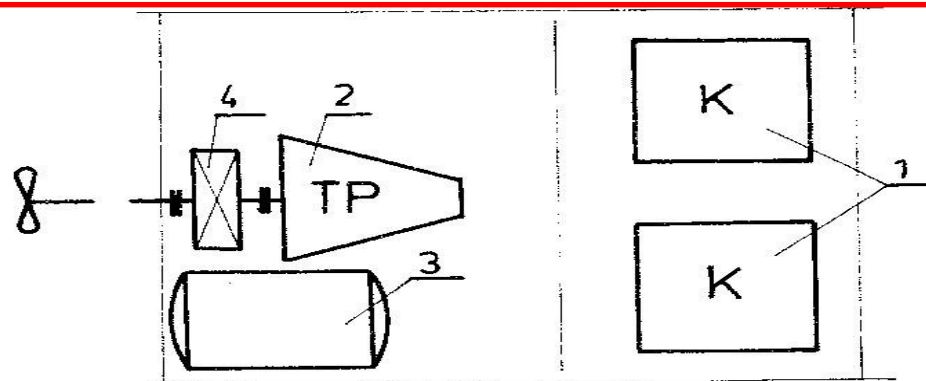
- Ze względu na rodzaj silnika(-ów) głównych
  - Tłokowe
    - z silnikami wolnoobrotowymi
    - z silnikami średnioobrotowymi
    - z silnikami szybkoobrotowymi
  - Wirnikowe
    - z turbinami parowymi
    - z turbinowymi silnikami spalinowymi



# GŁÓWNY UKŁAD NAPĘDOWY STATKU



Główne podzespoły napędu głównego turbozespołami spalinowymi małego, szybkiego okrętu wojennego: 1 - turbozespół spalinowy; 2 - przekładnia II-go stopnia (kątowna) z łożyskiem oporowym



Główne podzespoły napędu głównego statku z turbiną parową: 1 - kocioł parowy; 2 - turbina parowa; 3 - skraplacz; 4 - przekładnia redukcyjna prędkości obrotowej wraz z łożyskiem oporowym

# Klasyfikacja siłowni okrętowych

- Ze względu na konfigurację układu napędowego:
  - Jednorodne:
    - z silnikami tłokowymi
    - z turbinowymi silnikami spalinowymi
    - z turbinami parowymi
  - Kombinowane
  - Mieszane

# Kombinowane układy napędowe

W układzie napędowym okrętu zastosowane są silniki przynajmniej dwóch typów:

- **silniki marszowe** (silniki ruchu ekonomicznego) np. tł. silnik spalinowy,
- **silniki mocy szczytowych** np. turbinowy silnik spalinowy.

# Silniki marszowe

Silniki te realizują moce siłowni zapewniające prędkości pływania do ok.

$0,8 v_{\max}$

- stosunkowo niewielka moc
- wysoka sprawność
- duża trwałość.

# Silniki mocy szczytowych

Silniki te realizują moce siłowni  
zapewniające prędkości pływania od ok.  
 $0,8 v_{\max}$  **wzwyż**

duża moc  
niewielkie gabaryty


niższa sprawność

niższa trwałość

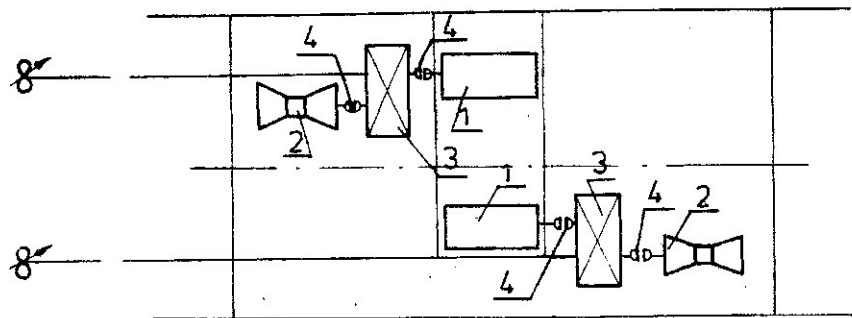


# Zasady oznaczania siłowni kombinowanych

CODAG - CO<sup>1</sup> D<sup>2</sup> A<sup>3</sup> G<sup>4</sup>

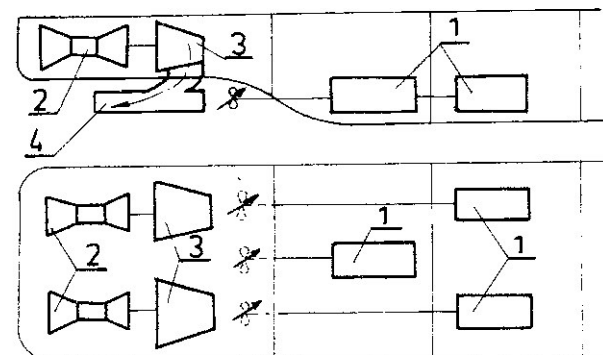
1. **CO** – symbol siłowni kombinowanej (**CO**mbined)
2. Silnik marszowy
  - **D** – tłokowy silnik spalinowy (**Diesel**)
  - **G** – turbozespół spalinowy (**Gas Turbine**)
  - **DL** – tł. silnik spalinowy napędzający (**Diesel Electric**)  
przekładnię elektryczną
3. Łączna (**AND – A**) lub rozłączna (**OR – O**) praca silników przy osiągnięciu  $v_{max}$  
4. Silnik mocy szczytowych

# KLASYFIKACJA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH



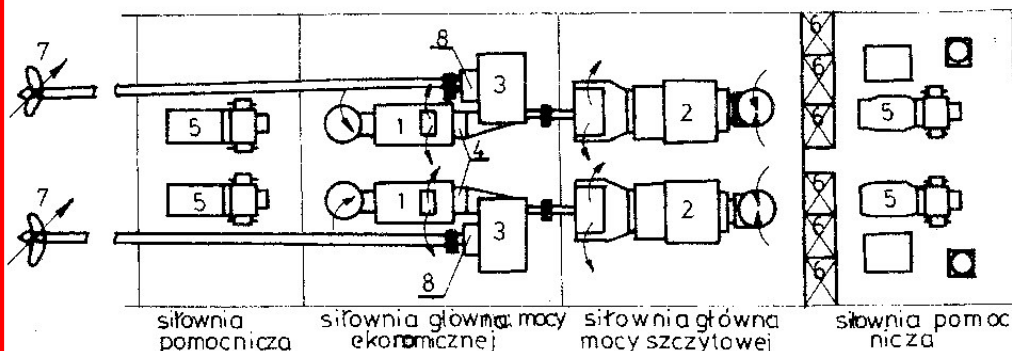
**Schemat układu napędowego siłowni kombinowanej typu CODOG fregaty**

1 - tłokowy średnioobrotowy silnik spalinowy 2MW, 2 - turbinowy silnik spalinowy 24MW, 3 - przekładnia redukcyjna zbiorcza, 4 - sprzęgło rozłączne.



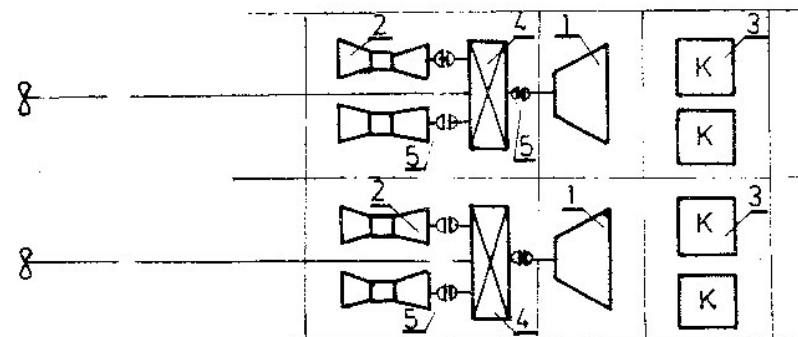
**Schemat układu napędowego siłowni kombinowanej typu CODOG dużego ścigacza**

1 - tłokowe średnioobrotowe silniki spalinowe 3x1,6MW, 2 - turbinowe silniki spalinowe 2x12MW, 3 - dmuchawy o ciśnieniu 0,25MPa, 4 - eżektory (pędniki dwufazowe).



**Schemat układu napędowego siłowni kombinowanej typu COGOG fregaty**

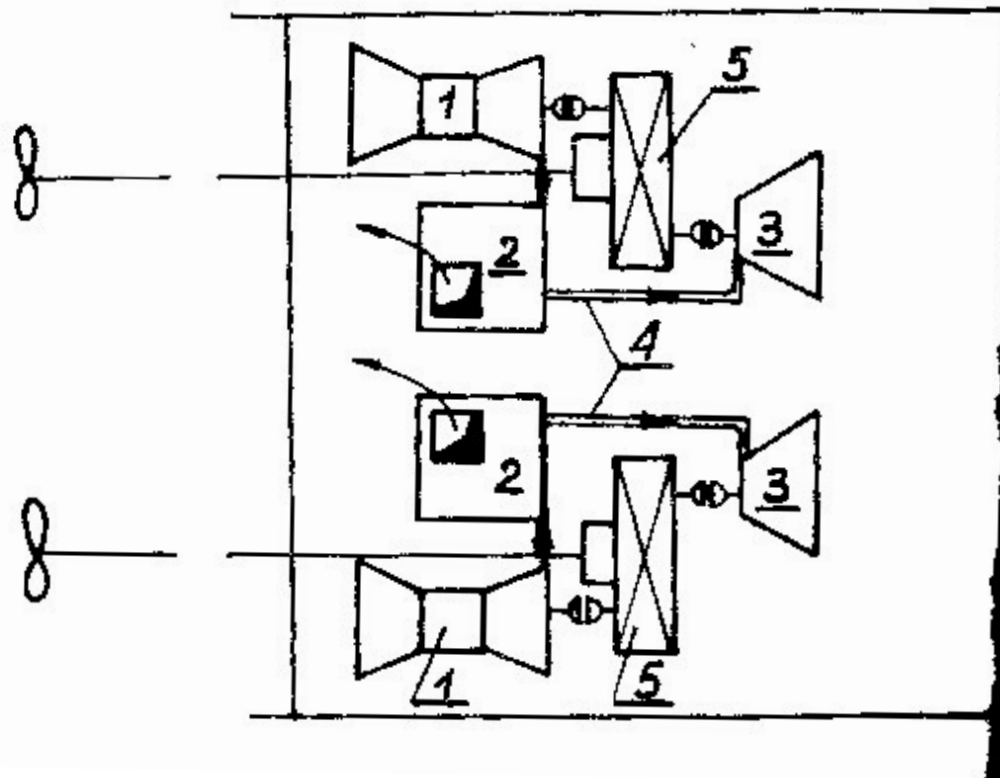
1 - turbinowy silnik spalinowy marszowy 4MW, 2 - turbinowy silnik spalinowy mocy szczytowej 20MW, 3 - przekładnia redukcyjna, 4 - sprzęgło rozłączne-nawrotne, 5 - zespół prądotwórczy 750kW, 6 - zbiornik rozchodowy paliwa, 7 - śruba nastawna, 8 - łożysko oporowe.



**Schemat układu napędowego siłowni kombinowanej typu COSAG niszczyciela**

1 - turbina parowa 12MW, 2 - turbinowy silnik spalinowy 6MW, 3 - kocioł parowy, 4 - przekładnia redukcyjna zbiorcza, 5 - sprzęgło rozłączne.

# KLASYFIKACJA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH



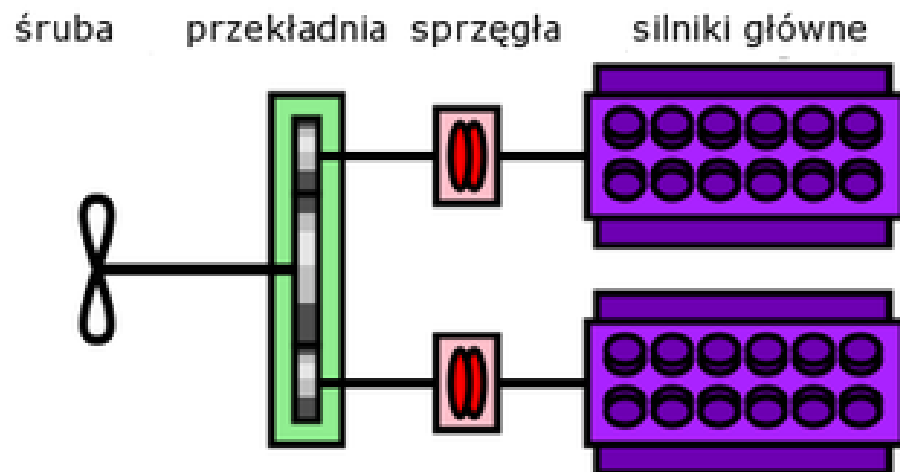
Schemat układu napędowego siłowni kombinowanej  
typu **COGAS** drobnicowca

- 1** - turbinowy silnik spalinowy 14MW, **2** - kocioł utylizacyjny,  
3 - turbina parowa 4,3MW, 3 - kocioł parowy,  
**4** - rurociąg doprowadzający parę z kotła utylizacyjnego do  
turbiny parowej, **5** - przekładnia redukcyjna zbiorcza  
(z łożyskiem oporowym).

# KLASYFIKACJA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH

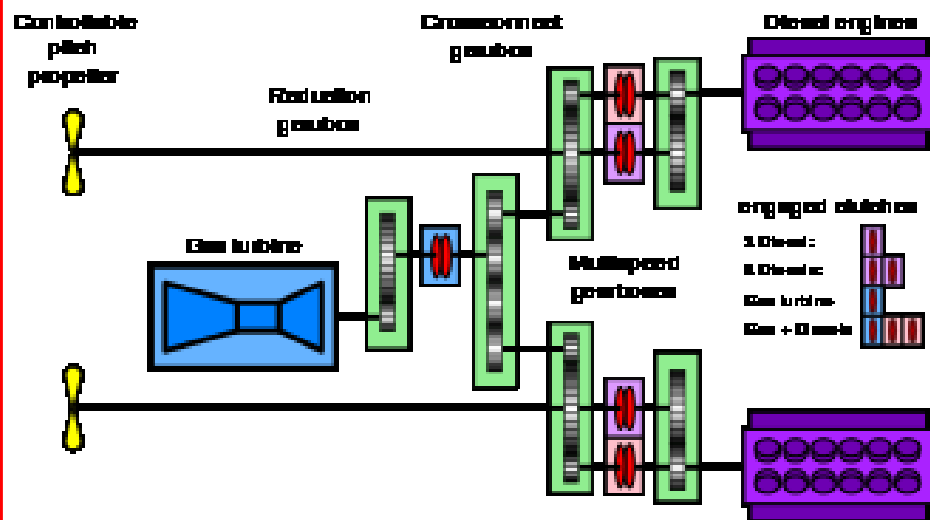
## CODAD

*Combined Diesel and Diesel*



## CODAG

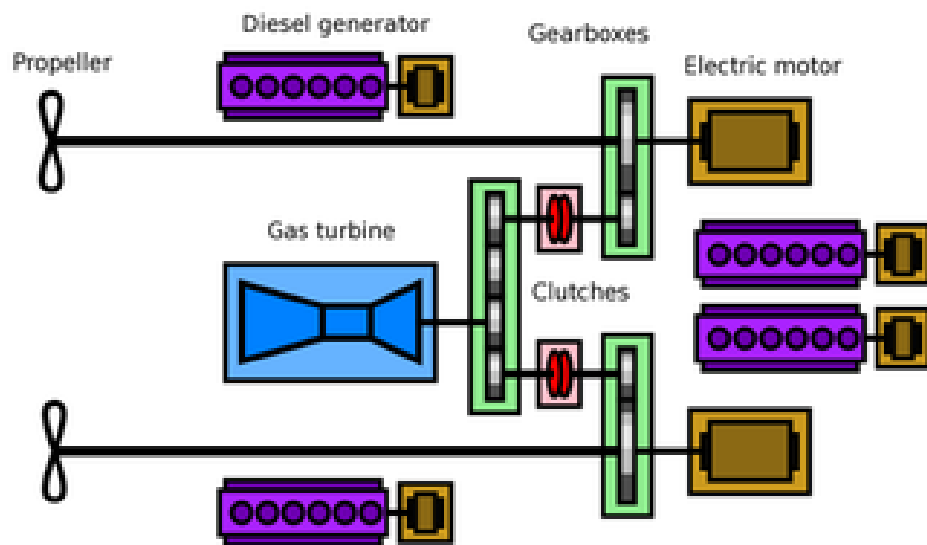
*Combined Diesel and Gas Turbine*



# KLASYFIKACJA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH

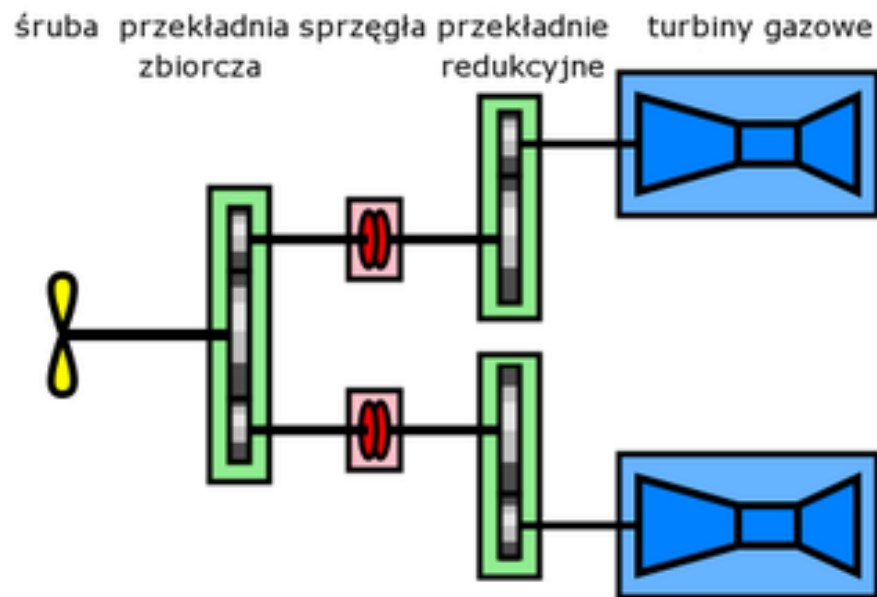
## CODLAG

*Combined Diesel-Electric  
and Gas Turbine*



## COGAG

*Combined Gas Turbine and  
Gas Turbine*

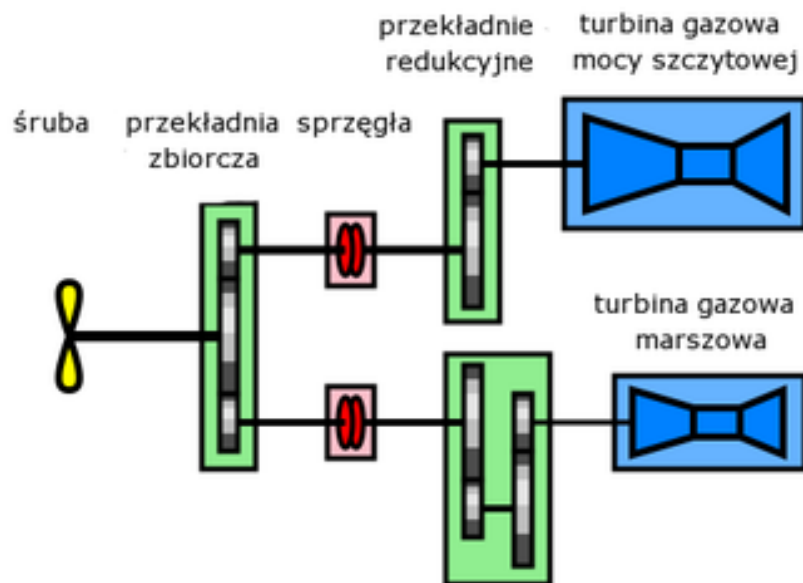




# KLASYFIKACJA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH

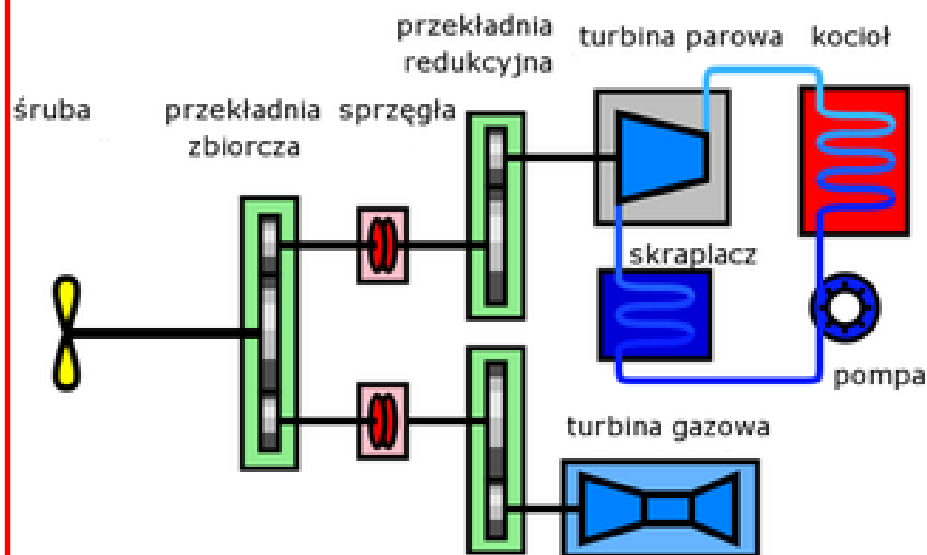
## COGOG

*Combined Gas Turbine or  
Gas Turbine*



## COSAG

*Combined Steam and Gas  
Turbine*



# KLASYFIKACJA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH

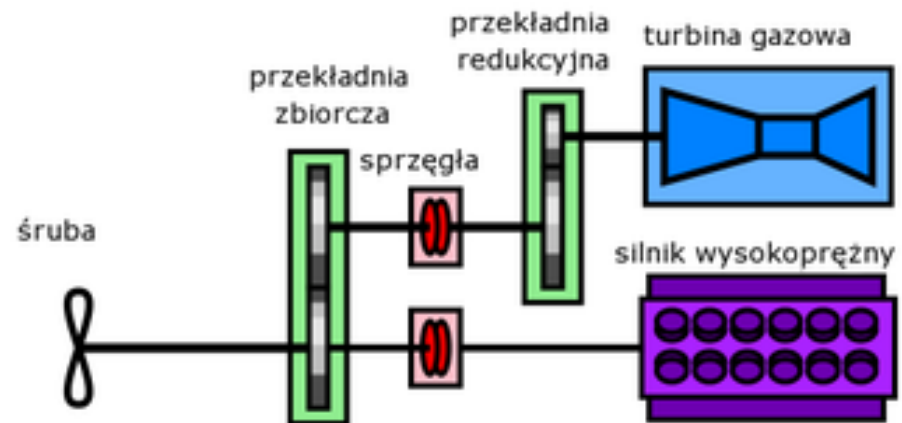
## CONAS

*Combined Nuclear and  
Steam*



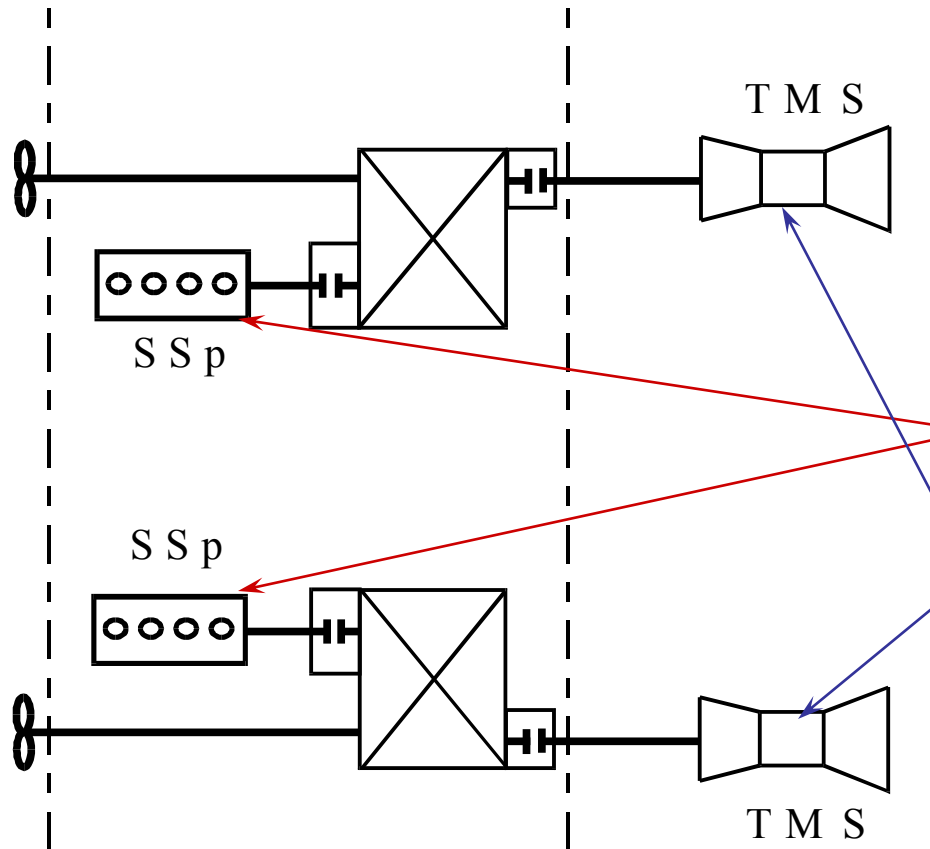
## CODOG

*Combined Diesel or Gas  
Turbine*



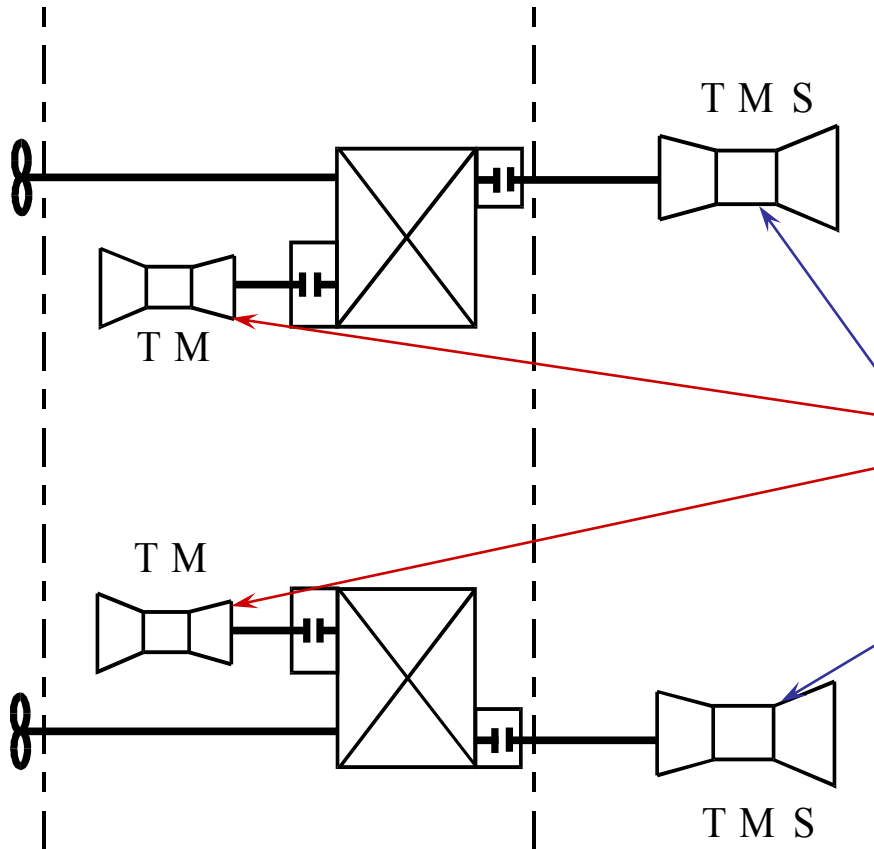
# ROZWIĄZANIA OKRĘTOWYCH UKŁADÓW NAPĘDOWYCH Z TŁOKOWYMI I TURBINOWYMI SILNIKAMI SPALINOWYMI

## UKŁAD NAPĘDOWY CODOG



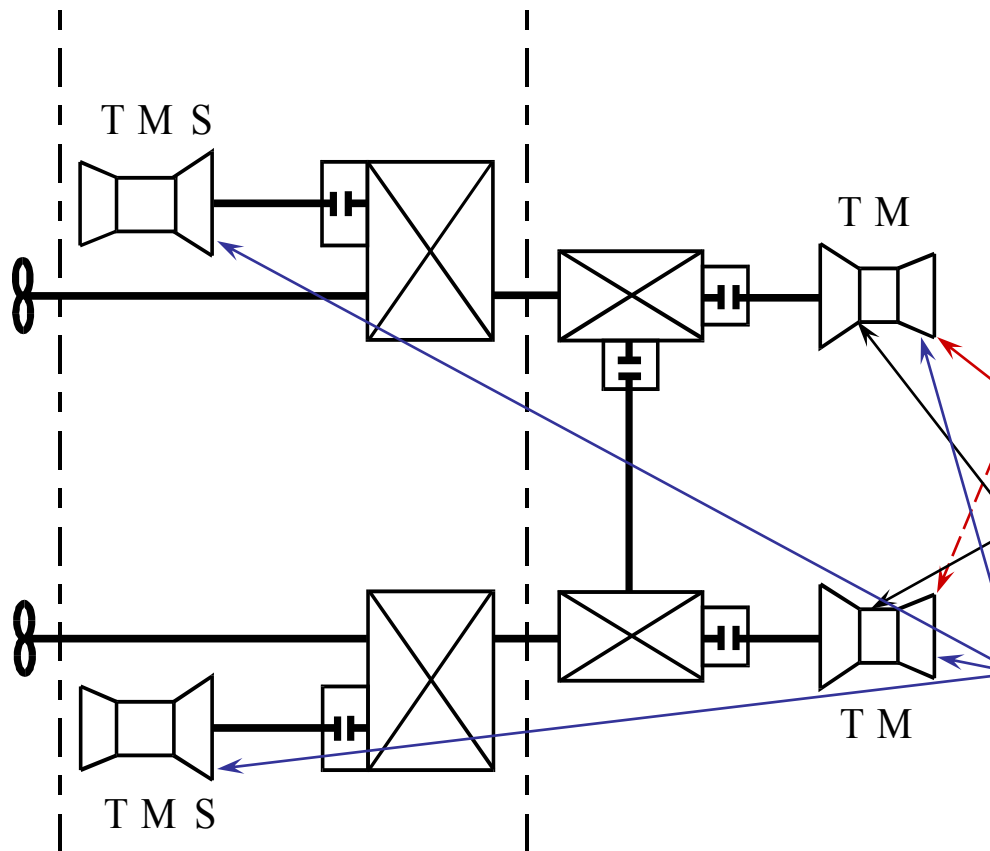
### WARIANTY WYKORZYSTANIA UKŁADU:

- **prędkość krążownicza - 2SSp**  
(2 Szybkoobrotowe silniki spalinowe)
- **prędkość maksymalna - 2TMS**  
(2 Turbo Machinery Services)



## WARIANTY WYKORZYSTANIA UKŁADU:

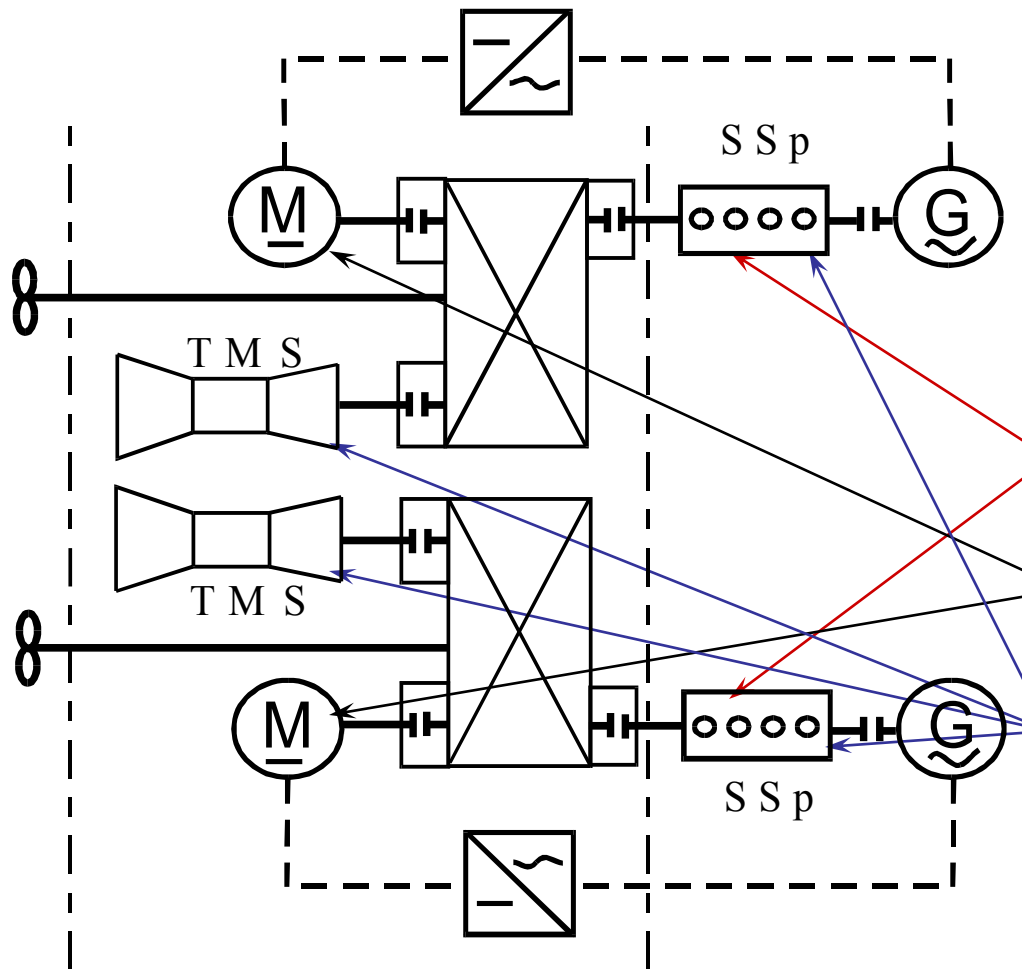
- prędkości krążownicza - 2TM
- prędkość maksymalna - 2TMS



## WARIANTY WYKORZYSTANIA UKŁADU:

- prędkość ekonomiczna - 1TM
- prędkość krążownicza - 2TM
- prędkość maksymalna - 2TM+2TMS



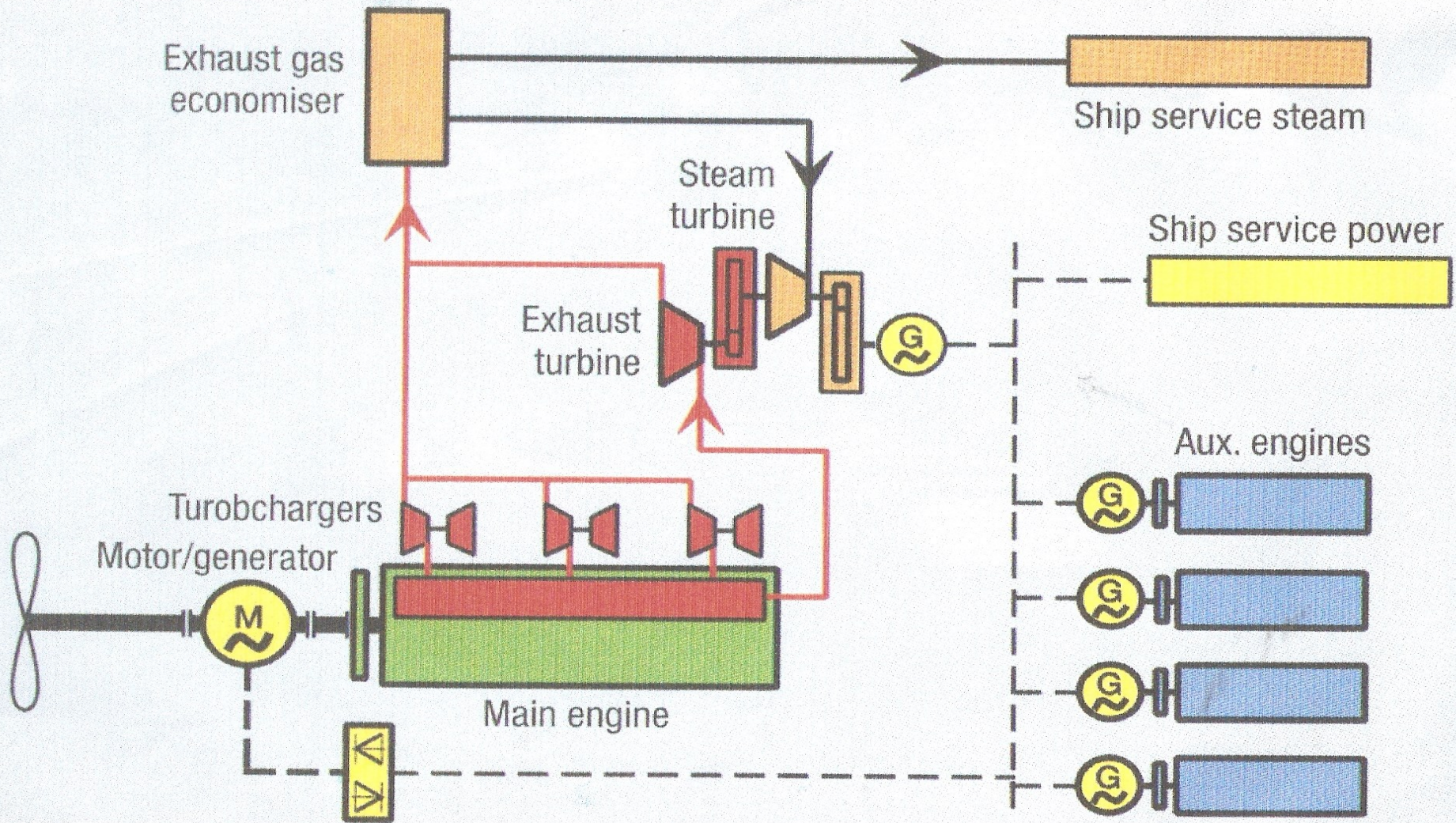


## WARIANTY WYKORZYSTANIA UKŁADU:

- prędkość ekonomiczna - 2SSp
- prędkość krążownicza - 2M (ZOP)
- prędkość maksymalna - 2SSp+2TMS



# KLASYFIKACJA SIŁOWNI OKRETOWYCH - UKŁAD MIESZANY

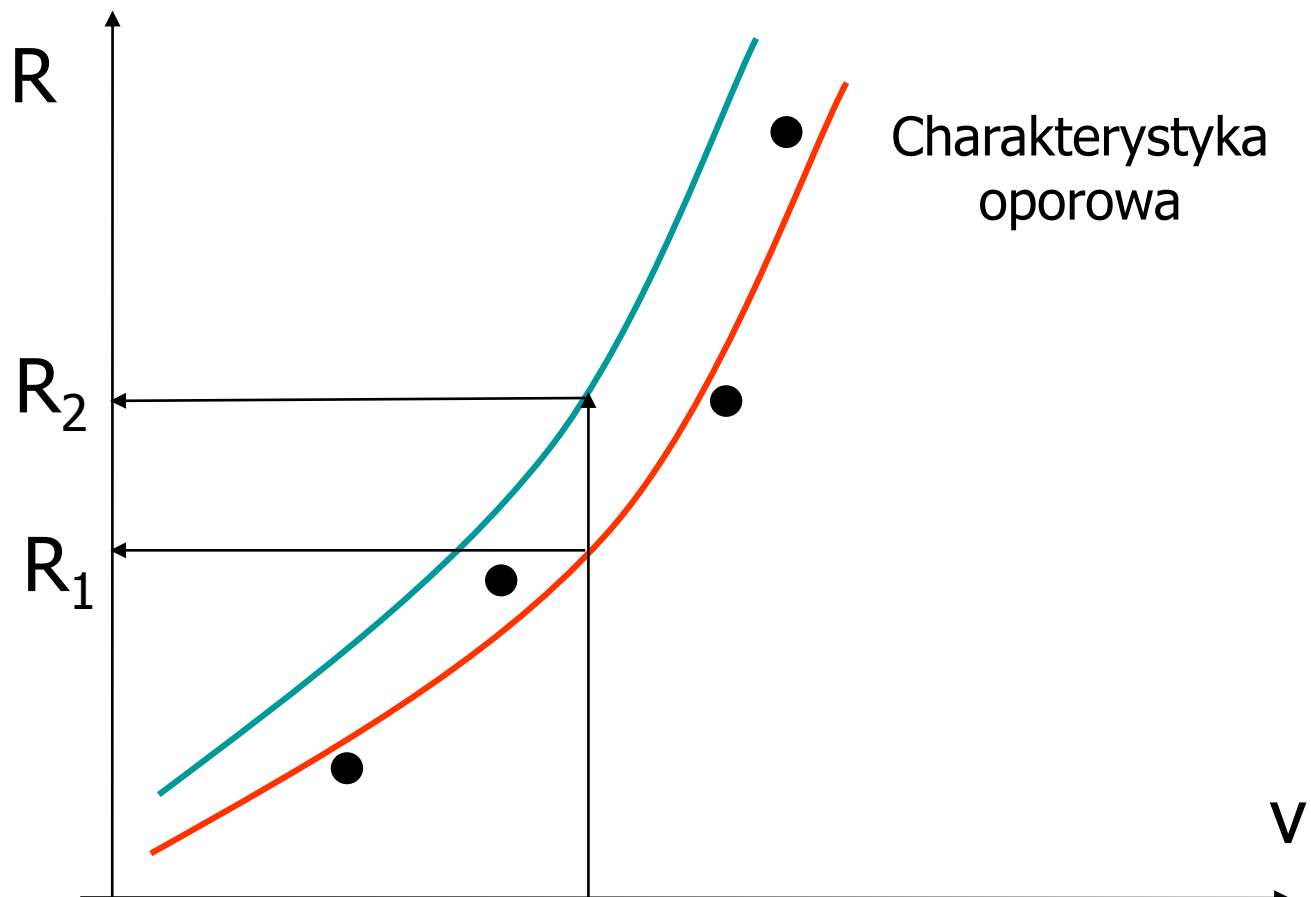
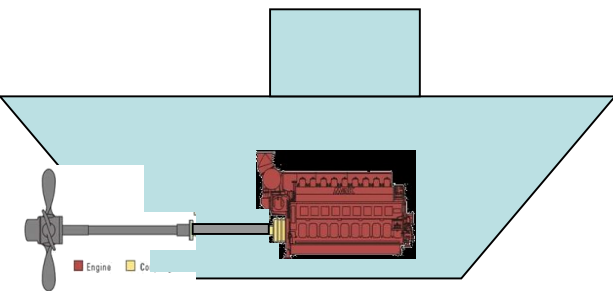


Schematic of a High-Efficiency Waste Heat Recovery plant typical for large container ships with the turbogenerator supplying both assisted propulsion and ship's service power. The shaft motor can also serve as a shaft generator for added flexibility in operation.



