

МЕЂУНАРОДНИ ПРОПИСИ У БРОДОГРАДЊИ

INTERNATIONAL MARITIME REGULATIONS

2016/17

In the course of their professional activities, naval architects are obliged to ensure that human life, the environment and property are properly safeguarded.

- The Royal Institution of Naval Architects, *Safety Guidance for Naval Architects*

Ships shall be designed and constructed for a specified design life to be safe and environmentally friendly, when properly operated and maintained under the specified operating and environmental conditions, in intact and specified damage conditions, throughout their life.

- SOLAS (Ch. II-1, Part A-1, Reg. 3-10: *Goal-based ship construction standards for bulk carriers and oil tankers*)

ДИПЛОМСКЕ АКАДЕМСКЕ СТУДИЈЕ (ЕСПБ/ECTS 120)				
ЧАС/НЕД	4. ГОДИНА		5. ГОДИНА	
	7	8	9	10
1	ОТПОР БРОДА	ПРОПУЛЗИЈА БРОДА	ПРОЈЕКТОВАЊЕ БРОДА	ДИПЛОМСКИ (M.Sc.) РАД
2				
3				
4				
5				
6	ЧВРСТОЋА БРОДА	ПЛОВНОСТ И СТАБИЛИТЕТ БРОДА 2	ПОНАШАЊЕ БРОДА НА ТАЛАСИМА	
7				
8				
9				
10				
11	МЕХАНИКА ФЛУИДА М	БРОДСКЕ КОНСТРУКЦИЈЕ 2	БРОДСКИ МОТОРИ	
12				
13			БРОДСКЕ ТУРБИНЕ И КОТЛОВИ	
14				
15				
16	ТЕРМОДИНАМИКА М ИЛИ МЕХАТРОНИКА	ТЕОРИЈА ОСЦИЛАЦИЈА	КОРМИЛАРЕЊЕ БРОДА	
17				
18			РАЧУНАРСКИ АЛАТИ У БРОДОГРАДЊИ	
19				
20				
21	ОСНОВИ МОТОРА СУС	ЧВРСТОЋА БРОДА 2	МЕЂУНАРОДНИ ПРОПИСИ У БРОДОГРАДЊИ	
22				
23				
24				
25				

16 ECTS!

Испит: тест

Литература¹

- Предавања (*handouts*), књига (!)
- Међународне конвенције, резолуције, правила класификационих друштава, итд.
- Куо, Ch., 2007, Safety Management and its Maritime Application.
- Papanikolaou, A. (Ed.), 2009, Risk-Based Ship Design.
- ...
- International Conference on Stability of Ships and Floating Structures (STAB)
- International Conference on Ship Efficiency
- Conference on Developments in Classification & International Regulations
- Learning from Marine Accidents
- Design for Safety
- ...
- <https://www.imo.org> и <https://docs.imo.org/>
- <https://www.emsa.europa.eu>
- ...

¹ Пуни списак коришћене литературе налази се на крају предавања.

Предмет и циљеви прописа

- Сигурност брода, људи, терета.
- Безбедност током пловидбе, од испловљавања до коначне дестинације.
- Заштита животне средине (живог света, воде и ваздуха) од загађења.

Однос проживљеног и симулираног искуства

- Прописи се „поправљају“ након поморских несрећа: *Titanic, Herald of Free Enterprise, Estonia...*
- Да ли треба тако да буде?
- Искуство заостаје за развојем технике.

Однос сигурности и безбедности

- Сигурност (*safety*) и безбедност (*security*) нису исто!
- Проблеми сигурности: стабилитет неоштећеног, оштећеног и насуканог брода, противпожарна заштита, чврстоћа конструкције, кварови машина и уређаја, итд.
- Проблеми безбедности: пиратство, тероризам, кријумчарење, итд.
- Разлика није само језичка: сигурност и безбедност остварујемо различитим мерама.
- Да ли сигурност и безбедност ипак имају нешто заједничко?

Однос сигурности и ефикасности

- Да ли је сигурност неизбежни али непожељни „трошак“?
- Виши ниво сигурности, већа профитабилност?

Шта можемо да очекујемо од прописа?

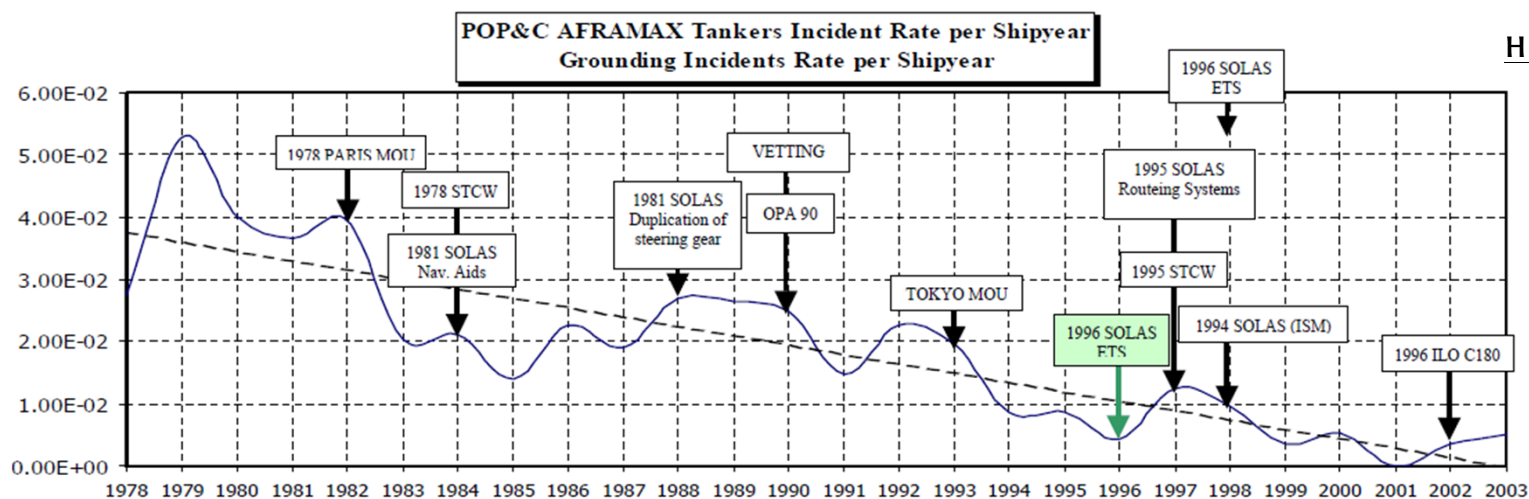
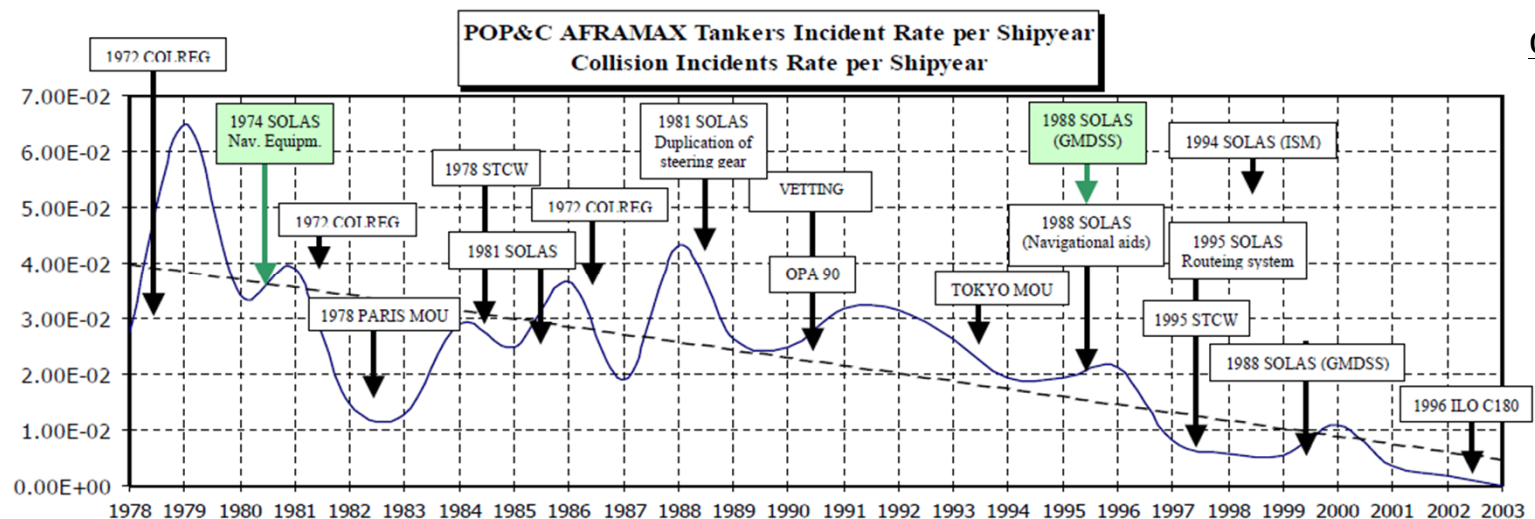
- Сигурност није апсолутна!
- Сигурност је условна, релативна и има цену.
- Сигурност смањује ризик и доноси добит: бродовласнику, друштву и регулаторним телима.

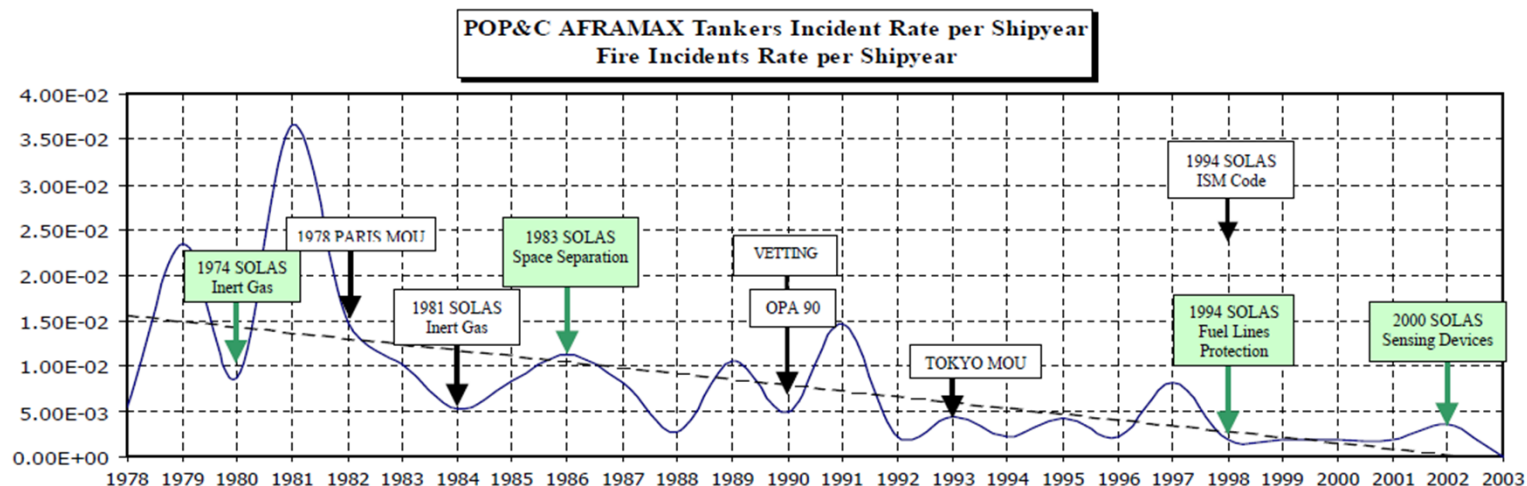
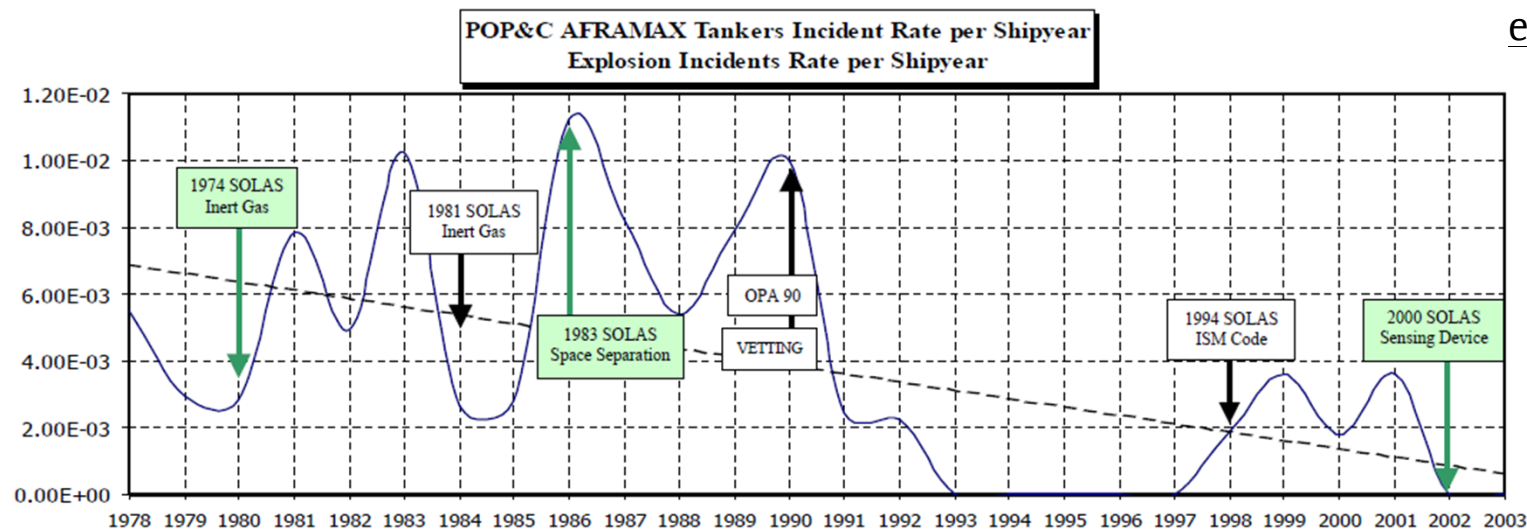
У којој мери прописи доприносе повећању сигурности?

- Пример 1: утицај прописа на сигурност AFRAMAX танкера ([Delautre et al, 2005](#))
- Пример 2: анализа поморских несрећа путничких и теретних бродова у периоду 1990-2012 ([Papanikolaou et al, 2014](#))

Пример 1: утицај прописа на сигурност AFRAMAX танкера (Delautre et al, 2005)

- Утицај прописа на учестаност судара, насукања, пожара и експлозија.



пожариексплозије

Пример 2: анализа поморских несрећа путничких и теретних бродова у периоду 1990-2012
([Papanikolaou et al, 2014](#))

- Анализирано више типова теретних бродова (контејнерски бродови, бродови за генерални терет, бродови за расути терет, ро-ро бродови, танкери, LPG, LNG, итд.) и различити типови путничких бродова (RoPax бродови, крузери и „прави“ путнички бродови).
- Резултати приказани у облику учестаности несреће (судара, насукања, пожара, кварова погонских уређаја, итд.) и то:
 - током целог периода (1990-2012)
 - током друге деценије (2000-2012)
- Упркос порасту регулаторних активности, учестаност несрећа расте!
- Могући разлози:
 - пораст обима пловидбе (густине саобраћаја)
 - прецизнија статистика, боље регистровање несрећа.

Шта покреће савремени развој прописа?

- *Неконвенционални бродови*: величина, форма трупа, погон, итд.
- Потреба за алтернативним решењима.
- Прописи о заштити животне средине такође утичу на сигурност.
- Сигурност брода након несреће.

Неконвенционални бродови

- Велики контејнерски бродови, бродови за превоз расутог терета (руда) носивости од више стотина хиљада тона, путнички бродови (крузери) за више хиљада путника и чланова посаде, бродови на LNG погон, бродови-снабдевачи који опслужују нафтне платформе...
- Са неконвенционалним бродовима немамо искуства и не знамо да ли их прописи узимају у обзир на одговарајући начин.

Алтернативна решења

- Алтернативни приступ противпожарној заштити на морским бродовима.
- Речни танкери за транспорт опасних терета чија се конструкција (или материјал градње) разликују од конвенционалних бродова или чији су танкови већи од прописаних димензија.
- Треба остварити еквивалентну сигурност.

Утицај прописа о заштити животне средине на сигурност

- Резерва снаге мотора недовољна за управљање бродом у олујама (EEDI).
- Губитак стабилитета због промене баластне воде на отвореном мору (BWMC).

Прописи о сигурности брода након несреће

- *Сам брод је најбољи чамац за спасавање.*
- Концепт *сијурној повратка у луку (safe return to port)*.
- Резервни погонски уређаји и генератори.
- Евакуација путника и чланова посаде.
- Нови правци истраживања: брзина продора воде, динамичко преливање воде у наплављеним одељењима, понашање на таласима оштећеног брода, итд.

Прописи о заштити животне средине

- Настали су под утицајем великих еколошких катастрофа.
- Загађење ваздуха продуктима сагоревања бродског горива и *ефекат стаклене баште*.
- Енергетска ефикасност нових и постојећих бродова.

Сигурност речних бродова и заштита животне средине на унутрашњим пловним путевима

- Преглед европских прописа о стабилитету, непотопивости, противпожарној заштити и др.
- Хармонизација техничких прописа о речним бродовима у Европи.
- Пробабилистички приступ и анализа ризика.
- Чиста и алтернативна горива.

Улога човека у сигурности брода

- Добро / вешто морепловство.
- Заповедници се ослањају на искуство...
- Како помоћи заповеднику?
- *Упућство за експлоатацију* постаје део прописа.
- *On-shore* и *on-board support* системи.

- Конвенција, резолуција, протокол, амандман, тумачења, смернице...
- Пропис, правило, критеријум и стандард...
- Национална, регионална и међународна регулаторна тела, класификациона друштва...
- Детерминистички и пробабилистички прописи.
- Савремена анализа ризика.

1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

- Прописи могу бити међународни, регионални, национални и локални.
- Међународна поморска организација, *International Maritime Organization* (IMO).
- Специјализована агенција Уједињених нација, са седиштем у Лондону.
- Поморска сигурност и безбедност и заштита животне средине од загађења са бродова.
- Основана 1948. године, почела са радом 1959.
- Југославија ратификовала Конвенцију о Међународној поморској организацији 1960.
- Србија је чланица ИМО.
- До 1982: *Inter-Governmental Maritime Consultative Organization* (IMCO).
- <https://www.imo.org>



IMO Assembly, 1959



Seafarers' Memorial
IMO HQs, London

1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

- ИМО чине Скупштина (која заседа једном у две године), Савет и пет Комитета.
- За техничке аспекте бродоградње најважнија су два комитета.
- Комитет за поморску сигурност, *Maritime Safety Committee* (MSC).
- Комитет за заштиту животне средине на мору, *Marine Environment Protection Committee* (МЕРС).
- Помаже им (тренутно) седам поткомитета.
- Услови потребни да пропис постане пуноснажан: сагласност већине земаља, или земаља (без обзира на њихов број) којима припада већи део бродске тонаже, или одређеног броја земаља са одређеним уделом у светској флоти, итд.
- Процес је спор, инертан.
- Од тренутка усвајања прописа до ступања на снагу прођу године, па и деценије...
- Убрзани технолошки развој, необичне ситуације – пропис може бити застарео и превазиђен у тренутку кад ступа на снагу.

1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

- ИМО је усвојио око 40 конвенција.

- Међународна конвенција о сигурности живота на мору, *International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS*;
- Међународна конвенција о баждарењу, *International Tonnage Measurement Convention, TONNAGE*;
- Међународна конвенција о теретној водној линији, *International Convention on Load Lines, ICLL*;
- Међународна конвенција о спречавању загађења које потиче са бродова, *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL*;
- Конвенција о међународним прописима за спречавање судара на мору, *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, COLREG*;
- Међународна конвенција о стандардима за обуку помораца, бродским сведочанствима и потребном броју чланова посаде, *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, STCW*.

1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Амандмани

- Конвенције се ажурирају амандманима.
- Обично потребна сагласност одређеног броја земаља-чланица ИМО (нпр. 2/3).
- Процедура *тишећућној тирихвациа амандмана* (*tacit amendment acceptance*), SOLAS 1974.

Критеријум, стандард, пропис, правило

- Критеријум (грч. *κρίτηριον* од *κρίνω* што значи просуђивати, разлучивати) је мерило, основа према којој се нешто разликује од нечег другог (Клајн и Шипка, 2007).
- Критеријум је процедура, алгоритам или образац којим се процењује очекиваност (*likelihood*) нежељеног догађаја (нпр. губитка стабилитета).
- Стандард је граница између неприхватљиве и прихватљиве вероватноће нежељеног догађаја.
- Пропис одређује однос између вредности добијене критеријумом и стандарда.
- ИМО не прави разликује између правила (*rule*) и прописа (*regulation*).

ИМО/SLF (2011)

1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Тумачења (*explanatory notes*)

- Потребна да би се отклониле недоумице и погрешна примена прописа.
- Понекад објашњавају порекло прописа.
- MSC.1/Circ.1281, *Explanatory Notes to the International Code on Intact Stability, 2008*.
- Resolution MSC.281(85), *Explanatory Notes to the SOLAS Chapter II-1 Subdivision and Damage Stability Regulations*, итд.

Смернице (*guidelines*)

- Нови типови бродова, нови прописи са којима нема довољно искуства.
- Подручја пловидбе специфичних карактеристика (нпр. поларне области).
- Проблеми сигурности, безбедности и заштите животне средине који нису регулисани одговарајућим прописима.
- Нпр. 14 докумената са смерницама које се односе на имплементацију Конвенције о баластној води.
- MSC/Circ.608/Rev.1, *Interim guidelines for open-top containerships*.
- MSC.1/Circ.1400, *Guidelines on operational information for masters of passenger ships for safe return to port by own power or under tow*.

1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Регионални прописи

- Нису мање важни од међународних прописа.
- Регионалне прописе морају да задовоље сви бродови који (редовно) плове одређеним подручјем односно који користе луке држава (једне или више њих) које су те прописе установиле.
- Стокхолмски споразум: прописи о стабилитету ро-ро бродова у оштећеном стању, односе се на све бродове који плове на редовним линијама између лука осам северноевропских и балтичких земаља.
- Прописи Рајнске комисије: стандарди које морају да задовоље сви бродови унутрашње пловидбе који плове Рајном.
- Прописи Европске уније, обавезни за све бродове који пристају у лукама Уније.
- Неке одредбе ИМО конвенција имају регионалан карактер: конвенцијом MARPOL успостављају се *посебне области (special areas)*, обично затворена мора са интензивним морским саобраћајем или посебно осетљиви еко-системи, у којима важе пооштрени захтеви за заштиту животне средине.

1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Застава (*Flag State*)

- Свака држава, без обзира на то да ли излази на море или не, има право да региструје брод и да *развије заставу* на мору.
- Брод може бити уписан у регистар ако задовољава националне прописе.
- ИМО у многим случајевима препушта Застави да донесу коначну одлуку да ли су захтеви прописа испуњени у довољној мери.
- Захтеви националних правила могу бити строжији од прописа међународних конвенција.
- С друге стране, Застава може да допусти и делимично одступање од прописа или да прихвати решење које не испуњава захтеве, уколико процени да је основни циљ задовољен.
- Држава има првенствено јурисдикцију над бродовима који су у њеном регистру (под њеном заставом).



Србија је такође
Flag State

1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Застава (*Flag State*)

- Држава има јурисдикцију и над страним бродовима када уплове у њене луке (*Port State*).
- Држава има јурисдикцију над страним бродовима и када се налазе у њеним водама.
- Опсег надлежности зависи од тога колико је брод удаљен од обале, тј. да ли се налази у територијалним водама (до 12 nm од обале), у пограничној зони (од 12 до 24 nm) или у тзв. ексклузивној економској зони (до 200 nm).
- Контрола страних бродова ипак најчешће у – луци.
 - Брод је својевољно пристао, па се повинује јурисдикцији коју држава има над луком.
 - На мору, право тзв. безазленог пролаза (*innocent passage*) кроз територијалне воде.
 - Лука пружа потребну логику и инфраструктуру.

1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Застава (*Flag State*)

- Национални регистар бродова може бити *затворен*: могу се регистровати само бродови у власништву *домаћих* бродовласника.
- У *отворене* регистре (*open registry*) могу се уписати и бродови чији су власници странци.
- Панама, Либерија, Маршалска Острва... жаргонски, *Flag of convenience*.
- Норвешка, Француска... Поред националног, имају и *међународни* регистар.
- Бродови уписани у међународни регистар не могу да плове на домаћим линијама, али имају одређене олакшице и погодности.



1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Локални прописи

- Одређена места или делови инфраструктуре подразумевају специфичне услове експлоатације бродова, дефинисане посебним, „локалним“ прописима.
- Нпр. управа Панамског канала издаје сопствене прописе који се тичу максималних димензија бродова који користе канал, положаја и опреме командног моста, минималне видљивости са управљачке позиције, опреме за сидрење и вез, итд.

1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Правила класификационих друштава

- Класификациона друштва само потврђују да је брод пројектован и изграђен у складу са њиховим правилима.
- Класа представља „израз поверења класификационог друштва у брод“.
- Поверење није неограничено; односи се само на службу за коју је брод класификован и након одређеног времена мора да се обнови.
- У социјалистичким земљама, класификационо друштво и Застава су практично биле исто тело.
- Класификационо друштво не би требало да буде владина агенција...
- Нећемо се бавити правилима класификационих друштава (предмет *Бродске конструкције*).



1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Удружења класификационих друштава

- Међународно удружење класификационих друштава, *International Association of Classification Societies* (IACS).
- IACS припрема Јединствена тумачења (*unified interpretations*) ИМО прописа који садрже само *функционалне захтеве* (шта треба да се постигне, али не и како) или предвиђају алтернативна решења или када је тумачење прописа препуштено Застави или су правила недоречена и недовољна јасна.
- Међународно удружење класификационих друштава држава источног блока, *Международная ассоциация органов технического надзора и классификации* (ОТНК).

1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Југорегистар

- Југословенски регистар бродова, ЈР.
- Основан 13. јуна 1949. године.
- Припремао и издавао правила за класификацију и обављао надзор над градњом и морских и речних бродова.
- Два седишта: Сплит (надлежан за морске бродове и речне бродове јадранског слива) и Београд (надлежан за речне бродове црноморског слива).
- 2010. године формирана је *Управа за утврђивање способности бродова за пловидбу...*



1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Европска агенција за поморску сигурност



- *European Maritime Safety Agency* (EMSA), са седиштем у Лисабону.
- EMSA пружа техничку подршку Европској комисији у питањима сигурности, безбедности и заштите животне средине на мору.
- Повод за оснивање EMSA: несреће танкера *Erika*, 1999. године у Бискајском заливу и *Prestige*, 2002. у близини галицијске обале.
- Еколошке катастрофе након лома трупа на два дела: излило се 20000 t (*Erika*) односно 65000 t нафте (*Prestige*).
- <http://www.emsa.europa.eu/>



1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Бродови унутрашње пловидбе

- У Западној Европи, Рајнска комисија, *Central Commission for Navigation on the Rhine* (CCNR) је најважније регулаторно тело које доноси техничке прописе за речне бродове.
- Рајнска комисија је основана 1815.
- Дунавска комисија (основана 1948.) нема мандат да доноси прописе већ само препоруке.
- Регулаторна тела Европске уније доносе прописе који се примењују на пловним путевима Уније.
- На унапређењу и усклађивању прописа на унутрашњим пловним путевима ради и Комитет за унутрашњи транспорт Економске комисије за Европу Уједињених нација, *United Nations Economic Commission for Europe*, UNECE.
- Национални регистри, класификациона друштва...
- Проблем хармонизације прописа.



1.1 ИМО, Заставе и класификациона друштва

Пажљиво читати!

- *Paragraphs... of this regulation shall apply to ships... for which the building contract is placed on or after... or in the absence of a building contract, the keels of which are laid or which are at a similar stage of construction on or after... or the delivery of which is on or after...*
- *...as far as practicable and compatible with the design and proper working of the ship...*
- *...in opinion of Administration... shall be to the satisfaction of the Administration... may be permitted by the Administration...*

Списак сведочанстава која морају да буду на броду (1)

- *International Tonnage Certificate*
- *International Load Line Certificate*
- *International Load Line Exemption Certificate*
- *Intact stability booklet*
- *Damage control plans and booklets*
- *Minimum safe manning document*
- *Fire safety training manual*
- *Fire Control plan/booklet*
- *On board training and drills record*
- *Fire safety operational booklet*
- *Certificates for masters, officers or ratings*
- *International Oil Pollution Prevention Certificate*
- *Oil Record Book*
- *Shipboard Oil Pollution Emergency Plan*
- *International Sewage Pollution Prevention Certificate*

Списак сведочанстава која морају да буду на броду (2)

- *Garbage Management Plan*
- *Garbage Record Book*
- *Voyage data recorder system-certificate of compliance*
- *Cargo Securing Manual*
- *Document of Compliance*
- *Safety Management Certificate*
- *International Ship Security Certificate (ISSC) or Interim ISSC*
- *Ship Security Plan and associated records*
- *Continuous Synopsis Record (CSR)*

Списак сведочанстава која морају да буду на броду (3)

- + *йоседна сведочансџва за йуџничке бродове*
- + *йоседна сведочансџва за џерешне бродове*
- ++ *йоседна сведочансџва за бродове који носе оџровне хемијске суџсџанце*
- ++ *йоседна сведочансџва за хемијске џанкере*
- ++ *йоседна сведочансџва за бродове који йревозе уџечњени џас*
- ++ *йоседна сведочансџва за брзе јединице*
- ++ *йоседна сведочансџва за бродове који йревозе оџасне џереше*
- ++ *йоседна сведочансџва за бродове који йревозе радиоакџивни маџеријал*
- ++ *йоседна сведочансџва за нуклеарне бродове*
- + *йоседна сведочансџва за сџецијалне бродове*

1.2 Детерминистички и пробабилистички прописи

- Прописе разликујемо и према начину на који се постиже и проверава сигурност.
- Детерминистички прописи: задати услови *критични* за сигурност (нпр. брзина ветра, висина таласа, померање терета, величина и положај оштећења трупа, итд.) и у којима брод треба да задовољи неки стандард.
- Детерминистички прописи: сигурност је *црно-бела* – ако стандард није у потпуности задовољен, потребно је изменити нешто у пројекту.
- Пробабилистички прописи: узимају у обзир чињеницу да нису сви сценарији подједнако вероватни и да критеријум може бити задовољен само са одређеном вероватноћом.
- Пробабилистички прописи: познавање и разумевање статистике и теорије вероватноће.
- Пробабилистички приступ – у свим ситуацијама у којима већина утицајних фактора има карактер случајно променљивих величина.
- Пробабилистички приступ омогућава увођење прописа о сигурности који се заснивају на ризику (*risk-based regulations*).

1.2 Детерминистички и пробабилистички прописи

- И детерминистички и пробабилистички прописи могу бити *параметарски (parametric)* и *засновани на прорачуну понашања брода у одређеним околностима (performance-based)*.
- Параметарски: сигурност брода процењује се на основу вредности једног или више параметара (метацентарске висине, опсега стабилитета и сл.).
- Засновани на прорачуну понашања брода у неком сценарију: сигурност се процењује помоћу физичког (математичког) модела, симулације и сл.

1.3 Ризик

Дефиниција ризика

- Постоје мноштво дефиниција ризика.
- Ризик је комбинација учестаности несреће и озбиљности последица несреће (IMO/MSC-MEPC, 2013).
- Ризик R је заједничка мера вероватноће нежељеног догађаја P (*hazard probability*) и последице тог догађаја S (*hazard severity*) (Kobylnski & Kastner, 2003).

$$R = P \cdot S$$

- Ризик не може бити једнак нули!
- Анализа ризика користи се за процену сврсисходности промене или увођења прописа.
- ИМО користи и препоручује *Formal Safety Assessment* (FSA) методу.
- Анализа ризика омогућава одступање од прописа који почивају на искуству стеченом у експлоатацији.
- *Алтернативна решења и пројектовање на основу процене ризика (risk-based design).*

1.3 Ризик

S, severity

- Питање перцепције... Друштво је склоније да прихвати *хиљаду несрећа са њо једним смртним случајем, него једну несрећу са хиљаду мртвих (IMO/MSC-MEPC, 2006).*
- 1987: *Doña Paz*, Филипини, 4400 жртава. *Herald of Free Enterprise*, Белгија, 193 жртве.
- 2012: *Costa Concordia*, Италија, 32 жртве. *Rabaul Queen*, Папуа Нова Гвинеја, 160 жртава. *Skagit*, Танзанија, 140 жртава.

1.3 Ризик

Formal Safety Assessment, FSA

- FSA метода је развијена као одговор на катастрофу нафтне платформе *Piper Alpha*, у Северном мору, 1988. године, када је погинуло 167 људи.
- Разликују се следеће фазе:
 - 1) Препознавање опасности (*hazard identification, HAZID*);
 - 2) Анализа ризика;
 - 3) Могућности за контролу ризика (*risk control options, RCO*);
 - 4) Процена трошкова и користи (*cost benefit analysis, CBA*);
 - 5) Препоруке.
- Смернице за употребу FSA методе у поступку стварања прописа **ИМО/МСС-МЕРС (2013)**.