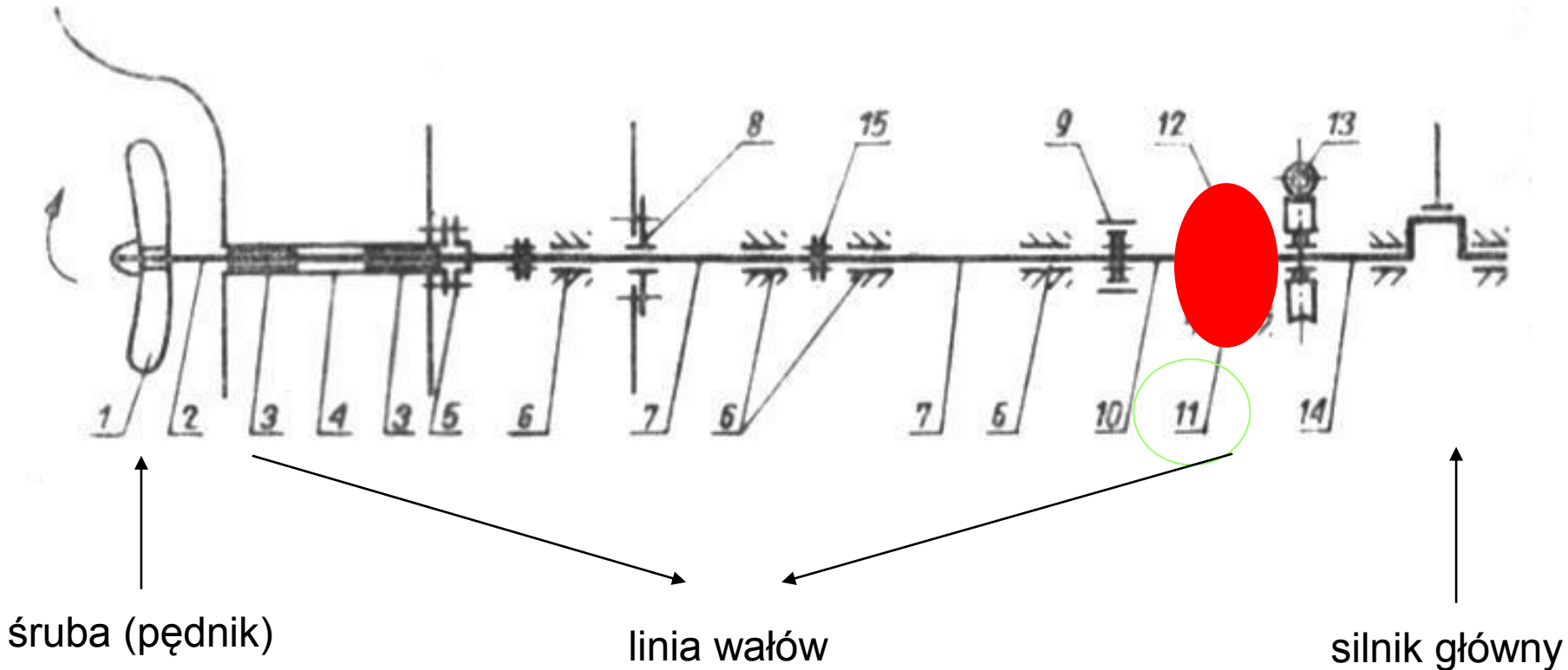
# KLASYFIKACJA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH

Podział ze względu na		SIŁOWNIE OKRĘTOWE												
Rodzaj paliwa	Konwencjonalne													Jądrowe
Rodzaj czynnika roboczego	Para wodna	Spaliny								Spaliny + para wodna		Para wodna		
	Jednorodne	Jednorodne				Kombinowane							Jednorodne	
Rodzaj silnika napędu głównego	Turbiny parowe	Tłokowe silniki spalino- we wolno- obrotowe	Tłokowe silniki spalin. średnio- i szybko- obrot.	Turbozespoły spalinowe	Silniki turbo- odrzutowe	Tłokowe silniki spalinowe + tłokowe silniki spalinowe (CODAD, CODOD)	Tłokowe silniki spalin. + turbozespoły spalin. (CODAG, CODOG)	Turbozespoły spalin. + turbozespoły spalin. (COGOG)	Szybko- obrot. silniki spalin. + silniki turbo- odrzut. (CODAT)	Turbozespoły spalin. + silniki turbo- odrzut. (COGAT)	Turbiny parowe + turbozespoły spalin. (COSAG)	Turbozespoły spalin. + turbiny parowe (COGAS)	Turbiny parowe	
Rodzaj napędu	pośredni	bezpośredni	bezpośredni lub pośredni	pośredni	bezpośredni	pośredni	pośredni	pośredni	TSS - bezpośredni lub pośredni STO - bezpośredni	TSS- pośredni STO - bezpośredni	pośredni	pośredni	pośredni	

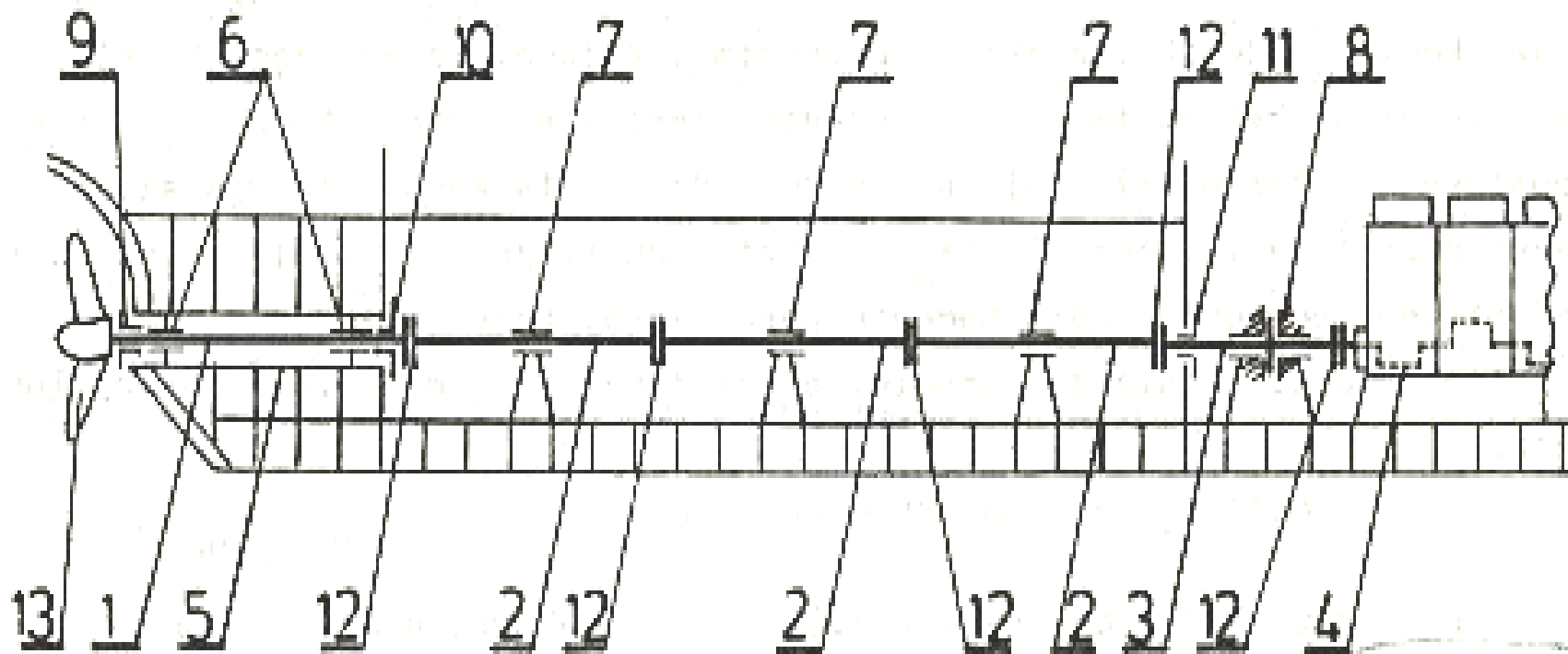


# Powiązanie mechaniczne UN<sub>d</sub> z kadłubem

- Mechaniczne



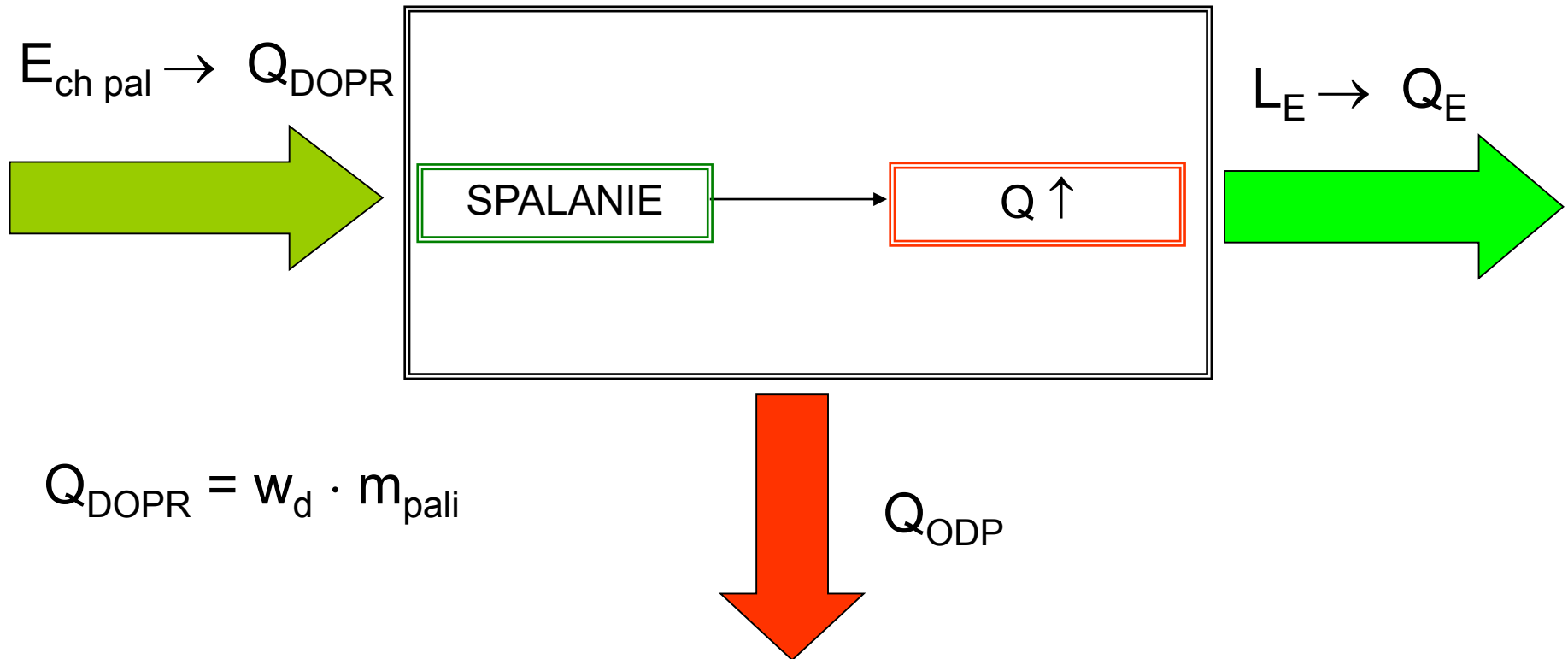




**Schemat linii wałów:** **1** - wał śrubowy; **2** - wał pośredni; **3** - wał oporowy; **4** - wał korbowy silnika spalinowego; **5** - pochwa wału; **6** - łożyska pochwy wału; **7** - łożysko nośne; **8** - łożysko oporowe; **9** - dławnica rufowa; **10** - dławnica dziobowa; **11** - dławnica grodziowa; **12** - sprzęgła; **13** - śruba napędowa

# Silniki główne

# Transformacja energii w silniku tłokowym



$$Q_{DOPR} = w_d \cdot m_{pali}$$

$$Q_E = Q_{DOPR} - Q_{ODPR} \rightarrow \eta = \frac{Q_{DOPR} - Q_{ODPR}}{Q_{DOPR}}$$

# CIEPŁO SPALANIA, WARTOŚĆ OPAŁOWA

*Wartość opałowa* jest to ilość ciepła, jaka wydziela się przy całkowitym i zupełnym spalaniu jednostki masy produktu po ochłodzeniu spalin do temperatury otoczenia.

*Górna (ciepło spalania)* - przy założeniu, że cała ilość wody powstała przy spalaniu zostaje skroplona.

*Dolna* - bez ciepła skraplania. Różnica wynosi około 2500 kJ/kg.

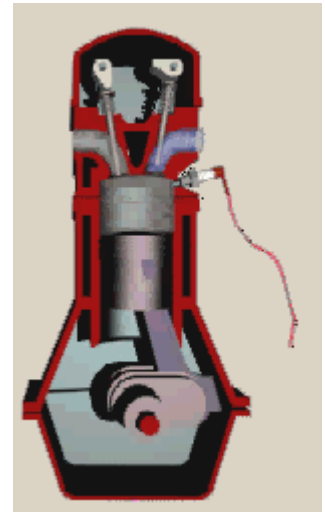
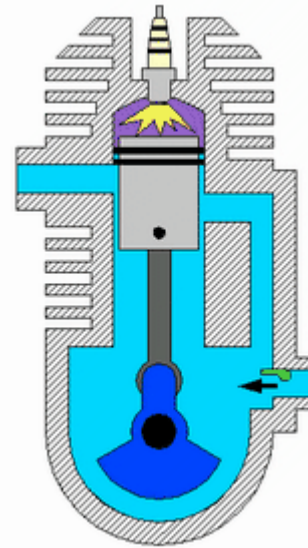
# Działanie silnika tłokowego

## The Diesel Process

**Compressing air only**  
**Ignition by Temperature**  
**Expansion**

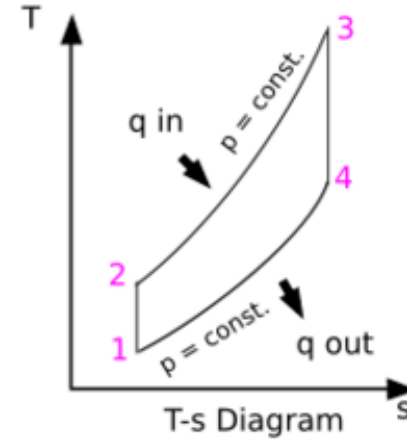
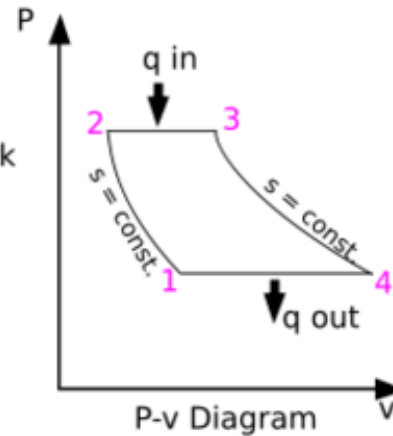
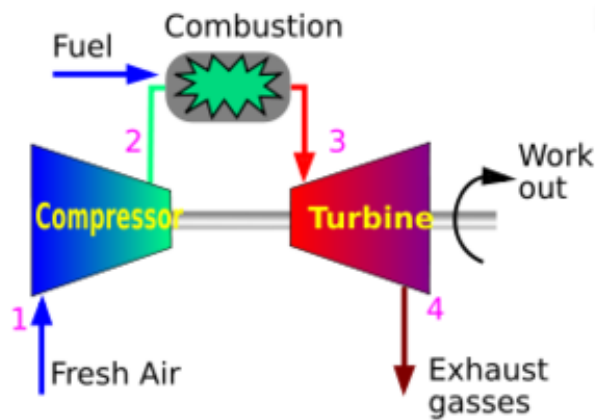
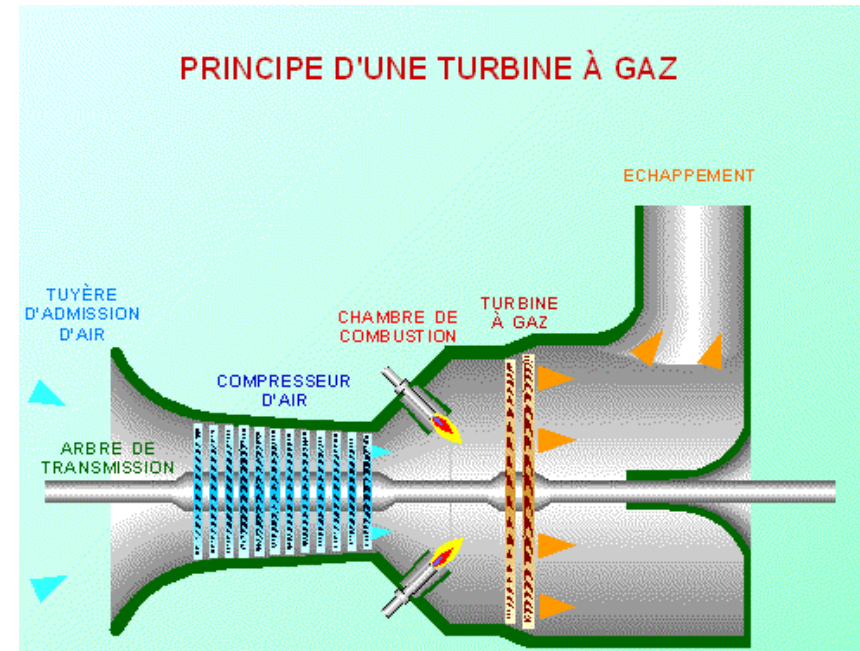
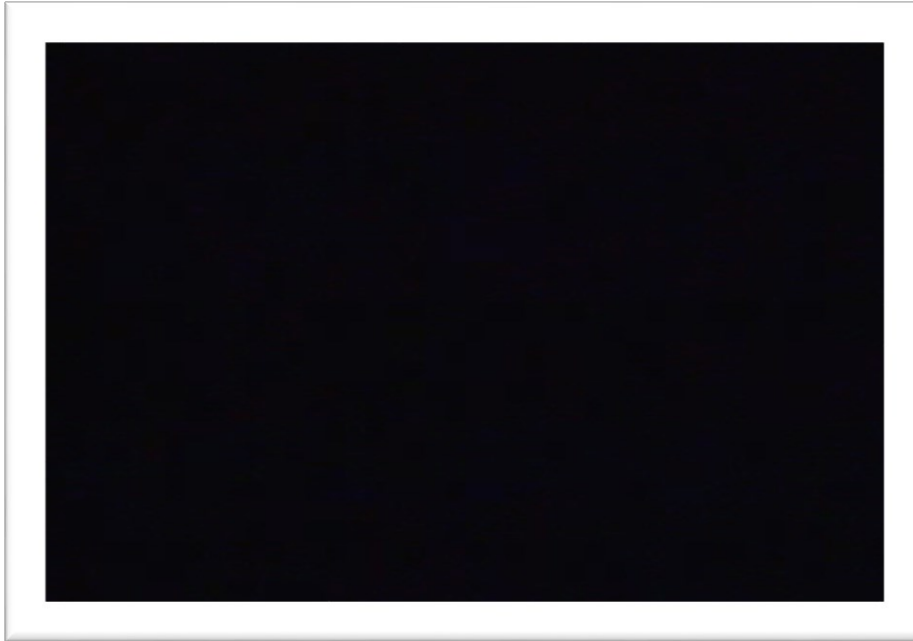
**The Gas-exchange**

WÄRTSILÄ  
Animations



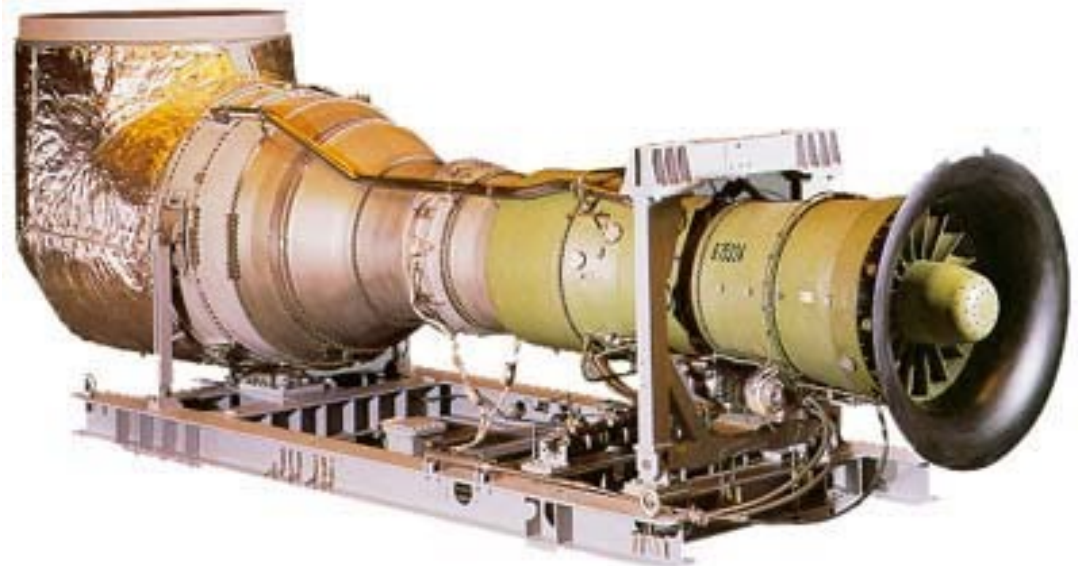
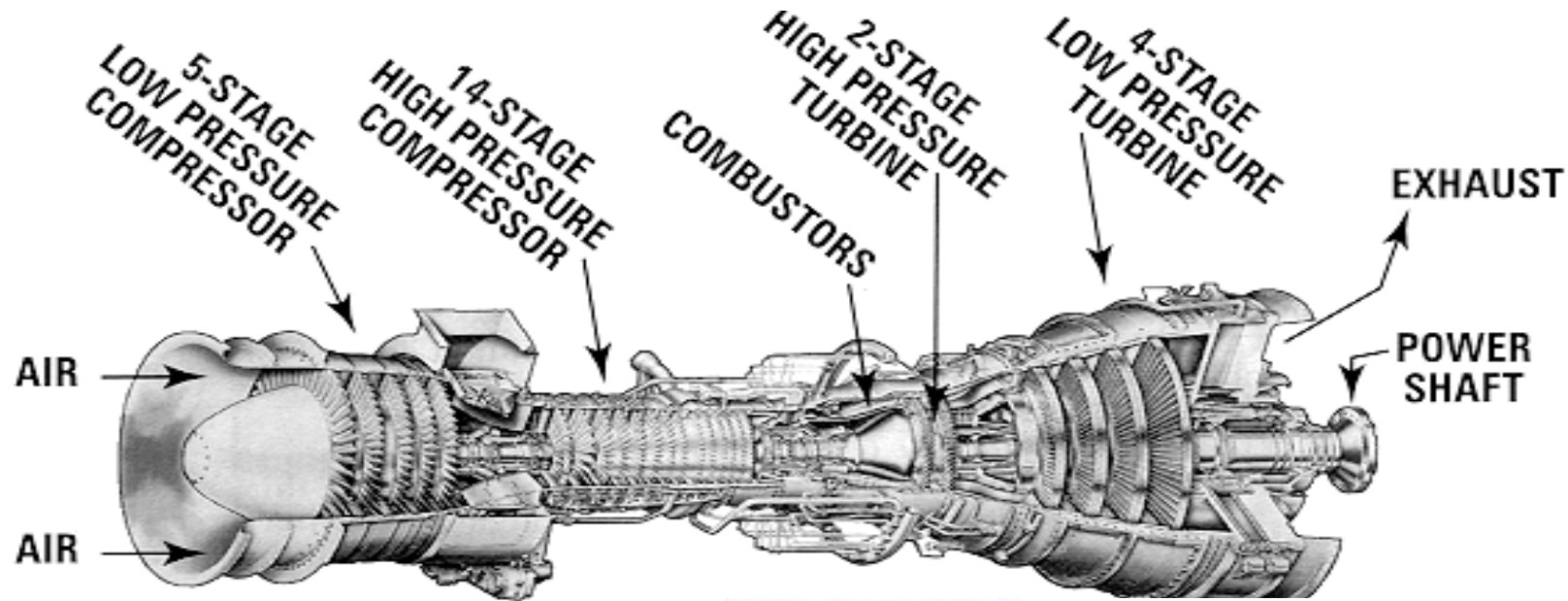


# Silniki spalinowe - turbinowe



Idealized Brayton Cycle

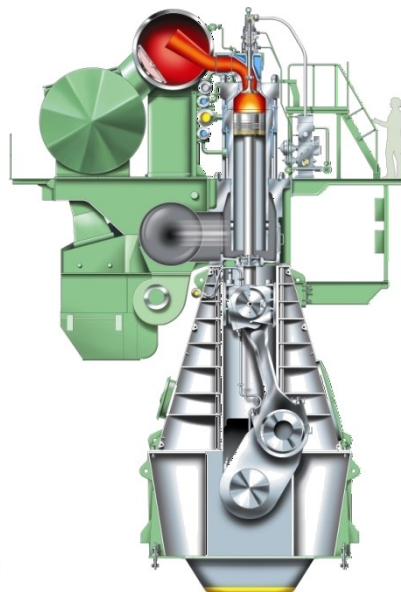
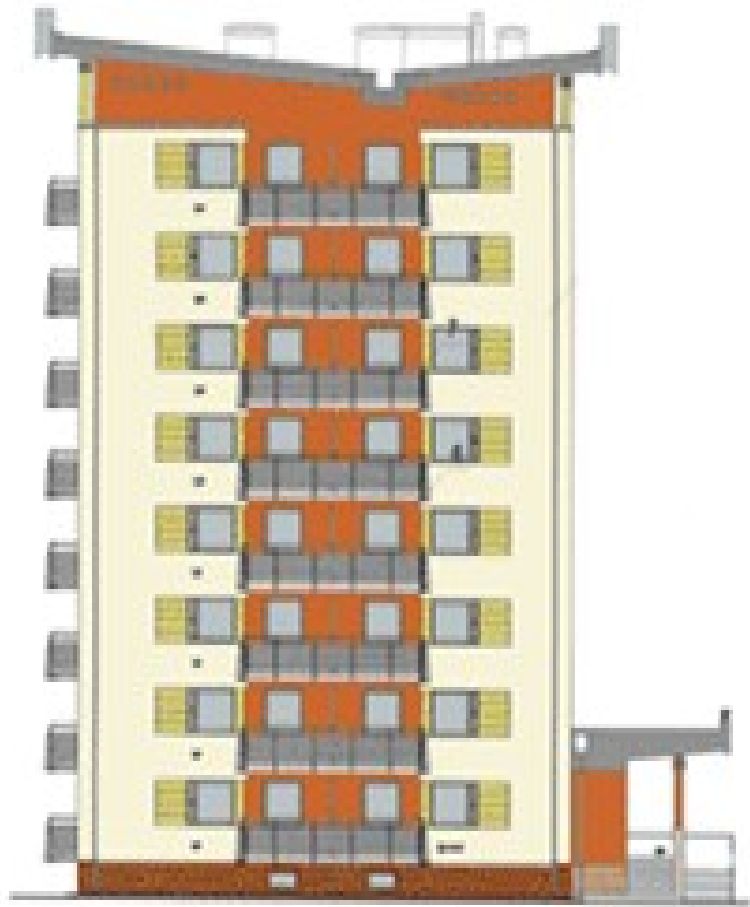
# Turbinowy dwuwałowy silnik morski



# Dwuwałowy turbinowy silnik spalinowy – MT30 (*Rolls Royce*)



# Wymiary i masy



$L = 14 \text{ m}$

$B = 5 \text{ m}$

$H = 15 \text{ m}$

$m = 1020 \text{ t}$



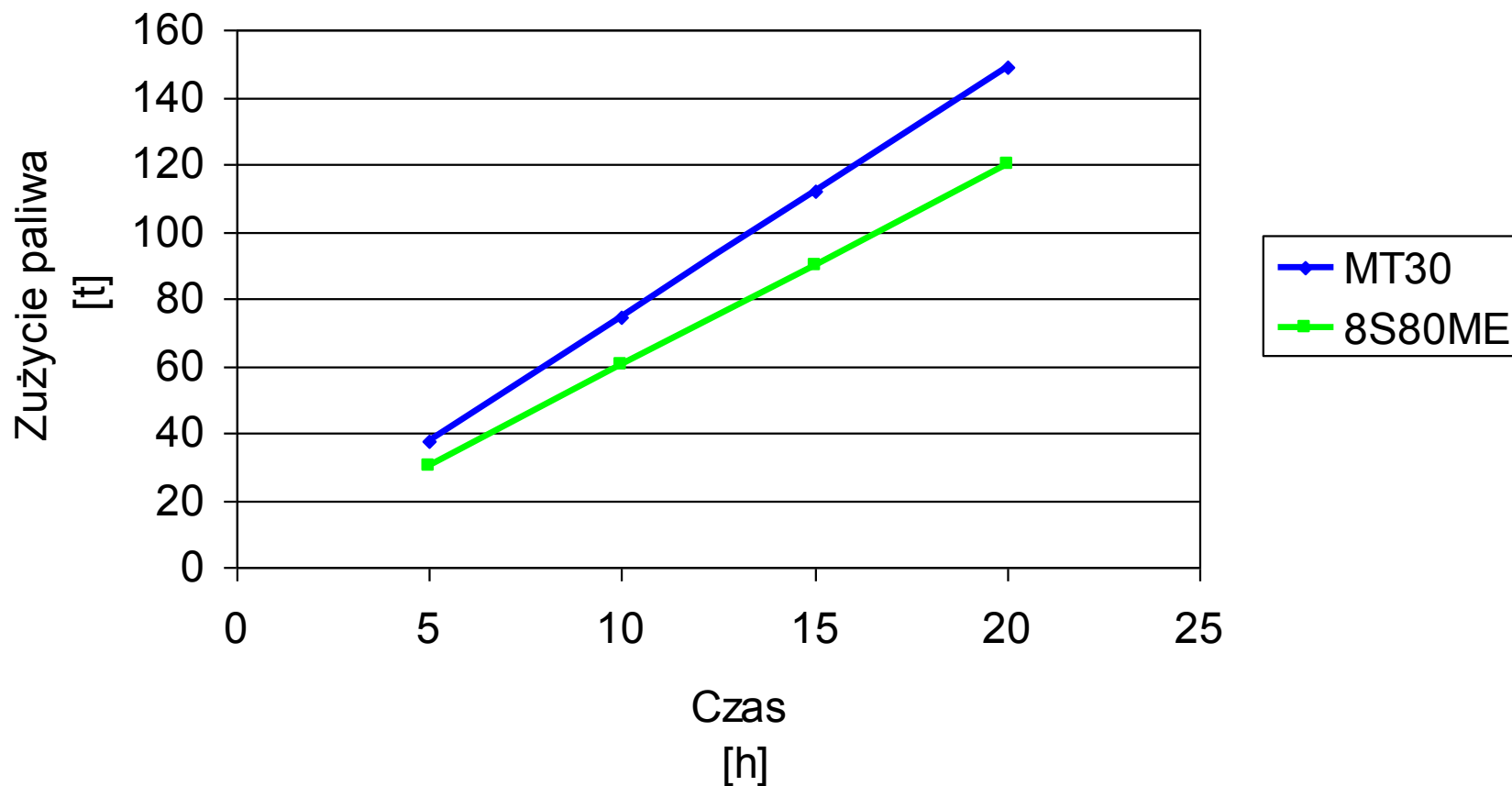
$L = 9 \text{ m}$

$B = 4 \text{ m}$

$H = 4 \text{ m}$

$m = 22 \text{ t}$

# Zużycie paliwa przez silnik turbinowy i tłokowy



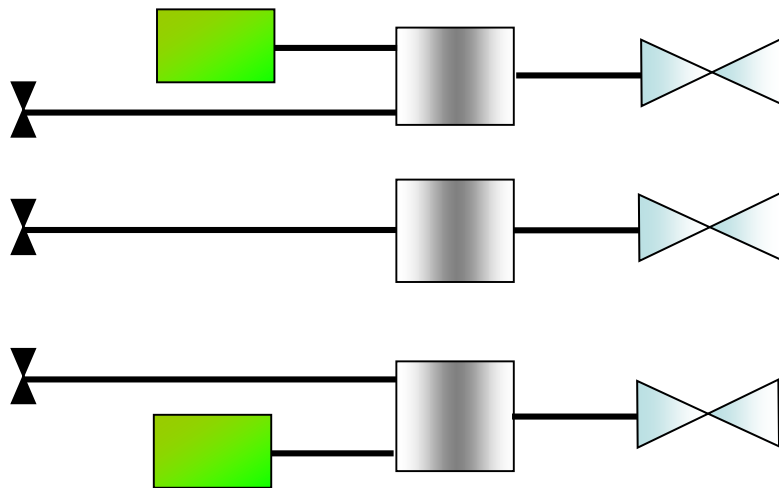
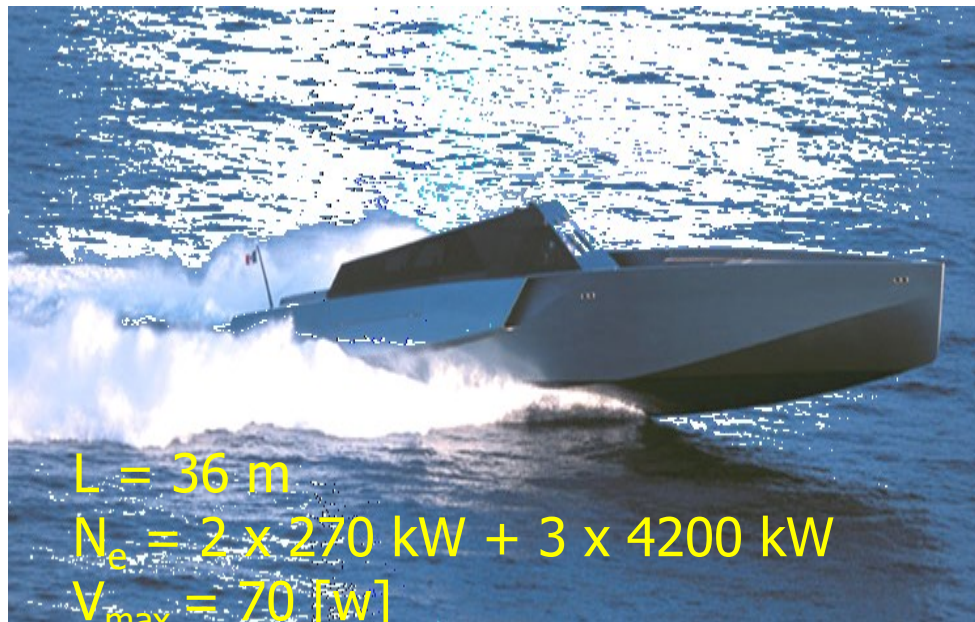


# Zastosowanie turbinowych silników spalinowych



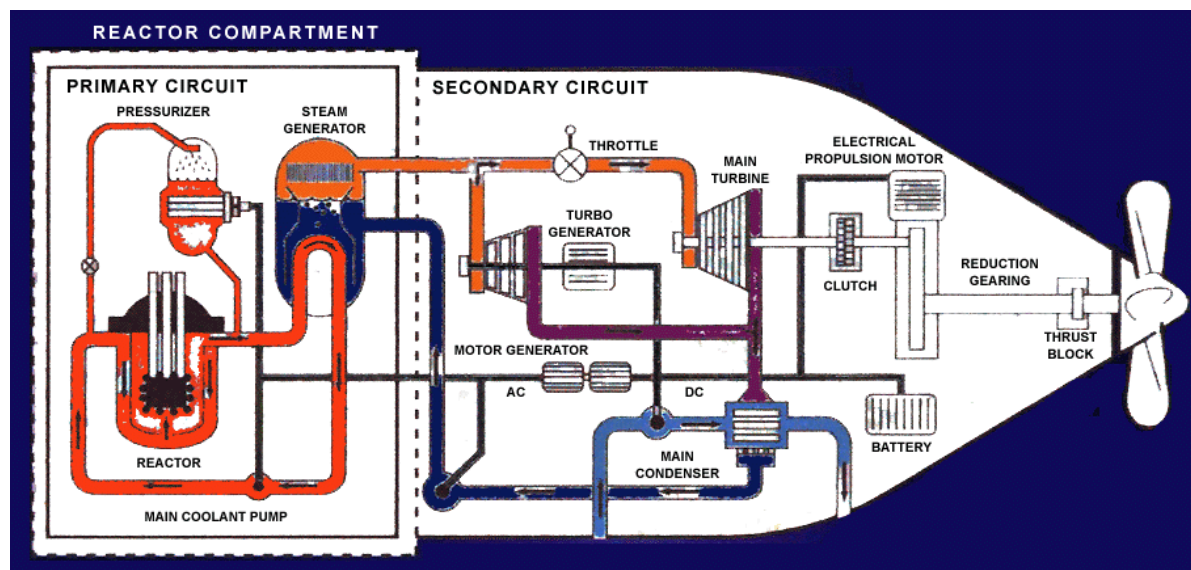


# Wallypower 118 megayacht



# Klasyfikacja siłowni okrętowych

- Ze względu na rodzaj paliwa
  - Konwencjonalne
  - Jądrowe







# USS Nautilus

**Wyporność:** nawodna: 3533 tony  
podwodna: 4092 tony

**Wymiary:**

długość: 97,40 m, szerokość: 8,40 m,  
zanurzenie: 6,70 m

**Napęd:** reaktor jądrowy S2W Westinghouse  
o mocy 15 000 KM (11 029 kW)

**Osiągi:** prędkość nawodna: 22 węzły  
podwodna: ponad 20 węzłów  
zasięg: 150 000 mil





## **NS Savannah** pierwszy statek handlowy o napędzie atomowym

**Wyporność:** 22,000 tony  
**Długość:** 596 ft (180 m) całkowita  
**Szerokość:** 78 ft (23.8 m)  
**Pełna załoga:** 124 załoga, 60 pasażerów  
**Prędkość krążownicza:** 21 węzłów (40 km/h)  
**Prędkość maksymalna:** 24 węzły (47 km/h)  
**Moc:** 74 MW, 20,300 hp to a single propeller





# Obszar zastosowań - teraźniejszość

Ship Name	Launched	Project Number	Type	Class	Comments
NS <i>Lenin</i>	1959	92M	Icebreaker	<i>Lenin</i>	Decommissioned 1989. Museum ship.
NS <i>Arktika</i>	1975	1052-1	Icebreaker	<i>Arktika</i>	Not operational.
NS <i>Sibir</i>	1977	1052-2	Icebreaker	<i>Arktika</i>	Defueled and not operational since 1993.
NS <i>Rossiya</i>	1985	10521-1	Icebreaker	<i>Arktika</i>	
NS <i>Sevmorput</i>	1988	10081	Container ship	<i>Sevmorput</i>	Has ice-breaking bow
NS <i>Taimyr</i>	1989	10580-1	River Icebreaker	<i>Taimyr</i>	
NS <i>Sovetskiy Soyuz</i>	1990	10521-2	Icebreaker	<i>Arktika</i>	
NS <i>Vaigach</i>	1990	10580-2	River Icebreaker	<i>Taimyr</i>	
NS <i>Yamal</i>	1993	10521-3	Icebreaker	<i>Arktika</i>	
NS <i>50 Let Pobedy</i>	1993		Icebreaker	<i>Arktika</i>	Built as NS <i>Ural</i> , not completed until 2006.

## Lodołamacz NS YAMAL



- **Długość:** 150 m, **Szerokość:** 30 m, **Zanurzenie:** 11.08 m
- **Wyporność:** 23,455 t
- **Prędkość maksymalna:** 22 knot (44 km/h), **Prędkość krążownicza:** 19.5 knot (36 km/h)
- **Załoga:** 150 (w tym 50 oficerów i inżynierów)
- **Pasażerowie:** 100, w 50 kabinach
- **Siłownia:** dwa 171 MW reaktory atomowe
- **Napęd:** dwie turbiny parowe napędzające 6 generatorów, w sumie 75,000 hp (55.3 MW)

# Klasyfikacja siłowni okrętowych

- Ze względu na rodzaj silnika(-ów) głównych
  - Tłokowe
    - z silnikami wolnoobrotowymi
    - z silnikami średnioobrotowymi
    - z silnikami szybkoobrotowymi
  - Wirnikowe
    - z turbinami parowymi
    - z turbinowymi silnikami spalinowymi

# Klasyfikacja siłowni okrętowych

- Ze względu na konfigurację układu napędowego:
  - Jednorodne:
    - z silnikami tłokowymi
    - z turbinowymi silnikami spalinowymi
    - z turbinami parowymi
  - Kombinowane
  - Mieszane

# Kombinowane układy napędowe

W układzie napędowym okrętu zastosowane są silniki przynajmniej dwóch typów :

- silniki marszowe (silniki ruchu ekonomicznego) np. tł. silnik spalinowy,
- silniki mocy szczytowych np. turbinowy silnik spalinowy.



# Silniki marszowe

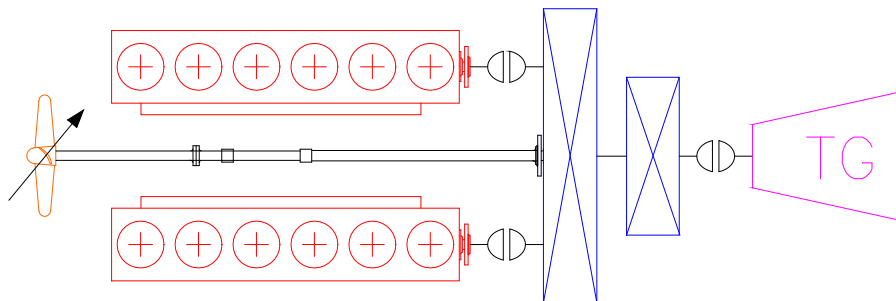
Silniki te realizują moce siłowni  
zapewniające prędkości pływania do ok.  
 $0,8 v_{\max}$

- stosunkowo niewielka moc
- wysoka sprawność
- duża trwałość.

# Siłownia typu - CODOG

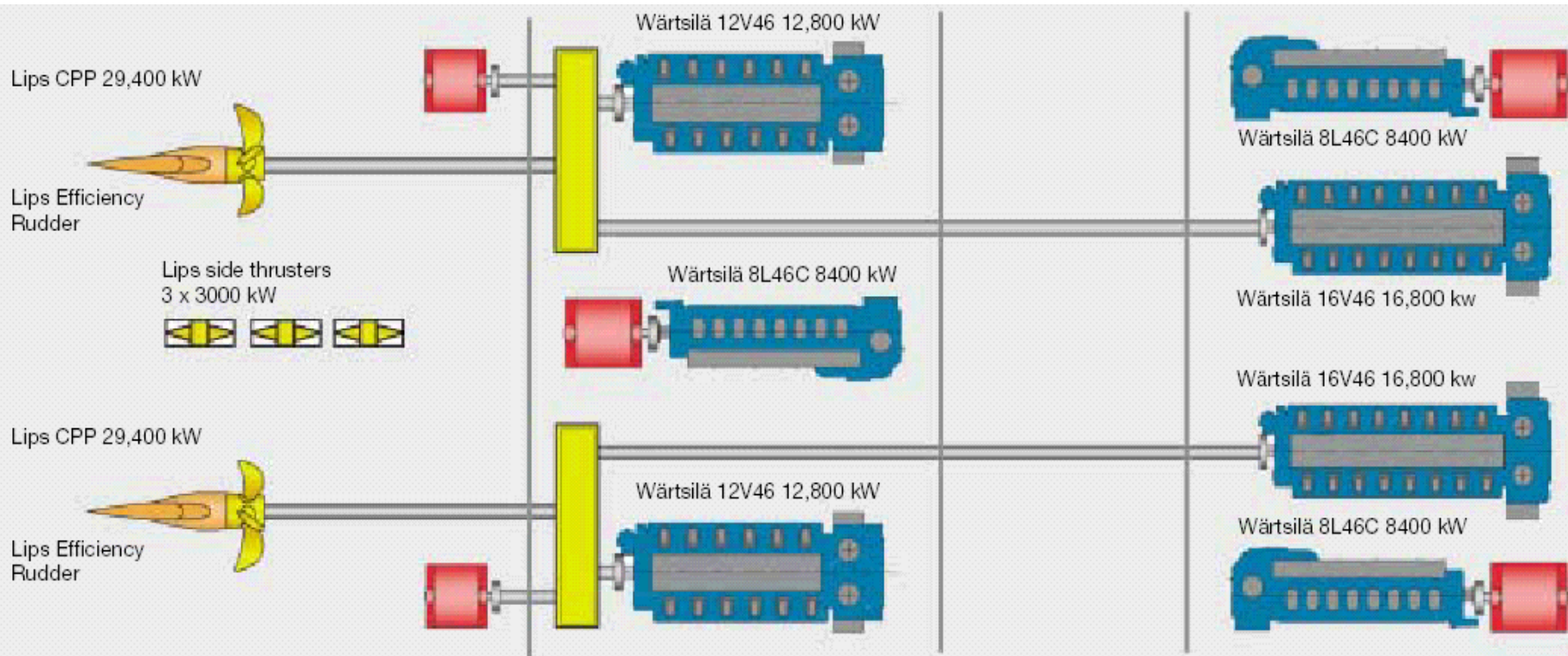
Warianty pracy :

1. Prędkości marszowe – SSp.  
lub
2. Prędkości maksymalne – TZS.



# Klasyfikacja siłowni okrętowych

- Ze względu na konfigurację układu napędowego:
  - Jednosilnikowe
  - Wielosilnikowe
  - ❖ Jednowałowe
  - ❖ Wielowałowe



# Klasyfikacja siłowni okrętowych

- Ze względu na sposób transmisji mocy do pędnika:
  - Przekładniowe
    - z przekładnią mechaniczną
    - z przekładnią elektryczną
    - inne
  - Bezprzekładniowe (napęd bezpośredni)





## Wskaźniki konstrukcyjne siłowni

- wskaźnik mocy

$$m = \frac{N}{D} \left[ \frac{kW}{DWT} \right]$$

- względna powierzchnia przedziału maszynowego

$$S' = \frac{S}{N} \left[ \frac{m^2}{kW} \right]$$

- nasycenie przedziału maszynowego mocą

$$S'' = \frac{N}{S} \left( \frac{N}{V} \right) \left[ \frac{kW}{m^2} \left( \frac{kW}{m^3} \right) \right]$$

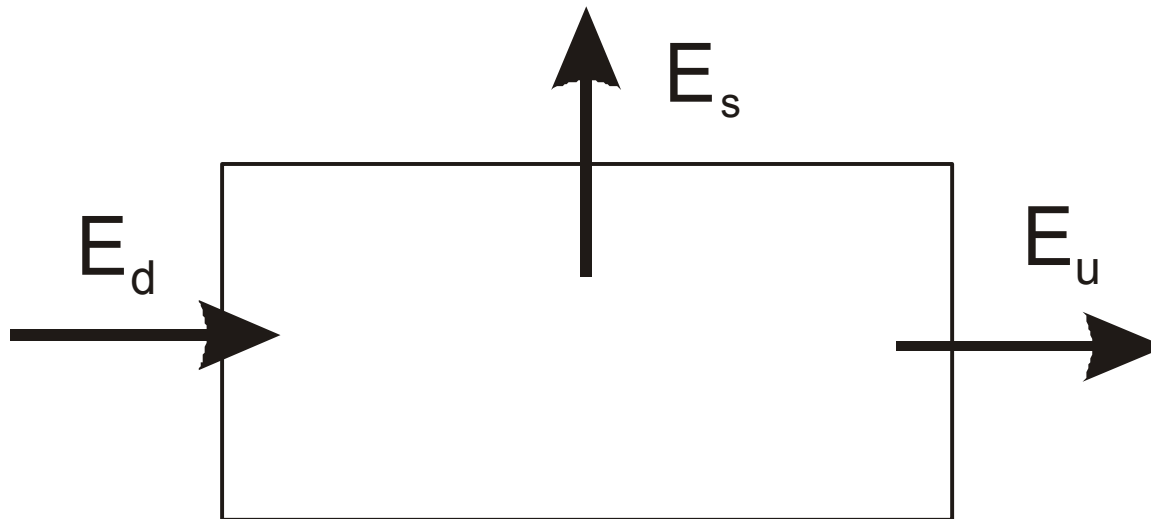
- jednostkowy ciężar siłowni

$$g = \frac{G}{N} \left[ \frac{N}{kW} \right]$$

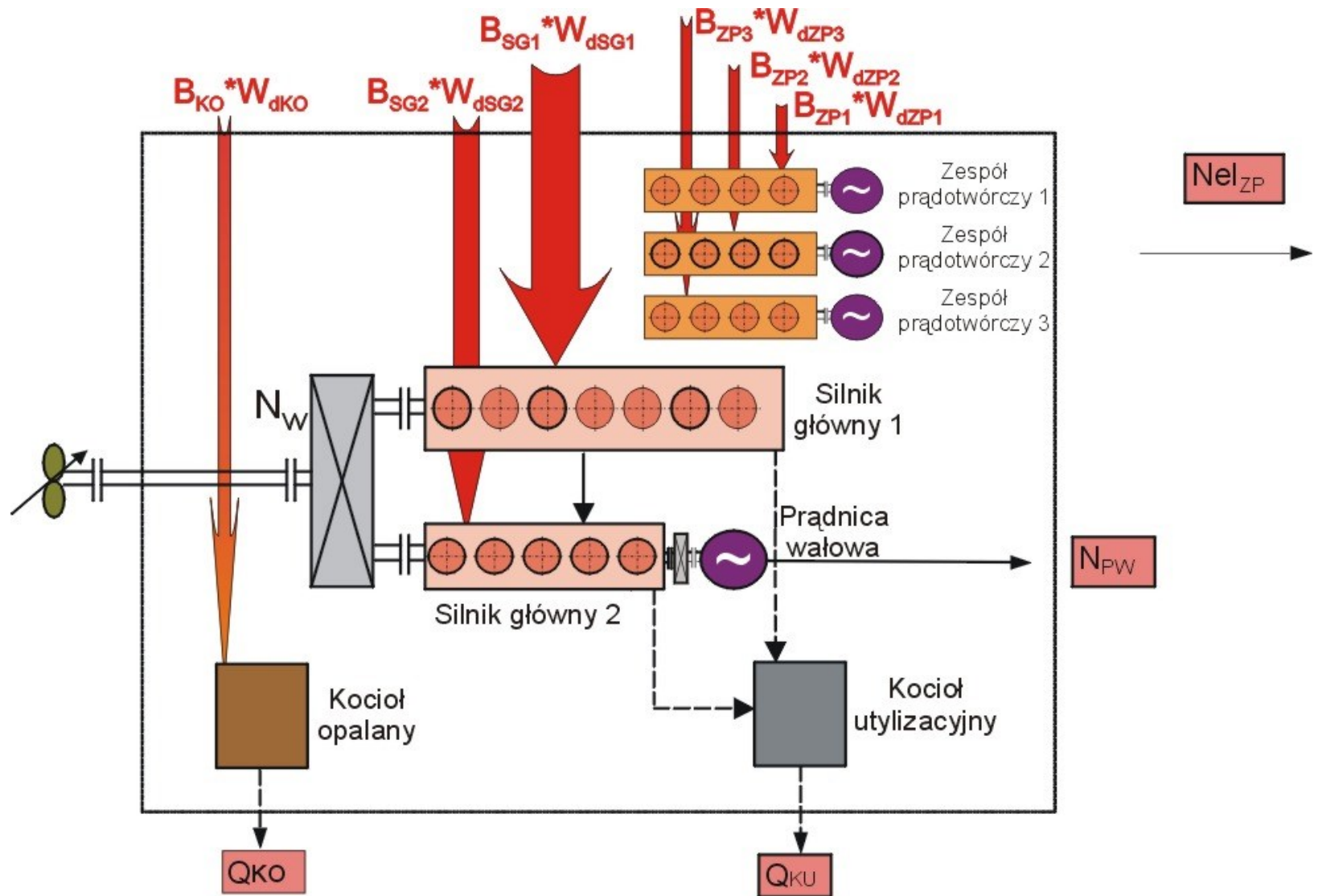
# Wskaźniki eksploatacyjne siłowni

# Sprawność

W najogólniejszym ujęciu sprawność  $\eta$  jest zdefiniowana jako stosunek energii użytecznej  $E_u$  uzyskiwanej z danego urządzenia do energii doprowadzonej  $E_d$  do tego urządzenia. Symbol  $E_s$  oznacza występujące w urządzeniach rzeczywistych straty energii, które zgodnie z zasadą zachowania energii są równe:  $E_s = E_d - E_u$ . Rozdział energii doprowadzonej na energię użyteczną i straty najdogodniej ilustruje wykres Sankeya, stanowiący graficzną ilustrację bilansu energetycznego.

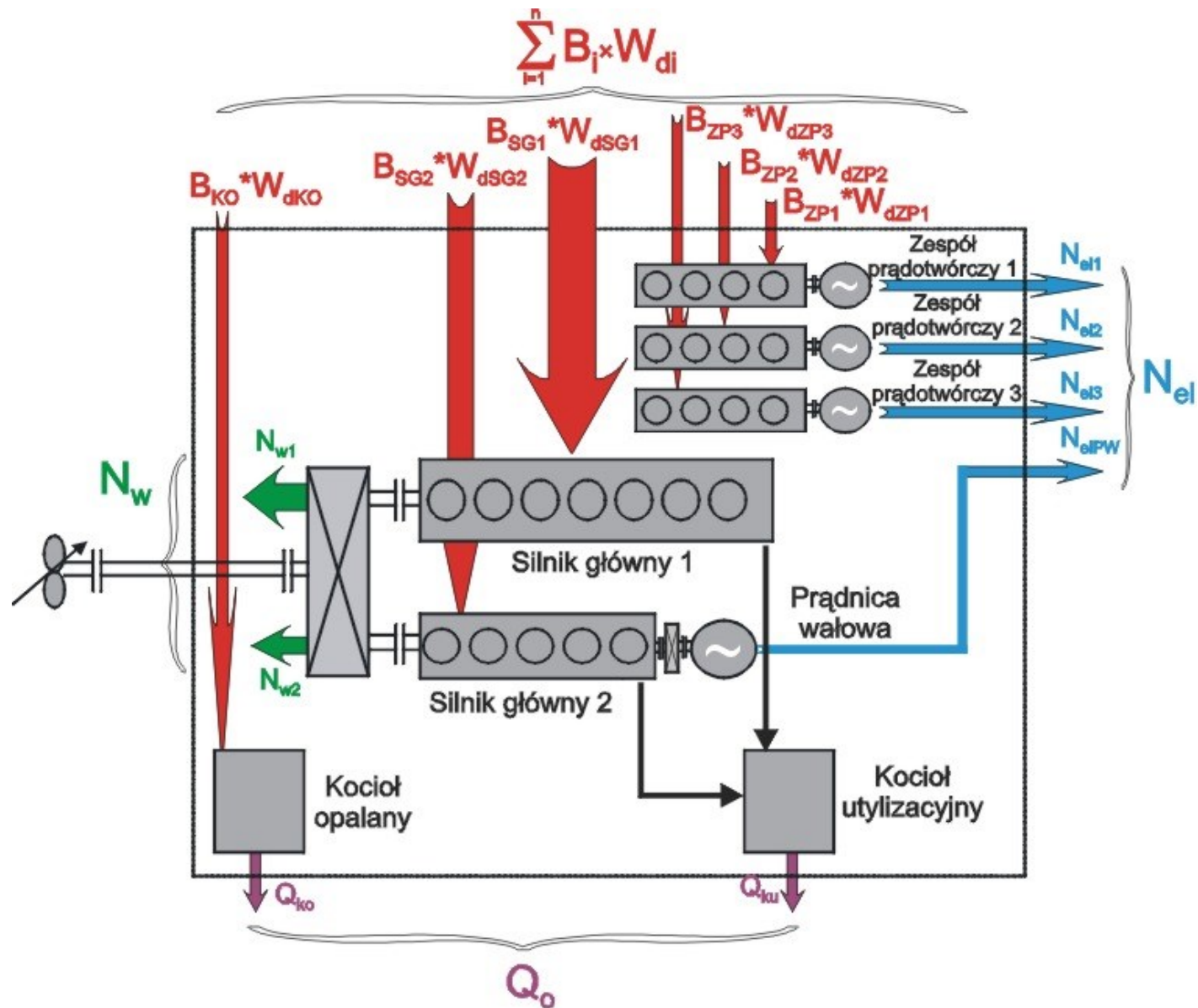


# Sprawność energetyczna siłowni





# Sprawność energetyczna siłowni



# Sprawność energetyczna siłowni

$$\eta_{ens} = \frac{N_w + N_{el} + \overset{o}{\dot{Q}}}{\sum_i B_{hi} \cdot w_{di}}$$

$N_w$  – moc na wale silnika gł. (suma mocy na wałach silników gł.) [kW]

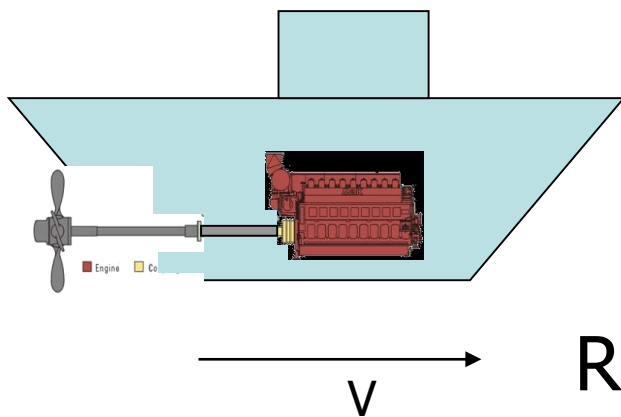
$N_{el}$  - moc na zaciskach prądnic [kW]

$\overset{o}{\dot{Q}}$  – łączna ilość energii cieplnej zużywanej na cele grzewcze siłowni i statku [kW]

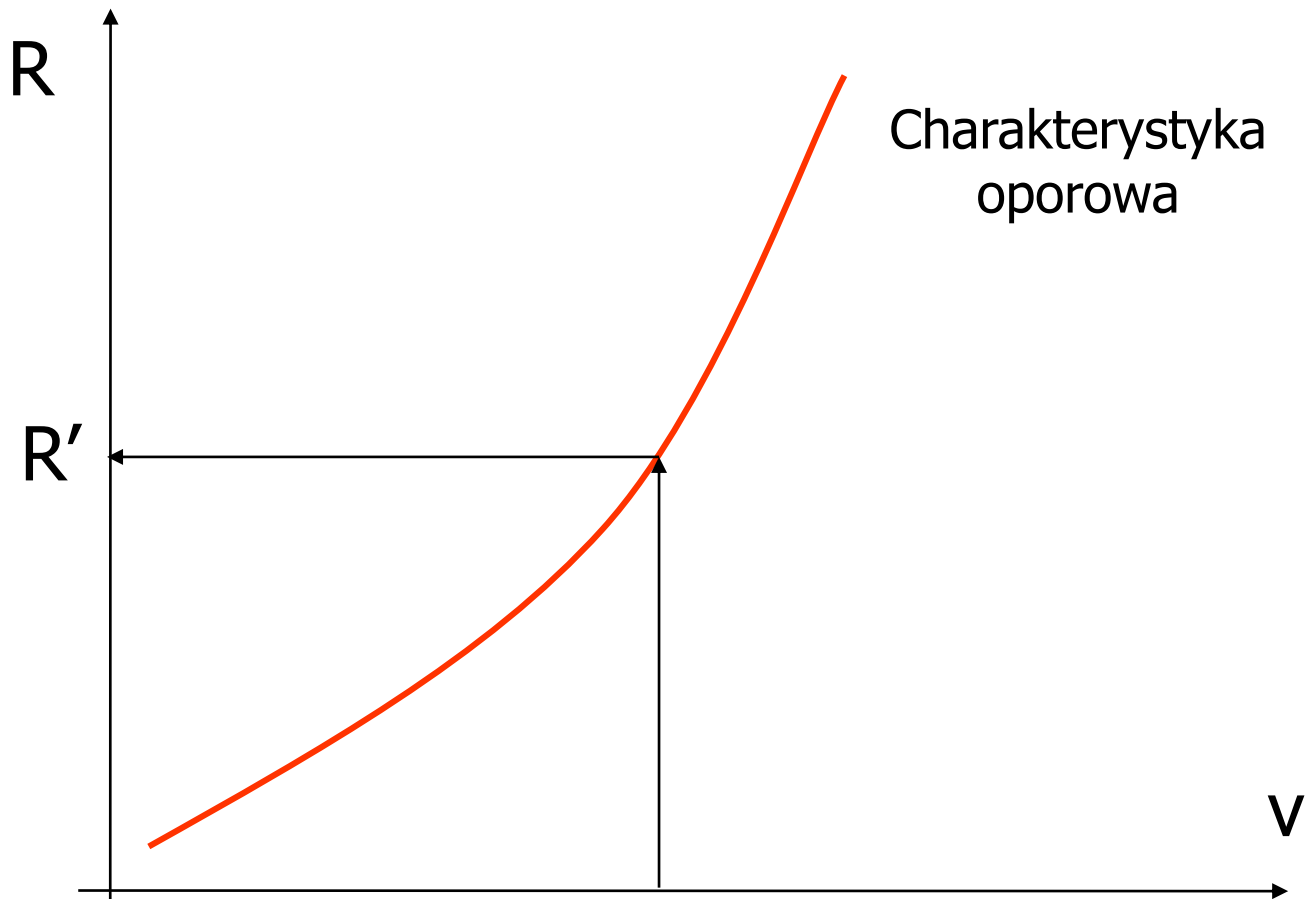
$B_h$  - godzinowe zużycie paliwa [kg/s]

$w_d$  – wartość opałowa paliwa [kJ/kg]

# Moc holowania



$$N_h' = R' v$$

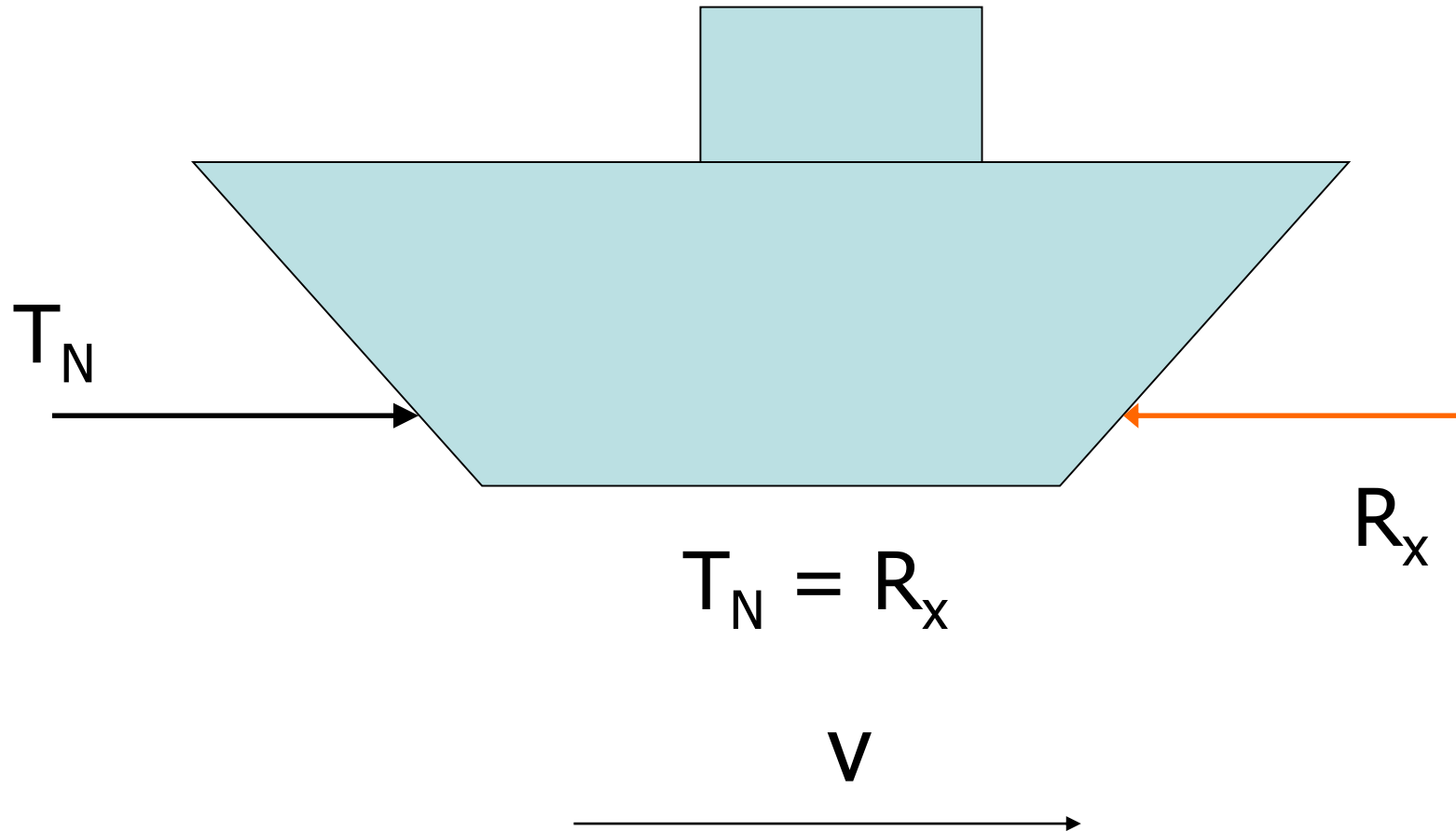


- sprawność ogólna napędu

$$\eta_{ON} = \frac{N_h}{(B_h + B'_h) \cdot w_d}$$

# Pędniki okrętowe

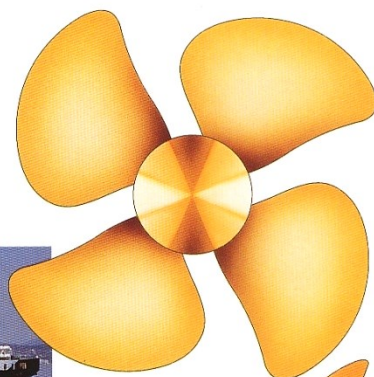
# Zadanie pędnika okrętowego







# Śruby napędowe

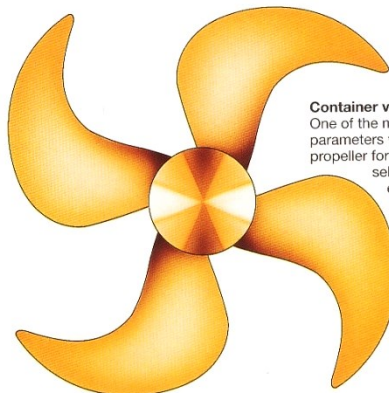
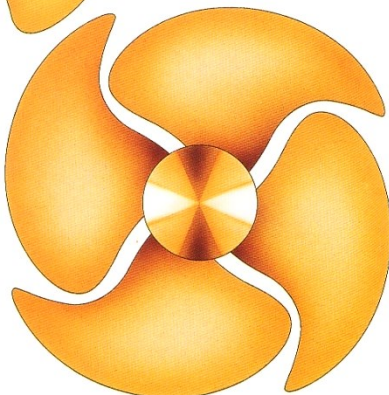


#### Double-ended Ferries

Propellers for double-ended ferries are often characterized by an ability to set the front propeller in a fully feathering position: thus maintaining a high manoeuvrability during berthing and a low resistance during free sailing. This concept is also applicable to twin-screw ships operating at part load on only one propeller.

#### Ferries

Modern ferries demand a high degree of comfort and their propellers are thus designed for low levels of noise and vibration. High manoeuvrability is essential for most ferries and must be considered during the design phase.

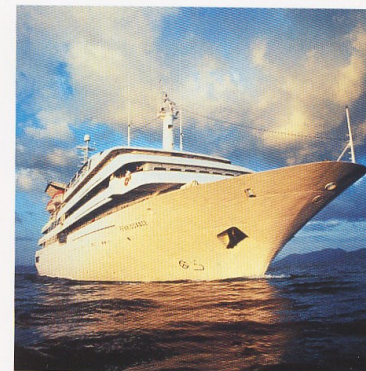
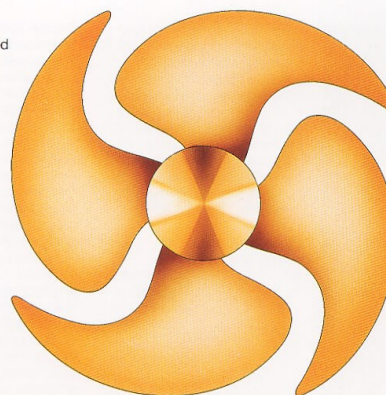


#### Container vessels

One of the most important parameters when designing a propeller for a container vessel is the operational economy. In order to ensure the highest overall efficiency the propeller will be optimized with regard to the service profile of the vessel.

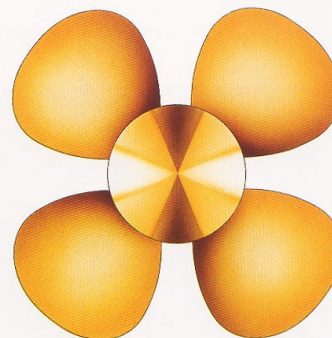
#### Cruise liners

Propellers designed for cruise vessels by MAN B&W Alpha are designed with high overall comfort. To minimize noise and vibration levels the blades are designed with a highly skewed profile.



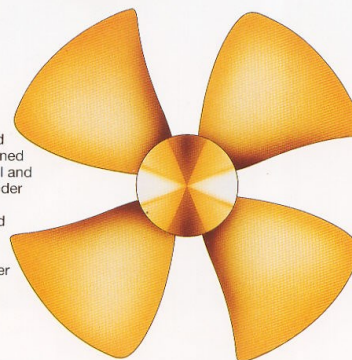
#### Icebreakers

Propellers for icebreakers are designed for the highest ice classes in order to cope with the tough service conditions. Furthermore the propellers are designed for maximum bollard pull.



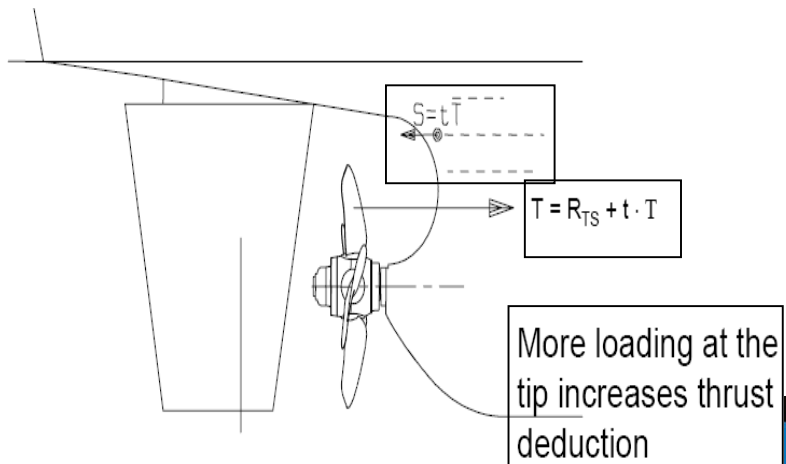
#### AHTS

Anchorhandling, tug, and supply vessels are designed to give a high bollard pull and good manoeuvrability under extreme, rough weather conditions. A high bollard pull is vital and requires that the propeller operates in a nozzle either as a fixed type or as a rudder nozzle type.





# Praca śruby za kadłubem



## COMPAC WATER LUBRICATED PROPELLER SHAFT BEARING SYSTEM

**THOR-COAT SHAFT COATING**

- Thordon's tough new modified epoxy coating, designed to provide 10 year integrity against corrosion

**THORDON WATER QUALITY PACKAGE**

- Water Quality Package (Double/Double version shown here) delivers a consistent supply of conditioned water to both the FWD seal and all bearings

**AFT COMPAC BEARING SYSTEM**

- COMPAC bearing in bronze carrier with retaining ring
- Thordon recommended shaft liner in way of the bearings
- No AFT seal required

**COMPAC SINGLE TAPERED KEY DESIGN**

- COMPAC split bearing with a single tapered key allows bearings to be withdrawn, inspected and re-installed in a matter of hours with the shaft in place

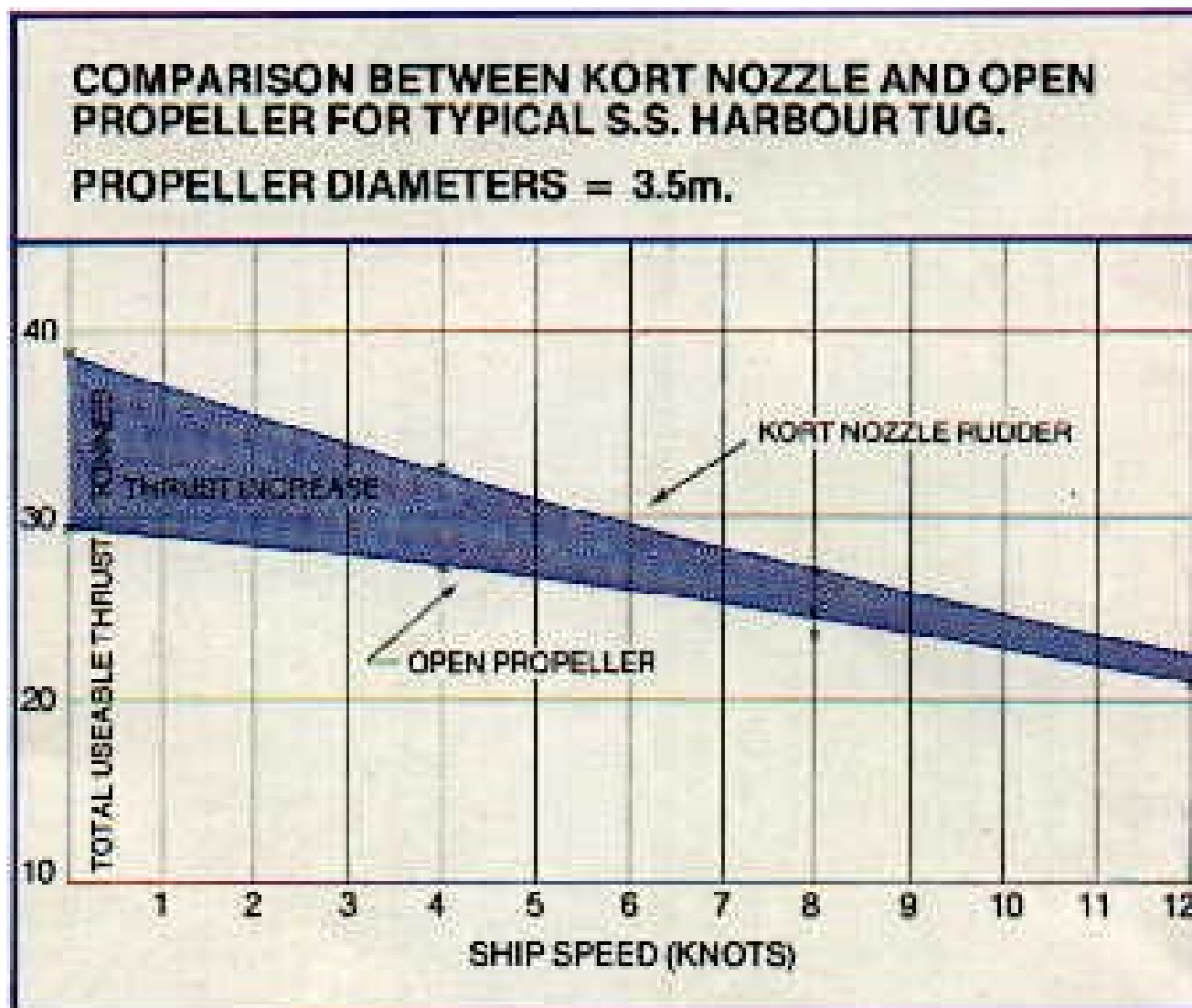
**FWD COMPAC BEARING SYSTEM**

- COMPAC bearing in bronze carrier
- Thordon recommended shaft liner in way of the bearings
- Face type FWD shaft seal shown here

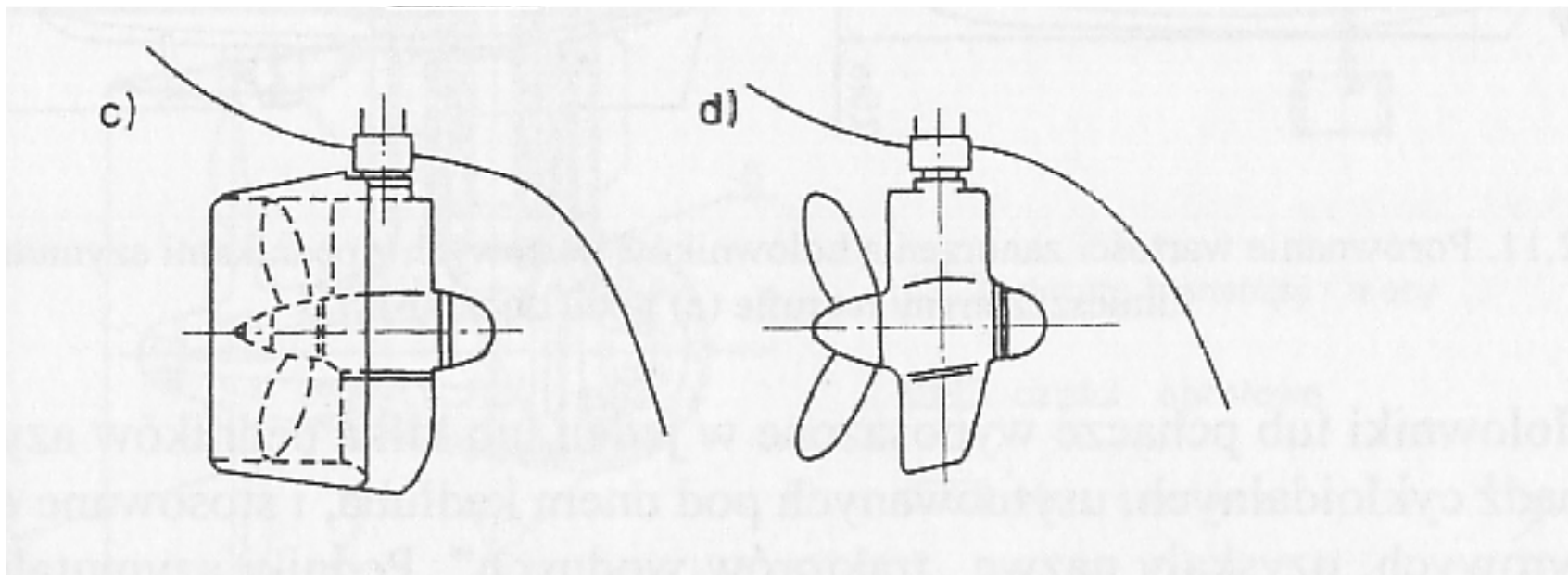
# Śruba w dyszy



# Śruba w dyszy obrotowej



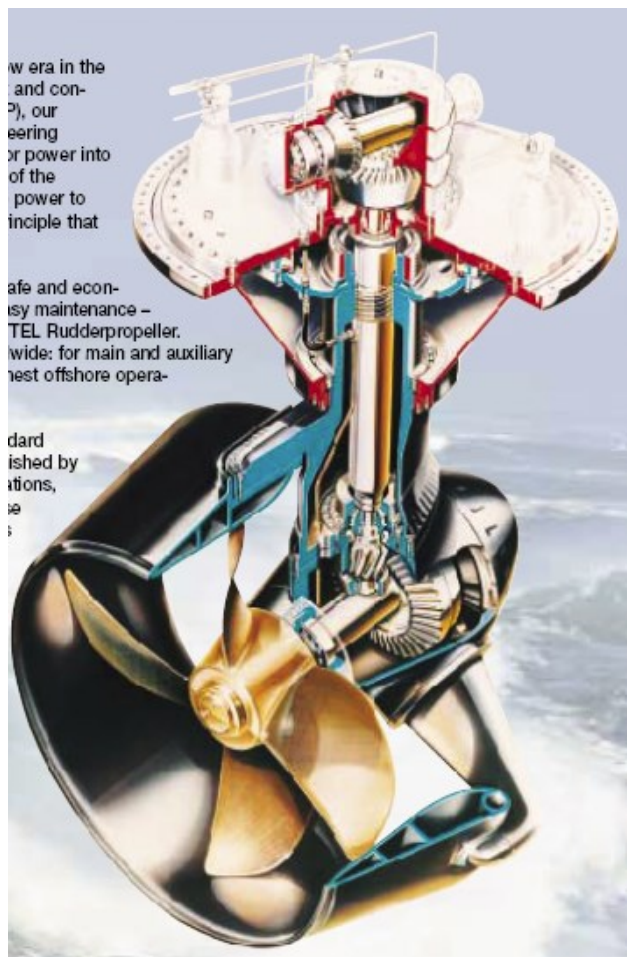
# Pędniki azymutalne (śrubostery)



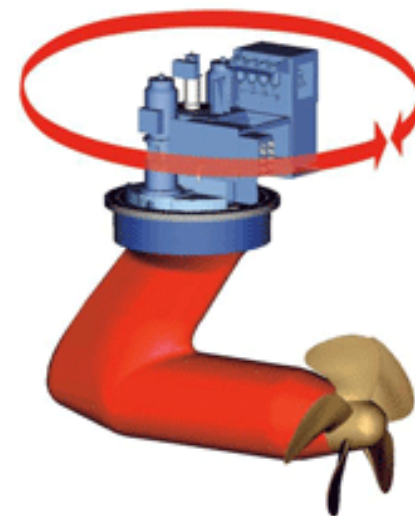
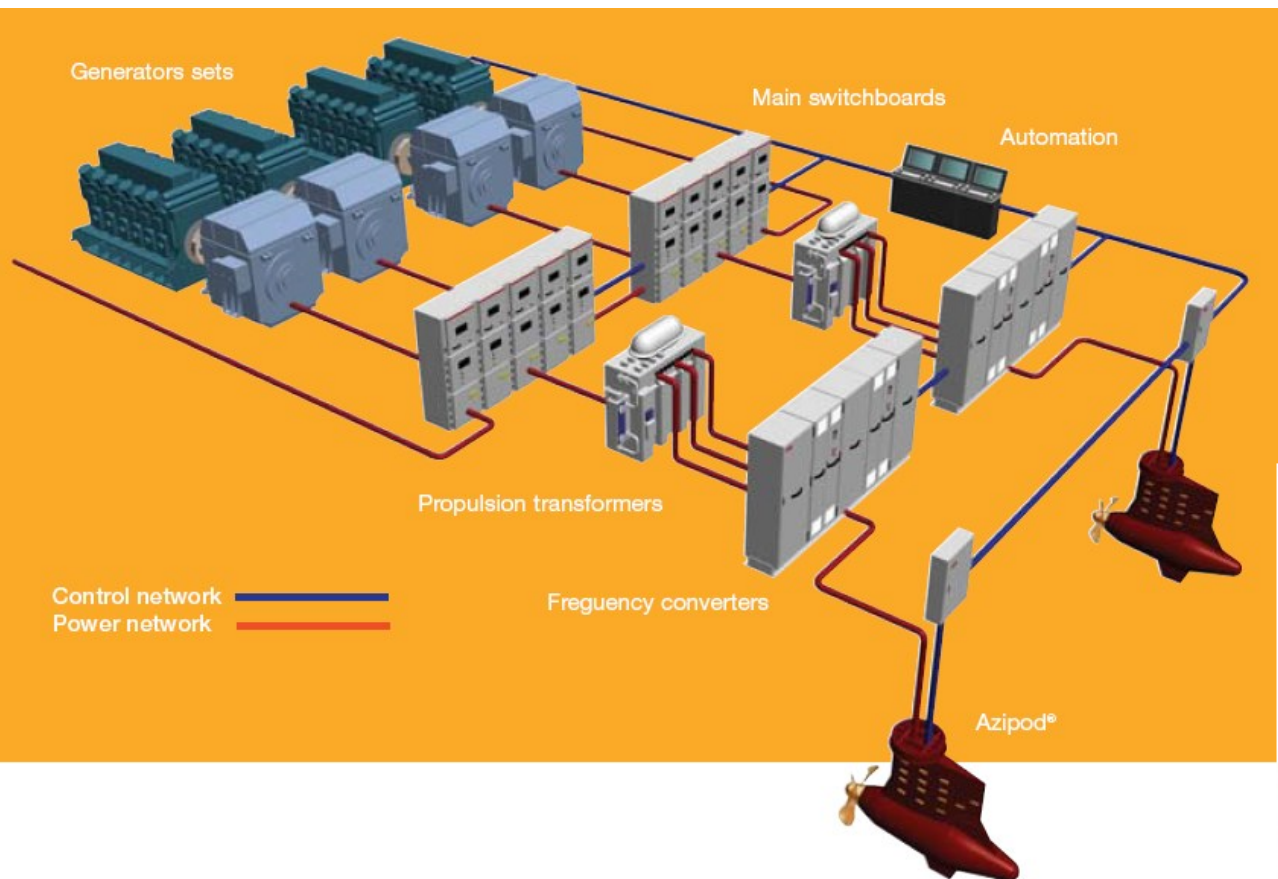
Realizacja przez pędnik dwóch funkcji : napędu i sterowania.  
Istotą rozwiązań tych pędników jest to, że śruba, odmiennie niż w klasycznym rozwiązaniu linii wałów, napędzana jest przez przekładnię typu “Z” z równoczesną możliwością obrotu wokół pionowej osi przekładni