Piper Alpha



1.3 Ризик

Formal Safety Assessment, FSA

1) Препознавање опасности (*hazard identification, HAZID*);

- Препознавање опасности које могу да доведу до несреће и рангирање према ризику које собом носе.
- Водити рачуна да процес обухвати све потенцијалне изворе несрећа, а не само познате опасности (оних које су се већ десиле).
- Спољне опасности: олује, лоша видљивост, присуство других бродова, итд.
- Опасности на броду: запаљиве материје у путничким кабинама, кухињи, товарном и машинском простору, кварови уређаја и система у машинском простору или на палуби, итд.
- Опасности због рада на палуби током пловидбе, рада са теретом, оправки на броду, и др.
- Рангирање опасности често се ослања на процену и расуђивање групе појединаца који се сматрају стручним и искусним.

1.3 Ризик

Formal Safety Assessment, FSA

1) Препознавање опасности (*hazard identification, HAZID*);

Индекси озбиљности последица несреће (SI)

SI	Последице	Последице по људе	Последице по брод	S*
1	Занемарљиве	Једна повреда или благе повреде	Оштећење опреме	0.01
2	Значајне	Више повреда или тешке повреде	Мање оштећење брода	0.1
3	Тешке	Један смртни случај или више тешких повреда	Теже оштећење брода	1
4	Катастрофалне	Више смртних случајева	Губитак брода	10

* број еквивалентних смртних случајева

Индекси учестаности несреће (FI)

FI	Последице	Дефиниција	F*
7	Често	Могуће једном месечно на једном броду	10
5	Врло вероватно	Могуће једном годишње у флоти од 10 бродова тј. неколико пута у радном веку брода	10 ⁻¹
3	Ретко	Могуће једном годишње у флоти од 1000 бродова тј. могуће у укупном радном веку неколико бродова	10 ⁻³
1	Изузетно ретко	Могуће једном у радном веку у флоти од 5000 бродова	10 ⁻⁵

* по брод-години

1.3 Ризик

Formal Safety Assessment, FSA

1) Препознавање опасности (*hazard identification, HAZID*);

Индекси озбиљности последица несреће везани за загађење мора нафтом

SI	Последице	Дефиниција
1	Категорија 1	Изливено мање од 1 t нафте
2	Категорија 2	Изливено између 1 t и 10 t нафте
3	Категорија 3	Изливено између 10 t и 100 t нафте
4	Категорија 4	Изливено између 100 t и 1000 t нафте
5	Категорија 5	Изливено између 1000 t и 10000 t нафте
6	Категорија 6	Изливено више од 10000 t нафте

1.3 Ризик

Formal Safety Assessment, FSA

1) Препознавање опасности (*hazard identification, HAZID*);

Индекси ризика (RI)

		Последице (SI)			
		1	2	3	4
FI	Учестаност	Занемарљиве	Значајне	Тешке	Катастрофалне
7	Често	8	9	10	11
6		7	8	9	10
5	Врло вероватно	6	7	8	9
4		5	6	7	8
3	Ретко	4	5	6	7
2		3	4	5	6
1	Изузетно ретко	2	3	4	5

1.3 Ризик

Formal Safety Assessment, FSA

2) Анализа ризика;

- Детаљна анализа узрока и последица најопаснијих сценарија уочених у HAZID фази, како би се издвојиле ситуације највишег ризика.
- Обично се користе методе које озбиљност несрећа везују за губитак људског живота.
- Ипак, последице несрећа могу бити и губитак брода или терета, или загађење животне средине.
- Индивидуални ризик: нпр. да ли ће се члан посаде оклизнути на мокрој палуби и повредити.
- Друштвени ризик: нпр. да ли ће се преврнути брод и однети више стотина људи у смрт.
- Друштвени ризик по правилу има нижи ниво прихватљивости.
- Ипак, индивидуалне повреде и смртни случајеви међу поморцима бројни, нарочито на теретним бродовима...

1.3 Ризик

Formal Safety Assessment, FSA

3) Могућности за контролу ризика (risk control options, RCO);

- Препознавање мера погодних за контролу ризика (*risk control measures, RCM*), које ће чинити основу будућих прописа.
- Проблеми који морају да буду под контролом:
 - све опасности које имају висок индекс ризика RI,
 - све опасности које имају највећу вероватноћу (без обзира на озбиљност последица),
 - све опасности које имају најозбиљније последице (без обзира на вероватноћу).
- Водити рачуна о поузданости података / извора / мишљења на основу којих су опасностима додељени одговарајући индекси SI и FI.
- Мере за контролу ризика треба да умање вероватноћу „квара“, „прекида рада“, „отказа“ (*failure*) – кроз пројектне, организационе или процедуралне мере – или последице таквог отказа, како не би дошло до несреће, или да умање последице саме несреће.

1.3 Ризик

Formal Safety Assessment, FSA

4) Процена трошкова и користи (*cost benefit analysis, CBA*);

- Колико кошта увођење неке RCO у односу на ефекте који би се тако постигли.
- Да ли је цена побољшања сигурности оправдана или превисока?
- CBA је квантитативна анализа чији се резултати изражавају у – новцу.
- Трошкови: једнократни (плаћају се једном, при увођењу нових мера) и они који се понављају током експлоатације брода.
- Укупни трошкови који су последица увођења нове (регулаторне) мере, током читавог радног века, закључно са повлачењем брода из службе, а које сnose све стране укључене у процес (бродовласници, бродарске компаније, Заставе, итд.).
- Добробит: мањи број жртава или повређених у несрећи, мање загађење животне средине, мања финансијска штета, повећање просечног радног века брода...

1.3 Ризик

Formal Safety Assessment, FSA

5) Препоруке.

- Препоруке надлежним телима која одлучују о увођењу нових или изменама постојећих прописа.
- Треба да буду препоручене оне RCO за које се може показати да умањују ризик до жељеног нивоа, али и да су исплативе.

1.3 Ризик

Коефицијент сагласности W (*concordance coefficient*)

- $0 < W < 1$
- $W = 0$ (потпуно неслагање), $W = 1$ (потпуна сагласност).
- $W > 0.7$ – добра сагласност, $W < 0.5$ – значајна разлика у мишљењу.

Трошкови спречавања несрећног случаја (*cost of averting a fatality, CAF*)

- Бруто (*gross cost of averting a fatality, GCAF*) и нето (*net cost of averting a fatality, NCAF*).

$$GCAF = \frac{\Delta C}{\Delta R} \quad NCAF = \frac{\Delta C - \Delta B}{\Delta R} = GCAF - \frac{\Delta B}{\Delta R}$$

- ΔC – трошкови увођења неке RCO (по броду);
- ΔR – смањење ризика (по броду) – број несрећних случајева који могу бити избегнути увођењем RCO;
- ΔB – економска добит (по броду) остварена захваљујући увођењу разматране RCO.
- $GCAF < 3$ мил. US\$, $NCAF < 3$ мил. US\$ (**ИМО/МСС-МЕРС, 2013**).

1.3 Ризик

Прихватљиви ниво ризика

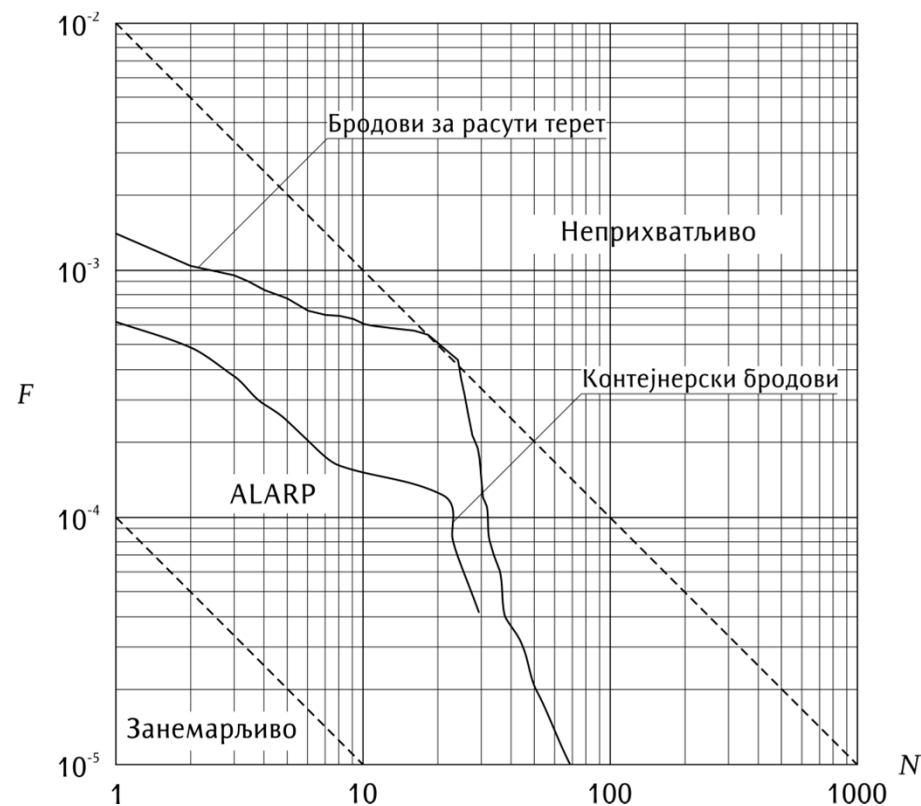
- Број смртних случајева (у некој области) на годишњем нивоу, стопа смртности (*fatal accidents rate*, FAR), број смртних случајева по несрећи (F-N криве), итд.
- ИМО: дозвољени ниво ризика треба да буде *најнижи могући*, али мере за смањење ризика не смеју да сувише оптерете додатним трошковима бродарску и бродограђевну индустрију.
- Ризик треба да буде ALARP (*as low as reasonably practicable*).
- F-N криве, на дијаграмима са логаритамским осама, представљају везу између учестаности F_N несрећа са N и више жртава, по броду, на годишњем нивоу, и самог броја жртава N .
- Границе неприхватљивог и занемарљивог ризика су за по један ред величине веће, односно мање од *просечној прихватљивој* нивоа ризика:

$$F_N = F_1 \cdot N^b$$

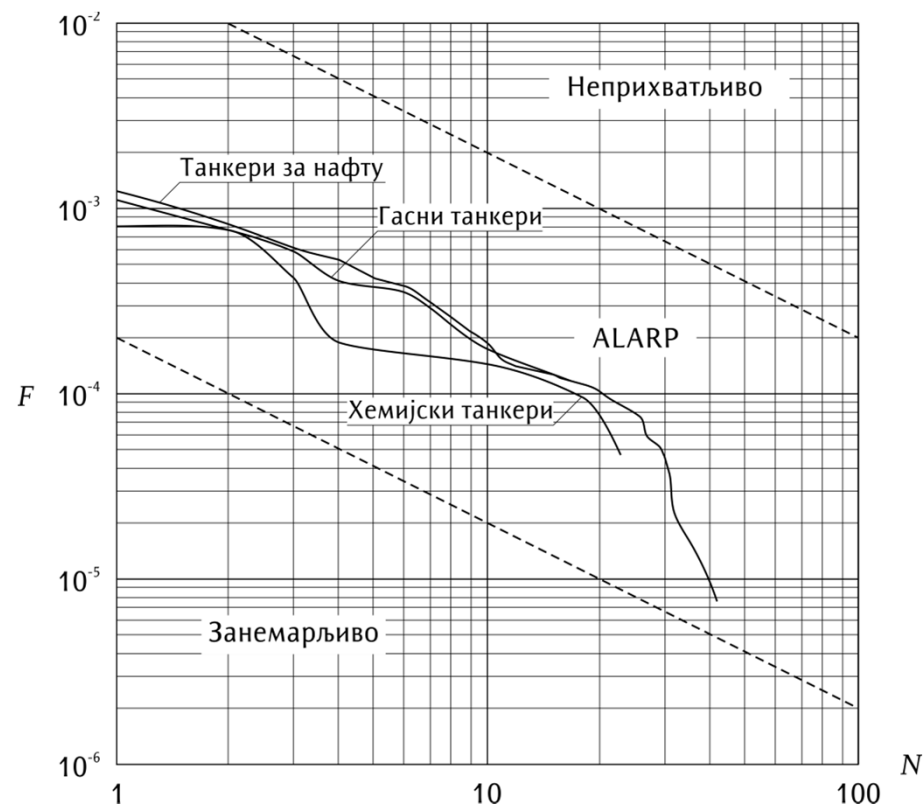
- где је: $b = -1$, а F_1 је учестаност несрећа са једном и више жртава.

1.3 Ризик

Formal Safety Assessment (FSA)



F-N криве за контејнерске и бродове за расути терет, за период 1978-1998, према **IMO/MSC (2000)**



F-N криве за различите типове танкера, за период 1978-1998, према **IMO/MSC (2000)**

SOLAS

Међународна конвенција о сигурности поморске пловидбе

О SOLAS-у

- Међународна конвенција о сигурности живота на мору (о сигурности морске пловидбе?)
International Convention for the Safety of Life at Sea
- Најзначајнија (и најстарија?) међународна конвенција о сигурности брода.
- Прва конвенција SOLAS усвојена је 20. јануара 1914. у Лондону.



Max Beckmann,
The Sinking of the Titanic,
1912-1913.

О SOLAS-у

- Конвенција је доживела још неколико издања: 1929. године, 1948. (SOLAS 1948), 1960. (SOLAS 60) и 1974. (SOLAS 74).
- Данас, званично: Измењени и допуњени текст конвенције SOLAS 74 и Протокола из 1988.
- Овде, неформално: SOLAS 2009 или SOLAS 2014.
- Конвенција SOLAS састоји се из два дела:
 - први – (технички) прописи о сигурности и обрасци сведочанстава (потврда о испуњености захтева прописа);
 - други (административног карактера) – списак сведочанстава која морају да буду на броду у свако доба и попис резолуција усвојених на SOLAS конференцијама.

Први део конвенције SOLAS:

Chapter I	Опште одредбе	✓
Chapter II-1	Преграђивање и стабилитет, машине и електро-инсталације	✓
Chapter II-2	Противпожарна заштита и гашење пожара	✓
Chapter III	Опрема за спасавање	✓
Chapter IV	Радио-везе	
Chapter V	Сигурност пловидбе	✓
Chapter VI	Превоз терета	✓
Chapter VII	Превоз опасних терета	
Chapter VIII	Бродови на нуклеарни погон	
Chapter IX	Управљање бродом ради сигурне експлоатације	
Chapter X	Сигурност брзих јединица	
Chapter XI-1	Посебне мере за побољшање сигурности на мору	✓
Chapter XI-2	Посебне мере за побољшање сигурности на мору	
Chapter XII	Додатне мере сигурности бродова за превоз расутог терета	✓

Примена

- SOLAS се примењује само на бродове који учествују у међународној пловидби ([Ch. 1, Part A, Reg. 1: Application](#)).
- Изузете су следеће категорије:
 - ратни бродови,
 - теретни бродови бруто тонаже мање од 500 бруто тона (GT),
 - бродови без механичког погона,
 - дрвени бродови примитивне градње,
 - бродови за рекреацију (*pleasure craft*) који се не користе као трговачки бродови,
 - рибарски бродови.

Бродови тонаже до 500 GT

- Мали бродови... али има их много.
- 7000 теретних бродова (9% светске флоте) + 14500 реморкера + 3500 путничких бродова + 4500 бродова-снабдевача, чупача сидара и сл. > 30% светске флоте (**Equasis Statistics, 2014**).
- Мали бродови угрожени на отвореном мору, у олујама...
- Посебни прописи...

Рибарски бродови

- Једно од најопаснијих занимања... Висока стопа смртности, честе повреде...
- Нису обухваћени SOLAS-ом ни Међународном конвенцијом о теретној водној линији.
- Нема јединствених прописа о сигурности рибарских бродова.
- Торемолинос конвенција (усвојена 1977. године) још увек нема довољно потписника да би ступила на снагу.
- Уместо међународних, национални прописи и правила класификационих друштава.
- Прописи, у великој мери, уједначени (бар у развијеним земљама), али разлике ипак постоје.

SOLAS и правила класификационих друштава

- Практично сви морски бродови имају класу, али... класа није обавезна!
- Поред тога што треба да задовољи прописе конвенције, *брод треба да буде пројектован, израђен и одржаван у складу са захтевима класификационог друштва* које признаје Застава, ИЛИ у складу са националним прописима Заставе којима се постиже једнак ниво сигурности“ ([Ch. II-1, Part A-1, Reg. 3-1: Structural, mechanical and electrical requirements for ships](#)).
- ИМО не обавезује бродоградитеља / бродовласника да ангажује класификационо друштво.
- Али... такав брод није лако осигурати + бродоградитељ / бродовласник не могу да користе искуство класификационих друштава у пројектовању и градњи бродова, машинским и електричним инсталацијама, бродским системима ([Kuo, 2007](#)).