# Pędnik azymutalny Schottel

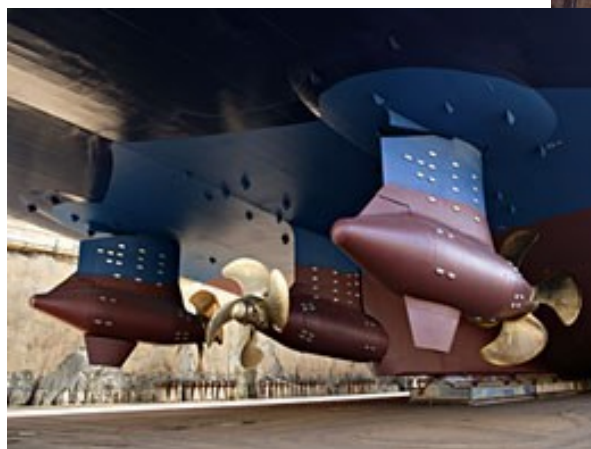


# Azymutalny pędnik gondolowy – Układ Azipod®



*Radiance of the Seas*, 2 x 19,5 MW  
Azipod® propulsion

# Układ Azipod®

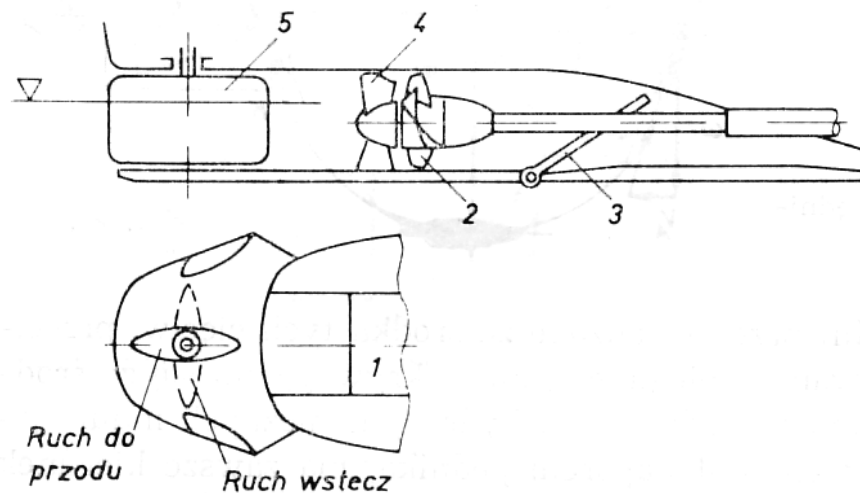


# Pędnik wodnostrumieniowy

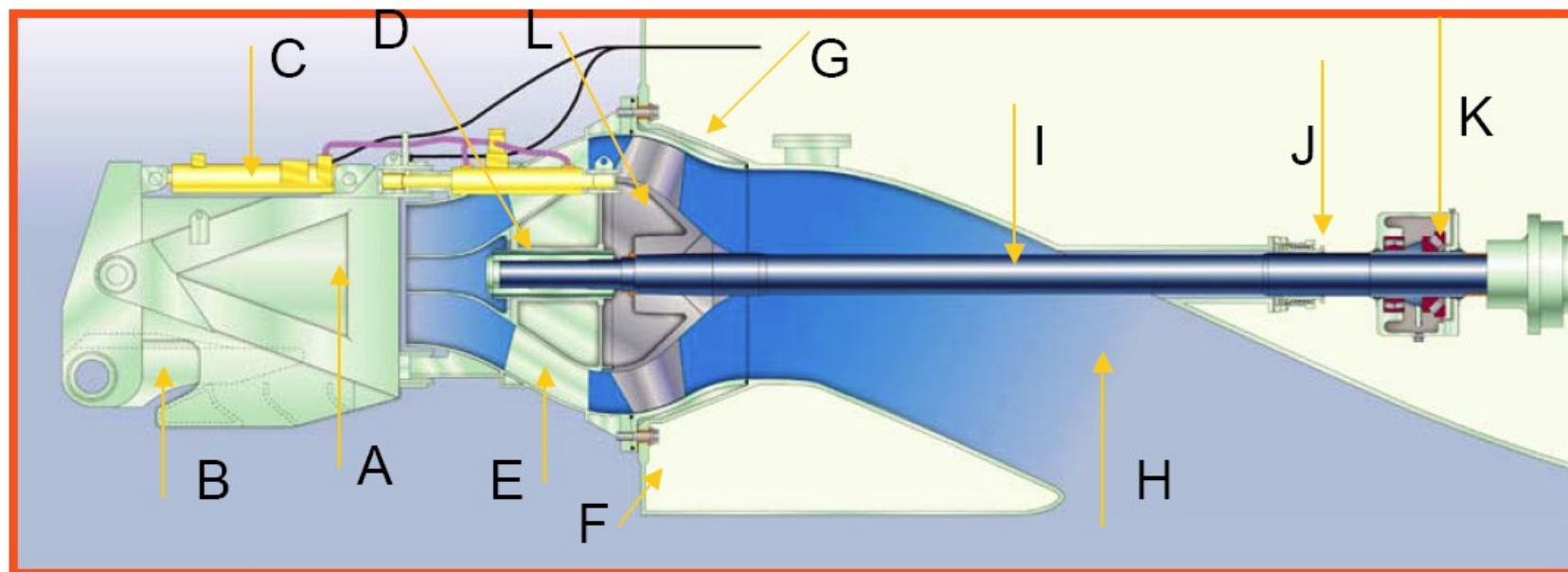




# Pędnik wodnostrumieniowy

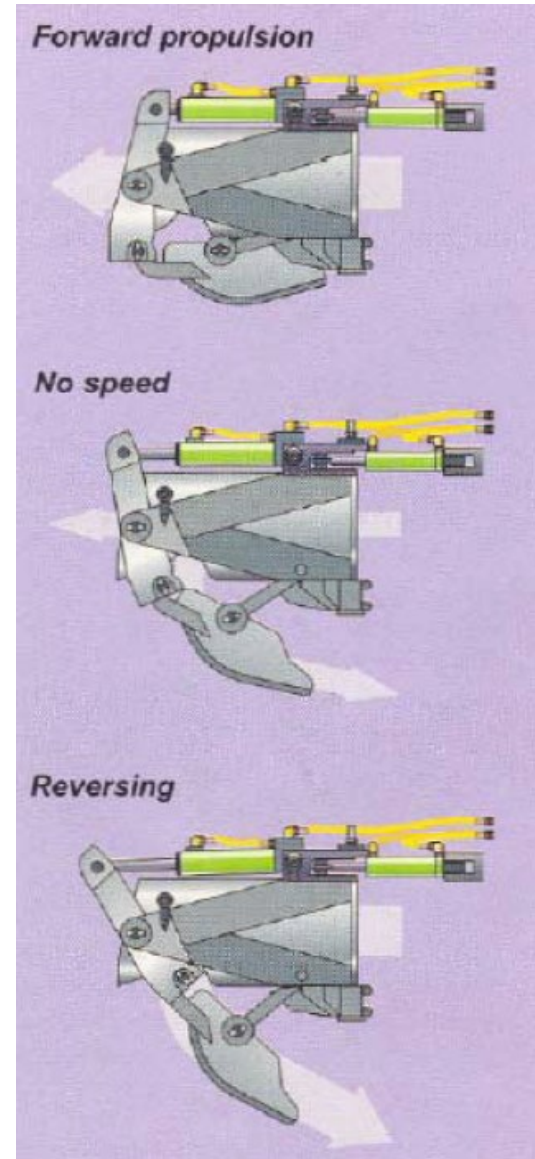
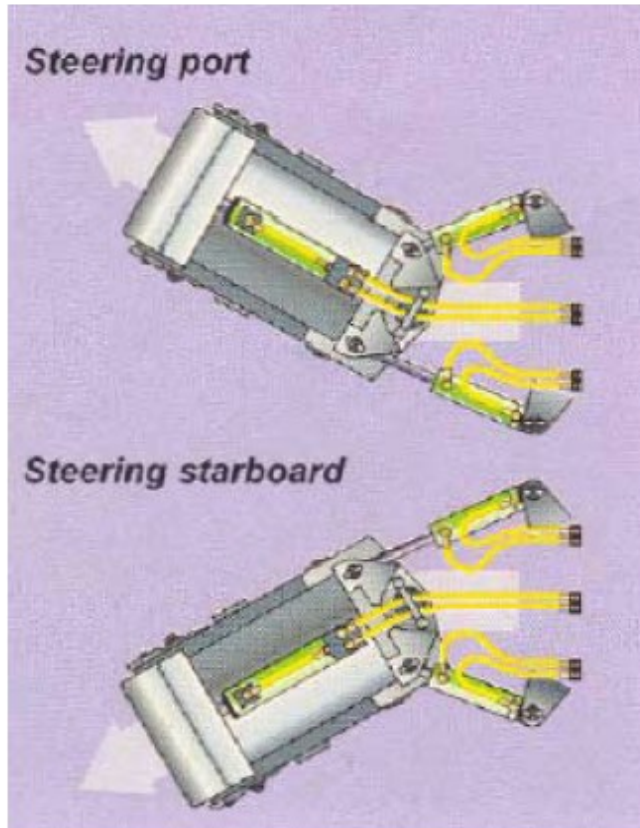


# Pędnik wodnostrumieniowy





# Pędnik wodnostrumieniowy



# Pędnik wodnostrumieniowy

$$v \uparrow \Rightarrow R \uparrow \Rightarrow T \uparrow$$

$$T = \dot{m} \cdot (v_{\text{wyl}} - v_{\text{dol}})$$



# **POLITECHNIKA GDAŃSKA**

**WYDZIAŁ OCEANOTECHNIKI I OKRĘTOWNICTWA**

**KATEDRA SIŁOWNI OKRĘTOWYCH**



80-233 Gdańsk ul. Narutowicza 11/12 tel. (58) 347-26-73, fax: 347-21-81 e-mail: pawszym1@pg.gda.pl

---

**dr inż. Paweł Szymański**

## **OGÓLNE WIADOMOŚCI O INSTALACJACH RUROCIĄGÓW OKRĘTOWYCH**

# Zagadnienia

- Wprowadzenie.
- Przeznaczenie i klasyfikacja instalacji rurociągów okrętowych.
- Typowe elementy instalacji okrętowych:
  - rurociągi i ich połączenia
  - armatura
  - układy pompowe
- Schematy instalacji rurociągów
- Warunki odniesienia przy projektowaniu instalacji



## *Instalacja rurociągów –*

funkcjonalny układ urządzeń i maszyn połączonych rurociągami oraz wyposażony w odpowiednią armaturę służący do przesyłu czynnika roboczego.



# Klasyfikacja instalacji rurociągów okrętowych



- **Siłowniane** – przeznaczone do obsługi układu napędowego oraz mechanizmów pomocniczych siłowni, zlokalizowane przede wszystkim w obrębie przedziału maszynowego.

# Klasyfikacja instalacji rurociągów



- **Ogólnookrętowe** – przeznaczone do obsługi jednostki pływającej w zakresie:
  - Bezpieczeństwa ppoż.;
  - Zachowania stateczności oraz niezatapialności jednostki pływającej;
  - Spełnienia wymagań ochrony środowiska;
  - Potrzeb socjalno – bytowych załogi.

# Klasyfikacja instalacji rurociągów



- **Specjalne** – występują w zależności od przeznaczenia jednostki pływającej (jej specyfiki) np:
  - Instalacje transportowe ładunku płynnego na zbiornikowcach,
  - Instalacje technologiczne na jednostkach rybołówstwa,
  - Instalacje obsługi uzbrojenia na okrętach wojennych itp.

# Instalacje rurociągów okrętowych

Siłowniane

Paliwowe

Oleju smarowego

Chłodzenia

Spalin wylotowych

.....

Ogólnookrętowe

Przeciwpożarowe

Sanitarne

Wentylacyjne

.....

Specjalne

# Rurociągi okrętowe - specyfika

1. Normalizacja i unifikacja;
2. Szeroki zakres średnic;
3. Funkcjonowanie w warunkach drgań, wysokiej wilgotności, utrudnionego dostępu itp.;
4. Duża koncentracja różnego rodzaju rurociągów na niewielkiej powierzchni (przestrzeni);

# Rurociągi okrętowe

Normalizacji krajowej (**Polska Norma**) podlegają **materiały rur, warunki prób, złączki i łączniki, średnice rurociągów, ciśnienia próbne i robocze.**

Podstawowymi wymiarami rurociągów są:

- **średnica zewnętrzna,**
- **grubość ścianki,**
- **średnica nominalna, przeważnie równa rozmiarom średnicy wewnętrznej (nie równa w przypadku rur grubościennych).**
- **Polska Norma PN-54/H-02651 dopuszcza w okrętownictwie następujące średnice nominalne w mm: 10, 15, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 90, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500-1000 co 100.**



# Rurociągi okrętowe

W **USA** średnice rur w okrętownictwie dla wysokich i niskich ciśnień oraz temperatur określa się wg parametru **Nominal Pipe Size (NPS)**, który opisują dwie zależności – średnica nominalna rury i grubość ścianki rurociągu.

Odpowiednikiem **europejskim** jest **średnica nominalna DN** (diamètre nominal/nominal diameter), określona w **milimetrach**. Termin **NB** (nominal bore), czyli **średnica wewnętrzna**, jest często zamiennie używany z NPS.

# Rurociągi okrętowe

schedule –  
zestawienie

Nominal pipe size	Outside diameter (in., mm)	Nominal wall thickness (in., mm)					
		Standard	Sch.40	Extra strong	Sch.80	Sch.160	Double extra strong
1/8 in. 3 mm	0.405 10.287	0.068 1.727	0.068 1.727	0.095 2.413	0.095 2.413	--	--
1/4 in. 6 mm	0.540 13.716	0.088 2.235	0.088 2.235	0.119 3.023	0.119 3.023	--	--
3/8 in. 10 mm	0.675 17.145	0.091 2.311	0.091 2.311	0.126 3.200	0.126 3.200	--	--
1/2 in. 15 mm	0.840 21.336	0.109 2.769	0.109 2.769	0.147 3.734	0.147 3.734	0.188 4.775	0.294 7.468
3/4 in. 20 mm	1.050 26.670	0.113 2.870	0.113 2.870	0.154 3.912	0.154 3.912	0.219 5.563	0.308 7.823
1 in. 25 mm	1.315 33.401	0.133 3.378	0.133 3.378	0.179 4.547	0.179 4.547	0.250 6.350	0.358 9.903
1 1/4 in. 32 mm	1.660 42.164	0.140 3.556	0.140 3.556	0.191 4.851	0.191 4.851	0.250 6.350	0.382 9.703
1 1/2 in. 40 mm	1.900 48.260	0.145 3.683	0.145 3.683	0.200 5.080	0.200 5.080	0.281 7.137	0.400 10.160
2 in. 50 mm	2.375 60.325	0.154 3.912	0.154 3.912	0.218 5.537	0.218 5.537	0.344 8.738	0.436 11.074
2 1/2 in. 65 mm	2.875 73.025	0.203 5.156	0.203 5.156	0.276 7.010	0.276 7.010	0.375 9.525	0.552 14.021
3 in. 80 mm	3.500 88.900	0.216 5.486	0.216 5.486	0.300 7.620	0.300 7.620	0.438 11.125	0.600 15.240

# Rurociągi okrętowe

W instalacjach rurociągów stosowane są powszechnie rury **stalowe ocynkowane**. Jednak stosunkowo często można również spotkać rury **mosiężne** - najczęściej w instalacjach wymiany ciepła oraz **miedziane** - najczęściej rury armatury kontrolno - pomiarowej np. manometrów oraz w instalacjach sprężonego powietrza.

Stosunkowo rzadko można spotkać rury **ołowiane** - najczęściej w rurociągach okrętowych narażonych na działanie kwasów oraz **żeliwne** - najczęściej w instalacjach sanitarnych i wentylacji.

Coraz częściej natomiast stosowane są rury z **tworzyw sztucznych**, charakteryzujące się szeregiem cennych właściwości np.: odpornością na korozję, małą masą, odpornością na odkładanie się kamienia kotłowego, odpornością na agresywne oddziaływanie bardzo wielu związków chemicznych, mniejszymi oporami przepływu czynnika, niższą ceną itd. Podstawową ich wadą są jak na razie gorsze niektóre własności wytrzymałościowe.

# Średnica rurociągu

**Średnica rurociągu** jest określona poprzez maksymalne, dopuszczalne prędkości przepływu czynnika roboczego:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\dot{V} \left[ \frac{m^3}{s} \right]}{v \left[ \frac{m}{s} \right]}$$

## Flow velocities

For external pipe connections, we prescribe the following maximum velocities:

Marine diesel oil	1.0 m/s
Heavy fuel oil	0.6 m/s
Lubricating oil	1.8 m/s
Cooling water	3.0 m/s

# Połączenia elementów instalacji rurociągów



W okrętownictwie stosowane są przede wszystkim **ROZŁĄCZNE POŁĄCZENIA** w instalacjach rurociągów okrętowych, umożliwiające szybkie podjęcie czynności związanych ***z obsługą instalacji (naprawą) w specyficznej sytuacji eksploatacyjnej jednostki pływającej jaką jest długotrwały pobyt na morzu***, gdzie załoga bardzo często zdana jest wyłącznie na własne siły.

DO NAJCZĘŚCIEJ SPOTYKANYCH POŁĄCZEŃ W INSTALACJACH ZALICZAMY:

- ***połączenia kołnierzowe,***
- ***połączenia śrubunkowe,***
- ***połączenia gwintowe,***
- ***połączenia elastyczno – zaciskowe.***

# Połączenia elementów instalacji rurociągów

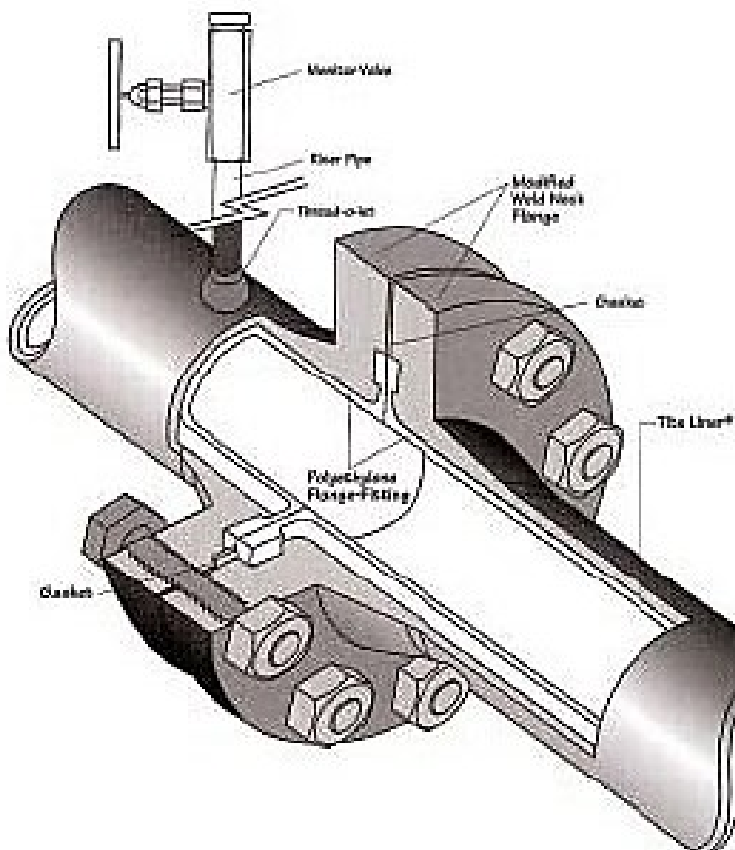


Nigdy nie doszczelniamy (nie dokręcamy) połączeń elementów instalacji rurociągów pod ciśnieniem przepływającego czynnika !!!



**Połączenia kołnierzowe** - są najczęściej spotykanym w okrętownictwie typem połączenia. Stosowane do łączenia rur od średnic bardzo małych (ok. 10 mm) do średnic największych. Technologia wykonania kołnierza na łączonych odcinkach jest różna, ale najczęściej jest to kołnierz przyspawany lub nakręcony na gwint i przyspawany.

**POŁĄCZENIA TE WYMAGAJĄ USZCZELNIENIA !!!!**



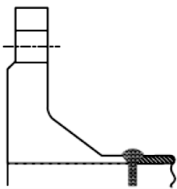
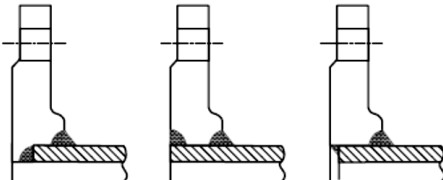
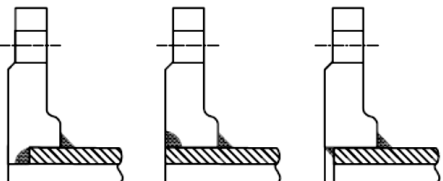
#### **MATERIAŁY NA USZCZELNIENIA:**

- guma syntetyczna (olejoodporna) z wzmacniającymi przekładkami metalowymi lub włókiennymi,
  - klingeryt (ciśnienia do 5 MPa i temp. do 450 °C),
  - gambit (ciśnienia do 1,6 MPa i temp. do 150 °C),
  - parogambit (ciśnienia do 3 MPa i temp. do 350 °C).
- Przy wyższych temperaturach uszczelki pokrywane są grafitem.

# Połączenia elementów instalacji

- PN-86/H-74374.01 - Armatura i rurociągi. Połączenia kołnierzowe. Uszczelki. Wymagania ogólne
- PN-86/H-74374.02 - Armatura i rurociągi. Połączenia kołnierzowe. Uszczelki azbestowo - kauczukowe p ...
- PN-86/H-74374.03 - Armatura i rurociągi. Połączenia kołnierzowe. Uszczelki azbestowo - kauczukowe p ...
- PN-86/H-74374.04 - Armatura i rurociągi. Połączenia kołnierzowe. Uszczelki azbestowo - kauczukowe p ...
- PN-86/H-74374.05 - Armatura i rurociągi. Połączenia kołnierzowe. Uszczelki faliste do kołnierzy z p ...
- PN-86/H-74374.06 - Armatura i rurociągi. Połączenia kołnierzowe. Uszczelki azbestowo - kauczukowe p ...
- PN-86/H-74374.07 - Armatura i rurociągi. Połączenia kołnierzowe. Uszczelki gumowe o przekroju koł ...
- PN-86/H-74374.08 - Armatura i rurociągi. Połączenia kołnierzowe. Uszczelki metalowe przeponowe do k ...
- PN-86/H-74374.09 - Armatura i rurociągi. Połączenia kołnierzowe. Uszczelki metalowe soczewkowe do k ...
- PN-86/H-74374.10 - Armatura i rurociągi. Połączenia kołnierzowe. Uszczelki metalowe wielokrawędziow ...
- PN-EN 12560-1:2002 - Kołnierze i ich połączenia - Uszczelki do kołnierzy z oznaczeniem klasy - Część ...
- PN-EN 12560-2:2002 - Kołnierze i ich połączenia - Uszczelki do kołnierzy z oznaczeniem klasy - Część ...
- PN-EN 12560-3:2002U - Kołnierze i ich połączenia - Uszczelki do kołnierzy z oznaczeniem klasy - Część ...
- PN-EN 12560-3:2003 - Kołnierze i ich połączenia - Uszczelki do kołnierzy z oznaczeniem klasy - Część ...
- PN-EN 12560-4:2002U - Kołnierze i ich połączenia - Uszczelki do kołnierzy z oznaczeniem klasy - Część ...
- PN-EN 12560-4:2003 - Kołnierze i ich połączenia - Uszczelki do kołnierzy z oznaczeniem klasy - Część ...
- PN-EN 12560-5:2002U - Kołnierze i ich połączenia - Uszczelki do kołnierzy z oznaczeniem klasy - Część ...
- PN-EN 12560-5:2003 - Kołnierze i ich połączenia - Uszczelki do kołnierzy z oznaczeniem klasy - Część ...
- PN-EN 1514-1:2001 - Kołnierze i ich połączenia - Wymiary uszczerek do kołnierzy z oznaczeniem PN - ...
- PN-EN 1514-1:2001/Ap1:2002 - Kołnierze i ich połączenia - Wymiary uszczerek do kołnierzy z oznaczeniem PN - C ...
- PN-EN 1514-2:2001 - Kołnierze i ich połączenia - Wymiary uszczerek do kołnierzy z oznaczeniem PN - C ...
- PN-EN 1514-3:2001 - Kołnierze i ich połączenia - Wymiary uszczerek do kołnierzy z oznaczeniem PN - C ...
- PN-EN 1514-4:2001 - Kołnierze i ich połączenia - Wymiary uszczerek do kołnierzy z oznaczeniem PN - C ...
- PN-EN 1514-4:2001/Ap1:2002 - Kołnierze i ich połączenia - Wymiary uszczerek do kołnierzy z oznaczeniem PN - C ...

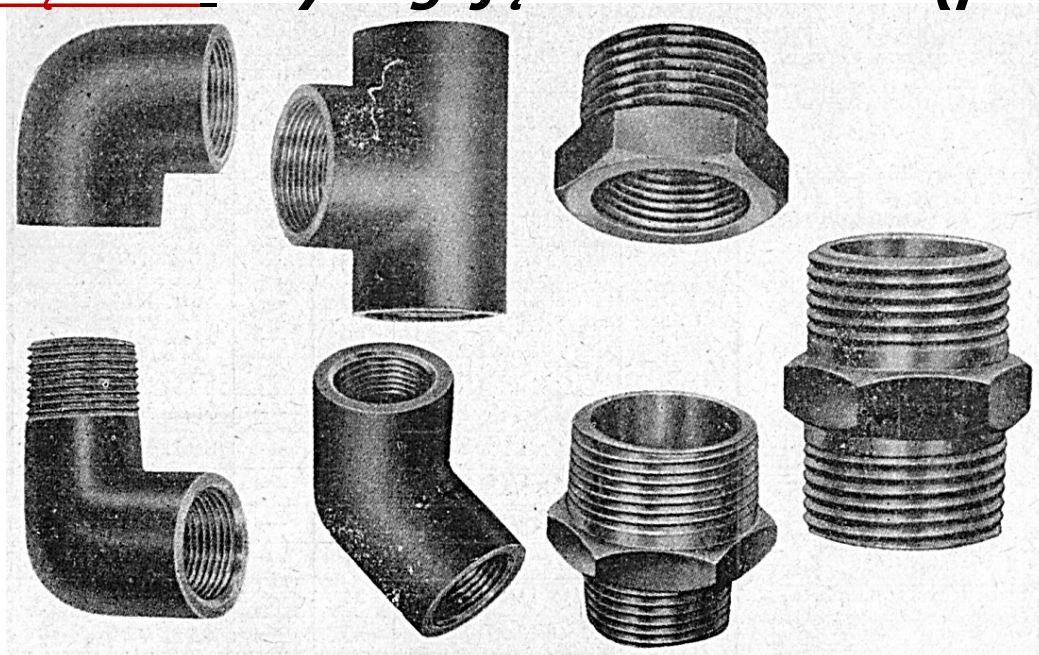
# Połączenia elementów instalacji

Flange Type	Typical Configuration
Type A Weld neck flange, raised face or flat face with ring type gasket.	
Type B Slip-on welded hub (or without hub) flange; attached to pipe with at least a groove weld deposited from the back of the flange and a fillet weld or equivalent on the other side; raised face or flat face with ring type gasket.	
Type C Slip-on welded hub (or without hub) flange; attached to pipe with double fillet welds or equivalent; raised face or flat face with ring type gasket.	 (Must be with hub) C 3

*„gasket” – uszczelka,*  
*„hub” – kielich rury, piasta,*  
*„face” – powierzchnia czołowa,*  
*„raised-face” – odgięty do góry,*  
*„fillet weld” – spoina pachwinowa*

Flange type	Class of piping	Limitations
A	I, II, III	None
B	I, II, III	Pressure/temperature rating $\leq$ ASME B16.5 Class 300 or equivalent recognized national standard. For steam piping additionally limited to pipe sizes $d \leq$ NPS 100 mm (4 in.). [Ref. 2-4-4/5.7 and 2-4-4/17.5]
C	I, II, III	Same as for type B above.

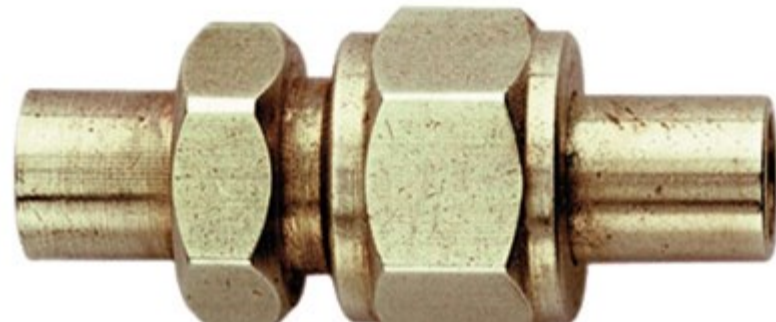
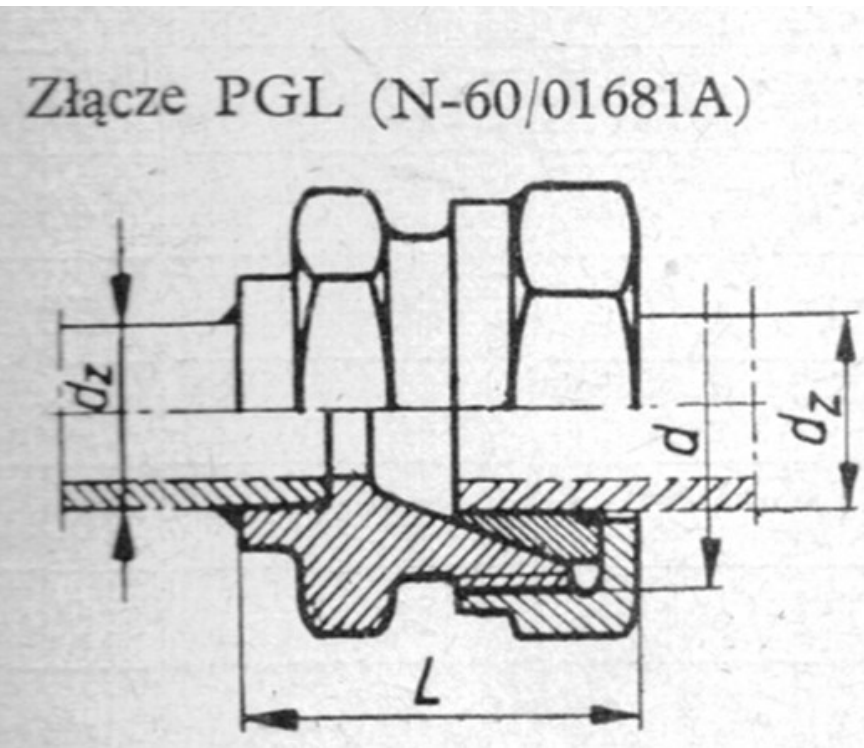
**Połączenia gwintowe** - stosuje się je czasami w niektórych instalacjach wodnych do ciśnień **1,6 MPa** i temp. do **120°C** np. centralnego ogrzewania do średnic rurociągów - **max ok. 50 mm**. Połączenie jest realizowane poprzez wykonanie gwintu na łączonych odcinkach rur oraz zastosowanie odpowiedniej złączki. Umożliwia **montaż rur bez ich gięcia (kształtki) oraz rozgałęzianie rurociągu**, co znacznie upraszcza i skraca prace instalacyjne. **ZALETĄ** połączenia gwintowego jest zdolność do przenoszenia dużych obciążeń (zwłaszcza wzdłużnych) przy bardzo małych rozmiarach poprzecznych połączenia. ***Wymagają uszczelnienia (pakuły z pokostem lub minią).***



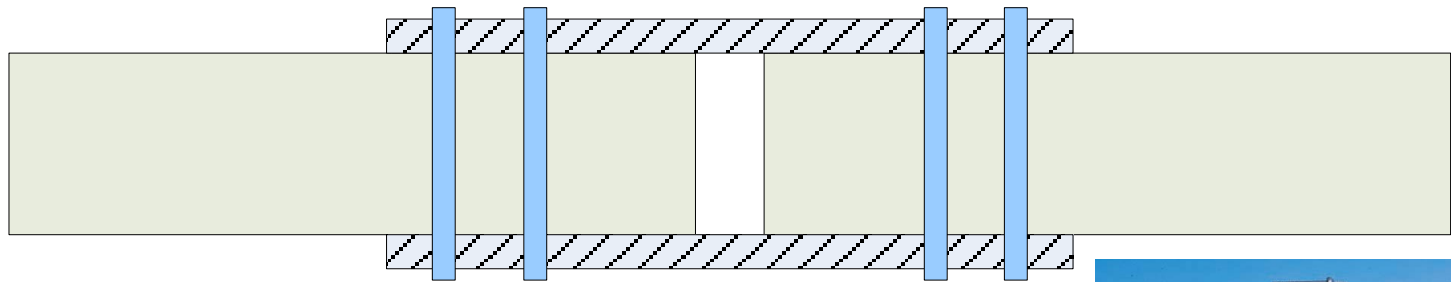


**Połączenia śrubunkowe** (*szybkorozłączne, dociskowe*) – odmiana połączenia gwintowego, stosowane zwykle do podłączania **manometrów** oraz dla **wysokich ciśnień** i **średnic max do ok. 20 mm** (np. instalacje hydrauliczne, paliwowe i sprężonego powietrza). Zapewniają **bardzo wysoką szczelność**, łatwy montaż i demontaż, przenoszą duże obciążenia wzdłużne.

**Uszczelnienie wymagane tylko dla wysokich ciśnień („sferka”).**



**Połączenia elastyczno - zaciskowe** - są to połączenia rurociągów za pomocą **ODCINKÓW ZŁĄCZEK (RUR) Z GUMY ZBROJONEJ UNIERUCHAMIANYCH OPASKAMI ZACISKOWYMI**. Stosowane przy **niższych parametrach przepływającego czynnika**, w mniej **odpowiedzialnych węzłach instalacji** (mniej odpowiedzialnych instalacjach) ze względu na niskie własności wytrzymałościowe oraz konieczność częstszych czynności obsługowych (**wymiana złączy**). Do niezaprzeczalnych zalet należy jednak zaliczyć: **PROSTOTĘ ZŁĄCZA, MAŁY KOSZT I ZDOLNOŚĆ DO TŁUMIENIA DRGAŃ.**





# ZNAKOWANIE ELEMENTÓW INSTALACJI RUROCIĄGÓW

W celu ułatwienia orientacji i obsługi instalacji oraz podniesienia bezpieczeństwa zostały określone pewne **zasady** ich **OZNACZANIA**.

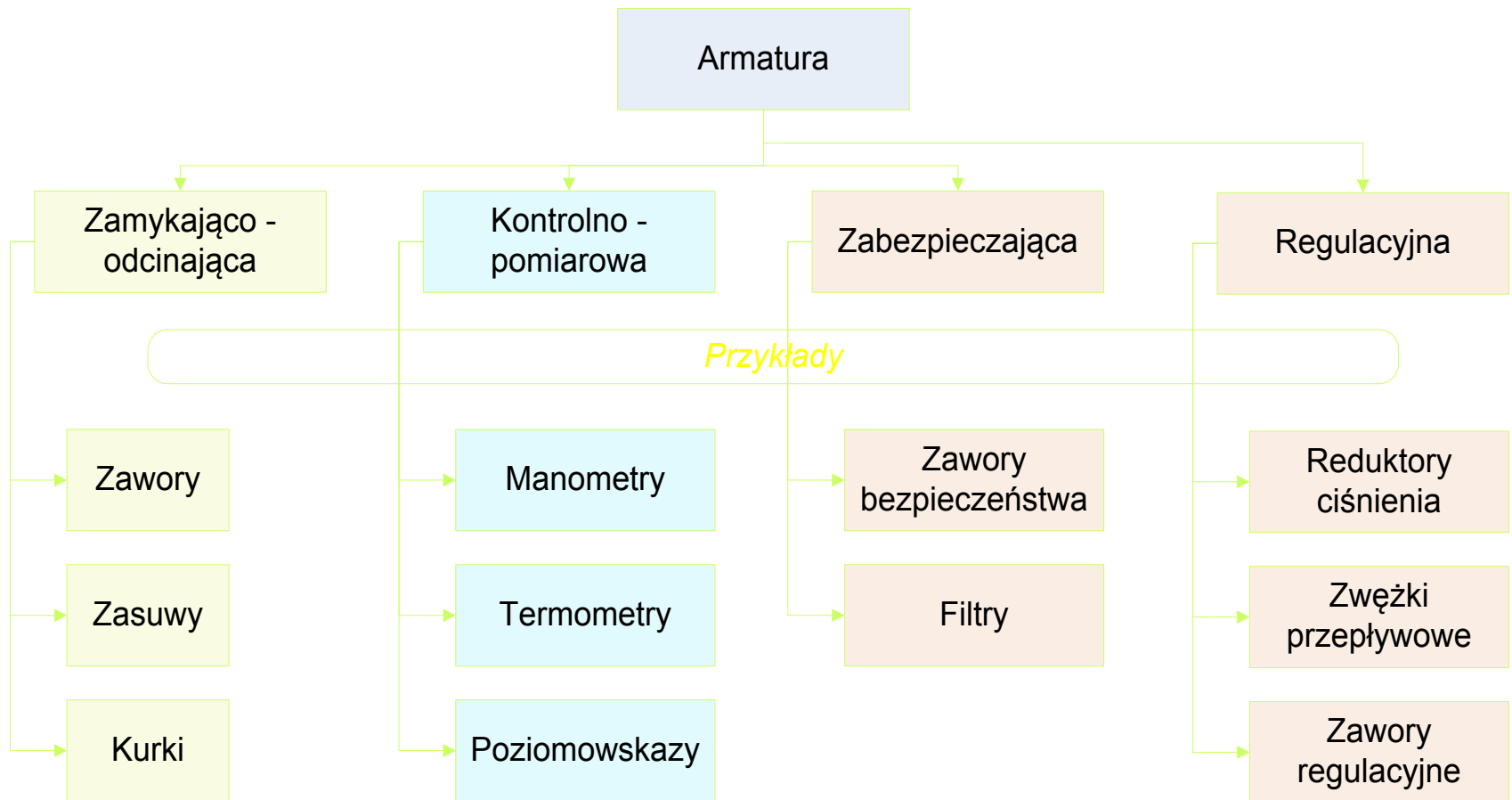
Zasady te przewidują najogólniej mówiąc konieczność ***oznaczania tabliczkami informacyjnymi*** wszystkich najważniejszych elementów **armatury kontrolno - pomiarowej** (przede wszystkim **manometrów i termometrów**) oraz **zamykającej** (**zaworów, zasuw, kurków, klap itd.**), a także ***malowanie*** w zależności od przepływającego czynnika odpowiednimi (jednakowymi) barwami rurociągów na statkach.