2.1 Стабилитет неоштећеног брода

- SOLAS настао као реакција на несрећу Титаника... У свим верзијама, посебна пажња посвећена преграђивању и непотопивости, односно стабилитету путничких бродова у оштећеном стању.
- Према међународним прописима, прорачун стабилитета неоштећеног брода (*intact stability*) дуго није био обавезан.
- Стабилитет се проверавао само ако су то захтевали национални регистри или класификациона друштва.
- Први национални прописи о стабилитету уведени су у Совјетском Савезу, 1947. године, кроз правила Регистра СССР-а (**Kobylnski & Kastner, 2003**).
- Националним прописима нису били обухваћени сви бродови... Неуједначени прописи...
- Неке државе уопште нису предвиђале прорачун стабилитета.
- Крајем 2008. усвојени су амандмани на SOLAS који су омогућили да прописи захтевају, уместо да препоручују, да се стабилитет теретних и путничких бродова дужих од 24 m прорачунава према тзв. 2008 IS Code (*International Code on Intact Stability*).
- Прорачун стабилитета брода у неоштећеном стању, према међународним прописима, постао је обавезан тек 1. јула 2010. године!

2.1 Стабилитет неоштећеног брода

- Интегрални текст, резолуција **IMO/MSC (2008a)** и тумачења **IMO/MSC (2008b)**.
- Основни захтеви обухватају (**Ch. II-1, Part B-1, Reg. 5: *Intact stability information***):
 - проба накретања за све теретне бродове дуже од 24 m и путничке бродове без обзира на дужину;
 - периодична провера масе лајтшипа у интервалима не дужим од пет година и разлоге због којих пробу накретања треба поновити;
 - постављање газних марки на прамцу и крми (не и места на која их треба поставити); ако је загазнице тешко читавати, брод треба да буде опремљен посебним системом за читавање газа на прамцу и крми.
- На основу прорачуна стабилитета брода у неоштећеном стању и у предвиђеним случајевима оштећења одређује се крива MG_{min} (или VCG_{max}) у функцији газа.
- То је најважнији део *информација о стабилитету* које треба да буду на располагању заповеднику (**Ch. II-1, Part B-1, Reg. 5-1: *Stability information to be supplied to the master***).

2.1 Стабилитет неоштећеног брода

- 2008 IS Code се састоји из два дела: А (обавезни критеријуми) и В (препоруче за одређене типове бродова и додатне смернице).
- Обавезни критеријуми стабилитета (Поглавље 2, део А):
 - карактеристике криве крака стабилитета (*статички* критеријуми),
 - динамички стабилитет брода под дејством олујног ветра и таласа (Критеријум временских услова).
- Поглавље 3, посебни (додатни) критеријуми за: путничке бродове, танкере за превоз нафте масе дедејта веће од 5000 t, бродове за превоз дрвета, бродове за превоз житарица у расутом стању и брзе бродове.
- Поглавље 3 махом упућује на друге релевантне ИМО документе.
- Путнички бродови: статички углови нагиба услед гомилања путника на једном боку односно услед накретања брода при скретању не већи од 10°.

2.1 Стабилитет неоштећеног брода

- Поглавље 1 – једна страна, али... уводи појам динамичког стабилитета брода на таласима.
- Прописи препознају потенцијално опасне појаве везане за:
 - промену криве крака стабилитета на таласима,
 - резонантно ваљање брода који је изгубио способност управљања (*dead ship condition*),
 - броучинг (*broaching*) и друге феномене везане за маневрисање на таласима.
- Ове појаве називају се начинима губитка стабилитета (*modes of stability failure*).
- 2008 IS Code предвиђа могућност да национална регулаторна тела траже проверу сигурности брода у описаним условима.
- Друга генерација критеријума стабилитета неоштећеног брода (*Second Generation Intact Stability Criteria*).

2.1 Стабилитет неоштећеног брода

- Прорачуном стабилитета добијамо статичке и динамичке углове накретања.
- Треба спречити велике углове нагиба, наплављивање кроз незаштићене отворе и превртање.
- Превртање је *редак гоџајај!*
- Међутим... Велики углови нагиба ($> 0.1 \text{ rad}$) могу бити безопасни за стабилитет али могу да утичу на рад бродских уређаја и опреме.

Главни и помоћни мотори

- Главни пропулзивни комплекс и помоћни мотори и уређаји треба да буду пројектовани тако да функционишу до угла статичког нагиба од 15° , односно до 22.5° при динамичком накретању (ваљању) и истовременом посртању амплитудом од 7.5° ([Ch. II-1, Part C, Reg. 26: General - Machinery installations](#)).
- При већим угловима, заповедник не треба да рачуна на исправан рад ових уређаја!
- Поморске несреће: прекиди рада главног мотора, кормиларског уређаја и др. услед ваљања великим амплитудама.

2.1 Стабилитет неоштећеног брода

Чамци за спасавање

- *International life-saving appliance code, LSA Code (IMO/MS~~C~~,1996)*: чамци за спасавање са слободним падом по поринућу не смеју да дођу у контакт са бродом ако су претега или затега највише 10°, а угао нагиба није већи од 20°.
- И *обични* чамци за спасавање треба да буду сигурно спуштени при нагибу не већем од 20°.
- При већим угловима, спуштање чамаца отежано или немогуће.

Водонепропусна врата

- Водонепропусна врата нису пројектована тако да функционишу при угловима нагиба > 15° (Ch. II-1, Part B-2, Reg. 13: *Openings in watertight bulkheads below the bulkhead deck in passenger ships*).

2.1.1 Статистички критеријуми стабилитета

- Развој статистичких критеријума заснива се на радовима Рахоле (Rahola) из 1930-их.
- Докторска дисертација **Rahola (1939)**.
- Рахола је анализирао h -криве 14 бродова који су се преврнули у периоду од 1870. до 1938.
- На основу опсега стабилитета, угла при којем се постиже максимум криве и вредности h -криве за углове од 15° , 20° , 30° и 40° , закључио како треба да изгледа „добра“ крива.
- Ранији покушаји *стандардизације* крака стабилитета...
- 1884. године, сер Арчибалд Дени (Denny), након несреће брода *Captain*, предложио да минимална метацентарска висина (ратних) бродова буде 0.8 стопа.
- 1894. године, у Немачкој, пошто се шест бродова преврнуло током олује на Северном мору: опсег стабилитета треба да буде најмање 60° , а максимум h -криве да одговара углу (већем) од 30° .
- 1913.-1914. Бењамин (Benjamin): опсег стабилитета не мањи од 60° , максимум крака не мањи од 0.3 m, при углу не мањем од 40° , али предложио и да се дефинише и e -крива.
- Свим предлозима су претходиле значајне несреће.

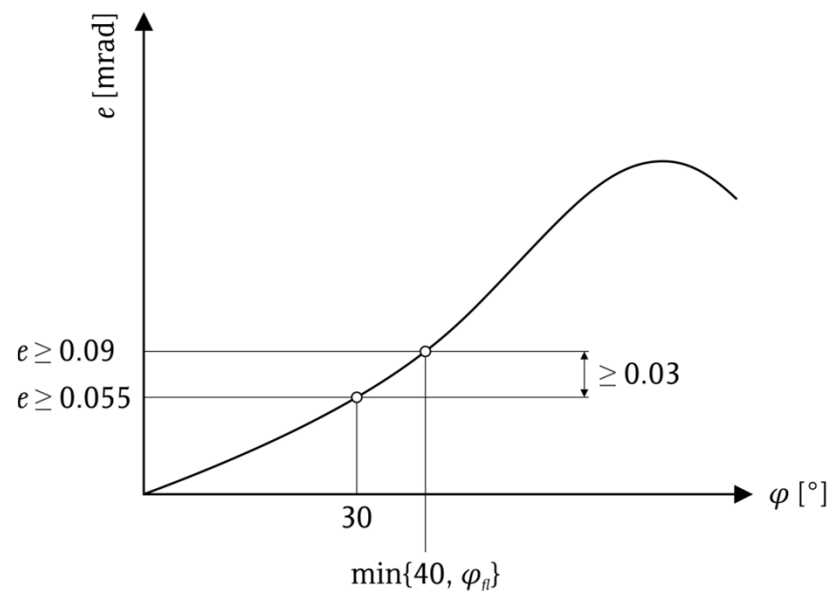
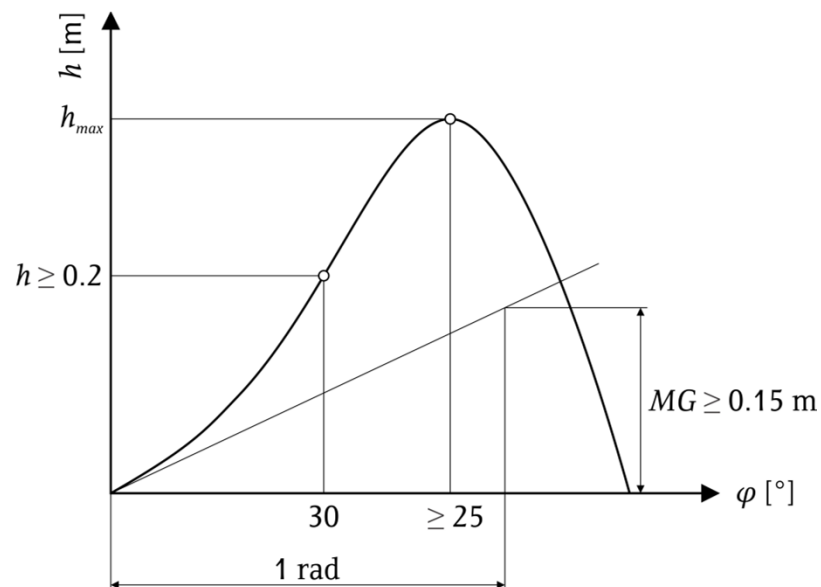
2.1.1 Статистички критеријуми стабилитета

- Идеје Рахоле и Бењамина неколико деценија касније усвојио је ИМО у изради првих модерних критеријума стабилитета.
- Први статистички критеријуми на нивоу ИМО: Резолуције A.167(ES.IV), **ИМО (1968a)** и A.168(ES.IV), **ИМО (1968b)**.
- Критеријуми поново анализирани 1985. године, на основу веће базе података коју је чинило 166 бродова дужине до 100 m.
- База података: 73 рибарска брода, 10-ак бродова специјалне намене, 80 теретних бродова и само један *шереџи* и *пушнички*.
- У 85% несрећа учествовали су бродови дужине до 60 m.
- Око 40% на бочним таласима, око 30% на уздужним, 20% на косим. Мање од 10% на мирној води.
- Критеријуми остали неизмењени и након поновне анализе и потпуно су исти и у 2008 IS Code-у, иако се односе и на све типове путничких бродова и на много веће бродове.
- Прописи, а не препоруке...

2.1.1 Статистички критеријуми стабилитета

Минималне карактеристике h -криве:

- Вредност криве крака стабилитета треба да буде најмање 0.2 m при углу нагиба $\geq 30^\circ$.
- Максимум криве крака стабилитета треба да одговара углу нагиба $\geq 25^\circ$.
- Крива пута стабилитета до угла од 30° треба да буде најмање 0.055 mrad.
- Крива пута стабилитета до угла од 40° (или до угла наплављивања уколико је мањи од 40°) треба да буде најмање 0.09 mrad.
- Разлика вредности криве пута стабилитета које одговарају угловима нагиба од 40° (или углу наплављивања уколико је мањи од 40°) и 30° треба да буде најмање 0.03 mrad.
- Почетна метацентарска висина мора бити ≥ 0.15 m.



2.1.1 Статистички критеријуми стабилитета

- Угао наплављивања – угао нагиба при којем у воду улазе отвори у труп, надграђу, палубним кућицама и сл. који се не могу затворити тако да буду непропусни на непогоде.
- *Мали* отвори се могу сматрати затвореним, ако њиховим посредством брод не може да се незадрживо наплављује (*progressive down-flooding*).

2.1.1 Статистички критеријуми стабилитета

Критика статистичких критеријума

- Анализирани бродови врло различити, како према типу, тако и према величини, стању оптерећења, старости, и др.
- Утицај временских прилика потпуно је занемарен: висина и правац простирања таласа, брзина ветра (ако су и познати) не узимају се у обзир.
- Није извесно да бродови, чији се стабилитет сматра *добрим* јер нису претрпели несрећу, то неће никада доживети.

Bird & Odabasi (1975)

- Статистички критеријуми немају физичку утемељеност.
- Ниво сигурности који се данас остварује њиховом применом је непознат.

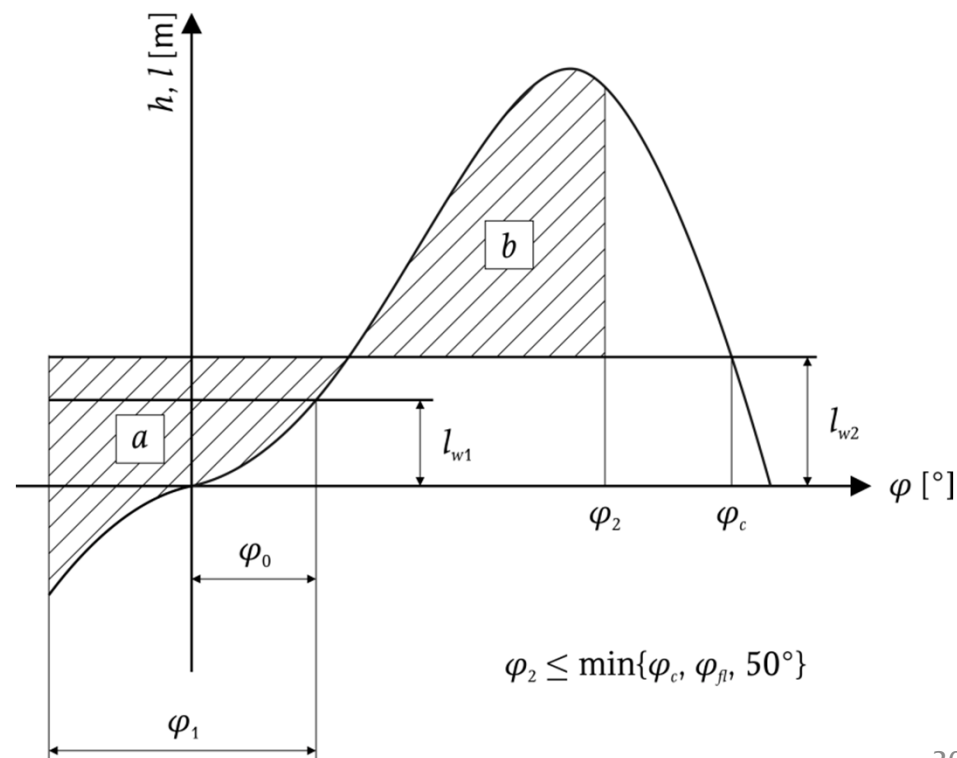
Francescutto (2002)

2.1.2 Критеријум временских услова

- Критеријум временских услова (*weather criterion*) или критеријум олујног ветра и ваљања (*severe wind and rolling criterion*).
- Динамички стабилитет у олуји, брода чији је пропулзивни комплекс у квару (*dead ship condition*), због чега заповедник не може да промени курс.
- Брод треба да остане сигуран у околностима које су ван контроле посаде.
- Када су у питању други начини губитка стабилитета (параметарска резонанца ваљања, броучинг и др.) претпоставља се да брод може да се креће, тј. да бродом може да се управља. Заповеднику се саветују промена курса и/или смањење брзине, за шта постоје и упутства, **IMO/MSC (2007f)** и **BVBS (2006)**.
- Зашто не критеријум олујног ветра и таласа (*severe wind and waves*)?
- Утицај таласа се не узима у обзир непосредно већ преко амплитуде ваљања φ_1 .

2.1.2 Критеријум временских услова

- Критеријум временских услова је полу-емпиријског карактера.
- Заснива се на физичком процесу описаном законима механике, али...
- Користи се низ искуствених претпоставки.
- Како је изведен израз за амплитуду резонантног ваљања φ_1 ?
- Због чега се користи притисак ветра од 504 Па?
- Како је одређена јачина удара ветра?
- ...



2.1.2 Критеријум временских услова

- Критеријум се заснива на јапанском критеријуму стабилитета с краја 50-их година XX века (**Yamagata, 1959**) који је интегрисан са прописом који је био у употреби у СССР-у.

- Амплитуда ваљања брода (*rollback angle*):

$$\varphi_1 = 109 \cdot k X_1 X_2 \sqrt{rs}$$

- Утицај геометрије трупа и љуљних кобилица. Активни стабилизатори се не узимају у обзир.
- Коефицијент s је однос висине и дужине таласа (*wave steepness*):

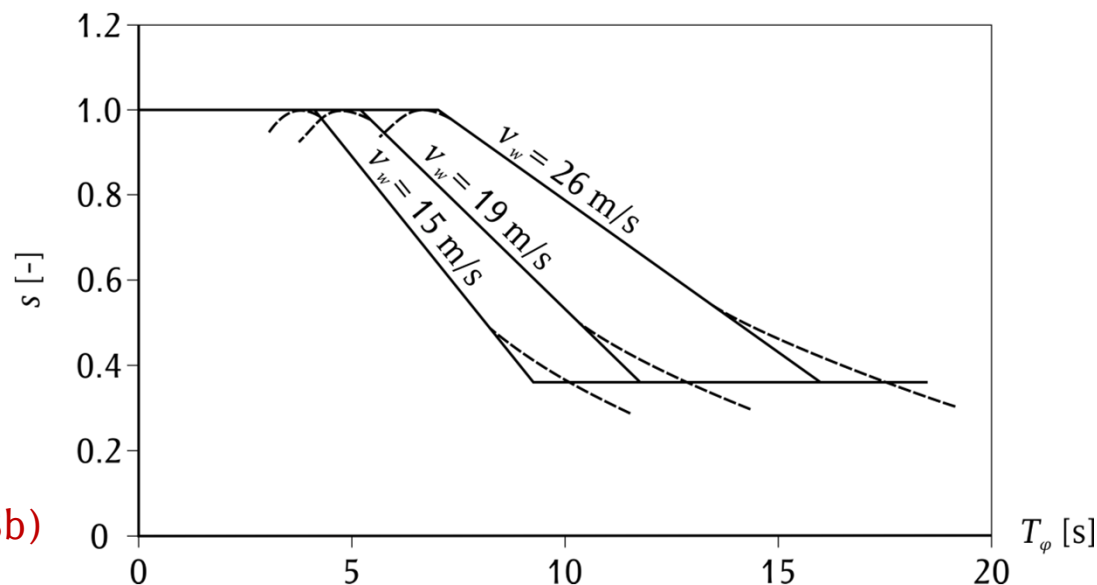
$$s = \frac{H_T}{\lambda_T} = \frac{2k_T A_T}{2\pi} = \frac{\alpha_0}{\pi}$$

- Фактор ефективног нагиба таласа r :

$$r = 0.73 \pm 0.6 \frac{OG}{d}$$

2.1.2 Критеријум временских услова

- На основу рада Свердрупа (Sverdrup) и Манка (Munk) из 1947. успостављена веза између нагиба нерегуларних таласа s и брзине ветра.
- За задату брзину ветра, веза нагиба s и периода таласа T_T
- Под претпоставком резонантног ваљања ($T_T = T_\varphi$), нагиб таласа и сопствени периода ваљања брода T_φ (слика).
- Ако је познато T_φ , следи нагиб таласа на којима се брод резонантно ваља.
- Коефицијент s у виду табеле у функцији T_φ .



IMO/MSC (2008b)

2.1.2 Критеријум временских услова

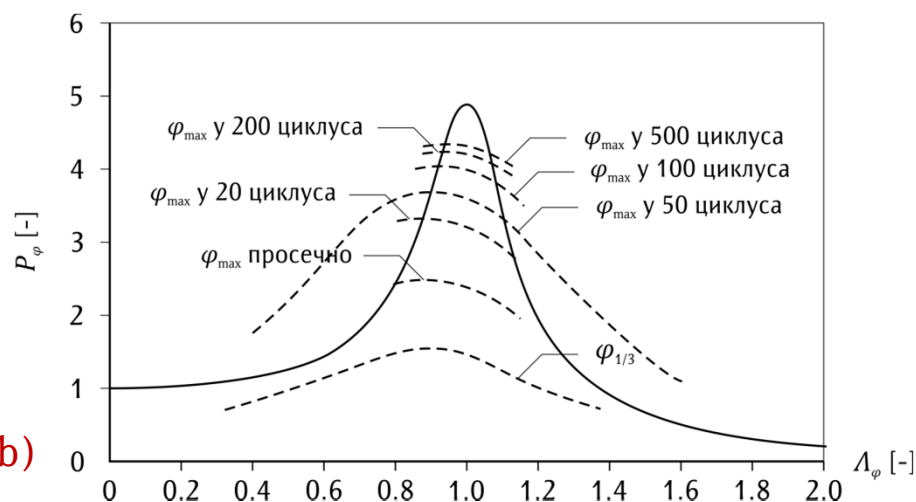
- У јапанском критеријуму стабилитета (**Yamagata, 1959**), амплитуда резонантног ваљања на регуларним таласима:

$$\varphi_1 = \sqrt{\frac{\pi r \alpha_0}{2 N_\varphi}} \quad \alpha_0(^{\circ}) = 180 \cdot s$$

- Колика је амплитуда резонантног ваљања на нерегуларним таласима истог средњег периода и значајне висине?
- Ватанабе (Watanabe), 1956. — максимална амплитуда током 50 периода ваљања на нерегуларним таласима мања је за око 30% од резонантне амплитуде на регуларним таласима (слика).

$$\varphi_1 = 0.7 \sqrt{\frac{\pi r \alpha_0}{2 N_\varphi}} = \sqrt{\frac{138 \cdot r s}{N_\varphi}}$$

IMO/MSC (2008b)



2.1.2 Критеријум временских услова

- Бертинов (Bertin) коефицијент пригушења ваљања $N_\varphi = 0.02$ – средња вредност експериментално добијених коефицијената пригушења бродова са љуљним кобилицама за амплитуду ваљања од 20° (**IMO/MSC, 2008b**).

$$\varphi_1 = \sqrt{6900 \cdot rs}$$

- Недостатак формуле је у томе што у себи не садржи утицај форме трупа.
- Због тога је интегрисана са обрасцем Регистра морских бродова СССР-а за максималну амплитуду која се јавља током 50 периода ваљања:

$$\varphi_a = kX_1X_2 \cdot \varphi_{as}$$

- Амплитуда ваљања *стандардној* брода:

$$\varphi_{as} = f \left(\frac{\sqrt{M_0 G}}{B} \right)$$

2.1.2 Критеријум временских услова

- Предложена формула (**IMCO/STAB, 1982**):

$$\varphi_1 = \frac{kX_1X_2}{C} \cdot \sqrt{6900 \cdot rs}$$

- Коефицијент C одређен за *просечни* брод за који важи:

$$B/d = 2.9 \rightarrow X_1 = 0.91$$

$$C_B = 0.6 \rightarrow X_2 = 0.95$$

$$\frac{A_k}{LB} = 0.02 \rightarrow k = 0.88$$

$$\Rightarrow C = kX_1X_2 = 0.88 \cdot 0.91 \cdot 0.95 = 0.76$$

- Коначно:

$$\varphi_1 = \frac{\sqrt{6900}}{0.76} kX_1X_2 \sqrt{rs} = 109 \cdot kX_1X_2 \sqrt{rs}$$

2.1.2 Критеријум временских услова

- Крак момента ветра, одговара ветру константног притиска $P = 504 \text{ Pa}$:

$$l_{w1} = \frac{P \cdot A \cdot z}{1000 \cdot g \cdot \Delta}$$

- Притисак ветра:

$$P = \frac{1}{2} \rho_w C_w v_w^2$$

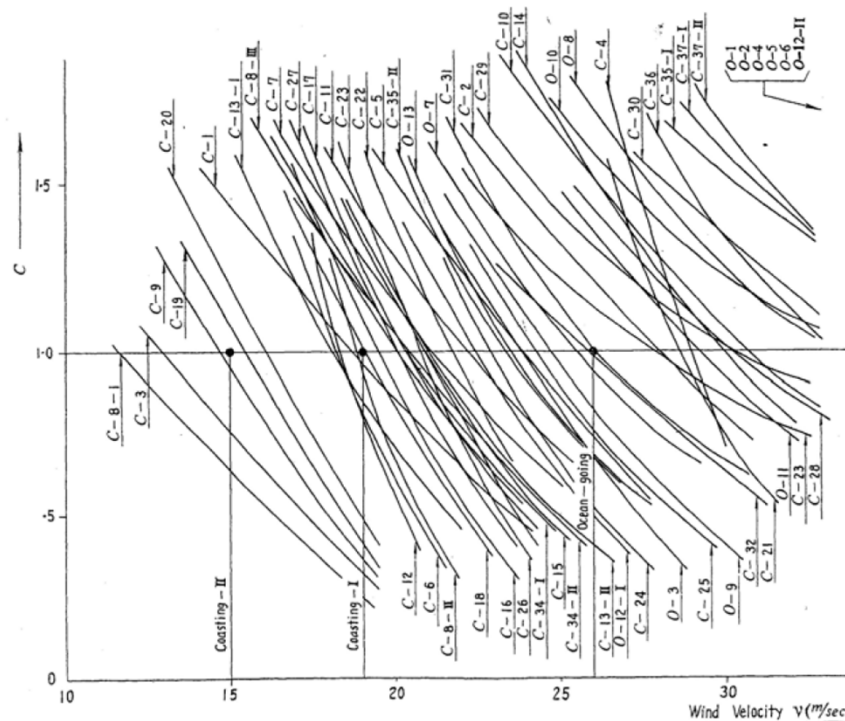
- C_w је коефицијент момената накретања:

$$C_w = C_D \cdot \frac{l_w}{z}$$

- Вредности коефицијента отпора ваздуха C_D и односа крака момента ветра l_w и вертикалног растојања z тежишта надводне и подводне латералне површине брода из јапанског критеријума динамичког стабилитета.
- Делом моделским испитивањима јапанских бродова, а делом на основу литературе, одређено је: $C_D = 0.95 \div 1.28$, а да је $l_w / z \approx 1.2$, на основу чега је усвојено $C_w = 1.22$.
- Ова вредност се задржала до данас, иако се заснива на веома старим бродским формама!

2.1.2 Критеријум временских услова

- За $P = 504 \text{ Pa}$, $C_w = 1.22$ и $\rho_w = 1.22 \text{ kg/m}^3$ — $v_w = 26 \text{ m/s}$.
- Критична брзина ветра није одређена статистичком анализом података о ветру, већ анализом динамичког стабилитета 50 бродова под дејством константног ветра.
- При овој брзини ветра, расположива потенцијална енергија стабилитета бродова који су се преврнули, или су познати по *лошем* стабилитету, мања је од рада одговарајућег момента накретања ветра.



IMO/MSC (2008b)

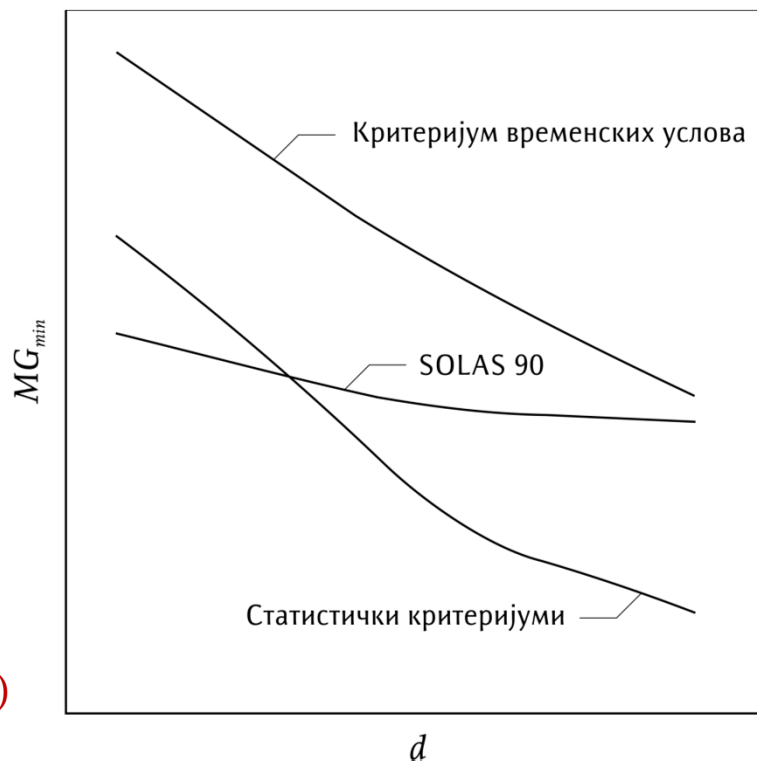
2.1.2 Критеријум временских услова

- Јачина удара ветра (*gustiness*) или *маховићоси* (Рибар) одређена на основу мерења у Јапану (Ватанабе).
- Амплитуда удара ветра у просеку је била 1.23х већа од средње брзине ветра током мерења → крак момента ветра l_{w2} је 1.5х већи од l_{w1} ($1.23^2 \approx 1.5$).
- Динамички угао накретања је ограничен до најмањег између углова превртања, наплављивања и 50°... Зашто 50°?
- Пјероте (Pierrottet) 1935., *Norme de stabilité pour les navires* – претеча Критеријума временских услова.
- Угао од 50° Пјероте је везао за померање терета.
- Сувише благо? Боље 40° или чак 35°?
- Критика сер Арчибалда Денија и Пјеротеов одговор...

2.1.2 Критеријум временских услова

Савремена критика Критеријума временских услова

- Примена Критеријума на велике путничке бродове (**Francescutto & Serra, 2001 и 2002**).
- Прорачун стабилитета типичних великих путничких бродова ($L_{pp} > 200$ m) са великим односима B/d и OG/d и дугим периодима ваљања показао је да су захтеви Критеријума временских услова сувише строги за ове бродове (слика).



Francescutto (2007)

2.1.2 Критеријум временских услова

Савремена критика Критеријума временских услова

- Резонантна амплитуда ваљања по формули:

$$\varphi_1 = 109 \cdot kX_1X_2\sqrt{rs}$$

- Већа од вредности добијене експериментима!
- Код великих путничких бродова обично је $B/d > 4$, док су вредности коефицијента X_1 , добијене на основу бродова код којих је овај однос $B/d < 3.5$.
- Код великих (али и код веома малих) путничких бродова $OG/d > 1$, док је фактор ефективног нагиба таласа r добијен је на основу бродова код којих је $-0.3 < OG/d < 0.5$. Моделска испитивања ро-ро бродова и крузера ([Francescutto & Serra, 2002](#) и [Bertaglia et al, 2004](#)) показала су да су вредности ефективног нагиба таласа значајно мање од оних добијених формулом.
- Код великих крузера $T_\varphi > 20$ s, тј. ван опсега вредности бродова на основу којих је формирана формула за амплитуду резонантног ваљања.

2.1.2 Критеријум временских услова

Савремена критика Критеријума временских услова

- 2008 IS Code: амплитуда резонантног ваљања φ_1 и крак момента ветра l_{w1} могу да се одреде експериментално, у складу са процедуром описаном у Привременим смерницама **IMO/MSC (2006)** и Тумачењима ових смерница **IMO/MSC (2007e)**.
- Алтернативни поступак односи се првенствено на бродове чији су сопствени периоди ваљања и односи B/d и OG/d ван опсега предвиђених Критеријумом, али, уз сагласност Заставе, могу да се користе и за друге бродове.

2.1.2 Критеријум временских услова

Савремена критика Критеријума временских услова

- Моделска испитивања и нумерички експерименти указују на неконзистентност постојећих критеријума стабилитета... Бродови остварују врло различите нивое сигурности упркос томе што задовољавају прописе.
- Испитивање стабилитета фидера, ро-ро теретног брода и великог путничког брода: вероватноћа губитка стабилитета бродова са минималном метацентарском висином, одређеном на основу Критеријума временских услова, разликује за три реда величине (Hofman & Bačkalov, 2005).
- Беленки (Belenky) је показао да вероватноћа превртања 17 бродова (прорачуната за три стања крцања) може да се разликује за пет редова величине, упркос томе што је у свим случајевима био задовољен минимум критеријума о стабилитету (Kobylnski & Kastner, 2003), итд.

Франческуто: *У Критеријуму временских услова све је појединачно, али сам Критеријум функционише!*

2.2 Преграђивање и стабилитет оштећеног брода

- SOLAS 2009: уместо детерминистичких прописа и прорачуна криве наплављивих дужина – хармонизовани пробабилистички прописи о непотопивости и стабилитету оштећеног брода.
- Зашто *хармонизовани*? Касније...
- Задржани су неки детерминистички елементи.
- Пробабилистички прописи односе се на теретне бродове дуже од 80 m и путничке бродове без обзира на дужину.
- Путнички бродови:
 - бродови за превоз путника и (њихових) возила, RoPax (*roll-on roll-off passenger ships*),
 - бродови за туристичка крстарења (*cruise vessels*).
- Теретни бродови:
 - контејнерски бродови,
 - бродови за превоз генералног терета,
 - ро-ро теретни и бродови за превоз аутомобила (*car carriers*),
 - бродови (за расути или генерални терет) који имају редуковано надвође и носе терет на палуби,
 - неки специјални типови бродова.