# MALOWANIE RUROCIĄGÓW

Zgodnie z normą **BN-80/3730-10** malowane są całe rurociągi osłonięte (po ich uprzednim zabezpieczeniu antykorozyjnym i pokryciu izolacją), znakowane są rurociągi odkryte – obwodowe opaski po obydwu stronach każdego złącza):

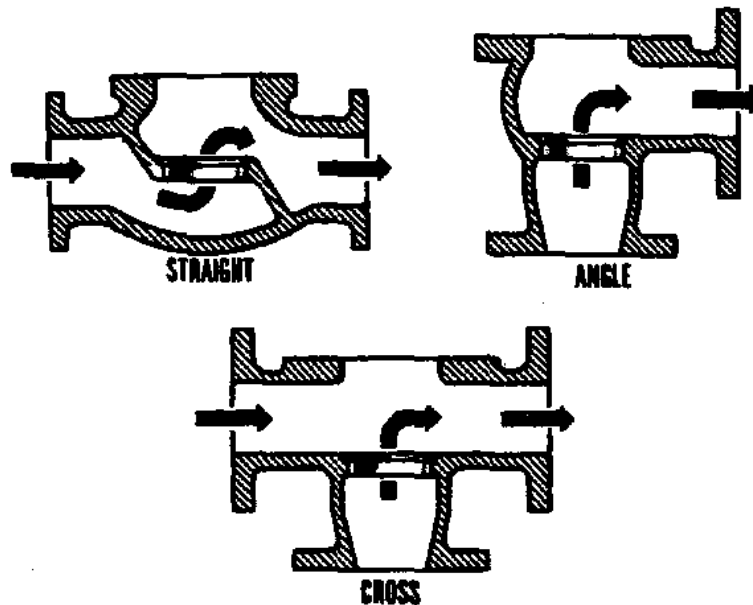
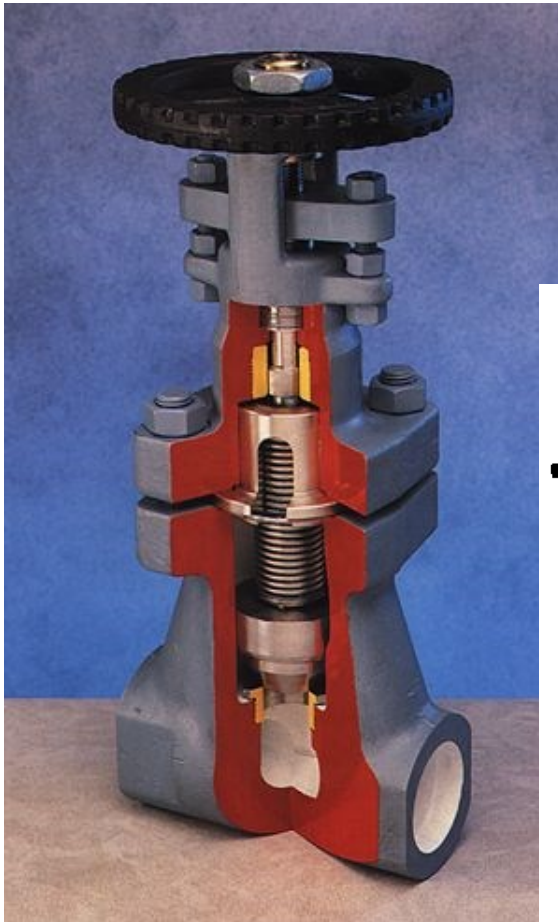
- **WODA MORSKA** – barwa zielona,
- **WODA SŁODKA** – barwa niebieska,
- **PARA** – barwa srebrno-szara,
- **OLEJ SMAROWY** – barwa żółta,
- **PALIWO PŁYNNE** – barwa brązowa,
- **SPRĘŻONE POWIETRZE** – barwa błękitna,
- **ŚCIEKI** – barwa czarna,
- **RUROCIAGI PPOŻ.** – barwa czerwona

# Armatura (osprzęt) – wyposażenie pomocnicze zapewniające prawidłowe funkcjonowanie instalacji



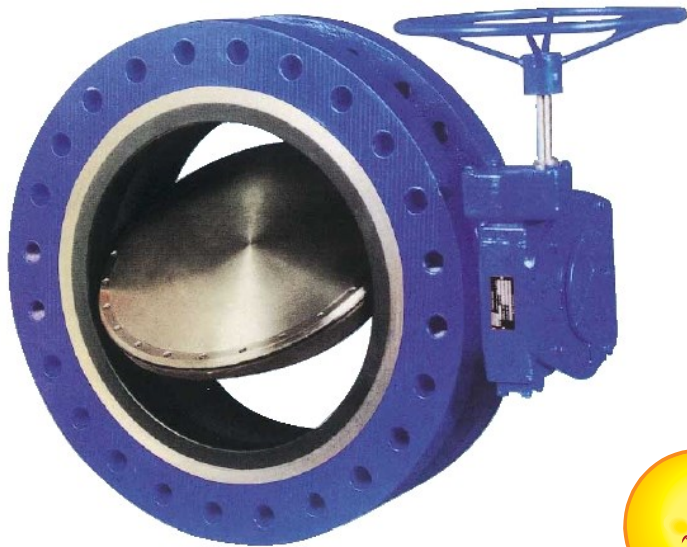
# Armatura zamykająco - odcinająca

- Zawór grzybkowy, zaporowy

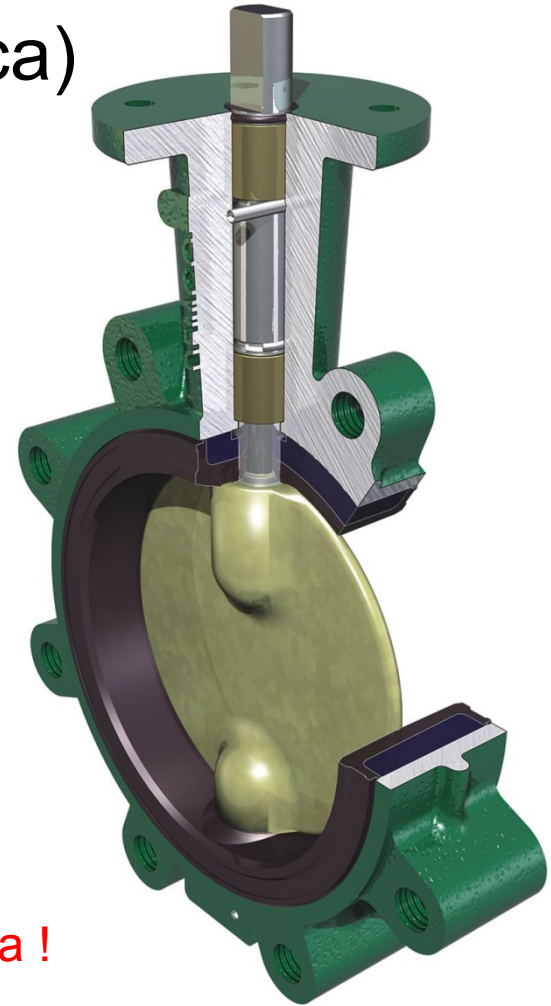


# Armatura zamykająco - odcinająca

- Zawór „motylkowy” (przepustnica)

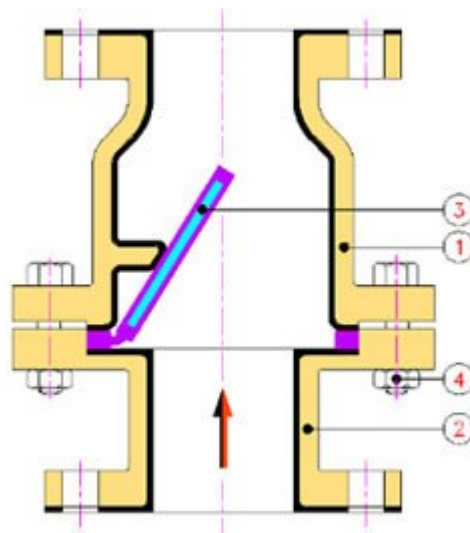
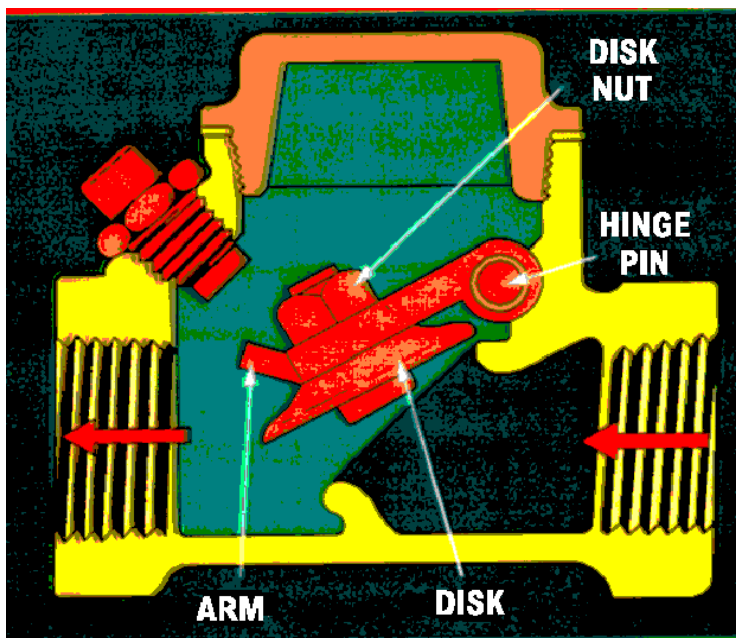


Problem doszczelnienia !



# Armatura zamykająco - odcinająca

- Zawory zwrotne



- oznaczenie kierunek przepływu !
- kąt nachylenia rurociągu  $< 10-15^{\circ}$  !



# Armatura zamykająca – odcinająca.

- Kurki wielopołożeniowe (wielodrożne)



<i>I położenie</i>	<i>II położenie</i>	<i>III położenie</i>	<i>IV położenie</i>

# Armatura zamykająco – odcinająca

- Zasuwy klinowe

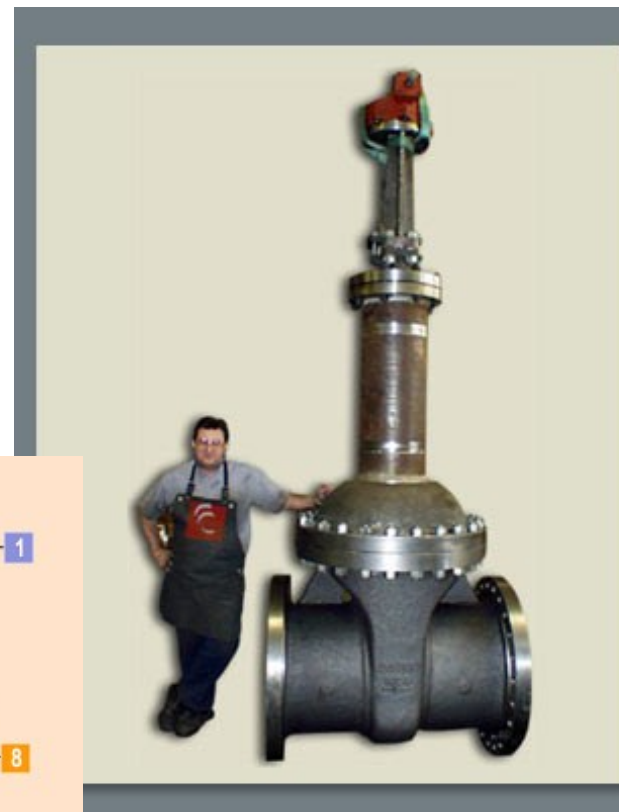
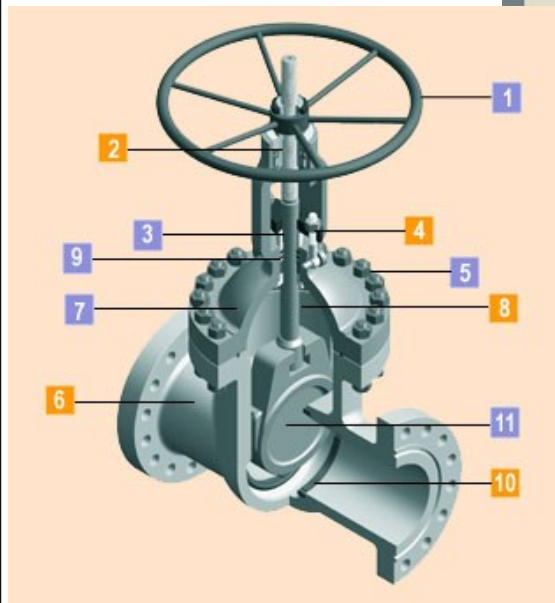
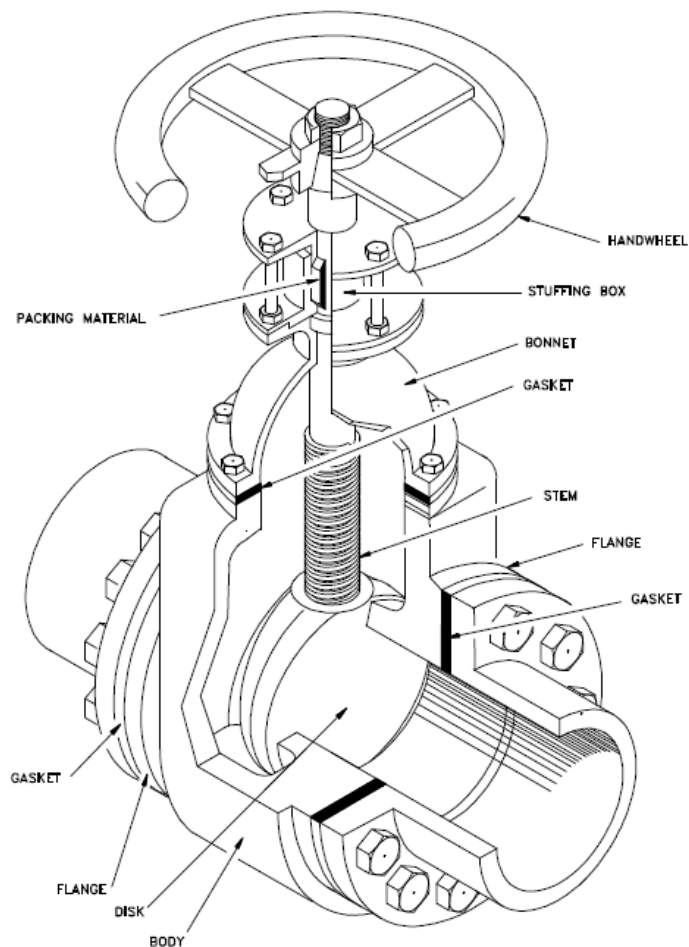


Figure 1 Gate Valve

# Armatura zamykająco – odcinająca

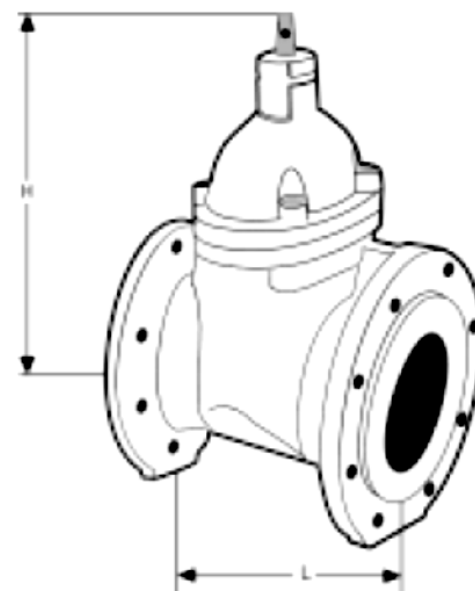
- Zasuwy klinowe - przykład

## Zamawianie

DN mm	H mm	L mm	Waga kg	K <sub>v</sub> m <sup>3</sup> /h	ζ	Nr katalog.
40	172	140	6	142	0.2	149L059500
50	192	150	12	198	0.2	149L008900
65	243	170	16	335	0.2	149L009000
80	317	180	22	507	0.2	149L009100
100	310	190	23	792	0.2	149L009300
125	410	200	33	1238	0.2	149L009400
150	410	210	38	2228	0.15	149L009500
200	487	230	60	3960	0.15	149L009600
250	662	250	91	6188	0.15	149L009800
300	739	270	130	8910	0.15	149L010000
400	1053	310	285	16359	0.15	149L010200

$$\Delta p = z_i \cdot \rho \cdot \frac{w_i^2}{2}$$

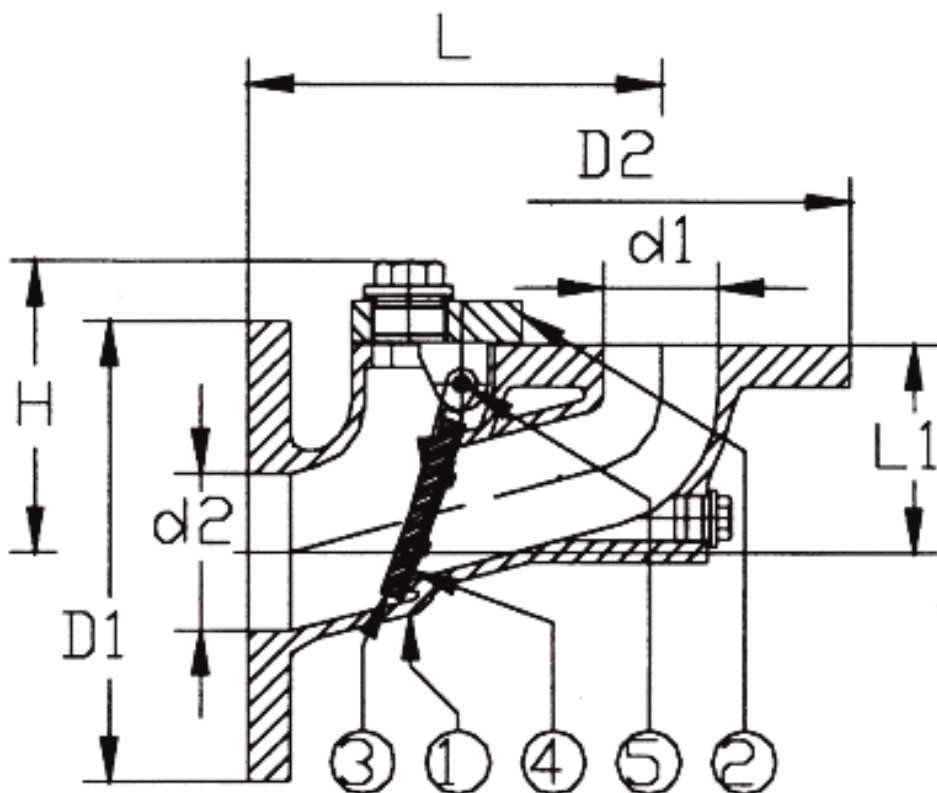
gdzie :  $z_i = \zeta_{\text{tarcia}} + \zeta_{\text{miejscowe}}$



$z_i$  - współczynnik strat ciśnienia  
(tarcia i miejscowe)

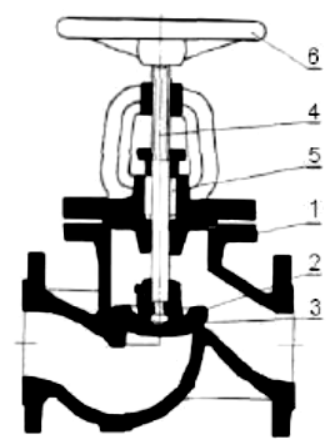
# Armatura zamykająco – odcinająca

- Klapy sztormowe –  
montowane są do otworów  
burtowych powyżej linii wodnej

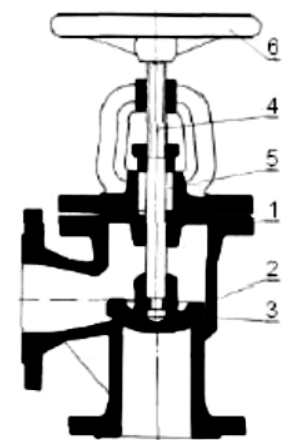




# Zawory zaporowe

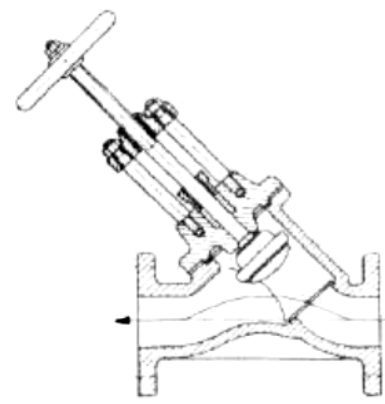


Zawór zaporowy  
przelotowy



Zawór zaporowy  
kątowy

- 1 – kadłub;
- 2 – grzybek;
- 3 – pierścień uszczelniający;
- 4 – trzpień;
- 5 – uszczelnienie trzpienia;
- 6 – pokrętło.

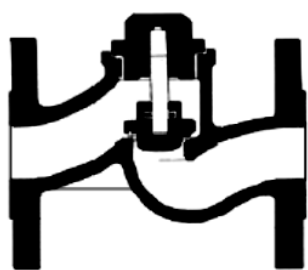


Zawór zaporowy  
przelotowy skośny

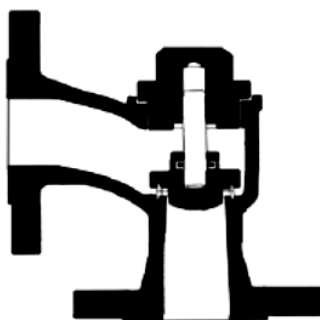
Skośne ustawienie zaworu  
powoduje zmniejszenie strat  
przepływu.

Zadaniem zaworu zaporowego jest zamknięcie (odcięcie) przepływu cieczy. Zawór składa się z korpusu, wewnątrz którego znajduje się gniazdo z odpowiednio ukształtowanym i uszczelnionym grzybkiem. Grzybek połączony jest z trzpieniem (wrzecionem) i wykonuje ruch tylko razem z nim. Trzpień „przebija” kadłub, poprzez uszczelnienie, kończy się pokrętłem dzięki któremu można otwierać lub zamykać zawór.

## Zawory zwrotne



Zawór zwrotny  
przelotowy



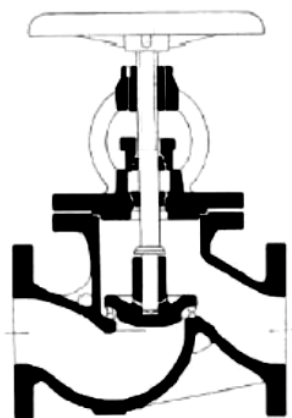
Zawór zwrotny  
kątowy

Zawór zwrotny ma na celu zabezpieczenie przed wstecznym przepływem czynnika np. w instalacji zęzowej.

Zadaniem zaworu zwrotnego jest zamknięcie (odcięcie) przepływu cieczy w jednym kierunku. Zawór składa się z korpusu, wewnątrz którego znajduje się gniazdo z odpowiednio ukształtowanym i uszczelnionym grzybkiem. Grzybek połączony jest z trzpieniem (wrzecionem) odpowiednio prowadzonym w korpusie. W wyniku przepływu wody w jednym kierunku grzybek podnosi się i umożliwia przepływ, natomiast przepływająca woda w kierunku przeciwnym dociska kurek i w ten sposób odcina przepływ.



## Zawory zaporowo-zwrotne



Zawór zaporowo-  
zwrotny przelotowy



Zawór zaporowy-  
zwrotny kątowy

Zawory zaporowo-zwrotne łączą cechy typowych zaworów zaporowych i zaworów zwrotnych, czyli możemy odcinać przepływ i jednocześnie zapobiegać przed przepływem w drugim kierunku.

# Armatura kontrolno - pomiarowa.

- Pomiar ciśnienia – manometry, manowakuometry



**PSI - funt na cal kwadratowy** (*pound per square inch - psi*) jest to jednostka pochodna ciśnienia w brytyjskim systemie miar.

$$1 \text{ psi} = 0,0680459582401954 \text{ atm}$$

$$1 \text{ psi} = 6\,894,75729 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ psi} = 0,068947 \text{ bar}$$

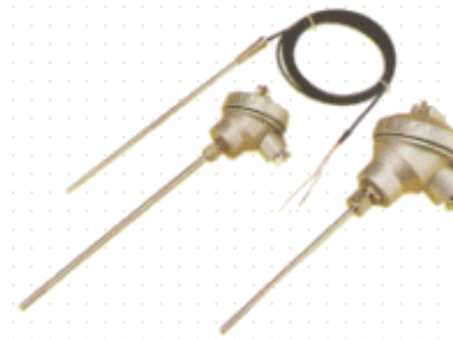
# Armatura kontrolno - pomiarowa.

- Pomiar temperatury – termopary

Jego działanie oparte jest na zjawisku Seebecka, zgodnie z którym ogrzewanie końcówki termopary powoduje powstawanie siły termoelektrycznej.

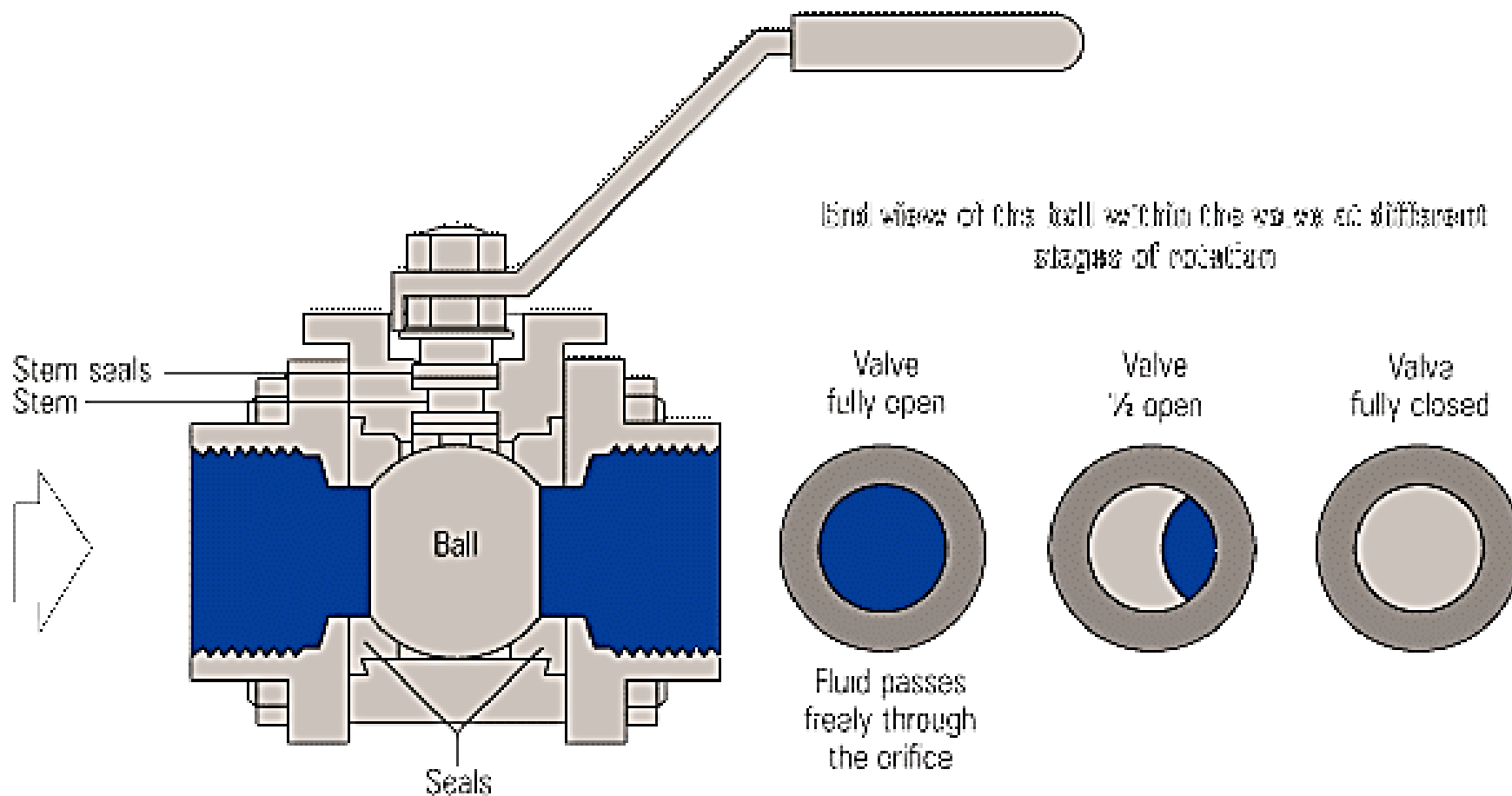
Wybór termopary zależy od zakresu mierzonej temperatury:

- **termopara platyna/platyna + 10% radu**, daje niskie napięcie, stosowana jest do **1700°C**
- **chromel/alumel** - wykazuje bardzo dobrą liniowość napięcia od temperatury, stosowana jest do 1370 °C
- **żelazo/konstantan** - stosowana jest do **760 °C**
- **miedź/konstantan** - stosowana jest do **400 °C**



# Armatura regulacyjna

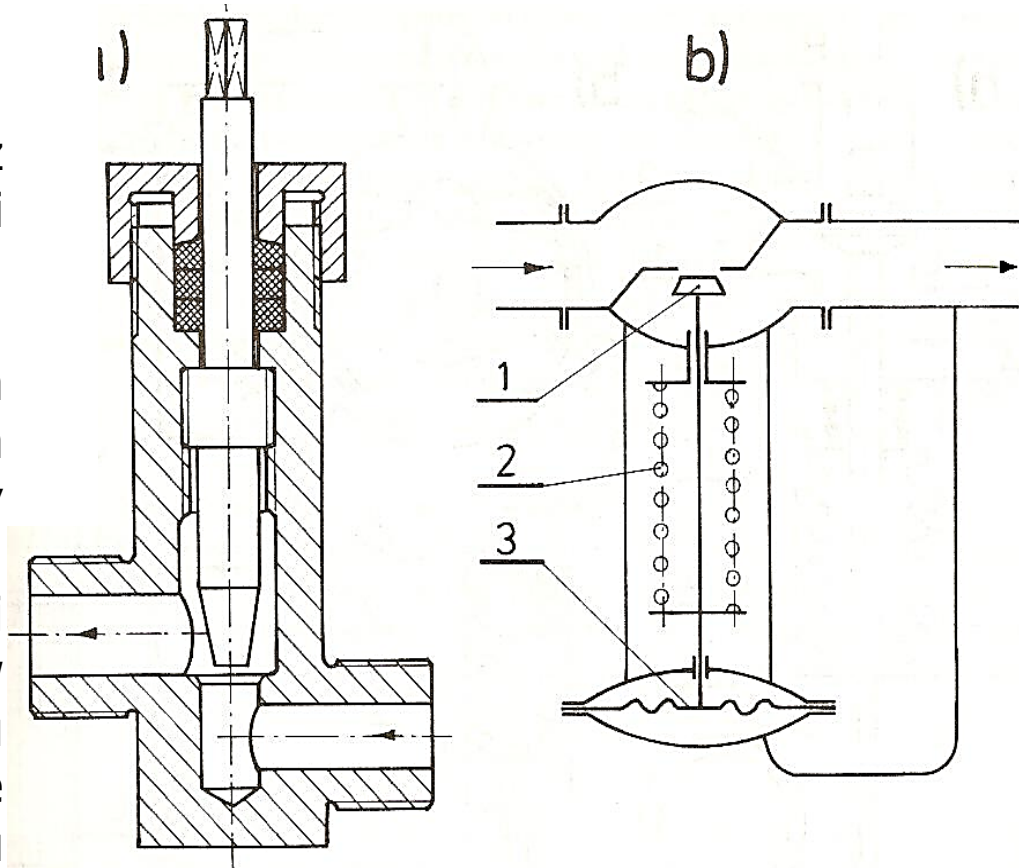
- Regulacja natężenia przepływu



# Armatura regulacyjna

- Redukcja ciśnienia - reduktory ciśnienia

Zredukowane ciśnienie za zaworem zależy od wysokości podniesienia grzybka (1). Położenie grzybka zależy z kolei od siły napięcia sprężyny (2) i równoważącego go ciśnienia za zaworem działającego na przeponę (3). Przy ustalonym położeniu grzybka zmiana ciśnienia bądź wydatku czynnika przed zaworem doprowadzi do zmiany ciśnienia za zaworem. To z kolei wywoła zmianę siły działającej na przeponę i ustalenie się nowych warunków równowagi przy zmienionym położeniu grzybka, przy którym zredukowane ciśnienie za zaworem powraca do stanu bliskiego wartości sprzed zmiany.

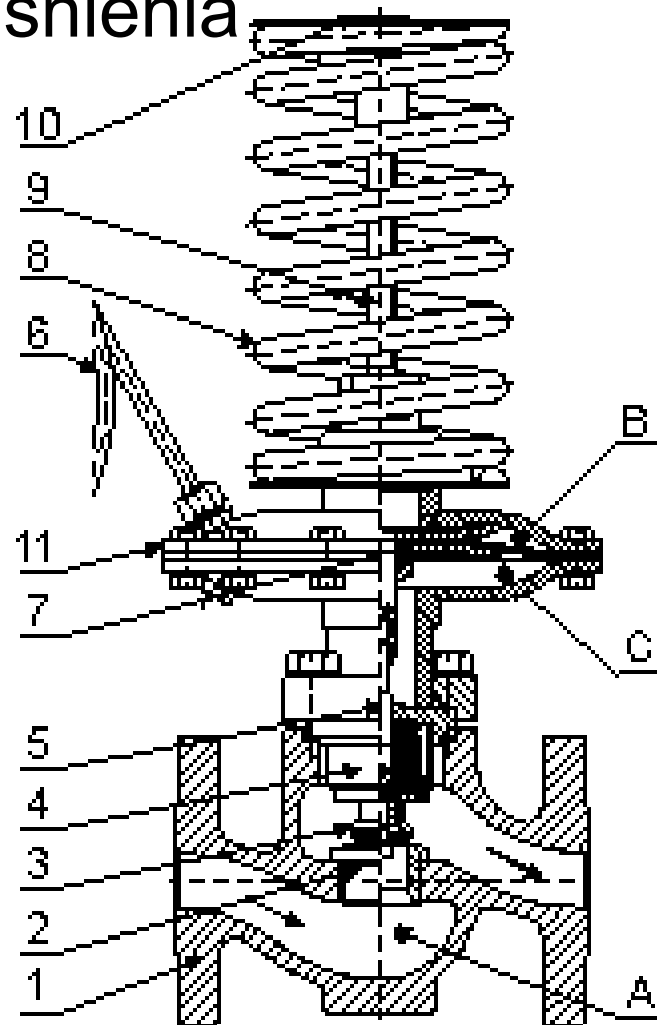


Zawory redukcyjne: a - iglicowy, b - przeponowy; 1 - grzybek; 2 - sprężyna; 3 - przepona

# Armatura regulacyjna

- Redukcja ciśnienia - reduktory ciśnienia

Czynnik regulowany wpływa do komory (A) zaworu, zgodnie ze wskazanym kierunkiem przepływu. Sygnał sterujący ciśnienia przekazywany jest do komory (B) nastawnika, za pomocą przewodu impulsowego (6). Komora (C) nastawnika połączona jest z atmosferą. **Wielkość szczeliny między gniazdem (2), a grzybem (3) zależy od utrzymywania stałej różnicy ciśnień między komorą (B) i (C).** Wzrost regulowanego ciśnienia ponad wartość zadaną powoduje przymknięcie grzyba (3) do momentu, w którym różnica ciśnień między komorą (B) i (C) osiągnie wartość zadaną na sprężynie (8). Wartość redukowanego ciśnienia ustawia się za pomocą nakrętki regulacyjnej (11). Grzybek zaworu (3) w stanie bez energii jest otwarty.





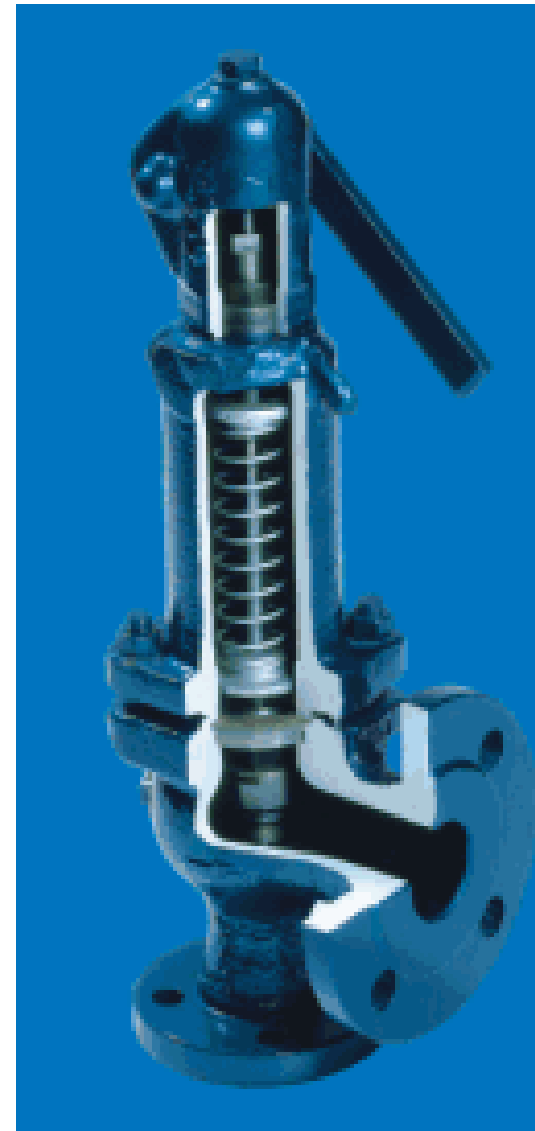
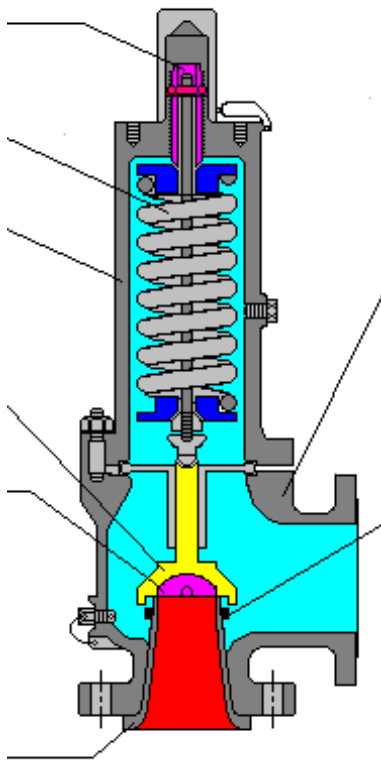
# Armatura regulacyjna

- Redukcja ciśnienia - reduktory ciśnienia



# Armatura zabezpieczająca

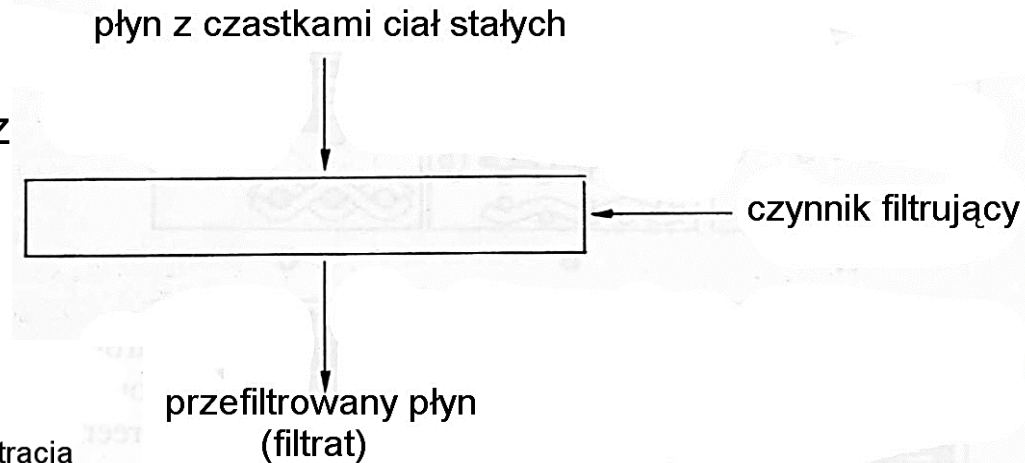
- Zawór bezpieczeństwa



# Armatura zabezpieczająca

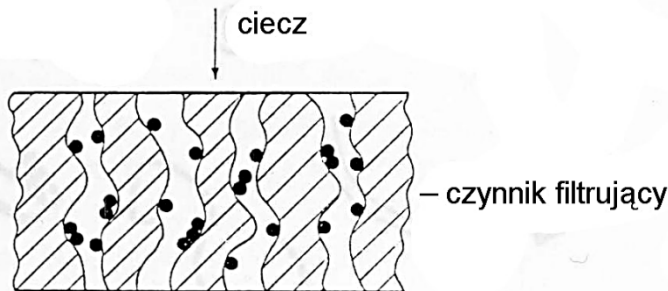
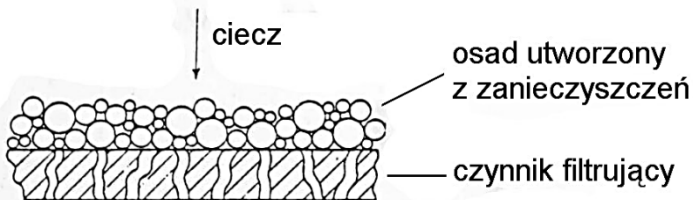
- Oczyszczanie czynnika roboczego - **filtracja**

**Filtracja** może być definiowana jako proces zbierania stałych ciał z płynu przepuszczając go poprzez czynnik filtrujący, gdzie cząstki są zatrzymywane.