2.2 Преграђивање и стабилитет оштећеног брода

- Непотопивост следећих типова бродова (и неких специфичних пловила) према другим, детерминистичким ИМО инструментима:
 - танкера за превоз нафте, према Анексу I **MARPOL** конвенције,
 - хемијских танкера, према *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk* (IBC Code),
 - бродова за превоз гаса у течном стању, према *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk* (IGC Code),
 - бродова који задовољавају Пропис 27 *International Convention on Load Lines* (ICLL),
 - бродова-снабдевача, према *Guidelines for the Design and Construction of Offshore Supply Vessels*,
 - брзих јединица, према *International Code of Safety for High-Speed Craft* (HSC Code).

2.2 Преграђивање и стабилитет оштећеног брода

Детерминистички прописи о непотопивости

- Стабилитет брода у стању оштећења (1, 2 или 3 суседна одељења) треба да буде задовољавајући без обзира на то где се разматрана одељења налазе.
- Прописана је величина (дужина, висина и дубина) претпостављеног оштећења.
- Крива крака стабилитета оштећеног брода треба да испуњава одређене критеријуме при наплављивању било којег одељења (или било која два или три суседна одељења).
- Ако критеријуми у било којем разматраном случају оштећења нису задовољени, потребно је додатно (или другачије) преграђивање.

Пробабилистички прописи о непотопивости

- Вероватноћа оштећења оплате не мора да буде иста ни дуж брода, ни по висини трупа.
- Димензије и место оштећења подлежу одређеним расподелама вероватноће.
- Заснивају се на статистичким подацима о оштећењима на бродовима током релевантног раздобља.
- Рачуна се вероватноћа да ће наплављени брод бити стабилан (да ће *ојсташти* након оштећења), што зависи од тога у којој мери крива крака стабилитета оштећеног брода задовољава утврђене критеријуме.

2.2 Преграђивање и стабилитет оштећеног брода

Детерминистички прописи о непотопивости према SOLAS 74

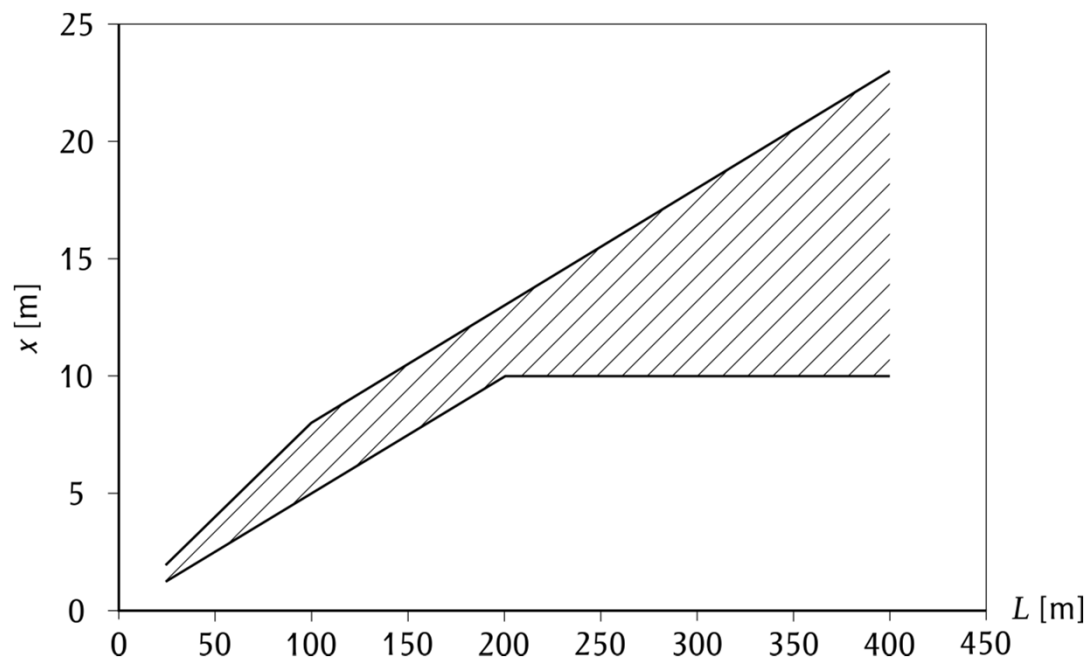
- Стабилитет оштећеног путничког брода треба да буде задовољавајући при продору у одељења чији број (једно, два или три суседна одељења) зависи од степена преграђивања, тј. од фактора F ; што је фактор преграђивања мањи, то је претпостављени број оштећених одељења већи.
- Стабилитет се процењује на основу:
 - метацентарске висине оштећеног брода (у случају симетричног продора)
 - статичког угла нагиба (у случају несиметричног продора).
- Максимална дужина претпостављеног продора је 10.67 m (35 ft), осим у случајевима када треба проверити непотопивост брода при истовременом оштећењу три суседна одељења — тада се продор, по потреби, продужава, како би обухватио две узастопне попречне водонепропусне преграде.
- По висини, величина оштећења није ограничена.
- Предвиђена дубина оштећења је $B/5$.

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Бродови треба да буду *ефикасно* преграђени, а степен преграђивања зависи од намене и од (преградне) дужине брода и то тако да највиши степен преграђивања одговара бродовима највеће дужине који првенствено превозе путнике ([Ch. II-1, Part B, Reg. 4: General – Subdivision and stability](#)).
- Прописе прате Тумачења **IMO/MSC (2008)**.
- Положај и број преграда нису одређени.
- Преграђивање брода према пробабилистичким правилима – *largely unguided subdivision*.
- Сваки брод ипак мора да има одређене водонепропусне преграде ([Ch. II-1, Part B-2, Reg. 12: Peak and machinery space bulkheads, shaft tunnels, etc.](#)).
- Машински простор треба да буде одвојен од складишта и стамбених просторија, преградама водонепропусним до преградне палубе.
- Брод мора да има колизиону преграду, која је водонепропусна до преградне палубе.
- У водонепропусним преградама могуће је правити отворе (затворене водонепропусним вратима или поклопцима), али кроз колизиону преграду, испод преградне палубе, сме да пролази само једна цев са вентилом са вретеном који се налази унутар прамчаног пика.
- Статвена цев треба да буде у водонепропусном простору *невелике зајремине*.

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Удаљеност колизионе преграде од прамчаног перпендикулара x треба да буде у прописаним границама (слика).



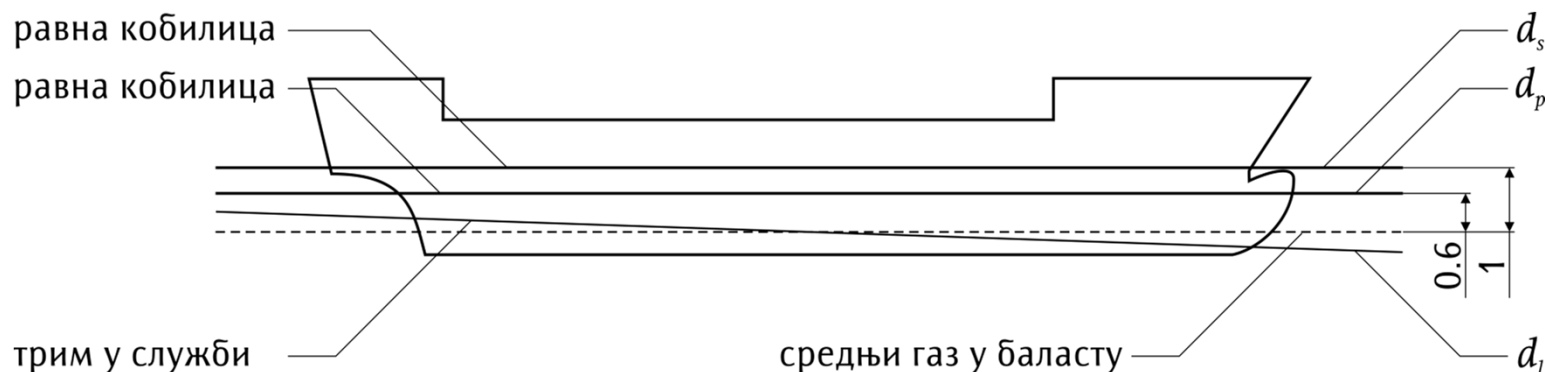
- Ако на броду (као на ро-ро бродовима) постоји дуго надграђе на прамчаном делу (*long forward superstructure*), онда колизиона преграда треба да буде продужена до наредне палубе изнад преградне.
- У том делу, колизиона преграда може бити непропусна на непогоде.

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Пробабилистички услов непотопивости:

$$A \geq R$$

- Остварени индекс преграђивања A (*Attained index of subdivision*) треба да буде већи од захтеваног индекса преграђивања R (*Required index of subdivision*).
- Прорачун оствареног индекса преграђивања спроводи се за три газа (слика):
- d_s , *deepest subdivision draft*, који одговара теретној водној линији;
- d_l , *light service draft*, одговара броду у баласту (празном теретном броду са 10% залиха односно путничком броду у *голаску*, са путницима и 10% залиха).
- d_p , *partial subdivision draft*, који се рачуна као: $d_p = d_l + 0.6 \cdot (d_s - d_l)$



2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Коефицијенти наплавлјивости ([Ch. II-1, Part B-1, Reg. 7-3: Permeability](#)).
- Коефицијенти наплавлјивости товарног простора, према терету и за сваки прорачунски газ.

Врста терета	d_s	d_s	d_s
Суви терет	0.70	0.80	0.95
Контејнери	0.70	0.80	0.95
Возила	0.90	0.90	0.95
Течни терет	0.70	0.80	0.95
Дрво и дрвна грађа	0.35	0.70	0.95
Струготина	0.60	0.70	0.95

- Коефицијенти наплавлјивости осталих простора на броду.

Складишта	0.60
Стамбене просторије	0.95
Машински простори	0.85
Празни простори	0.95
Простори намењени за течности	0 или 0.95

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Сваком газу одговара по један *парцијални* индекс преграђивања (Ch. II-1, Part B-1, Reg. 7: *Attained subdivision index A*).
- Парцијални индекси преграђивања појединачно морају бити већи од $0.9R$ код путничких бродова, односно $0.5R$ код теретних бродова.
- Укупни остварени индекс преграђивања одражава чињеницу да брод само део радног века проведе на газу за који је пројектован:

$$A = 0.4A_s + 0.4A_p + 0.2A_l$$

- Индекс преграђивања: вероватноћа да ће брод опстати тј. да ће стабилно пливати након наплављивања, услед оштећења која се могу очекивати приликом судара.
- Парцијални индекси преграђивања рачунају се на следећи начин:

$$A_c = \sum_{i=1}^t p_i [v_i s_i]$$

- p_i – вероватноћа наплављивања одељења или групе одељења,
- v_i – вероватноћа да водонепропусна палуба / хоризонтална преграда изнад анализираног одељења или групе одељења неће бити оштећена,
- s_i – вероватноћа опстанка брода након разматраног оштећења при датом газу.

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

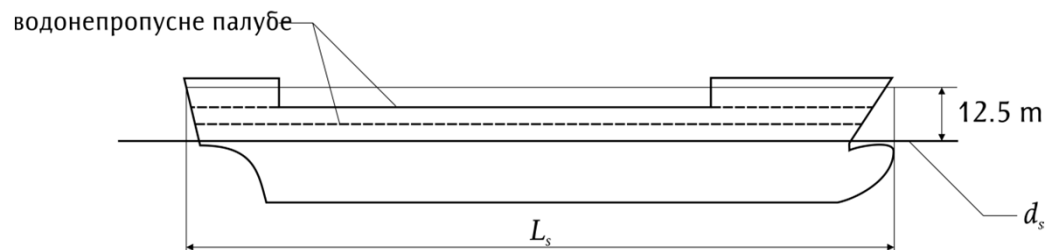
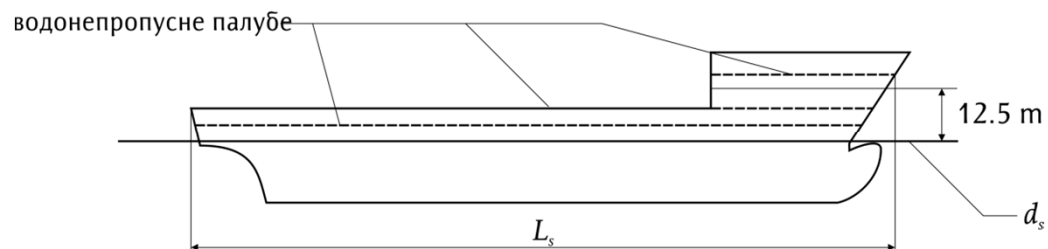
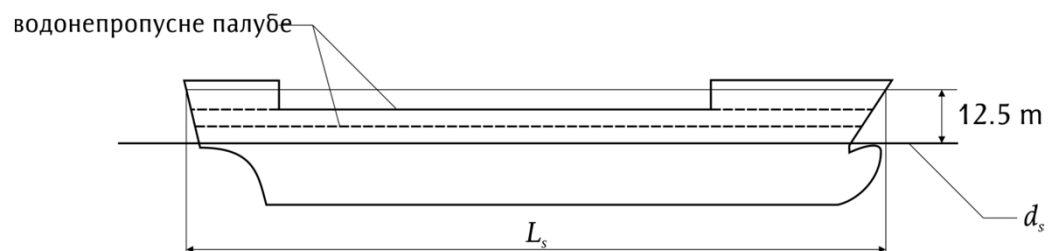
- Захтевани индекс преграђивања R (Ch. II-1, Part B-1, Reg. 6: *Required subdivision index R*) у општем случају:

$$R = 1 - \frac{C_1}{L_s + C_2 N + C_3} \qquad N = N_1 + 2N_2$$

- N_1 – број људи на броду који се могу сместити у чамце за спасавање.
- N_2 – број људи (укључујући посаду) који смеју да се налазе на броду иако за њих нема места у чамцима за спасавање.
- Путнички брод на оба бока треба да има чамце за спасавање капацитета довољног да се у њих смести бар по 50% људи на броду. На дужим међународним путовањима 25% капацитета може бити замењено сплавовима за спасавање, а на кратким, чак до 70% (Ch. III, Part B, Reg. 21: *Survival crafts and rescue boats*)
- Кратко међународно путовање – брод ни у једном тренутку није удаљен од најближе луке (склоништа) више од 200 миља, а растојање између полазне луке и крајњег одредишта није веће од 600 миља (Ch. III, Part A, Reg. 4: *Evaluation, testing and approval of life-saving appliances and arrangements*).

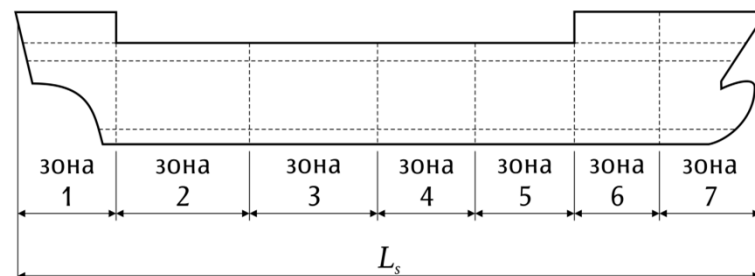
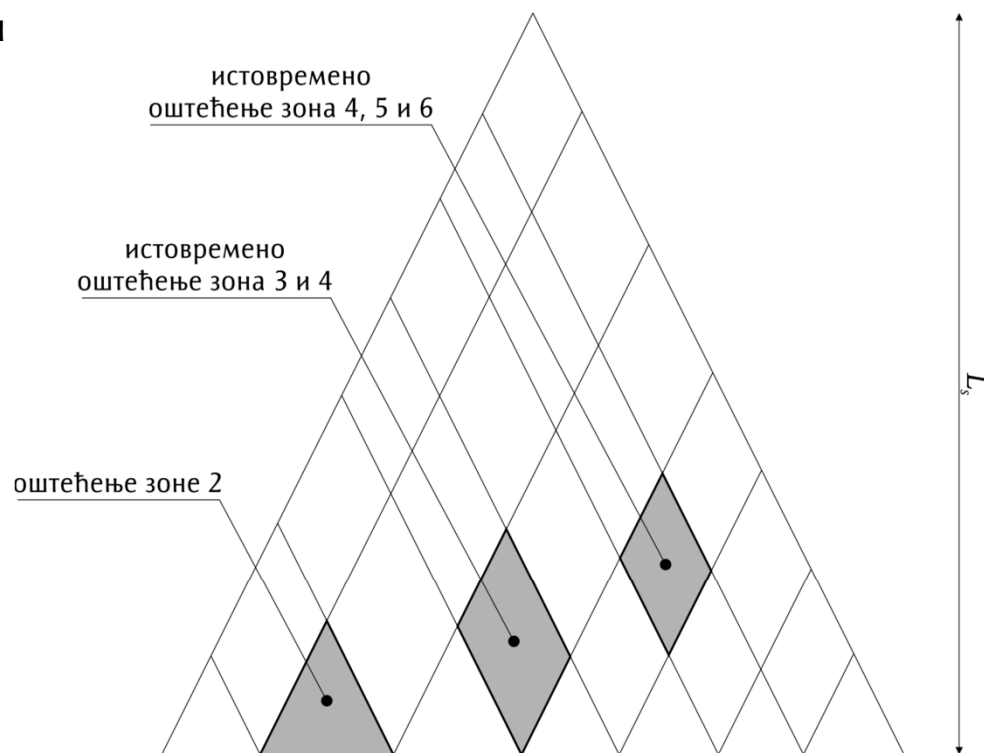
2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- За теретне бродове важи $C_2 = 0$.
- Коефицијенти C_1 и C_3 одређени су статистичком анализом остварених индекса преграђивања бродова са задовољавајућим нивоом сигурности.
- L_s је дужина преграђивања (*subdivision length*).
- L_s се одређује за положај пливања који одговара теретној водној линији (газ d_s).
- Блиска дужини преко свега.