filtracja powierzchniowa

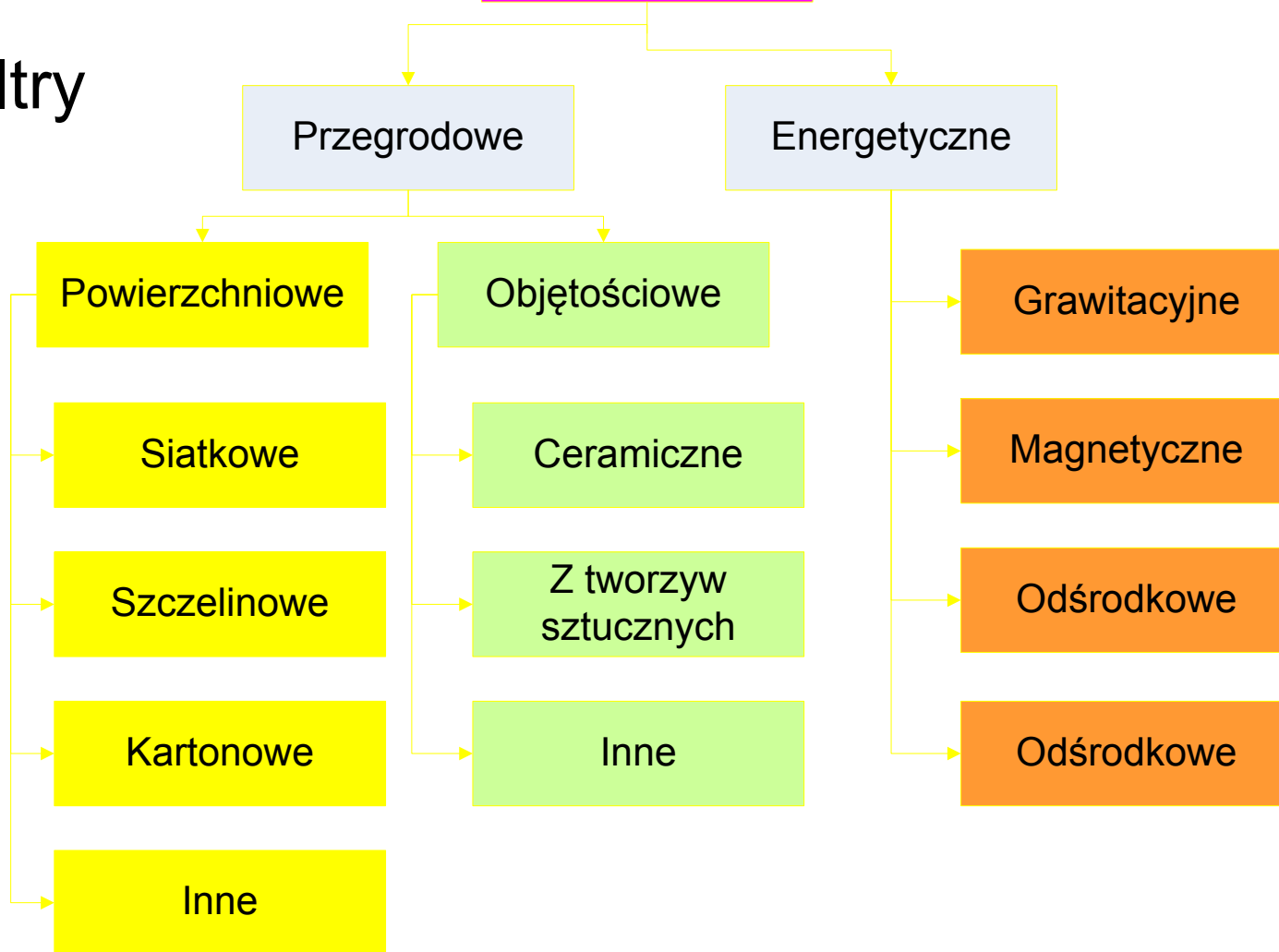
filtracja objętościowa



# Armatura zabezpieczająca

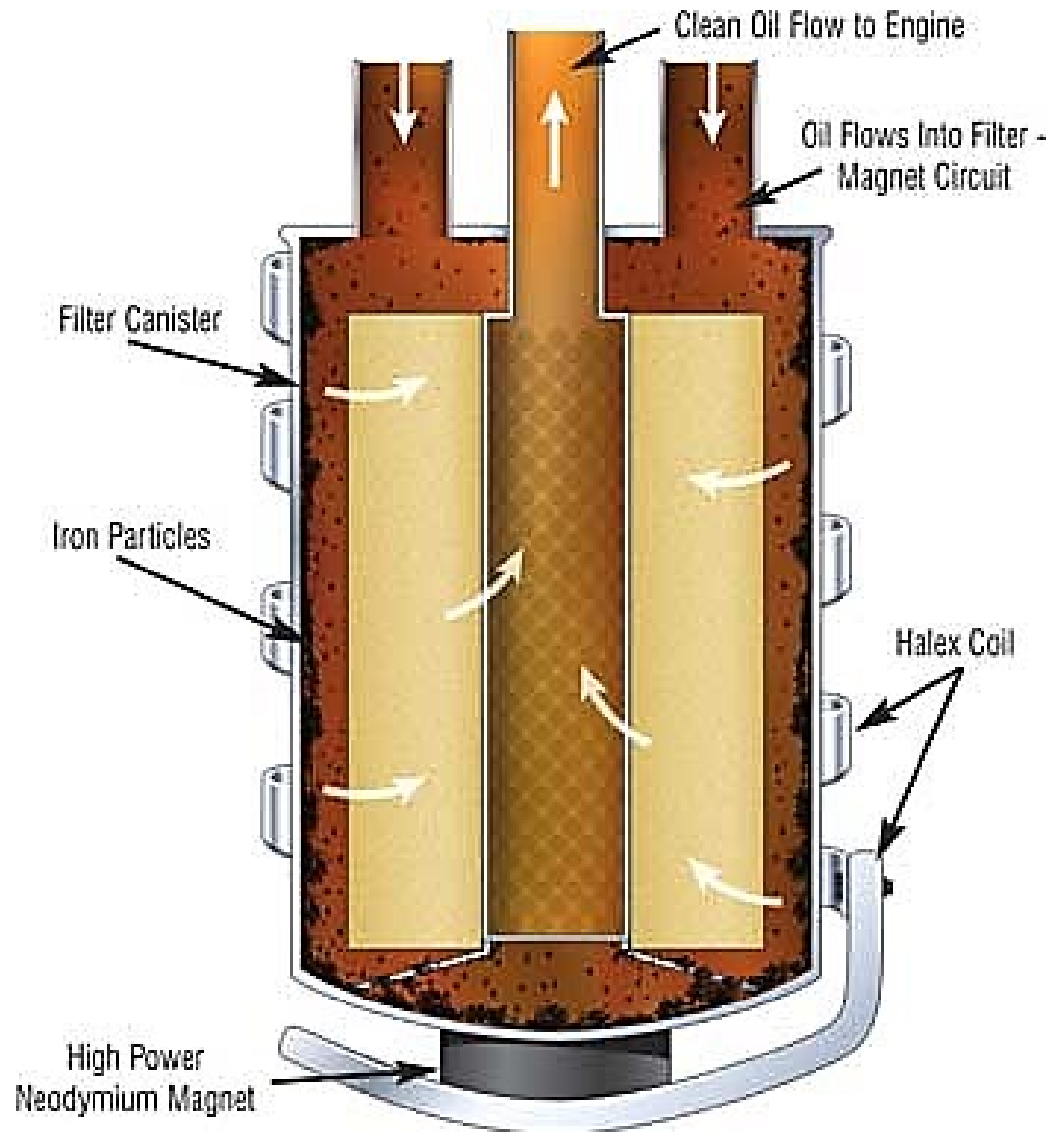
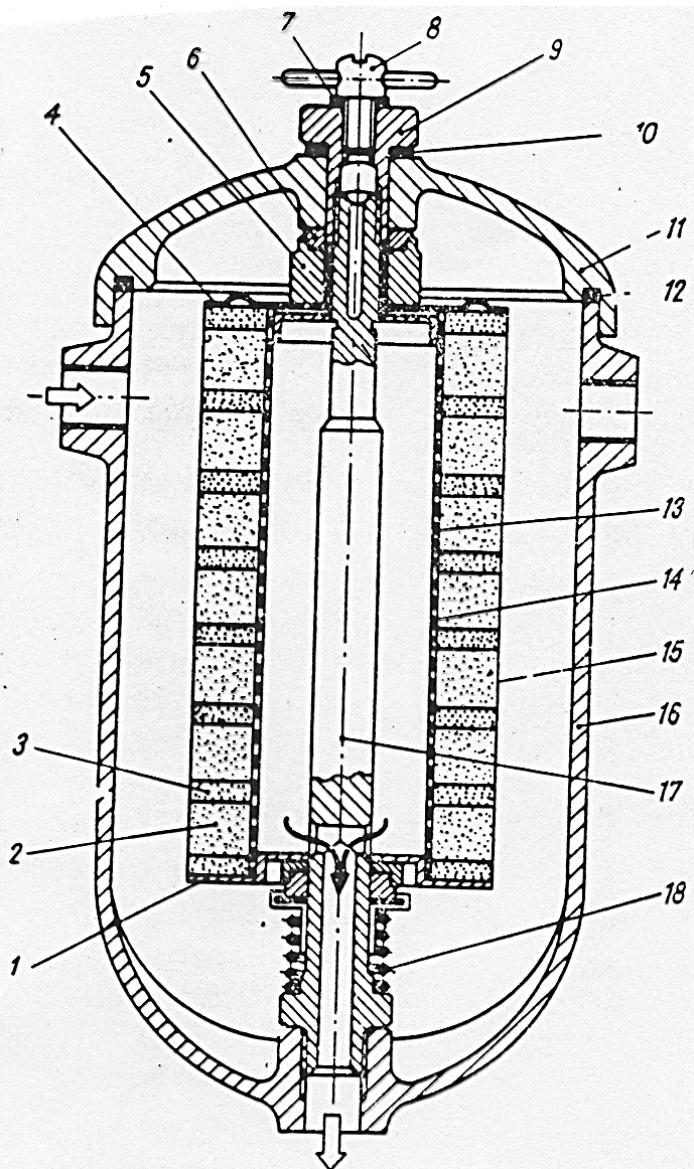
Klasyfikacja  
filtrów - działanie

- Filtry

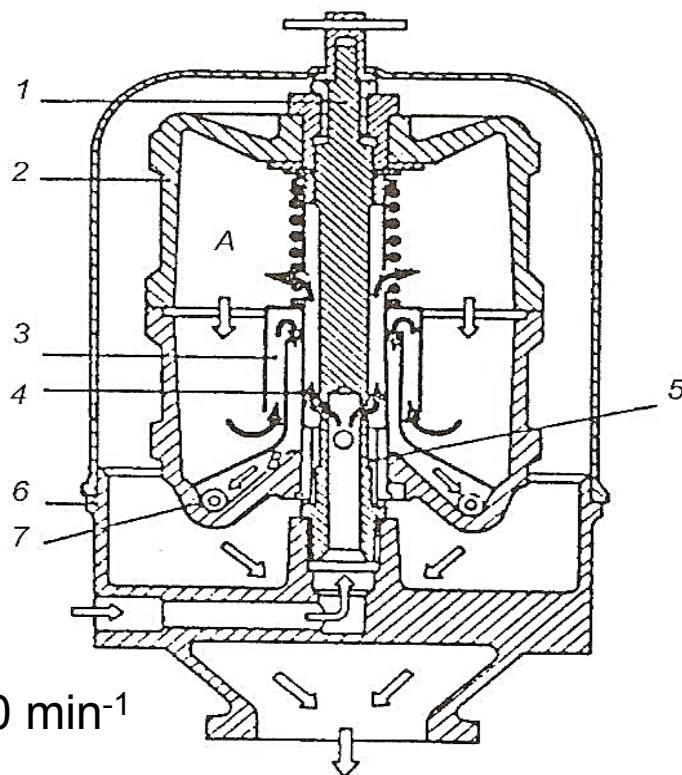
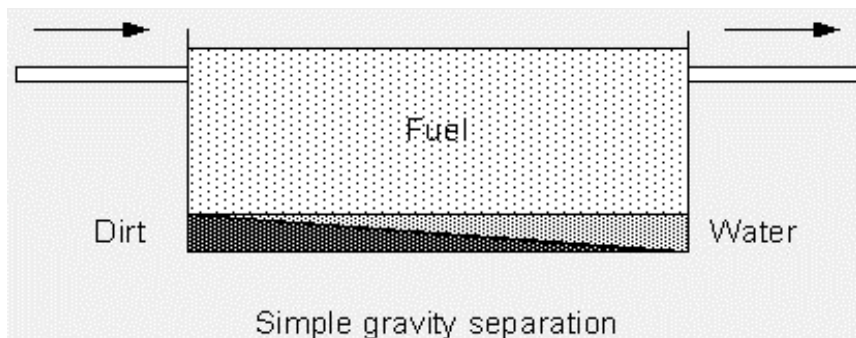




# Filtry przegrodowe - objętościowe

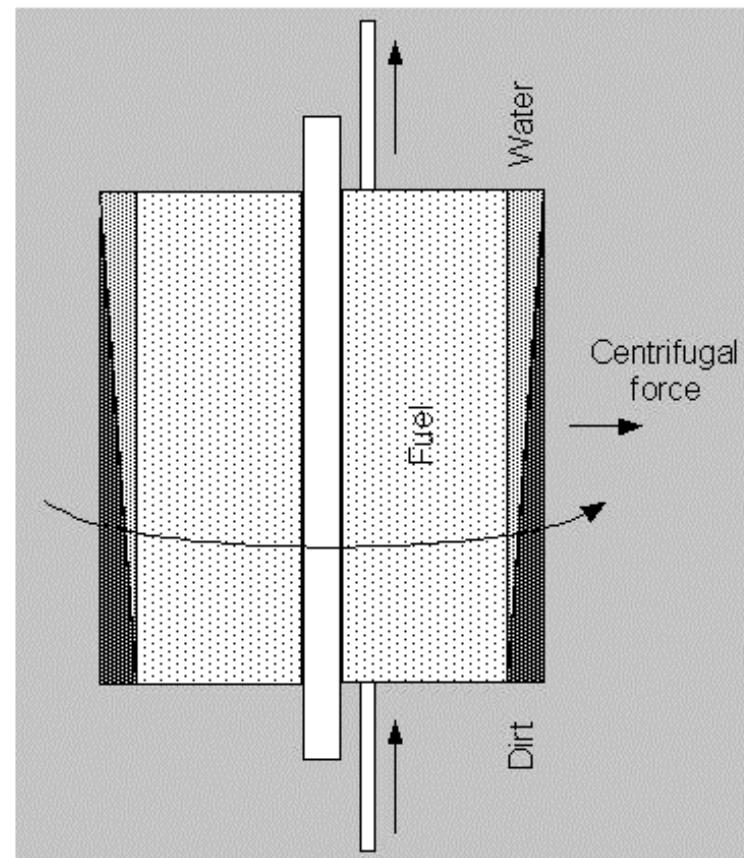


# Zasada działania filtra odśrodkowego



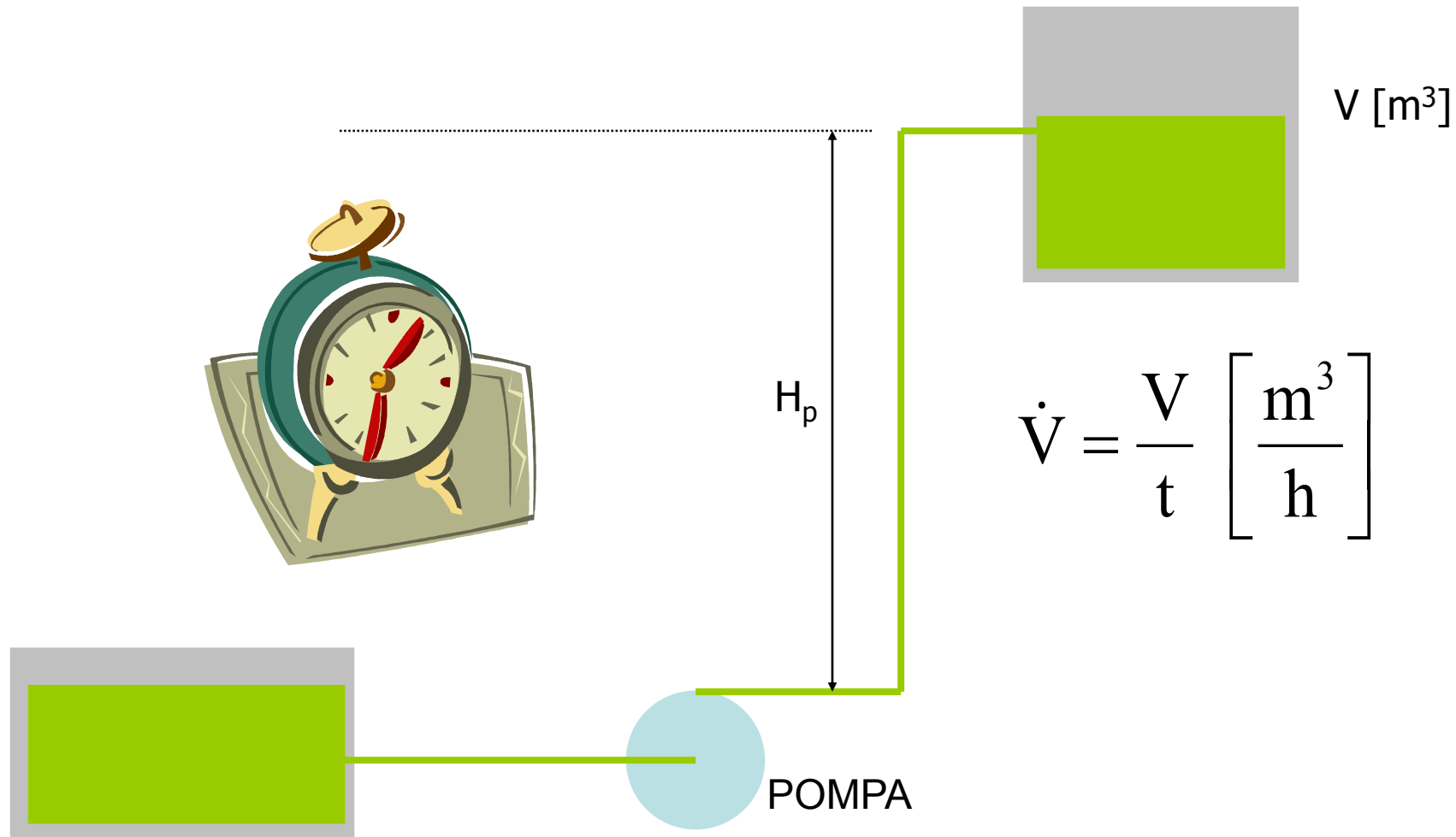
Filtr odśrodkowy GF-3:

- pojemnik czyszczący, B - pojemnik napędzający, 1 - szorzeń, 2 - wirnik,  
3 - nasadka, 4 - rura środkowa, 5 - łożysko, 6 - obudowa, 7 - dysza.





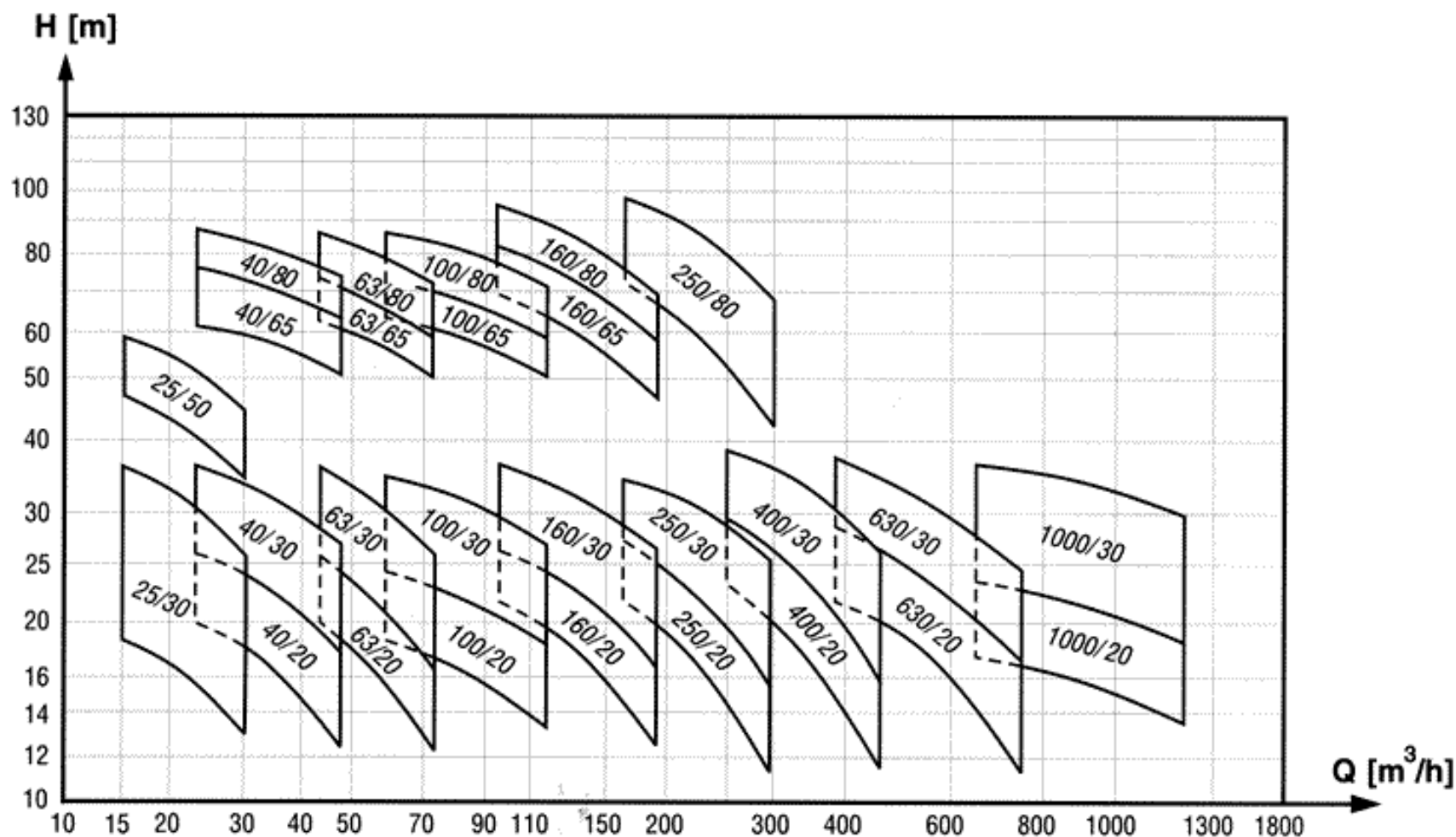
# Zadanie układu pompowego



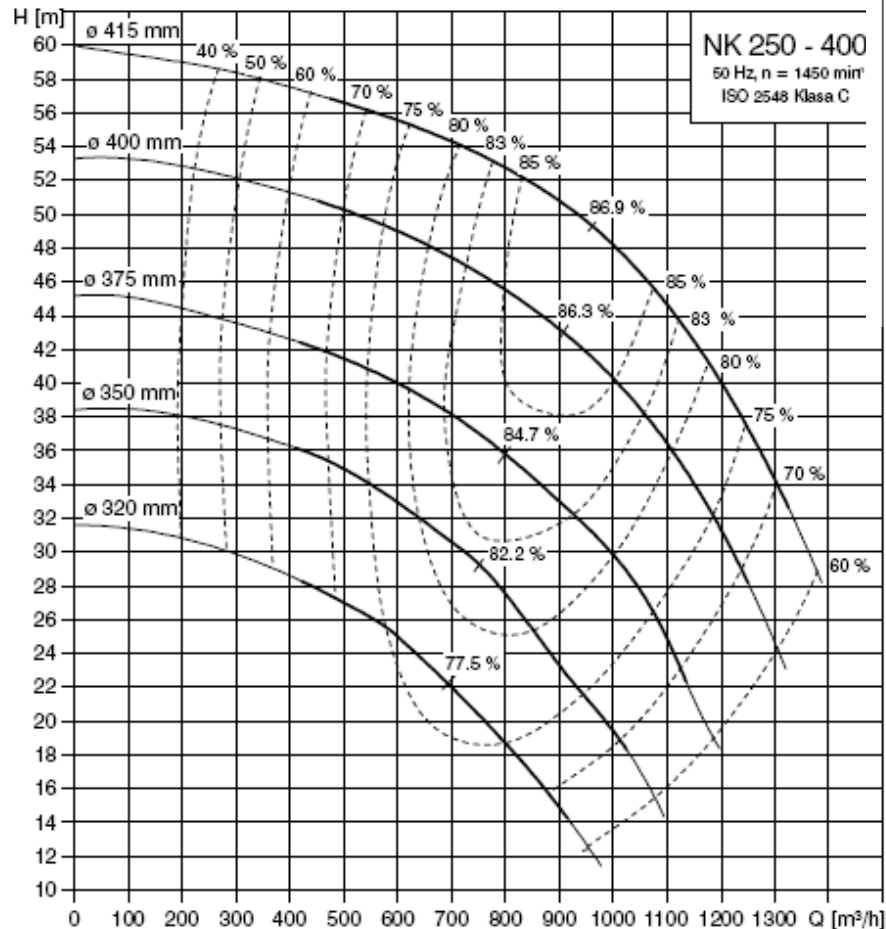
# Parametry pracy pomp

- **wydajność (Q)** – mierzona w objętości przepompowywanej cieczy na jednostkę czasu, w układzie SI wyrażona w metrach sześciennych na sekundę;
- **wysokość podnoszenia lub maksymalne ciśnienie (H)** – mierzone w metrach słupa wody lub w układzie SI w paskalach;
- **moc (N)** – obliczana jako iloczyn wysokości podnoszenia i wydajności

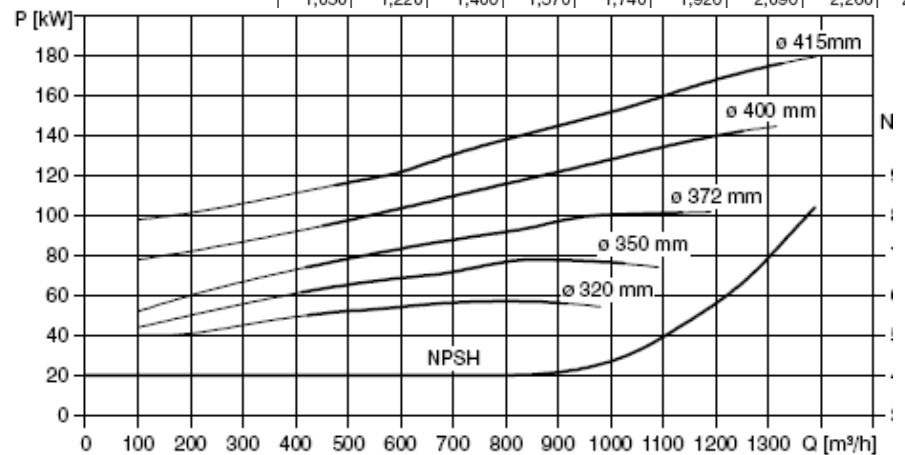
# Parametry pracy pomp okr.



# Pompy okrętowe

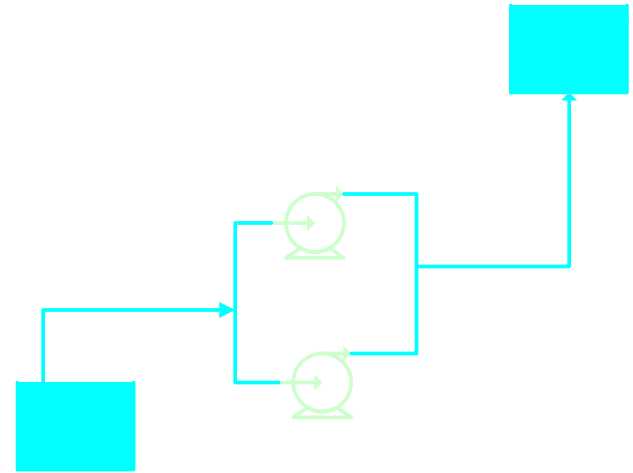
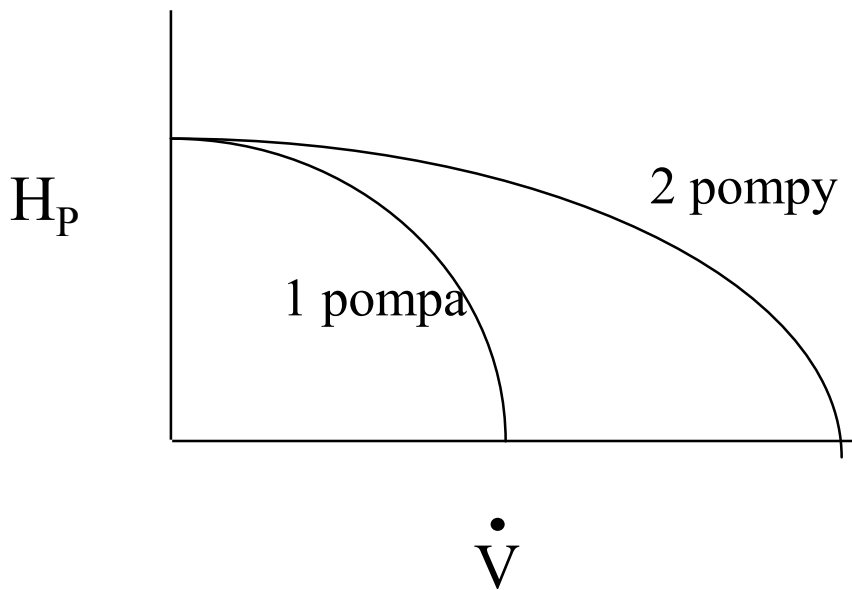


Nominal MCR at 94 r/min		Cyl. kW	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			34,320	40,040	45,760	51,480	57,200	62,920	68,640	74,360	80,080
Pumps	Fuel oil circulating pump	m³/h	13.1	15.2	17.4	19.6	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
	Fuel oil supply pump	m³/h	8.6	10.1	11.5	12.9	14.4	15.8	17.3	18.7	20.0
	Jacket cooling water pump	m³/h	275	320	370	415	460	510	550	600	640
			295	350	395	440	495	540	590	0	690
			275	320	370	415	460	510	550	600	640
			275	320	370	415	460	510	550	600	640
	Central cooling water pump*	m³/h	820	960	1,090	1,230	1,370	1,510	1,640	1,780	1,920
			840	980	1,120	1,260	1,400	1,540	1,670	0	1,960
			830	970	1,110	1,250	1,390	1,530	1,660	1,800	1,940
			830	960	1,100	1,240	1,380	1,520	1,660	1,790	1,930
	Seawater pump*	m³/h	1,040	1,210	1,390	1,560	1,730	1,910	2,080	2,250	2,430
			1,060	1,240	1,410	1,580	1,770	1,940	2,110	0	2,470
			1,050	1,220	1,400	1,580	1,750	1,930	2,100	2,280	2,450
			1,050	1,220	1,400	1,570	1,740	1,920	2,090	2,260	2,440



# Łączenie pomp

- Pompy wirowe
  - Równoległe

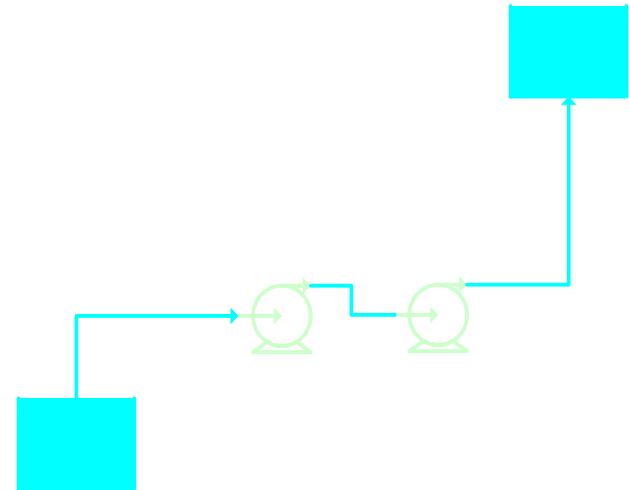
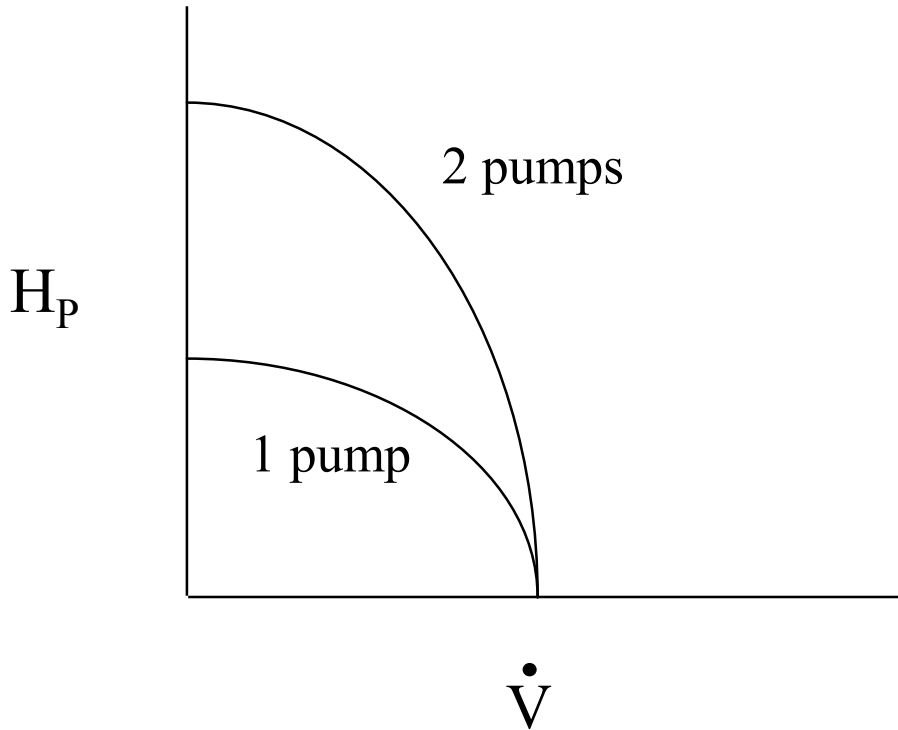


$$V_2 = 2V_1$$

$$H_{P2} = H_{P1}$$

# Łączenie pomp

- Szeregowo:

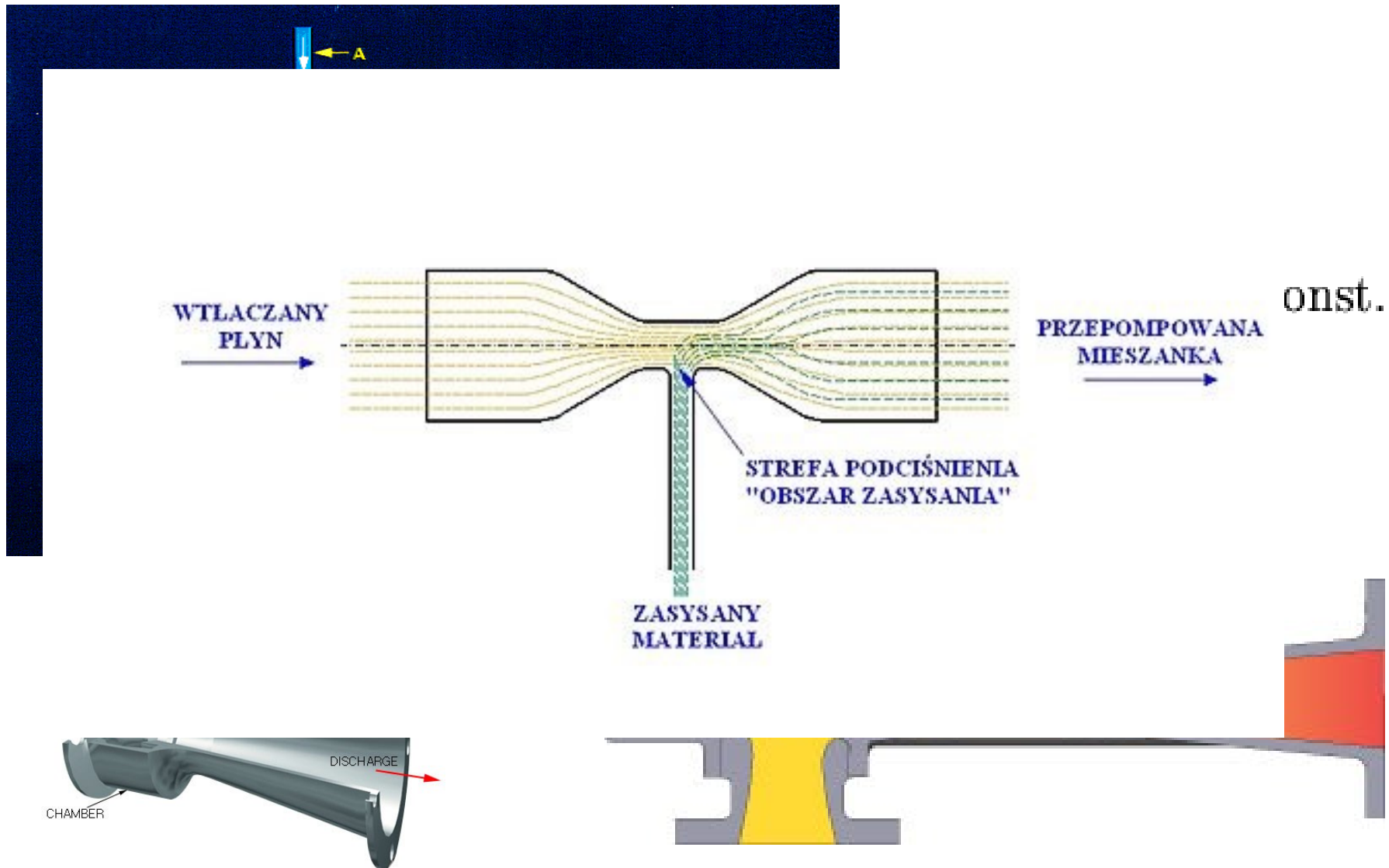


$$H_{p2} = 2H_{p1}$$

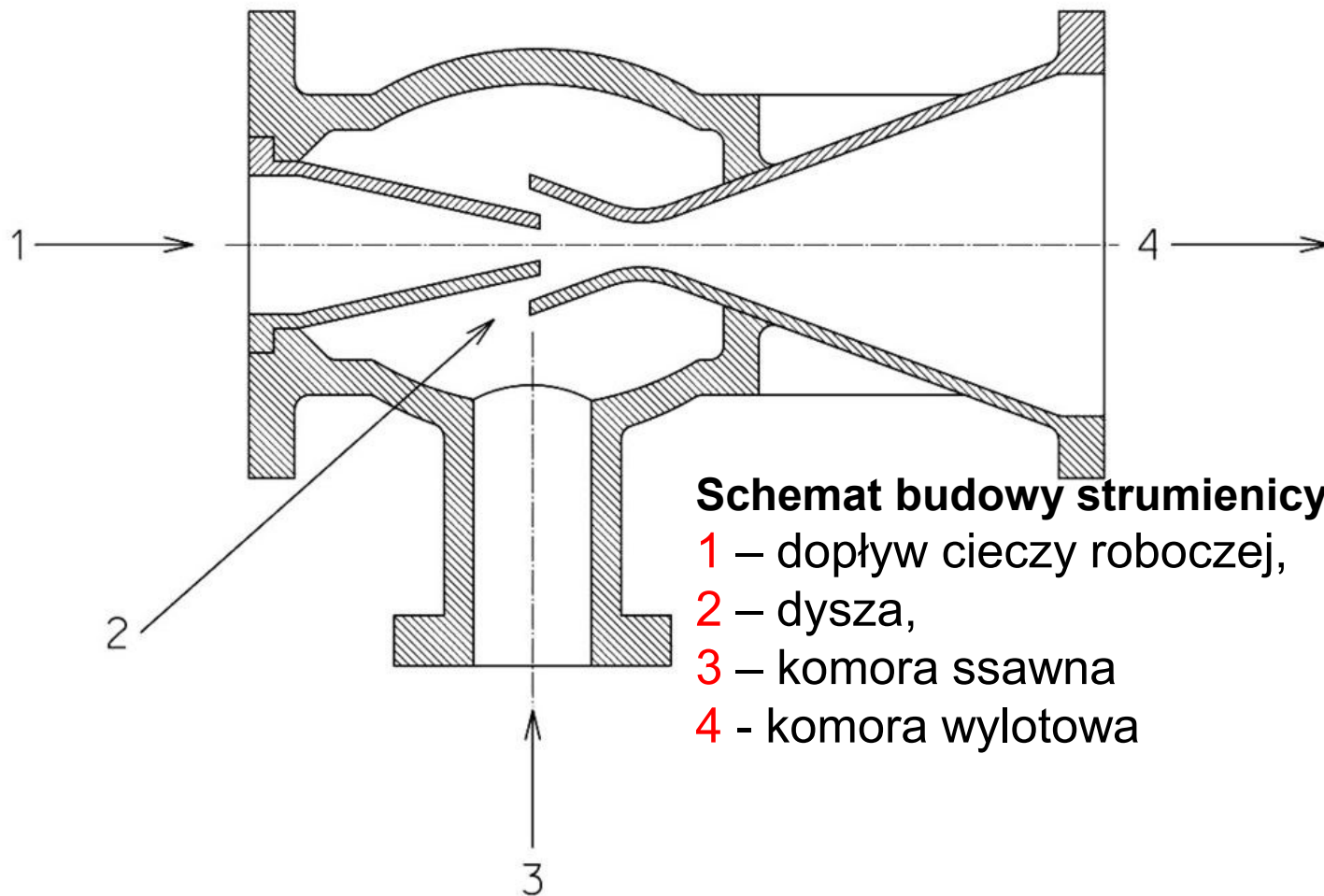
$$V_2 = V_1$$



# Pompa strumieniowa - eżektor



# Eżektor



ipetic  
herm


















# Schematy instalacji rurociągów

Schematy instalacji rurociągów okrętowych mają za zadanie przedstawienie celu i konkretnych zadań instalacji w możliwie najbardziej uproszczonej formie, w postaci zbliżonej jednak do sytuacyjnej.

Schematy umożliwiają ogląd całej instalacji (lub większej jej części) i rozmieszczenia najważniejszych mechanizmów i urządzeń.


Z konieczności instalacje są przedstawiane na schematach za pomocą umownych symboli graficznych, reprezentujących konkretny element rzeczywisty.