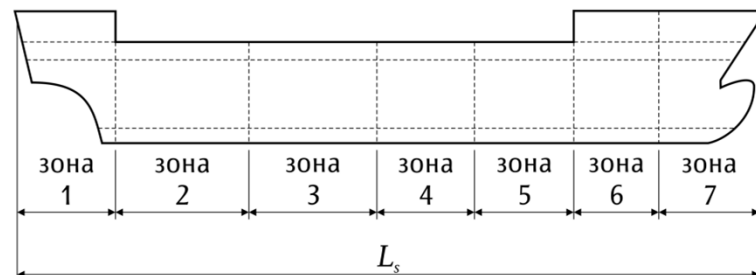
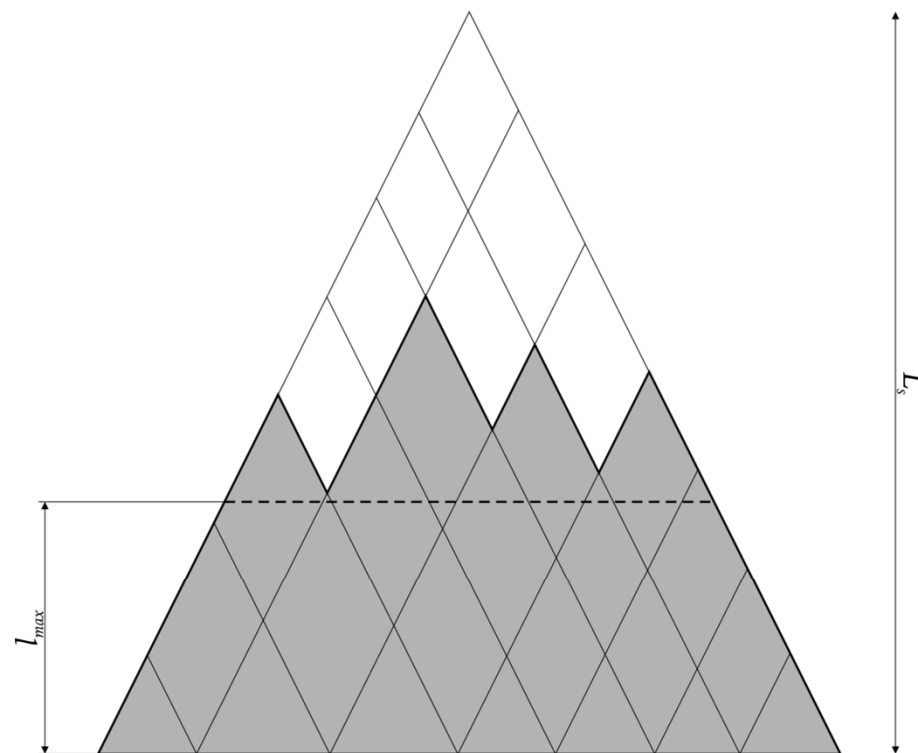
2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Сетити се... Крива наплављивих дужина и једнакокраки троуглови...
- Брод (слика) подељен попречним водонепропусним преградама на седам зона (зона унутар себе може бити издељена уздужним / хоризонталним преградама).
- Једнакокраки троугао изнад једног одељења илуструје продор у тај простор.
- Ако је оштећено више суседних одељења, тај случај наплављивања представљен је паралелограмом, а не већим троуглом.
- Вероватноћом оштећења више суседних одељења истовремено већ узета у обзир вероватноћа продора у свако од одељења понаособ.



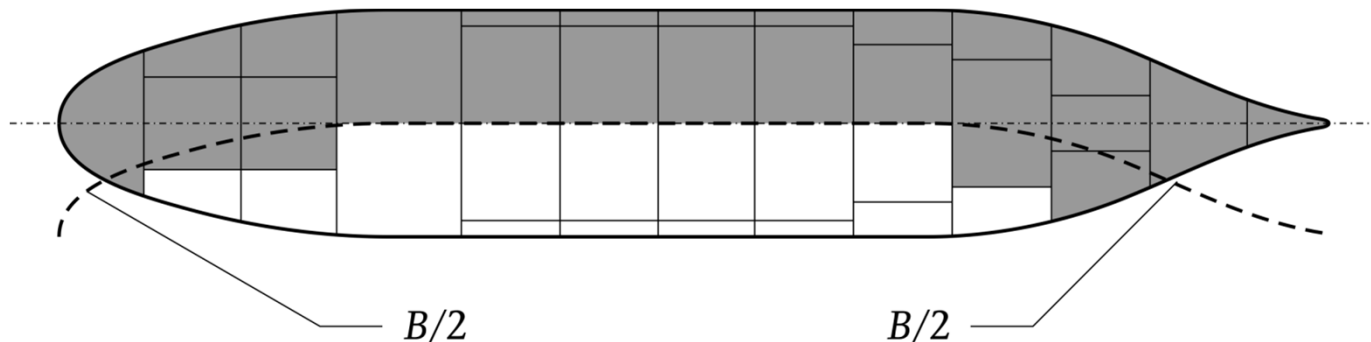
2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Ако уцртамо максималну дужину оштећења (према SOLAS 2009 правилима максимална дужина оштећења је $l_{max} = 0.303L_s$ али не већа од 60 m) сви паралелограми који представљају продор у три или више суседних одељења, чији су доњи ујлови изнад ове дужине представљаће оштећења чија је вероватноћа $p_{j,n} = 0$ (слика).



2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Ако је брод, осим попречним, преграђен и уздужним водонепропусним преградама, вероватноћу наплављивања p треба кориговати фактором r чиме се добија вероватноћа да се продор воде неће проширити ван граница бочног одељења ширине b .
- Дубина оштећења може бити највише $B/2$, при чему је $B = \text{const.}$ највећа ширина брода на газу који одговара теретној водној линији.
- Оштећење те дубине може се наћи било где дуж брода, што значи да се пенетрација може пружати и преко централне линије (слика).



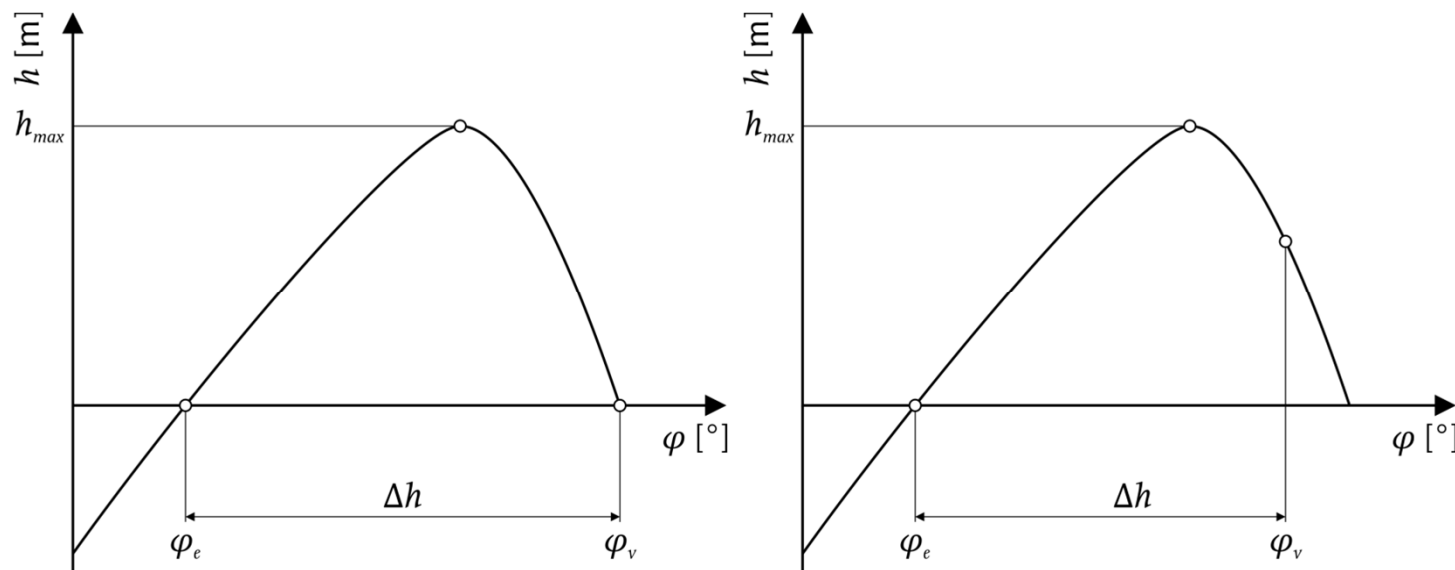
- Важи:

$$r(x_1, x_2, b_0) = 0$$

$$r(x_1, x_2, B/2) = 1$$

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Фактор s_i је вероватноћа опстанка брода након наплављивања једног или више одељења. (Ch. II-1, Part B-1, Reg. 7-2: *Calculation of the factor s_i*).
- Одређује се за сваки случај наплављивања и сваки од прорачунских газова (d_s , d_l и d_p).
- Прорачунавају се $s_{intermediate,i}$ и $s_{final,i} \cdot s_{mom,i}$, а усваја се мањи.
- $s_{intermediate,i}$ – вероватноћа опстанка брода у међуфазама.
- $s_{final,i}$ – вероватноћа опстанка у крајњем положају пливања, пошто је успостављена равнотежа.
- Вероватноћа опстанка зависи од карактеристика h -криве оштећеног брода (слика).



2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Фактор $s_{intermediate, i}$ прорачунава се за низ међуфаза, а усваја се једна, најнеповољнија (најнижа) вредност. Прописи ограничавају вредности на $h_{max} = 0.05$ m и $\Delta h = 7^\circ$.

$$s_{intermediate, i} = \left(\frac{h_{max}}{0.05} \cdot \frac{\Delta h}{7} \right)^{\frac{1}{4}}$$

- Фактор вероватноће опстанка у крајњем положају пливања:

$$s_{final, i} = K \cdot \left(\frac{h_{max}}{0.12} \cdot \frac{\Delta h}{16} \right)^{\frac{1}{4}}$$

- Фактор K зависи од угла нагиба који одговара равнотежном положају пливања φ_e . Прописи ограничавају вредности на $h_{max} = 0.12$ m и $\Delta h = 16^\circ$.

$$K = 1, \varphi_e \leq \varphi_{min}$$

$$K = 0, \varphi_e \geq \varphi_{max}$$

$$K = \sqrt{\frac{\varphi_{max} - \varphi_e}{\varphi_{max} - \varphi_{min}}}$$

	φ_{min}	φ_{max}
Путнички бродови	7°	15°
Теретни бродови	25°	30°

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

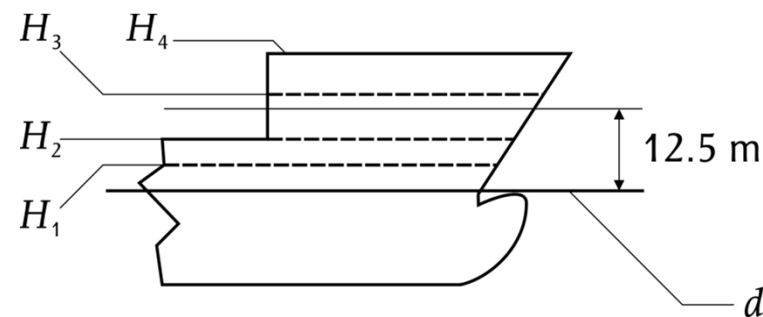
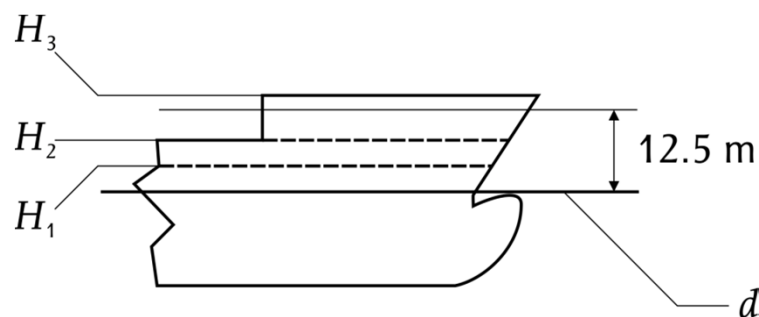
- Фактор $s_{mom,i}$ се рачуна само за путничке бродове (за теретне бродове сматра се: $s_{mom,i} = 1$):

$$s_{mom,i} = \frac{(h_{max} - 0.04) \cdot \Delta}{M_k}$$

- Меродаван је највећи међу следећим моментима накретања M_k :
 - моментом накретања услед дејства ветра,
 - моментом накретања услед груписања путника на једном боку и
 - моментом накретања услед спуштања опреме за спасавање.

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Ако изнад водне линије постоје хоризонталне водонепропусне преграде које би могле да се оштете и тако омогуће даље наплављивање брода, вероватноћу опстанка услед оштећења доњег одељења s треба кориговати фактором v_m који представља вероватноћу да хоризонтална преграда неће бити оштећена.
- Прописи предвиђају да оштећење по висини може да се пружа највише до 12.5 m изнад водне линије.
- Биће $v = 1$ само уколико се преграда налази изнад овог нивоа (слика). Ако се изнад такве преграде налази одељење (слика) оно ствара резервно истиснуће које треба узети у обзир.



- У осталим случајевима, фактор v треба израчунати у складу са одговарајућом расподелом вероватноће висине оштећења.

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Без обзира на карактеристике криве крака стабилитета... (Ch. II-1, Part B-1, Reg. 7-2: *Calculation of the factor s_i*)...
- $s_i = 0$ ако у крајњем положају пливања у воду улазе отвори (одушници, вентилациони отвори и други отвори затворени вратима или поклопцима непропусним на непогоде) који омогућавају незадрживо (*прогресивно*) наплављивање брода.
- $s_i = 0$ ако се под водом у крајњем положају пливања нађе било који део преградне палубе путничког брода који чини део стазе за евакуацију путника
- $s_i = 0$ ако се под водом током било које фазе наплављивања нађу поклопци отвора у преградној палуби који омогућавају евакуацију са неке доње палубе.
- $s_i = 0$ ако током било које фазе наплављивања постану недоступни или престану да раде системи управљања водонепропусним вратима и другим уређајима и системима који служе за очување водонепропусности преграда, а који се налазе изнад преградне палубе.

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Путнички бродови који превозе 400 и више путника: треба да буде $s = 1$, за сва три разматрана газа, у случају оштећења свих одељења која се налазе у подручју $0.08L$ иза прамчаног перпендикулара.
- Путнички бродови који превозе 36 и више особа: треба да буде $s = 0.9$, за сва три разматрана газа, при оштећењу бока чије су димензије функција броја људи одређеног параметром N и дужином преграђивања L_s ([Ch. II-1, Part B-1, Reg. 8: *Special requirements concerning passenger ship stability*](#)).
- Концепт *малої оштећења* (*minor damage*) уведен како се не би десило да брод изгуби стабилитет услед мањег оштећења оплате.

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

- Осим у случају када је $s_i = 0$, вероватноћа опстанка сваког одељења (или групе одељења), ма колико била мала, доприноси оствареном индексу преграђивања.
- Изузетно важно: за исход процене непотопивости брода кључна је укупна вредност оствареног индекса преграђивања.
- Ако се за један или више разматраних случајева оштећења покаже да је $s_i = 0$, то не значи да брод није преграђен у складу са прописима, све док је укупни индекс (и сваки од парцијалних индекса) већи од захтеване вредности.
- Ако два брода имају исти остварени индекс преграђивања, не значи да је непотопивост тих бродова иста у појединачним случајевима оштећења (**Vassalos, 2004**).

2.2.1 Пробабилистички прописи о непотопивости (SOLAS 2009)

Још неки детаљи...