# Symbole graficzne



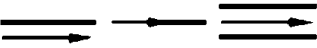

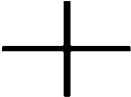
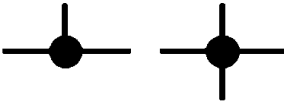



No.	Symbol	Symbol designation	No.	Symbol	Symbol designation
<b>1</b>	<b>General conventional symbols</b>		2.17		Pipe going upwards
1.1		Pipe	2.18		Pipe going downwards
1.2		Pipe with indication of direction of flow	2.19		Orifice
1.3		Valves, gate valves, cocks and flaps	<b>3</b>	<b>Valves, gate valves, cocks and flaps</b>	
1.4		Appliances	3.1		Valve, straight through
1.5		Indicating and measuring instruments	3.2		Valves, angle
<b>2</b>	<b>Pipes and pipe joints</b>		3.3		Valves, three way
2.1		Crossing pipes, not connected	3.4		Non-return valve (flap), straight
2.2		Crossing pipes, connected	3.5		Non-return valve (flap), angle
2.3		Tee pipe	3.6		Non-return valve (flap), straight, screw down

# Symbole graficzne

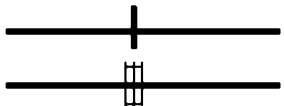




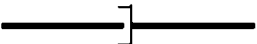
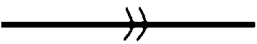


## 1. Podstawowe figury do tworzenia symboli

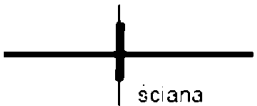


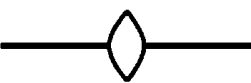
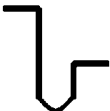
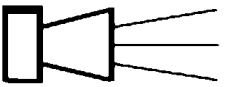
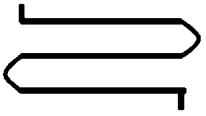
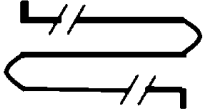
Rury lub kanały	
Zawory, kurki, zasuwy	
Aparaty i osprzęt	
Przyrządy wskazujące, pomiarowe i alarmowe	

## 2. Rurociągi, połączenia, przejścia przez ścianę

Rura lub kanał	
Rura lub kanał - giętki	
Kierunek przepływu	
Zmiana średnicy rurociągu	
Rurociągi krzyżujące się	
Rurociągi rozgałęziające się	
Rurociąg w górę	
Rurociąg w dół	
Rurociąg w górę i w dół	

# Symbole graficzne

Połączenie kołnierzowe	
a) zaślepka kołnierzowa b) zaślepka gwintowa	a)  b) 
Kołnierz zaślepiający przestawny	
Połączenie łącznikiem gwintowym	
Połączenie gwintowane złączką płaską	
Połączenie gwintowane złączką stożkową	
Połączenie bagnetowe	
Przejście przez ścianę niewodoszczelne	

Przejście przez ścianę wodoszczelne	
Złącze kompensacyjne z dławnicą	
Rura kompensacyjna	
Kompensator ogólnie	
Syfon	
Rozdzielacz	
Wężownica gładka	
Wężownica ożebrowana	



# Symbole graficzne

## 3. Sterowanie armaturą

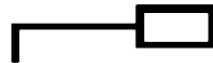
Sterowanie ogólnie



Sterowanie ręczne



Cieżarek



Pływak



Sprężyna



Termostat



Termostat uniwersalny



Tłok



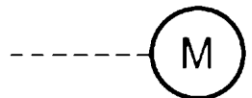
Membrana



Elektromagnes











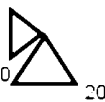
Silnik elektryczny



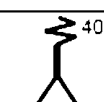





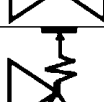


Sterowanie zdalne













# Symbole graficzne

4. Zawory	
Zawór ogólnie	
Zawór zaporowy przelotowy	
Zawór zaporowy kątowy	
Zawór zwrotny przelotowy	
Zawór zwrotny kątowy	
Zawór zaporowy-zwrotny przelotowy	
Zawór zaporowy-zwrotny kątowy	
Zawór redukcyjny przelotowy (liczby podają ciśnienie przed i za zaworem)	
Zawór redukcyjny kątowy (liczby podają ciśnienie przed i za zaworem)	

Zawór bezpieczeństwa sprężynowy przelotowy (liczby podają ciśnienie otwarcia)	
Zawór bezpieczeństwa sprężynowy kątowy (liczby podają ciśnienie otwarcia)	
Zawór bezpieczeństwa sprężynowy bez odprowadzenia czynnika (liczby podają ciśnienie otwarcia)	
Zawór bezpieczeństwa sprężynowy podwójny dla kotła (liczby podają ciśnienie otwarcia)	
Zawór regulacyjny	
Zawór samozamykający przelotowy	
Zawór samozamykający kątowy	
Zawór szybko otwierający przelotowy	
Zawór szybko otwierający kątowy	

# Symbole graficzne

Zawód szybko zamykający przelotowy	
Zawód szybko zamykający kątowy	
Zawór trójdrożny	
Zawór zwrotny trójdrożny	
Zawór klapowy zwrotny przelotowy	
Zawór klapowy zwrotny kątowy	
Zawór regulacyjny rozprężny	
Zawór regulacyjny pływakowy chłodniczy	
Zawór kolektorowy	
Zawór czerpialny	

Zawór czerpialny ze złączką do węża	
Zawór czerpialny samozamykający	
Zawór zmywakowy z ruchomą wylewką	
Bateria zmywakowa z ruchomą wylewką	
Bateria umywalkowa samozamykająca	
Bateria wannowa przyłączeniowa z natryskiem stałym i dolnym wylotem	
Bateria wannowa przyłączeniowa z natryskiem węzowym stałym i dolnym wylotem	
Mieszacz	
Bateria przeciwaparzeniowa	

# Symbole graficzne

## 5. Kurki

Kurek przelotowy



Kurek kątowy



Kurek trójdrożny z przelotem L



Kurek trójdrożny z przelotem T



Kurek z dolnym dolotem z jednym króćcem dolnym



Kurek z dolnym dolotem z dwoma króćcami bocznymi



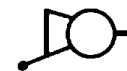
Kurek z dolnym dolotem z trzema króćcem dolnym



Kurek spustowy, czerpalny, odpowietrzenia



Kurek spustowy czerpalny z zamknięciem



Kurek odpowietrzający (czynniki chłodnicze)



## 6. Zasuwy

Zasuwa

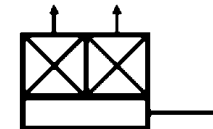


## 7. Skrzynie zaworowe

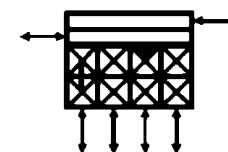
Skrzynia dwuzaworowa<sup>1</sup> ssąca. Przykład z jednym zaworem zaporowym i jednym zaporowo-zwrotnym











Skrzynia dwuzaworowa<sup>1</sup> tłocząca.



Skrzynia ośmiozaworowa<sup>1</sup>, przyłączeniowa, ssąco-tłocząca. Przykład z jednym zaworem zaporowo-zwrotnym, dwoma zaworami zaporowymi blokowanymi i jednym zaworem zaporowym.

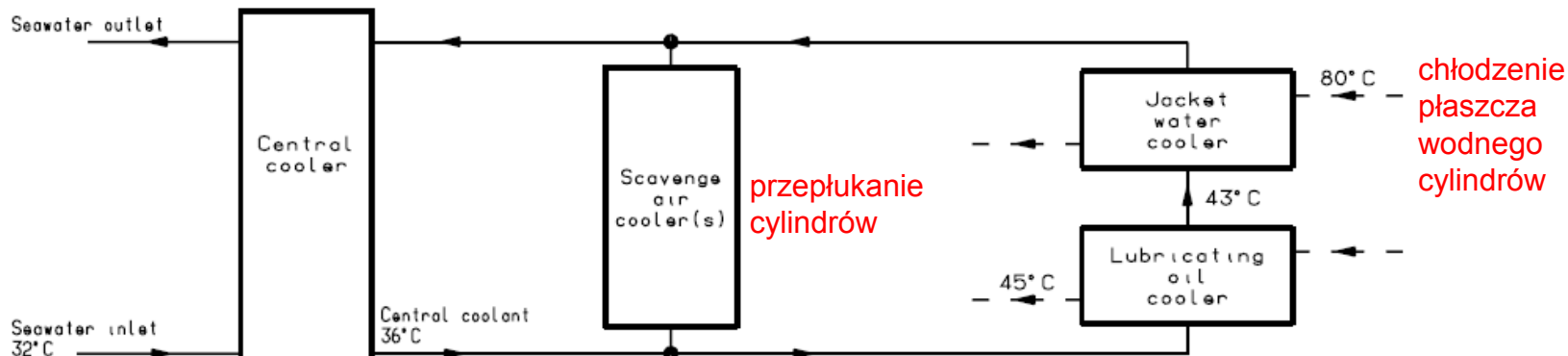


# Symbole graficzne

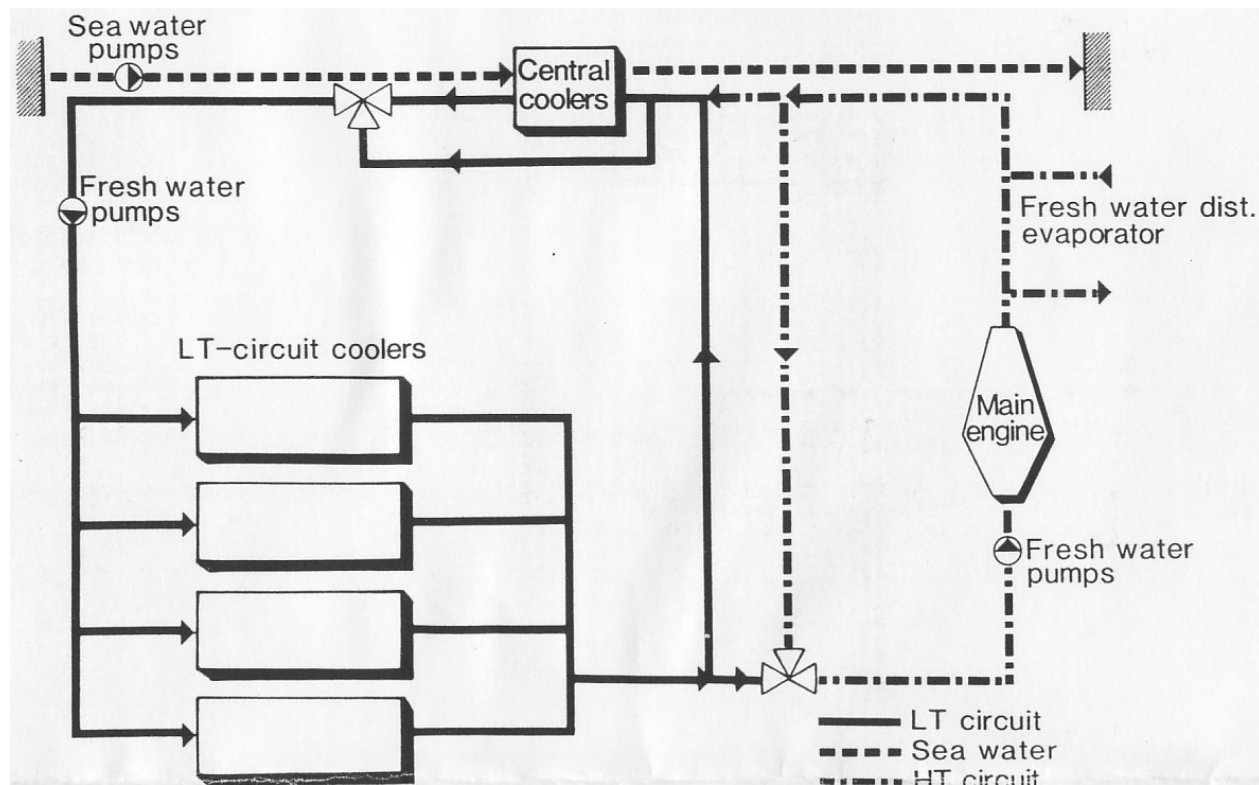
8. Filtry, osadniki, kosze ssące, odwadniacze i inne	
Filtr (nad filtrem podać niezbędną charakterystykę)	
Końcówka ssąca	
Kosz ssący	
Kosz ssący z zaworem zwrotnym	
Osadnik	
Odwadniacz	
Oddzielacz, osuszacz	
Zwilżacz	
Tłumik	

9. Przyrządy wskazujące, pomiarowe, alarmowe i zabezpieczające	
Manometr	
Próżniomierz	
Manopróżniomierz	
Poziomowskaz	
Poziomowskaz pośredni	
Poziomowskaz ze zdalnym odczytem	
Wskaźnik przepływu	
Przeziernik	

# Blokowe schematy instalacji rurociągów

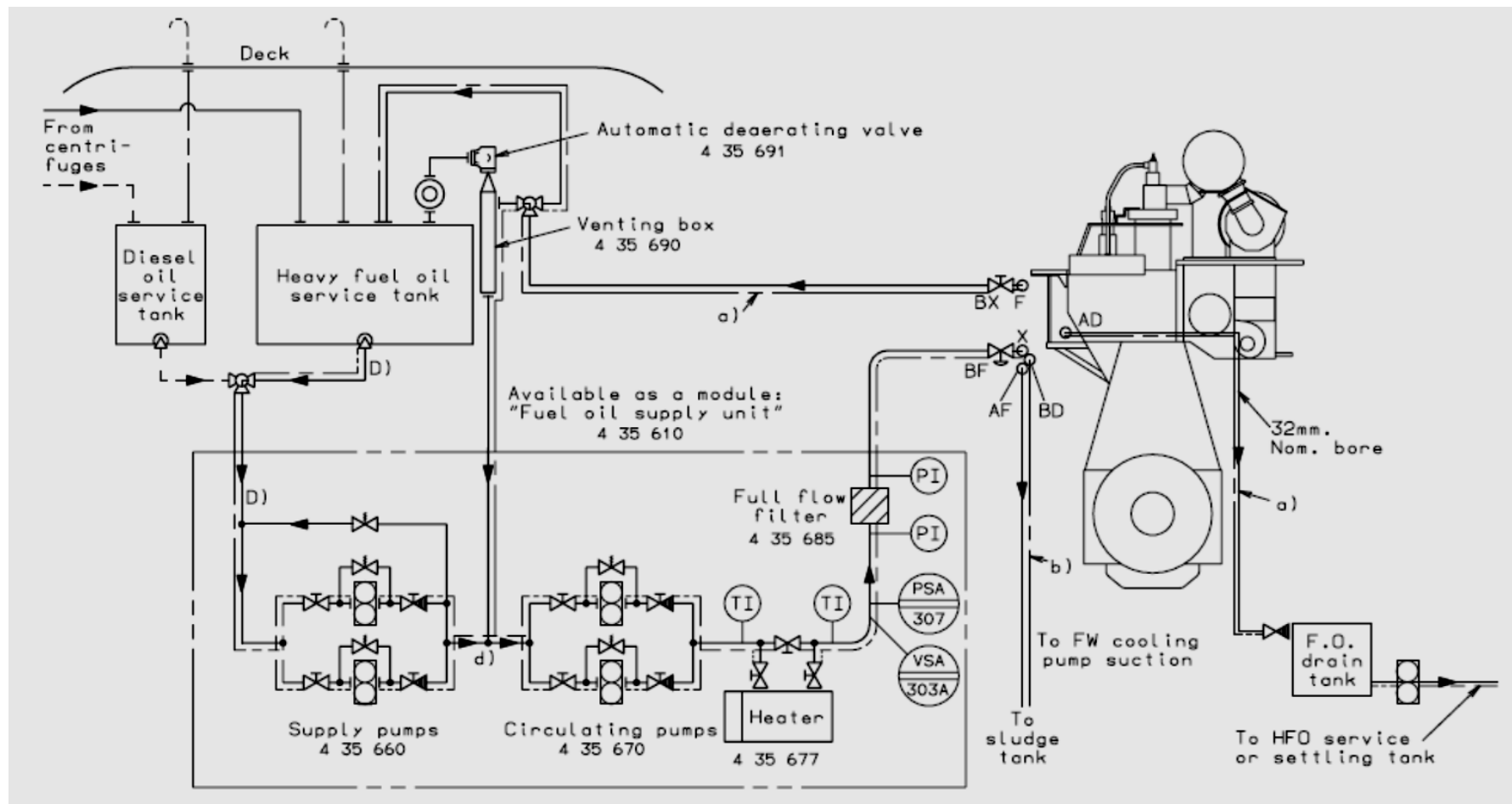


Jacket water - płaszcz wodny (układ kanałów pomiędzy wewnętrzną a zewnętrzną ścianką korpusu silnika przez które przepływa płyn chłodzący).





# Ideowe schematy instalacji rurociągów



Przedstawiają elementy, sposób połączenia elementów, kierunki przepływu, oraz ewentualnie wyposażenie w armaturę i aparaturę pomiarowo-kontrolną

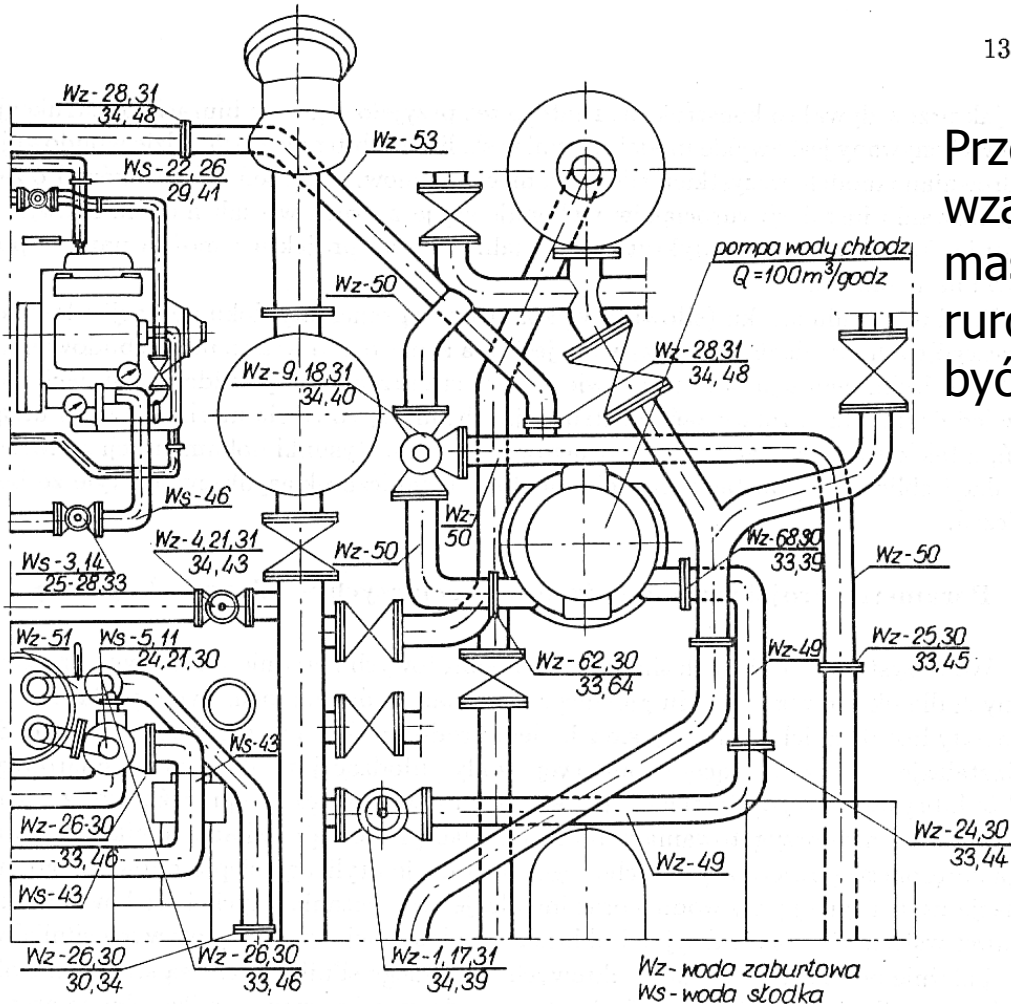
Ciśnienie próbne hydrauliczne [kg/cm <sup>2</sup> ]			
Rodzaj rurociągu	Na warsztacie		Na okęcie do zamontow.
	Rury	Armatura	
Rurociągi o ciśnieniu roboczym 150 kg/cm <sup>2</sup>	300	225	190
Rurociągi o ciśnieniu roboczym 30 kg/cm <sup>2</sup>	60	38	38
Rurociągi o ciśnieniu roboczym 3 kg/cm <sup>2</sup>	6	4,5	4
Rurociągi odwadniające	4	—	w działaniu

Uwagi:  
Połączenia śrubunkowe (dociskowe). Armatura stalowa. Uszczelnienia parogambit.  
Na schemacie podano średnice zewnętrzne i grubości ścian w mm. Rury ciągnięte stalowe bez szwa wg. PN/H - 74209

- do tyfonu, zdmuchawca  
sączy i przedmuchu insta-  
lacji CO<sub>2</sub>

# Schematy technologiczno – montażowe (rysunki warsztatowe)

139



Przedstawione: przyłącza, warunki  
wzajemnego usytuowania zbiorników,  
maszyn i urządzeń, pochylenia  
rurociągów. Mniej skomplikowane mogą  
być klasyfikacyjnymi.

# Modele 3D siłowni



# Warunki zewnętrzne

## **Warunki ISO-Standard (PN 91 M-36160, ISO 3046/1-1986)**

Normy określają normalne warunki odniesienia oraz metody ustalania mocy deklarowanej, deklarowanego zużycia paliwa i zużycia oleju smarowego tłokowych silników spalinowych z zapłonem samoczynnym o spalaniu wewnętrznym i posuwisto - zwrotnym ruchu tłoka, zasilanych paliwem ciekłym lub gazowym.

Temperatura powietrza	25°C
Całkowite ciśnienie atmosferyczne	1 000 hPa
Temperatura czynnika chłodzącego ładunek powietrza	25°C
Wilgotność względna	30 %

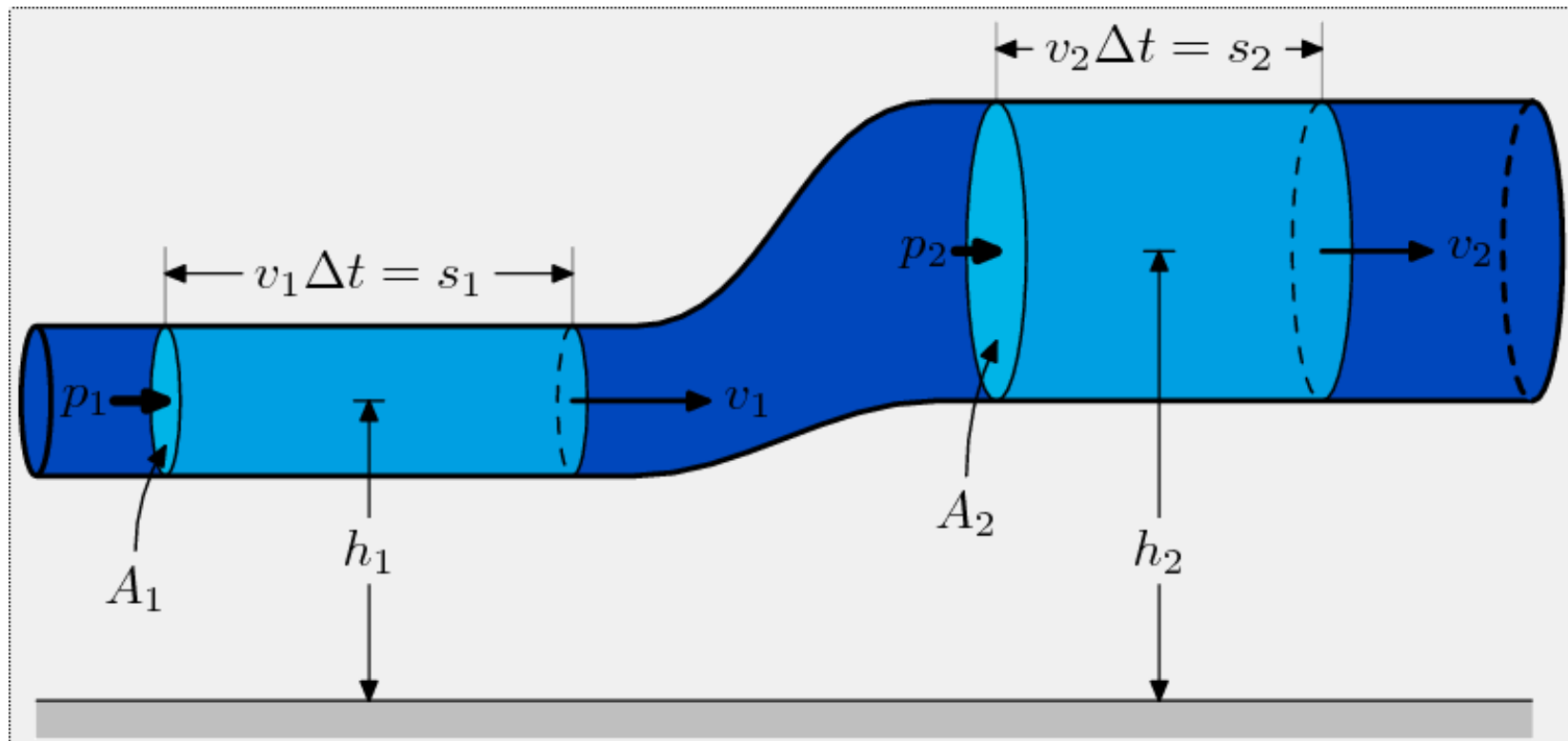
# Warunki zewnętrzne

## **Warunki tropikalne.**

Są to inne warunki otoczenia w stosunku do statków objętych nadzorem Międzynarodowego Stowarzyszenia Towarzystw Klasyfikacyjnych (IACS).

Temperatura powietrza na dolocie do turbosprężarki	45°C
Całkowite ciśnienie atmosferyczne (ciśnienie powietrza na dolocie do turbosprężarki)	1 000 hPa
Temperatura wody morskiej (na wlocie do układu chłodzenia powietrza doładowującego)	32°C
Wilgotność względna	60 %





$$e_m = \frac{v^2}{2} + gh + \frac{p}{\rho} = \text{const}$$

gdzie:

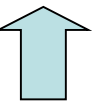
- $e_m$  - energia jednostki masy płynu
- $\rho$  - gęstość cieczy
- $v$  - prędkość cieczy w rozpatrywanym miejscu
- $h$  - wysokość w układzie odniesienia, w którym liczona jest energia potencjalna
- $g$  - przyspieszenie grawitacyjne
- $p$  - ciśnienie cieczy w rozpatrywanym miejscu

Z równania Bernoullego dla sytuacji przedstawionej na rysunku zachodzi prawidłowość:

$$\frac{v_1^2}{2} + gh_1 + \frac{p_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + gh_2 + \frac{p_2}{\rho}$$

Jeżeli zaniedbać zmianę wysokości odcinków rury, to wzór upraszcza się do:

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho}$$





**POLITECHNIKA GDAŃSKA**  
WYDZIAŁ OCEANOTECHNIKI I OKRĘTOWNICTWA  
**KATEDRA SIŁOWNI MORSKICH I LĄDOWYCH**



---

**dr inż. Paweł Szymański**

**BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE STATKU – INSTALACJE PRZECIWPOŻAROWE**

# Zagadnienia

- Wprowadzenie – zagrożenie pożarowe na statku, pożary na statkach, wymogi formalno - prawne
- Środki biernej ochrony przeciwpożarowej
- Przeznaczenie i klasyfikacja instalacji przeciwpożarowych
- Systemy dozorowo – wykrywcze (sygnalizacyjne)
- System środków przenośnych (podręcznych)
- Wodne instalacja ppoż.
- Gazowe instalacje ppoż.

## Czynniki wpływające na zagrożenie pożarowe statku

```
graph TD; A[Czynniki wpływające na zagrożenie pożarowe statku] --> B[Zgromadzone materiały niebezpieczne]; A --> C[Urządzenia techniczne]; A --> D[Czynnik ludzki]; B --> B1[Zapas paliwa, olejów itp.]; B --> B2[Ładunek]; C --> C1[Urządzenia elektryczne]; C --> C2[Instalacje spalin wylotowych]; C --> C3[Urządzenia spalinowe]; D --> D1[Kwalifikacje]; D --> D2[Zmęczenie itp.];
```

Zgromadzone materiały niebezpieczne

Zapas paliwa, olejów itp.

Ładunek

Urządzenia techniczne

Urządzenia elektryczne

Instalacje spalin wylotowych

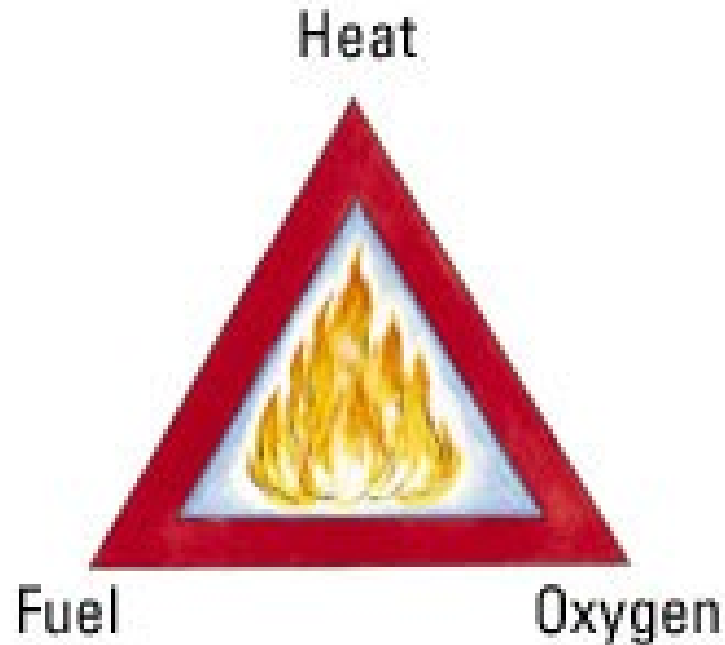
Urządzenia spalinowe

Czynnik ludzki

Kwalifikacje

Zmęczenie itp.

# Warunek konieczny zaistnienia pożaru



# Statystyki pożarów na statkach

	2005	2004	2000-2004 Average
<b>Total Marine Accidents</b>	<b>480</b>	<b>492</b>	<b>514</b>
<b>Shipping Accidents</b>	<b>435</b>	<b>442</b>	<b>456</b>
Collision	19	12	17
wywrócenie do góry dnem → Capsizing	10	18	13
Foundering/Sinking	20	18	30
Fire/Explosion	68	51	63
Grounding	83	108	118
zderzenie → Striking	80	82	77
Ice Damage	11	17	11

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>Total Number of Accidents</b>	<b>444</b>	<b>396</b>	<b>346</b>	<b>334</b>	<b>265</b>	<b>299</b>	<b>265</b>	<b>260</b>	<b>243</b>	<b>278</b>
<b>Shipping Accidents</b>										
By Type of Accident	417	377	317	307	246	271	231	237	230	251
Collision	25	11	6	8	8	12	9	8	12	10
Capsizing	9	15	9	10	8	3	6	4	5	5
Foundering/Sinking	36	40	27	28	12	23	23	21	11	19
Fire/Explosion	60	58	53	44	35	37	33	55	28	38
Grounding	115	106	99	78	65	77	76	63	74	68
Striking	31	22	11	23	28	16	9	15	13	13
Ice damage	10	8	14	17	9	6	3	2	1	21
Propeller/Rudder/ Structural damage	28	28	36	25	13	30	21	7	29	25
Flooding	80	70	51	59	53	56	42	58	42	41
Other	23	19	11	15	15	11	9	4	15	11



# Pożary na statkach – skutki ???



# Pożary na statkach – skutki

Luty 2006

„... Egipski prom "Salaam 98" z około **1400** osobami na pokładzie zatonął w nocy z czwartku na piątek na Morzu Czerwonym. Z informacji, które dotarły w piątek wieczorem wynika, że katastrofę przeżyło ok. **100 ludzi**. Na pokładzie nie było Polaków...”



# Bezpieczeństwo ppoż. – przepisy prawne

**SOLAS** (*International Convention for the Safety of Life at Sea*), Międzynarodowa konwencja o bezpieczeństwie życia na morzu

**Rozdział II-2 Konstrukcja** – ochrona przeciwpożarowa, wykrywanie i gaszenie pożarów

**Kodeks FSS – International Fire Safety Systems Code** (Międzynarodowy kodeks systemów bezpieczeństwa pożarowego)

# Bezpieczeństwo ppoż. – przepisy prawne

## **Przepisy klasyfikacyjne:**

- PRS „Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich. Cz. V Ochrona przeciwpożarowa”
- DNV „Rules for Classification of Ships. Vol.2, Ch. 10 Fire Safety
- ABS „Steel Vessel Rules. Part 4 Ch. 7 Fire Safety Systems”

# Bierna ochrona przeciwpożarowa

- Wyeliminowanie z **konstrukcji** statku i jego wyposażenia materiałów palnych

- Kadłub, nadbudówki, grodzie konstrukcyjne, pokłady i pokładówki powinny być stalowe lub wykonane ***z materiału równoważnego stali***.

- Odporność ogniowa **drzwi** powinna być równoważna **odporności przegrody**, w której są zamontowane. Drzwi oraz ich ościeżnice w przegrodach klasy A powinny być **stalowe** lub wykonane ***z materiału równoważnego stali***.

# Bierna ochrona przeciwpożarowa

WYELIMINOWANIE Z KONSTRUKCJI STATKU I JEGO WYPOSAŻENIA  
MATERIAŁÓW PALNYCH !!!

**M a t e r i a ł n i e p a l n y** – taki materiał, który po podgrzaniu do temperatury **750°C** nie pali się ani nie wydziela palnych oparów w ilości wystarczającej do ich samozapłonu. **Każdy inny materiał jest materiałem palnym.**

**M a t e r i a ł r ó w n o w a ż n y s t a l i** – materiał niepalny, który – ze względu na swoje własności lub właściwości pokrywającej go izolacji – poddany działaniu ognia **ma przy końcu standardowej próby ogniowej cechy konstrukcyjne i odporność ogniową równoważną stali** (np. stop aluminium pokryty izolacją lub materiał kompozytowy).



# Bierna ochrona przeciwpożarowa

Wydzielenie większej liczby przedziałów (pomieszczeń) ognioszczelnych -  
**ZASTOSOWANIE PRZEGRÓD OGNIOWYCH.**

**Pomieszczenie bronione** – pomieszczenie wyposażone w co najmniej jedną ze **stałych instalacji gaśniczych** lub pomieszczenie, w którym **zamontowano instalację wykrywania i sygnalizacji pożaru.**

**Przegrody klasy A** – konstrukcje ogniotrwałe utworzone przez **grodzie** lub **pokłady**, które powinny być:

- wykonane ze stali lub innego równorzędnego materiału;
- dostatecznie sztywne;
- wykonane tak, aby zachowywały ognio- i dymoszczelność do końca jednogodzinnej standardowej próby ogniowej;
- izolowane uznanymi materiałami niepalnymi w taki sposób, aby średnia temperatura na stronie nie wystawionej na działanie ognia nie wzrosła o więcej niż **140°C** ponad temperaturę początkową, a w żadnym punkcie pomiarowym, włączając w to wszystkie połączenia, nie wzrosła o więcej niż **180°C** ponad temperaturę początkową.

# Bierna ochrona przeciwpożarowa

W zależności od czasu, w ciągu którego zapewnione jest nieprzekroczenie określonych wyżej temperatur podczas standardowej próby ogniowej, przegrody te otrzymują następujące oznaczenia:

A-60 – dla czasu 60 min.;

A-30 – dla czasu 30 min.;

A-15 – dla czasu 15 min.;

A-0 – dla czasu 0 min.

Próba ogniowa przegród typu A-30, A-15 i A-0 powinna trwać 1 godzinę, przy czym temperatura osiągnięta w chwili zakończenia tej próby na stronie nie wystawionej na działanie ognia nie jest ograniczone.

# Bierna ochrona przeciwpożarowa

Przegrody typu B – konstrukcje opóźniające pożar utworzone przez grodzie, pokłady lub oszalowania, które powinny być:

- wykonane tak, aby zachowywały ognioszczelność podczas 30-minutowej standardowej próby ogniowej;

- wykonanych z uznanych materiałów niepalnych. Jednak możliwe jest stosowanie oklein wykonanych z materiałów o własnościach WRP (Materiał palny trudno rozprzestrzeniający pożar);

- izolowane materiałami niepalnymi w taki sposób, aby średnia temperatura na stronie nie wystawionej na działanie ognia nie wzrosła o więcej niż 140°C ponad temperaturę początkową, a w żadnym punkcie pomiarowym, włączając w to wszystkie połączenia, nie wzrosła o więcej niż 225°C ponad temperaturę początkową.

W zależności od czasu trwania standardowej próby, w której spełnione są wymagania dotyczące temperatury, przegrody te otrzymują następujące oznaczenia:

B-15 – dla czasu 15 min.;

B-0 – dla czasu 0 min.

# Bierna ochrona przeciwpożarowa

Przegrody typu C – przegrody wykonane z uznanych materiałów niepalnych, przy czym nie jest wymagane spełnienie ograniczeń dotyczących przenikania przez nie dymu oraz wzrostu temperatury. Dozwolone są zewnętrzne okleiny wykonane z materiałów o własnościach WRP.

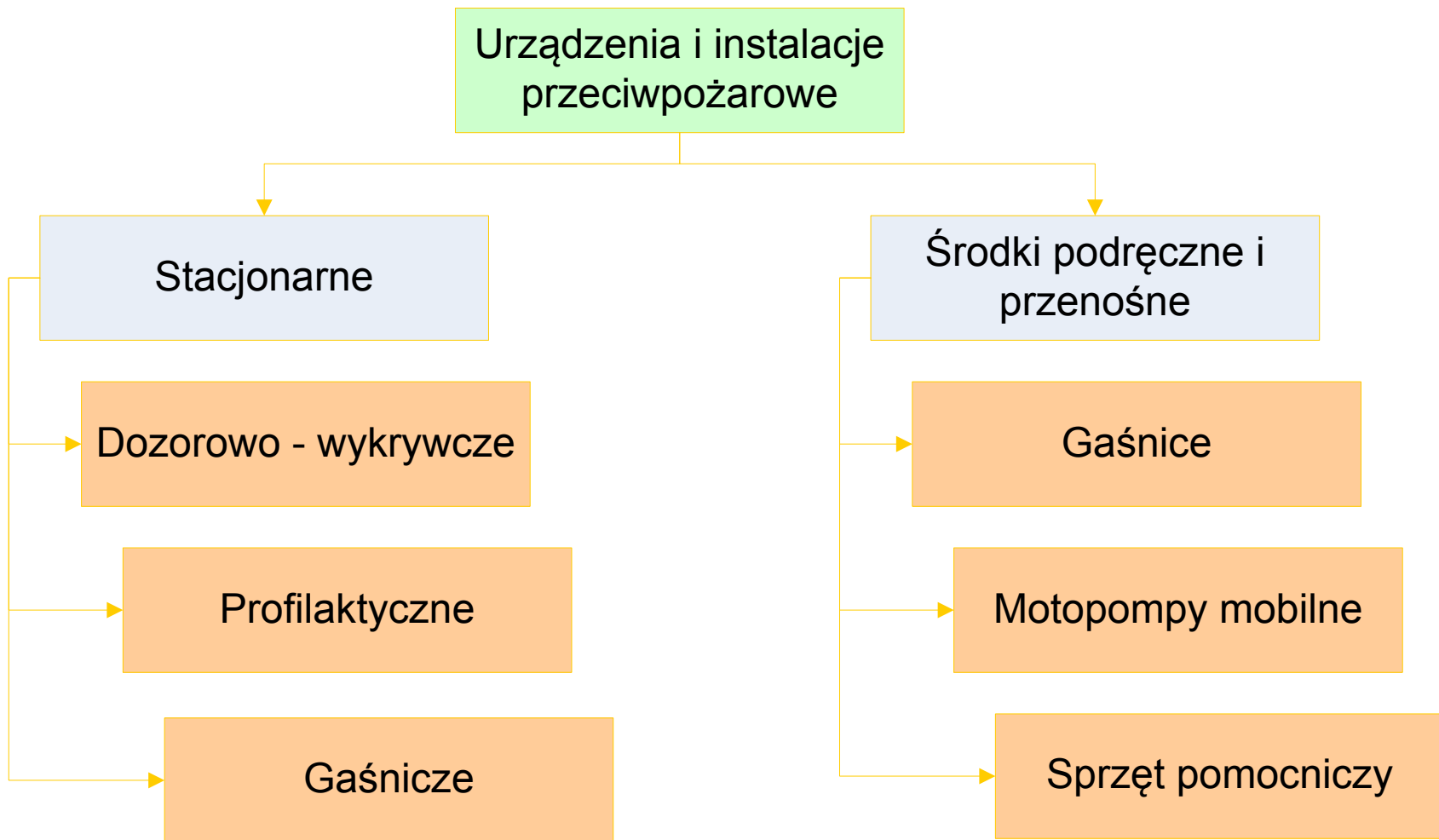
Materiał WRP – materiał palny wolno rozprzestrzeniający płomień – materiał, który w warunkach pożaru przeciwdziała rozprzestrzenianiu się ognia na swojej powierzchni, co należy potwierdzić badaniami zgodnie z kodeksem FTP.

# Bierna ochrona przeciwpożarowa

**CPD – Centralny Posterunek Dowodzenia** – posterunek dowodzenia, w którym znajdują się min. następujące elementy sterowania i wskaźniki:

- 1** instalacji wykrywania i sygnalizacji pożaru;
- 2** instalacji tryskaczowych wraz z wykrywaniem pożaru i alarmem;
- 3** sygnalizacji położenia drzwi pożarowych;
- 4** zamknięcia drzwi pożarowych;
- 5** sygnalizacji położenia drzwi wodoszczelnych;
- 6** otwierania i zamykania drzwi wodoszczelnych;
- 7** wyłączniki wentylatorów;
- 8** alarmów – ogólnego/pożarowego;
- 9** systemów łączności, włączając w to telefony;
- 10** mikrofony systemów powiadamiania.

# „Walka” z pożarami





# Czynniki gaśnicze

## **Działanie środków gaśniczych może być:**

- **chłodzące** - obniżenie temperatury materiału palnego poniżej temperatury zapalenia lub zapłonu,
- **izolujące** - odcięcie dopływu tlenu do palącego się materiału,
- **rozcieńczające** - obniżenie stężenia tlenu w strefie spalania do granicy, poniżej której proces palenia ustaje (ok. 11 – 14%),
- **inhibicyjne** - wiązania wolnych atomów i tzw. rodników odpowiedzialnych za proces palenia.

# Środki przenośne - gaśnice

Odpowiedni dobór GAŚNIC.

- rodzaj,
- wielkość.

## Požary typu:

- grupa A** - pożary ciał stałych **po pochodzenia organicznego**, takich jak **drewno**, **papier**, **tkaniny**,
- grupa B** - **pożary cieczy palnych**: **benzyn**, **olejów**, oraz pożary substancji **topiących się**, np. **parafiny**,
- grupa C** - pożary **gazów palnych** typu **propan**, **acetylen**, **gaz ziemny**,
- grupa D** - pożary **metali lekkich**, takich jak np. **magnez**,

~~**indeks E** - to pożary w grupach od A do D w obrębie urządzeń i instalacji działających pod napięciem.~~



# Środki przenośne - gaśnice

**PROSZKI GAŚNICZE** TO ROZDROBNIONE ZWIĄZKI CHEMICZNE OTOCZONE BŁONKĄ HYDROFOBOWĄ (CHRONIĄCĄ PRZED ZAWILGOCENIEM).

W ZALEŻNOŚCI OD SKŁADU PROSZKI DZIELIMY NA:

- węglanowe,
- fosforanowe,
- specjalne.

MECHANIZM GAŚNICZY PROSZKU POLEGA NA INHIBICJI.

**INHIBICJA** – zmniejszanie szybkości reakcji chemicznej spowodowane dodatkiem substancji (inhibitora) wpływającej na stężenie reagentów, katalizatora lub produktu pośredniego.

# Środki przenośne - gaśnice

W przypadku PROSZKÓW WĘGLANOWYCH dodatkowym działaniem jest obniżenie stężenia tlenu w strefie spalania przez wydzielający się dwutlenek węgla.

Natomiast PROSZKI FOSFORANOWE mają dodatkowo zdolność wytwarzania szklistej, jednolitej warstewki na powierzchni gaszonego ciała stałego.

*PROSZKI* GAŚNICZE WĘGLANOWE stosuje się do gaszenia pożarów grupy B i C.

Natomiast PROSZKI FOSFORANOWE mogą być stosowane do gaszenia pożarów wszystkich grup, za wyjątkiem pożarów grupy D (metali), przy których stosuje się proszki specjalne (jedyne skuteczne środki gaśnicze w tym przypadku).

# Środki przenośne - gaśnice



## Odpowiednia liczba gaśnic – właściwe rozmieszczenie gaśnic

### **Pomieszczenia mieszkalne i służbowe:**

- 1 gaśnica ABC na każde 20 m długości korytarzy w rejonie pomieszczeń mieszkalnych i służbowych;
- 1 gaśnica ABC na każde pełne 100 m<sup>2</sup> pomieszczeń ogólnego użytku;
- 1 gaśnica ABC w pomieszczeniach służbowych o powierzchni powyżej 30 m<sup>2</sup>;
- 1 gaśnica ABC w każdej kuchni lub piekarni;
- 1 gaśnica ABC w każdym holu;

# System sygnalizacyjny

**Instalacja wykrywania i sygnalizacji** – przeznaczona do wykrywania objawów pożaru i podająca, po samoczynnym uruchomieniu, sygnał alarmowy. Ręczne przyciski alarmu pożarowego stanowią również część tej instalacji;

**Instalacja sygnalizacji ostrzegawczej** – instalacja podająca sygnał ostrzegawczy osobom znajdującym się w pomieszczeniu bronionym o mającym nastąpić uruchomieniu objętościowej instalacji gaśniczej.



# System sygnalizacyjny – czujki ppoż.



## **Czujki optyczne**

- **dymu**: posiadają optyczną komorę pomiarową, która wykorzystuje zasadę rozpraszania światła na większych cząstkach dymu. Dym który dostaje się do komory powoduje rozpraszanie światła podczerwonego emitowanego przez diodę LED (elektroluminescencyjna, świecąca), co prowadzi do zmiany w oświetleniu detektora i zadziałania czujki.
- **płomienia**: przeznaczone są do wykrywania i sygnalizowania płomieni powstających podczas zagrożenia pożarowego; czujki płomienia reagują na emitowane przez płomień promieniowanie w zakresie od dalekiego nadfioletu (od 100 nm) do dalekiej podczerwieni (do 1000 nm)

# System sygnalizacyjny – czujki ppoż.

## Czujki termiczne

- progowe – reagują na przekroczenie określonej wartości temperatury
- gradientowe (różnicowe, przyrostowe) – reagują na wzrost temperatury w czasie



# System sygnalizacyjny – czujki ppoż.

Ze względu na **sposób identyfikacji alarmującej** czujki istnieje podział na czujki **konwencjonalne i adresowalne**.

**Konwencjonalne** - w tym systemie są łączone równolegle i alarm jest identyfikowany jako alarm z dowolnej czujki należącej do danego obwodu obejmującego np. „pokład II” bardziej szczegółowa identyfikacja jest możliwa tylko przez osobiste sprawdzenie, która czujka zadziałała (w czujce świeci się lampka informująca o uaktywnieniu czujki).

**Adresowalne** - w tym systemie czujki są również wpięte do obwodu obejmującego np. przedziały rufowe, ale ponieważ każda czujka ma swój indywidualny adres to w centrali pożarowej jest identyfikowana pojedyncza czujka, która sygnalizuje pożar (np. „przedziały rufowe, magazyn farb i lakierów”). Identyfikacja odbywa się przy wykorzystaniu protokołu transmisji.

# Systemy dozorowo - wykrywcze

Główną częścią składową systemu sygnalizacji pożaru jest **centrala przeciwpożarowa**, która będąc elementem decyzyjnym odpowiedzialna jest za odbieranie, interpretację i reakcję na sygnały pochodzące z urządzeń peryferyjnych systemu.

Współczesne systemy przeciwpożarowe dostarczają wielu rozwiązań w zakresie central **sygnalizacji pożaru**, począwszy od małych konwencjonalnych central, poprzez większe, kończąc na dużych i bardzo dużych (sieciowych) rozwiązaniach adresowalnych.



# Wodne instalacje gaśnicze

WODA jest najpowszechniejszym i najbardziej dostępnym środkiem gaśniczym, powstającym w sposób naturalny i występującym w dużych ilościach w warunkach realizacji zadań przez statki.

Mechanizm gaśniczy wody polega na **chłodzeniu materiału palnego, obniżaniu temperatury w strefie spalania i strefie oddziaływania ciepłego** przede wszystkim na **skutek jej odparowania oraz na rozcieńczaniu strefy spalania parą wodną.**

Ciepło parowania wody wynosi **2260 kJ/kg, a z 1 dm<sup>3</sup> powstaje 1,7 m<sup>3</sup> pary wodnej.** Ponadto ze względu na swoją płynność, przy odpowiedniej intensywności i sposobie podawania, może ona przenikać w głąb palącego się materiału.

# Wodne instalacje gaśnicze

## **Odmiany konstrukcyjne:**

- instalacja wodno – hydrantowa
- instalacja tryskaczowa
- instalacja zraszająca
- instalacja pianowa
- instalacja kurtyn wodnych



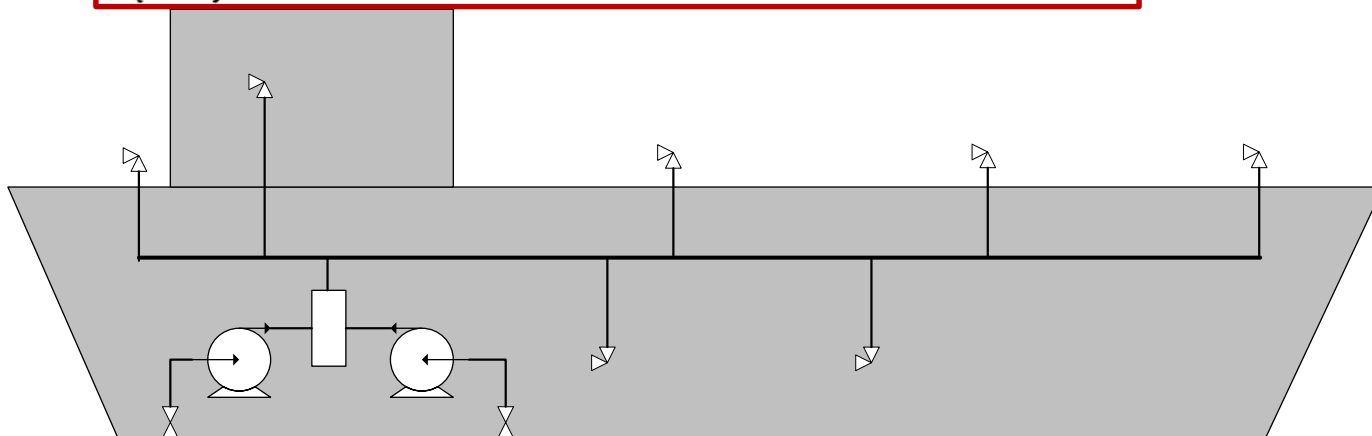
# Instalacja wodno - hydrantowa

Każdy statek o wyporności 150 ton i większej, na którym przewidziano obecność stałej załogi liczącej więcej niż trzy osoby, należy wyposażyć w instalację wodno-hydrantową.

Statki, inne niż pasażerskie, o pojemności brutto GT	Liczba pomp	Ciśnienie minimalne przy zaworach hydrantowych [MPa]
< 150	1	0,2
$150 \leq GT < 6000$	2	0,25
$\geq 6000$	2	0,27

Tab. Liczba głównych pomp pożarowych oraz ciśnienie wody podawane równocześnie przez te pompy przez prądownice.

**Łączna wydajność głównych pomp pożarowych** (bez awaryjnej pompy pożarowej), przy ciśnieniu nie mniejszym od określonego w powyższej tabeli, powinna wynosić nie mniej niż 4/3 wymaganej wydajności pojedynczej pompy zęzowej.



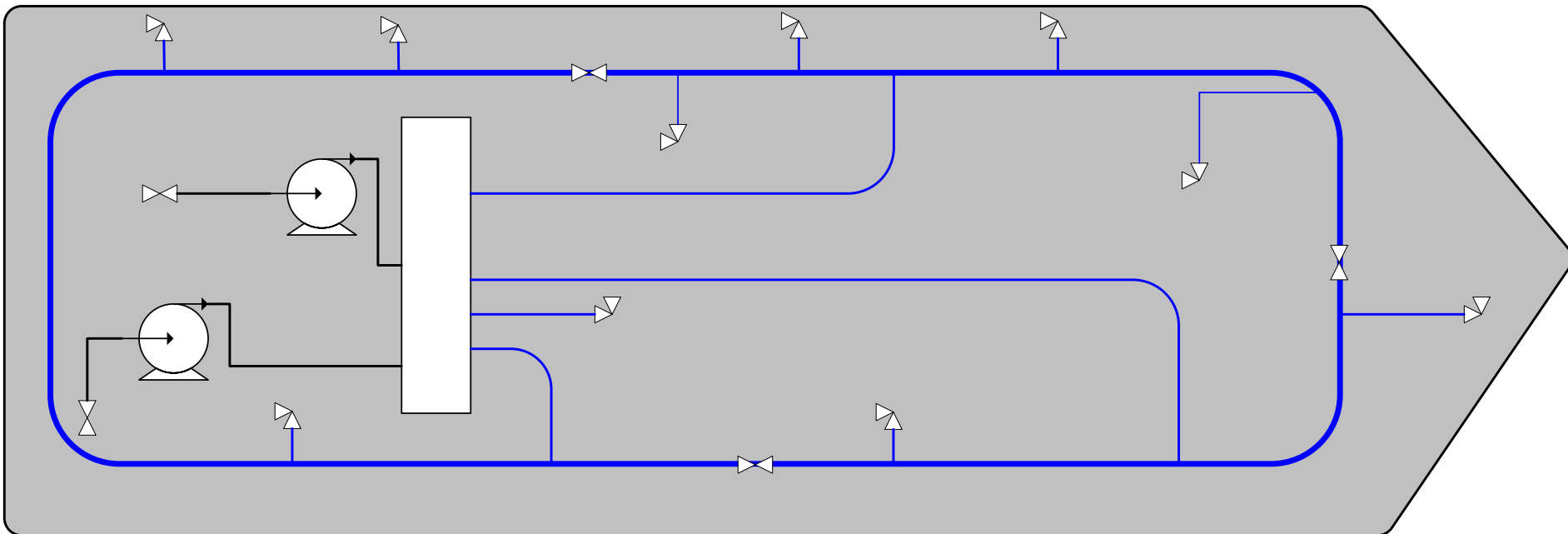
# Instalacja wodno - hydrantowa

Zawory hydrantowe powinny być tak usytuowane, żeby można było łatwo podłączyć do nich węże pożarnicze.

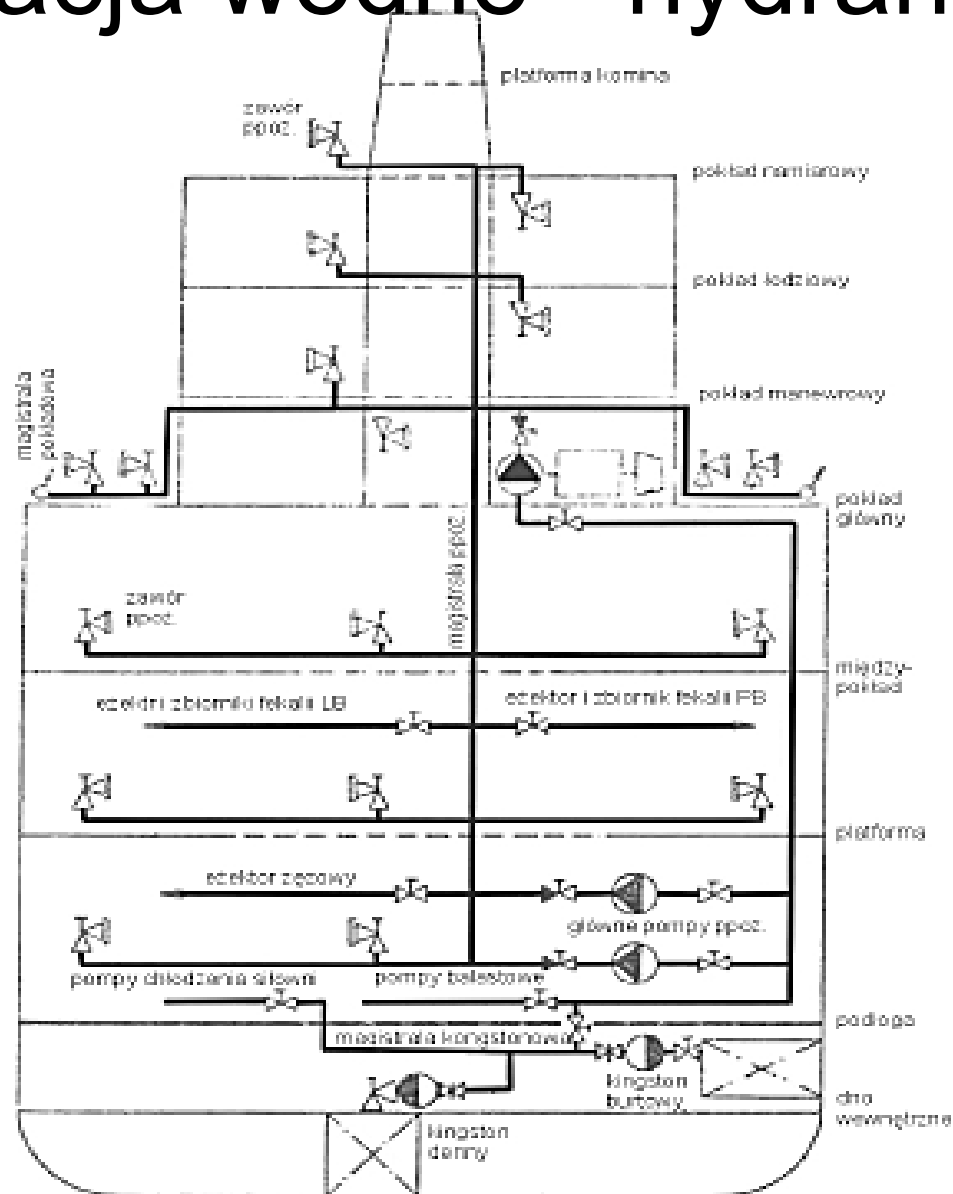
Liczba zaworów hydrantowych i ich rozmieszczenie powinny być takie, żeby co najmniej **dwa prądy gaśnicze** wody nie pochodzące z tego samego zaworu hydrantowego, z których jeden podawany jest za pomocą pojedynczego węża pożarniczego, mogły **sięgać do każdego miejsca** na statku dostępnego normalnie dla pasażerów lub załogi podczas podróży statku oraz do każdego miejsca w każdym pomieszczeniu ładunkowym, kiedy pomieszczenie to jest puste.

Zawory hydrantowe w dużych pomieszczeniach i w długich korytarzach powinny być oddalone od siebie o **nie więcej niż 20 m**. Zawory hydrantowe na otwartych pokładach należy rozmieszczać w odstępach **nie przekraczających 40 m**.

# Instalacja wodno - hydrantowa



# Instalacja wodno - hydrantowa



# Instalacja tryskaczowa

**I n s t a l a c j a t r y s k a c z o w a** – jest to instalacja gaśniczo -wykrywcza, w której czujki tryskaczowe, reagując na wysoką temperaturę, uruchamiają w sposób automatyczny podawanie rozpylonej wody przez tryskacze w miejscu wykrycia pożaru, powodując jednocześnie włączenie sygnalizacji alarmowej. Instalacja przeznaczona jest do gaszenia pożarów w pomieszczeniach mieszkalnych, służbowych lub ogólnego użytku, w których mogą znajdować się ludzie.



# Instalacja tryskaczowa

## Instalacja tryskaczowa

### Wymagania:

1. Instalacja tryskaczowa winna być gotowa do natychmiastowego użycia, bez działania załogi.
2. Instalację należy podzielić na sekcje, maksymalnie po 200 tryskaczy.
3. Tryskacze w pomieszczeniach mieszkalnych i służbowych powinny załączać się automatycznie w zakresie temperatur  $68^{\circ}\text{C} \div 79^{\circ}\text{C}$ .



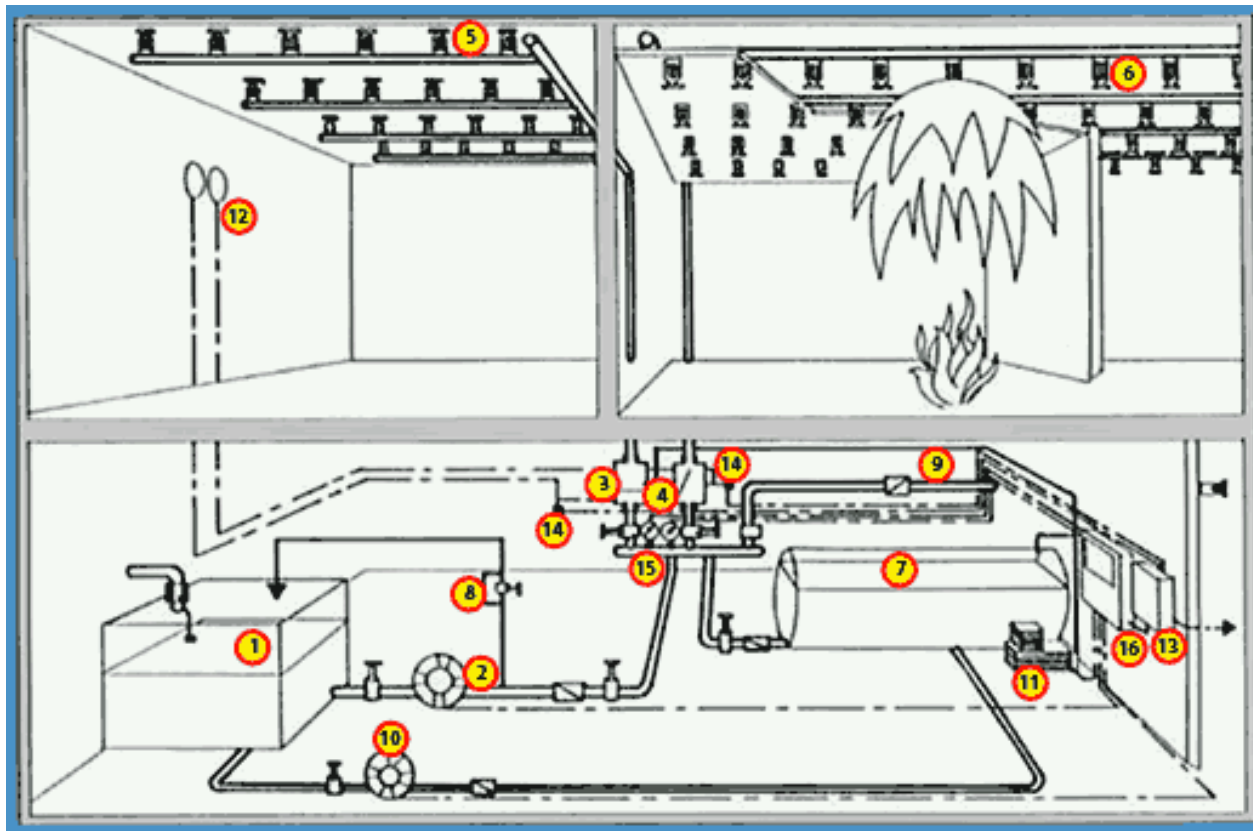
Tryskacze



Oprzyrządowanie instalacji tryskaczowej



# Instalacja tryskaczowa



# Instalacja tryskaczowa

- **Instalacja tryskaczowa** powinna być przez cały czas gotowa do natychmiastowego użycia bez jakiegokolwiek działania załogi.  
Rurociągi instalacji powinny być stale napełnione wodą słodką.
- **Instalacja tryskaczowa** powinna być podzielona na sekcje, z których żadna nie powinna zawierać więcej niż 200 tryskaczy.
- **Instalacja tryskaczowa** powinna włączać się automatycznie przy podwyższeniu temperatury w pomieszczeniu bronionym.
- **Instalacja tryskaczowa** powinna składać się z pompy wody morskiej, zaworów sekcyjnych, zbiornika hydroforowego i pompy wody słodkiej, presostatu, rurociągów doprowadzających wodę do pomieszczeń oraz tryskaczy.
- Po włączeniu się tryskacza i spadku ciśnienia w instalacji presostat powinien spowodować uruchomienie pompy wody morskiej i natychmiastowe podawanie wody do tryskaczy.

# Instalacja tryskaczowa



# Instalacja zraszająca

**I n s t a l a c j a   z r a s z a j ą c a   w o d n a** – instalacja gaśnicza, uruchamiana ręcznie lub automatycznie, w której rozpylona woda podawana jest przez dysze zraszające, zamontowane w pomieszczeniu bronionym lub w rejonie bronionego urządzenia. Instalacja przeznaczona jest do gaszenia pożarów w pomieszczeniach ładunkowych, maszynowniach, magazynach oraz lokalnie do ochrony urządzeń lub rejonów o wysokim zagrożeniu pożarowym.

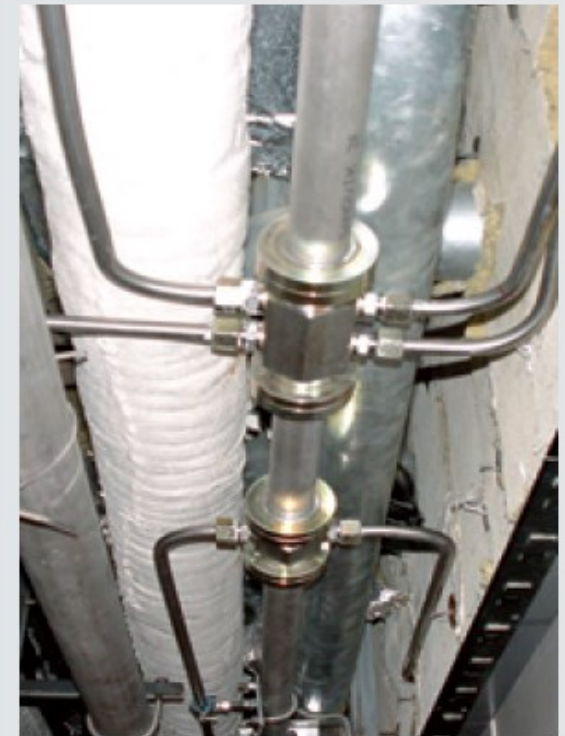
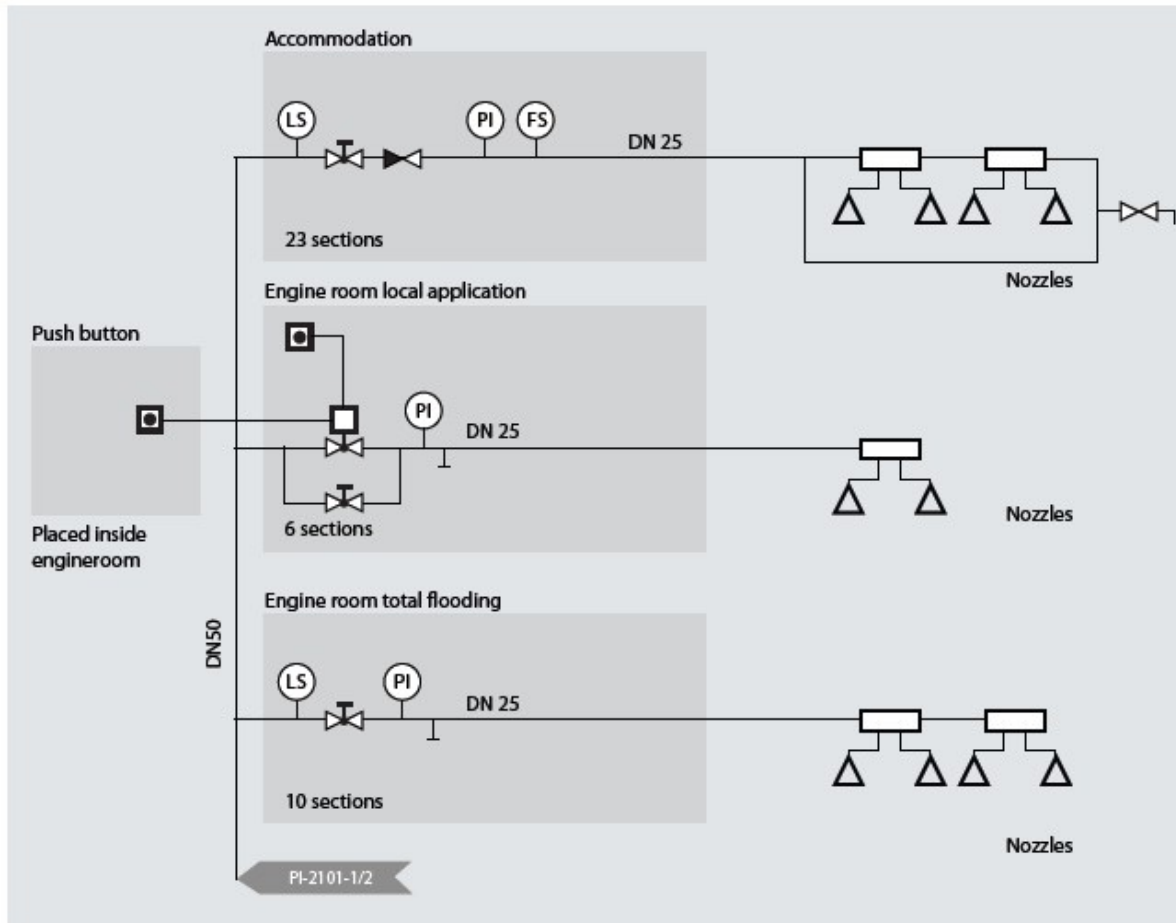
# Instalacja zraszająca

## Instalacja zraszająca wodna

### Wymagania:

1. Instalacja tryskaczowa zraszająca wodna powinna się składać z pompy wody zasilającej, zaworów odcinających, rurociągów rozprowadzających wodę i dysz zraszających.
2. Wydajność i ciśnienie pompy wody zasilającej należy określić na podstawie wymaganej intensywności podawania wody, uwzględniając charakterystykę i liczbę dysz zraszających zainstalowanych w największym bronionym pomieszczeniu.
3. Intensywność podawania wody zależy od rodzaju pomieszczeń i wynosi od 1,5 do 24 l/min na m<sup>2</sup> powierzchni.
4. Z każdego bronionego pomieszczenia należy przewidzieć możliwość odprowadzenia wody, grawitacyjne lub za pomocą instalacji zęzowej.

# Instalacja zraszająca



*Water mist installation assembled with press fittings in cabin area.*



# Wady wody jako czynnika gaśniczego

## WODA NIE JEST ŚRODKIEM UNIWERSALNYM. NIE MOŻNA JEJ STOSOWAĆ DO GASZENIA:

- ciał reagujących z wodą jak: sól, potas, karbid, wapno palone, w wyniku reakcji powstają gazy palne lub wydzielą się duża ilość ciepła, wytwarzając wysoką temperaturę,
- metali typu glin i jego stopy, wapń, żelazo, które spalając się w wysokiej temperaturze powodują dysocjację wody (rozkład na wolne atomy wodoru  $H_2$  i tlenu O) i tworzenie się mieszaniny wybuchowej,
- cieczy palnych lżejszych od wody jak benzyna, nafta, oleje, wypływających nad powierzchnię wody,
- cieczy palnych rozpuszczających się w wodzie np. spirytusu, gdyż zwiększa to ich objętość, co może doprowadzić do rozlania się cieczy,
- urządzeń elektroenergetycznych pod napięciem i materiałów palnych w ich pobliżu, ponieważ woda jest dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego i może nastąpić porażenie prądem osoby gaszącej ogień,

# Instalacja pianowa

W zależności od sposobu wytwarzania wyróżnia się dwa rodzaje piany gaśniczej - *chemiczną i mechaniczną*.

*Piana mechaniczna* powstaje wskutek mechanicznego zmieszania powietrza z wodnym roztworem środka pianotwórczego. Powoduje on zwiększenie lepkości wody i powstanie dostatecznie trwałych pęcherzyków wypełnionych powietrzem. Na ogół, stężenie środka pianotwórczego w roztworze wodnym *nie przekracza 5%*.

Pianę charakteryzuje **liczba spienienia** ( $L_s$ ), która wyraża stosunek objętości piany do objętości wodnego roztworu środka pianotwórczego zużytego do wytworzenia tej piany. W zależności od liczby spienienia piany dzielimy na rodzaje posiadające częściowo odmienne działanie gaśnicze:

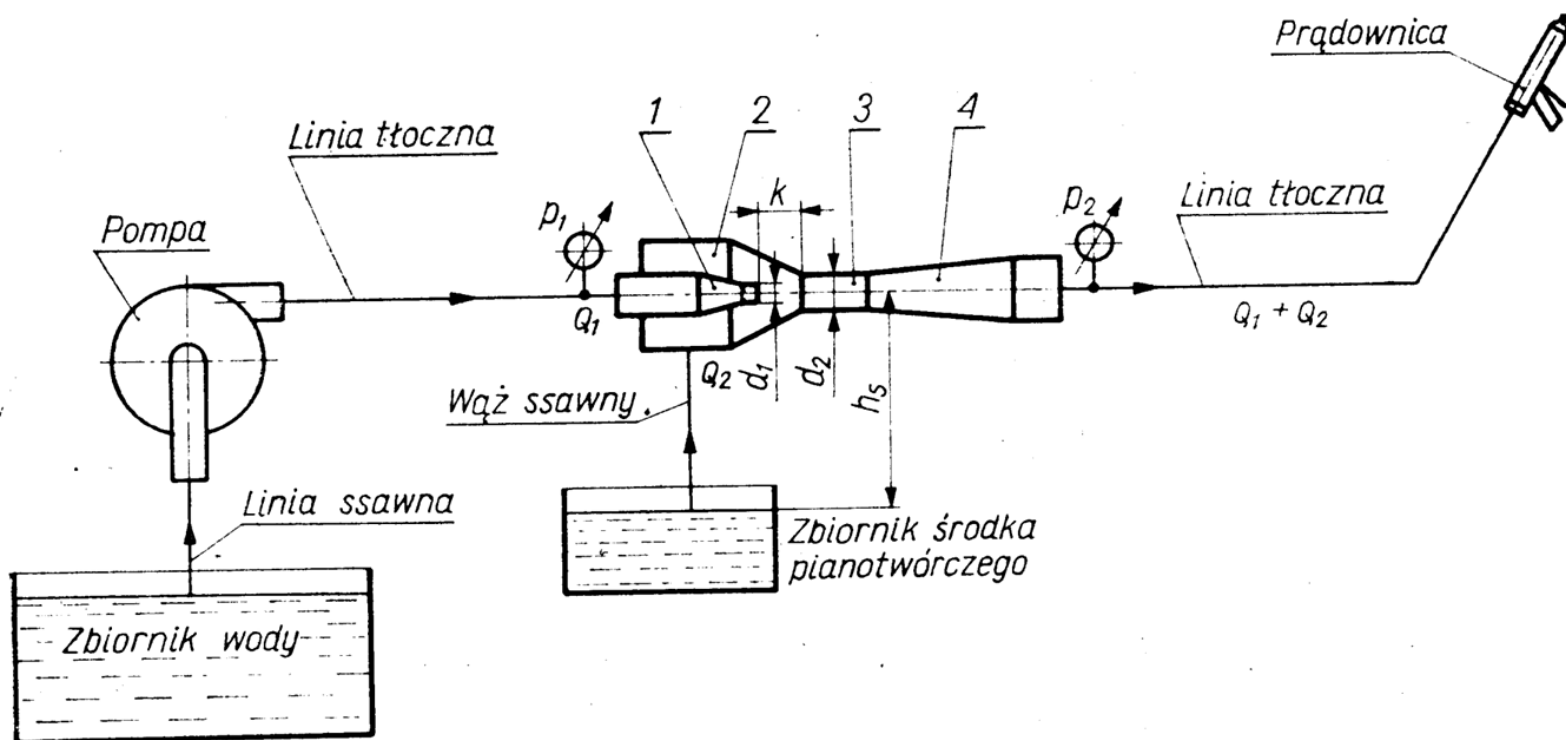
- **piana ciężka**  $L_s < 20$  (praktycznie ok. 10) - właściwości izolująco-chłodzące,
- **piana średnia**  $20 < L_s < 200$  - właściwości izolująco - rozciężające,
- **piana lekka**  $L_s > 200$  - właściwości rozciężająco - izolujące.

Własności izolujące piany wynikają z tworzenia na powierzchni materiałów warstwy nie dopuszczającej do niego powietrza (tlenu). Piana posiada dobrą przyczepność do materiałów stałych i może się utrzymywać nawet na płaszczyznach pionowych.

# Instalacja pianowa - schemat

Wymagania:

1. Wydajność urządzeń do wytwarzania piany lekkiej powinna zapewnić taką ilość piany, aby w ciągu 1 minuty wytworzyć 1 metrową warstwę piany w największym bronionym pomieszczeniu.
2. Ilość środków pianotwórczych powinna wystarczyć na pięciokrotne całkowite wypełnienie pianą największego bronionego pomieszczenia.



# Instalacja pianowa - działanie

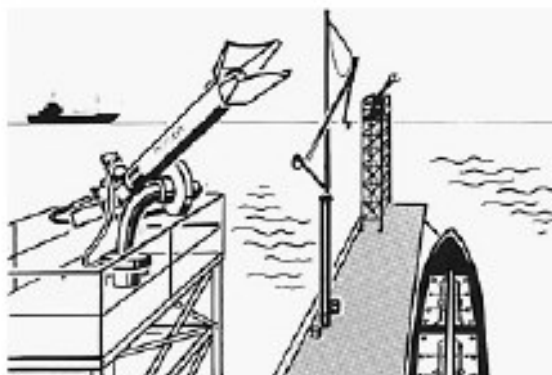
## Instalacja pianowa



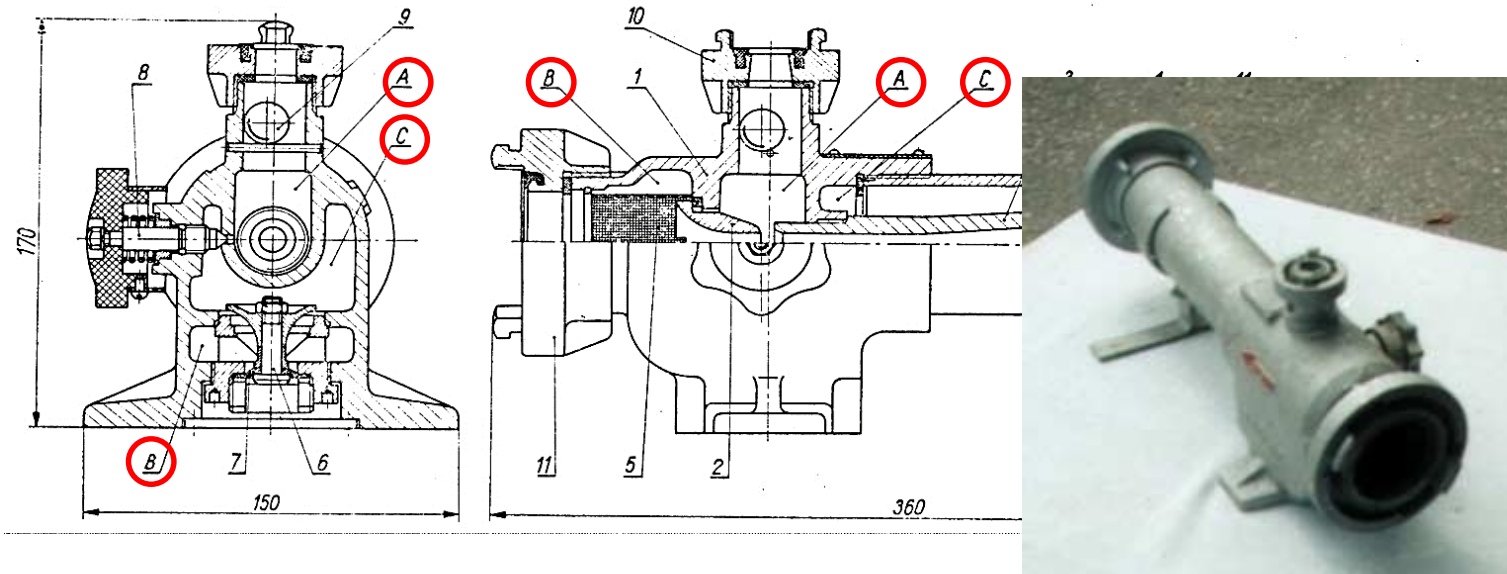
Działka pianowe



Działka pianowe służące do obrony  
nabrzeża przeładunkowego

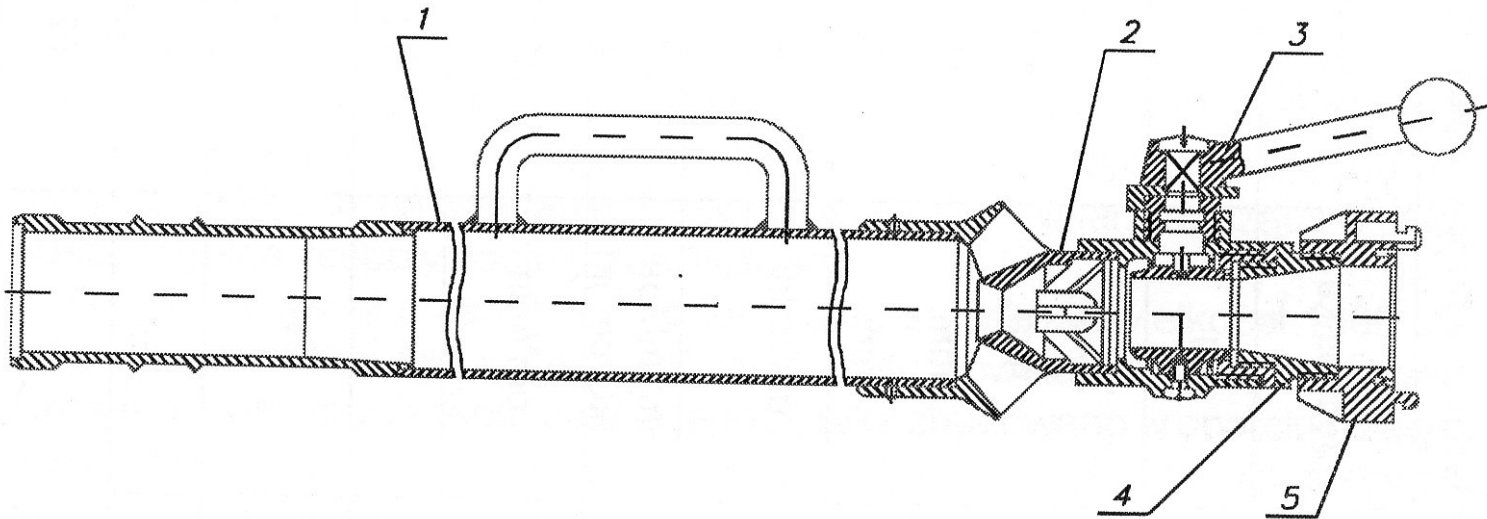


# Instalacja pianowa – zasysacz liniowy



**Zasysacz liniowy:** **A** – komora podciśnienia, **B,C** – komory przepływowe;  
**1** - korpus, **2** – dysza zasilająca, **3** – komora mieszania z dyfuzorem,  
**4** – łącznik rurowy, **5** – siatka filtrująca, **6** – samoczynny zawór regulacyjny,  
**7** – przepona, **8** – urządzenie dozujące, **9** – zawór zwrotny, **10** – nasada ssawna, **11** – nasada tłoczna

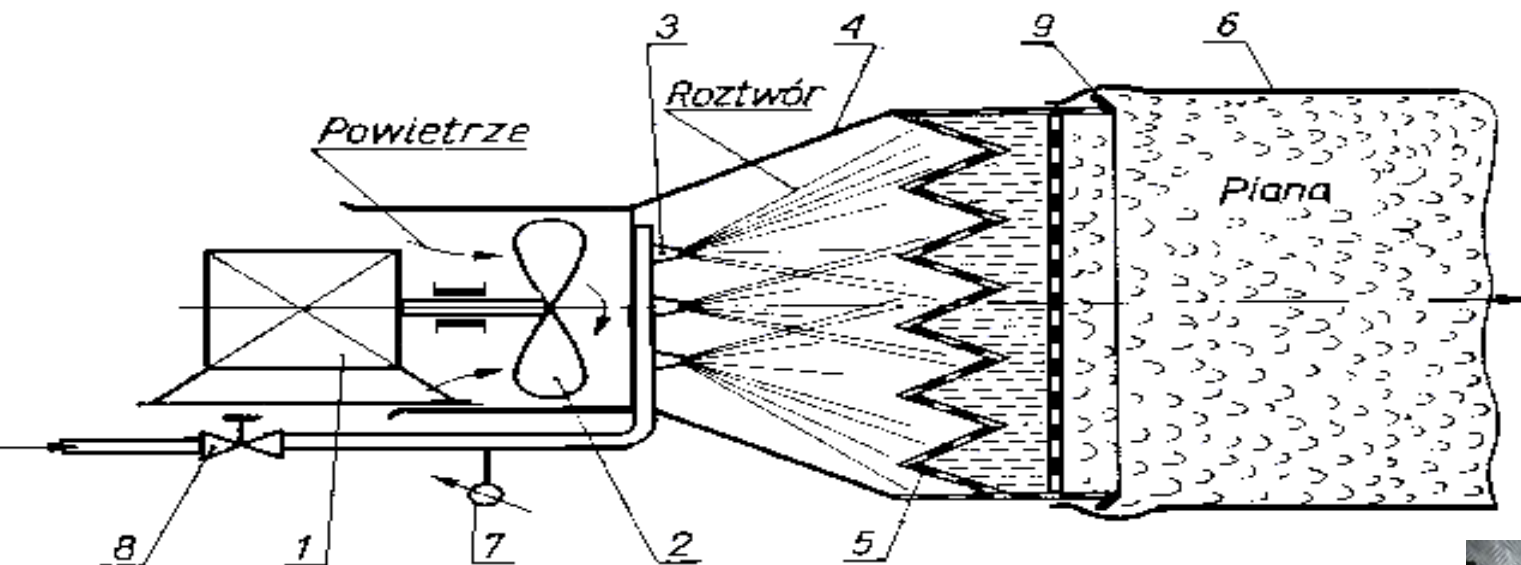
# Instalacja pianowa – prądownica pianowa



**Prądownica piany ciężkiej** – przekrój poprzeczny: **1** – rura prądownicy, **2** – dysza rozpylająca, **3** – zawór kulowy, **4** – zwężka, **5** – nasada tłoczna.



# Instalacja pianowa – agregat pianowy



**Wytwornica piany** – przekrój podłużny: **1** – nasada tłoczna 52, **2** – rozpylacz, **3** – sito filtracyjne, **4** – manometr, **5** – korpus, **6** – uchwyty, **7** – zestaw siatek, **8** – dysza, **9** – zawirowacz.



# Instalacja pianowa – stacjonarna