- За газове d_s и d_p прорачун треба да се спроведе и за неколико претпостављених положаја пливања са тримом, ако се током експлоатације претега / затега мењају више од $\pm 0.5\%L_s$. Притом трим треба постепено да се повећава не више од $1\%L_s$.
- Пошто ће различитим угловима трима одговарати различите вредности минималне метацентарске висине, крива минималних метацентарских висина (или максималних положаја тежишта по висини) у функцији газа биће обвојница кривих одређених за сваку вредност трима понаособ.
- У принципу, довољно је прорачунати непотопивост за оштећења једног (левог или десног бока).
- Због рампи, ро-ро бродови често нису симетрични, зато треба рачунати индексе за оба бока. Остварени индекс преграђивања брода онда представља аритметичку средину вредности добијених за један односно други бок ([Ch. II-1, Part B-1, Reg. 7: Attained subdivision index A](#))
- Постоје посебне одредбе за дејство система за исправљање нагиба (*cross flooding arrangements*), могућност наплављивања неоштећених простора путем цеви, канала и тунела који се налазе у наплављеним одељењима, конструкција и положај делова путање за евакуацију, итд.

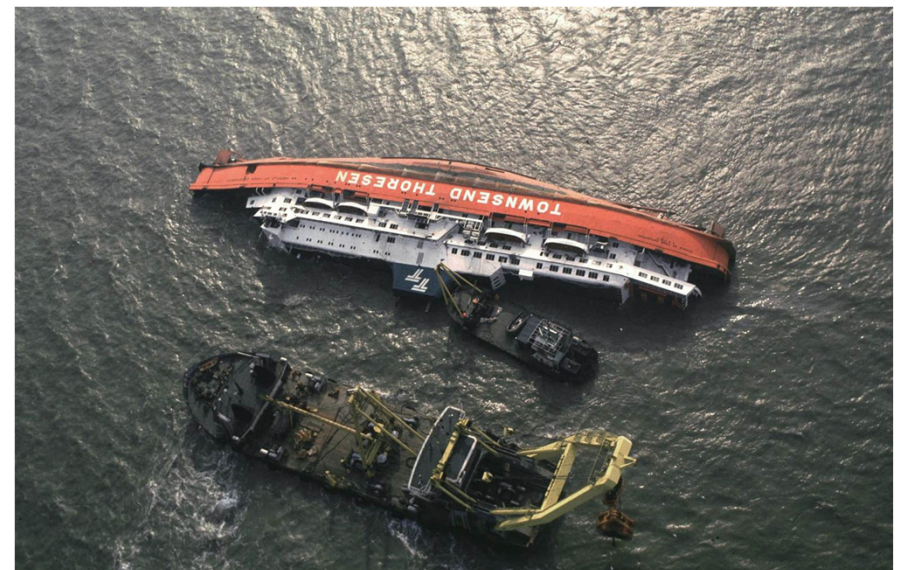
2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

- Процес увођења пробабилистичких прописа одвија се већ 50 година!
- 1960. – немачки научник Курт Вендел (Kurt Wendel) увео појам *вероватноће оштећанка брода након оштећења* (Biran, 2003).
- 1973. – Резолуција A.265(VIII) (IMO, 1973), пробабилистичка алтернатива (за путничке бродове), у *пошћуносћи еквивалентна* детерминистичким прописима конвенције SOLAS 60.
- 1983. – IMO: будући прописи о непотопивости треба да буду пробабилистички (Tagg, 2014).
- 1992. – пробабилистичка правила о непотопивости теретних бродова тзв. SOLAS B-1 (SOLAS 90, Ch. II-1, Part B-1).
- IMO: напустити детерминистички концепт, направити усклађена пробабилистичка правила за теретне и путничке бродове.
- Случај је хтео да процес крене другим током...

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Herald of Free Enterprise (1987)

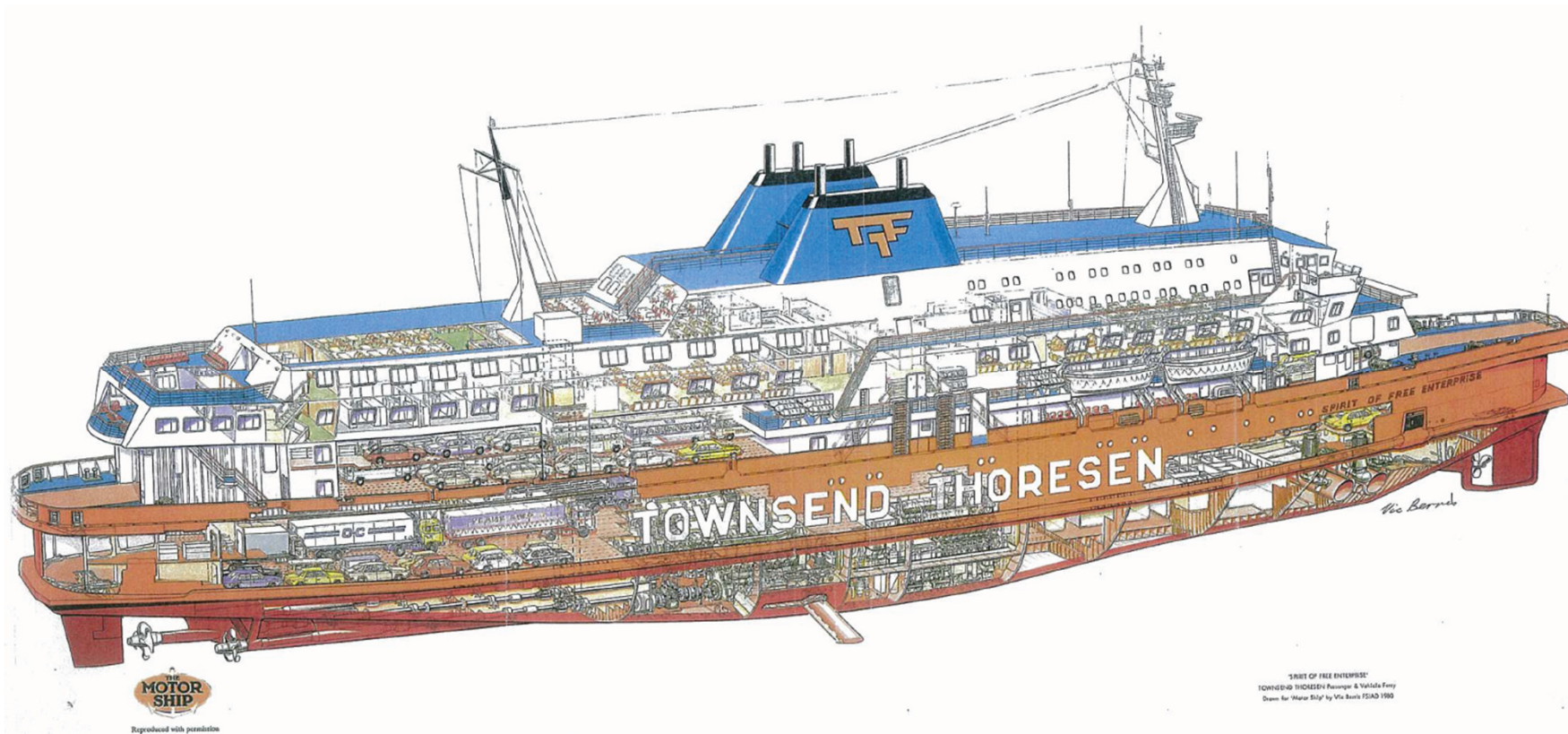
- Увече, 6. III 1987. године, испловио из белгијске луке Зебрухе (*Zeebrugge*) са 80 чланова посаде, 459 путника и око 130 возила и упутио се у Довер.
- Време је било лепо: *...there was a light easterly breeze and very little sea or swell...*
- 20-ак минута након испловљавања, преврнуо се на бок и остао у том положају, насукан на пешчани спруд, километар од белгијске обале.
- Бродолом је однео 193 живота.



2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Herald of Free Enterprise (1987)

- Британски брод тзв. *Spirit* класе (три брода-сестре), са класом Лојд Регистра.
- $LOA = 131.9 \text{ m}$, $B = 22.7 \text{ m}$, $d_{max} = 5.7 \text{ m}$ ($F_B = 1.11 \text{ m}$) са највише 630 људи, $d_{max} = 5.5 \text{ m}$ са 1400 људи, колико је највише било дозвољено.
- Задовољавао је детерминистичке прописе о непотопивости SOLAS 1974.



2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Herald of Free Enterprise (1987)

- Када је брод испловио и једна и друга прамчана врата остала су отворена, услед грешке чланова посаде.
- Заповедник из кормиларнице није могао да види врата.
- *Herald* је пловио са прамчаним тримом.
- При брзини од (вероватно) 18 чворова, претега се, услед динамичког урона (*squat*) повећала довољно да вода покуља кроз прамчана врата...
- Велика слободна површина на палуби аутомобила, услед које се брод нагло накренуо на леви бок, најпре до угла од око 30°, где се привремено зауставио.
- Како је вода наставила да улази, брод се преврнуо и потонуо у плићаку Северног мора...

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Herald of Free Enterprise (1987)

- Брод (и његове сестре) већ су испловљавали отворених врата (**DoT, 1988**).
- Бродови *Spirit* класе на командном мосту нису имали лампице-индикаторе положаја врата.
- Загазнице није било једноставно прочитати, а брод није био опремљен индикаторима за читавање газа на прамцу и крми.
- Заповедник често није знао стварни положај пливања брода (бродски дневник: брод увек на равној кобилици).
- Маса лајтшипа бродова-сестара увећана за око 270 t (око 4%) \Rightarrow стварни положај тежишта, како по висини, тако и по дужини вероватно није одговарао подацима из Књиге стабилитета.

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

- **Врата за укрцавање терета**, која се налазе изнад преградне палубе, у оплати трупа или затвореном надграђу, треба да буду затворена и осигурана пре испловљавања, и треба да остану затворена све док брод не пристане (*Ch. II-1, Part B-4, Reg. 22: Prevention and control of water ingress, etc.*).
- **Контрола статуса врата на ро-ро бродовима** кроз која би, уколико остану отворена или непрописно затворена, могле да се наплаве палубе аутомобила, и **панели са визуелним и звучним индикаторима** на командном мосту.
- У случају да брод исплови отворених (или непрописно затворених) прамчаних врата, крмене рампе и сл. на мосту треба да се чује **звучно упозорење** (*Ch. II-1, Part B-2, Reg. 17-1: Integrity of the hull and superstructure, damage prevention and control on ro-ro passenger ships*).
- ТВ камере и други **системи за надгледање палуба аутомобила** да би се, на командном мосту и у контролној соби машинског простора, на време уочило да нека врата *пропуштају*.
- Након укрцавања путника, а пре испловљавања, **заповедник треба да одреди положај пливања брода**, као и да прорачуна (и забележи) да ли брод, у таквом стању оптерећења, задовољава критеријуме стабилитета. У те сврхе може да се користи бродски рачунар за прорачун пловности и стабилитета (*Ch. II-1, Part B-4, Reg. 20: Loading of passenger ships*).
- Периодичне провере масе лајтшипа, поуздани системе за читавање газа на прамцу и крми, итд. (*Ch. II-1, Part B-1, Reg. 5: Intact stability*).

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

- Није прва а ни највећа несрећа ро-ро бродова...
- Студија Дет Норске Веритаса из 1983. – 341 несрећа бродова овог типа, од 1965. до 1982.
- *Озбиљне несреће* ро-ро бродова у просеку су се дешавале једном недељно (**Vassalos et al, 1997**).
- У више од 10% случајева брод је био потпуно изгубљен. Често је било потребно мање од десет минута да би се брод преврнуо или потонуо. (**IMO, 1997**).
- Брзина којом се одвијају несреће ро-ро бродова онемогућава употребу опреме за спасавање. *Само физички најсигурнији (и најсрећнији) имају неке шансе да преживе* (**Scott, 2010**).
- Често велики број жртава:
 - *Princess Victoria* (1953) – 133 жртве,
 - *Heraklion* (1966) – преко 260 жртава,
 - *Sewol* (2014) – више од 300 мртвих... Било је и већих несрећа ро-ро бродова...

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

- Након несреће брода *Herald of Free Enterprise*, побољшање детерминистичких правила о непотопивости постало је приоритет ИМО.
- Детерминистичка правила су била лакша за примену и чешће су се користила од пробабилистичке алтернативе.
- Припрема нових прописа је већ била у току (несрећа ро-ро брода *European Gateway*, 1982).
- Већ 1990. године ступили на снагу амандмани на конвенцију SOLAS 1974, тзв. SOLAS 90 стандарди.
- Крива крака стабилитета оштећеног брода дефинисана је низом нових критеријума.
- Постојећи RoPax бродови такође су морали да се ускладе са SOLAS 90 захтевима (није уобичајено).
- *Phase-in* шема за RoPax бродове уопште:

A/A_{max}	Датум усклађивања
$A/A_{max} < 85\%$	1. октобар 1998
$85\% \leq A/A_{max} < 90\%$	1. октобар 2000
$90\% \leq A/A_{max} < 95\%$	1. октобар 2002
$95\% \leq A/A_{max} < 97.5\%$	1. октобар 2004
$A/A_{max} \geq 97.5\%$	1. октобар 2005

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

- *Phase-in* шема за RoPax бродове који превозе 400 и више путника.
- Први критеријум:

A/A_{max}	Датум усклађивања
$A/A_{max} < 85\%$	1. октобар 1998.
$85\% \leq A/A_{max} < 90\%$	1. октобар 2000.
$90\% \leq A/A_{max} < 95\%$	1. октобар 2002.
$95\% \leq A/A_{max} < 97.5\%$	1. октобар 2004.
$A/A_{max} \geq 97.5\%$	1. октобар 2010.

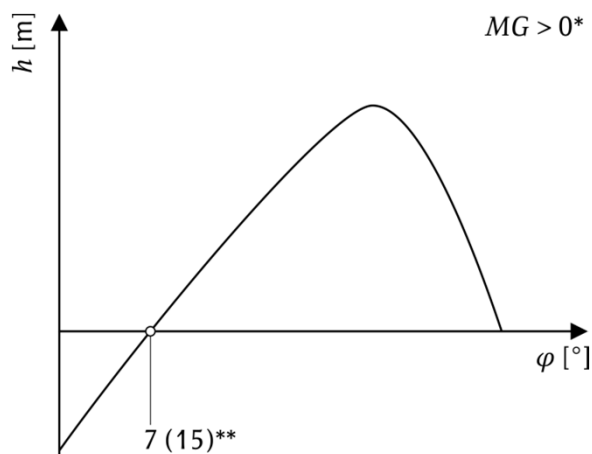
- Други критеријум:

Број путника и чланова посаде, N	Датум усклађивања
$N \geq 1500$	1. октобар 2002.
$1000 \leq N < 1500$	1. октобар 2006.
$600 \leq N < 1000$	1. октобар 2008.
$400 \leq N < 600$	1. октобар 2010.

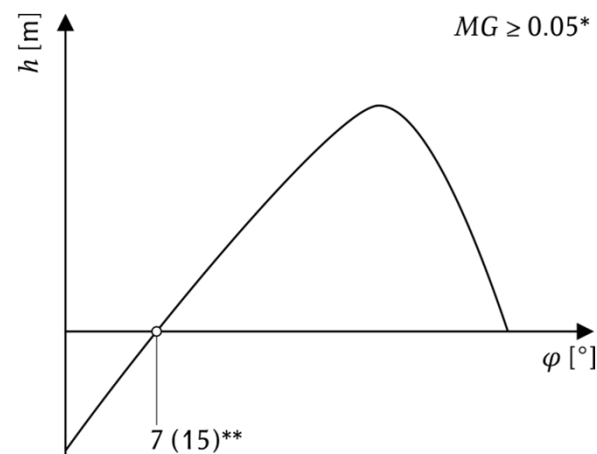
- Трећи критеријум – старост брода (20 година).

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

SOLAS 1948



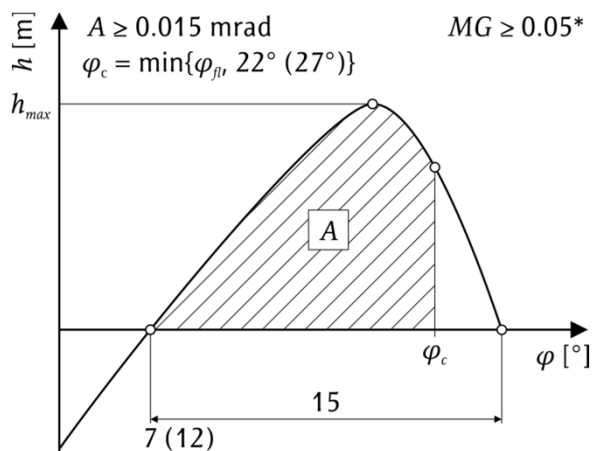
* симетричан продор;
дозвољено и $MG < 0$ ако је $\varphi_{st} \leq 7^\circ$
** несиметричан продор



* симетричан продор
** несиметричан продор

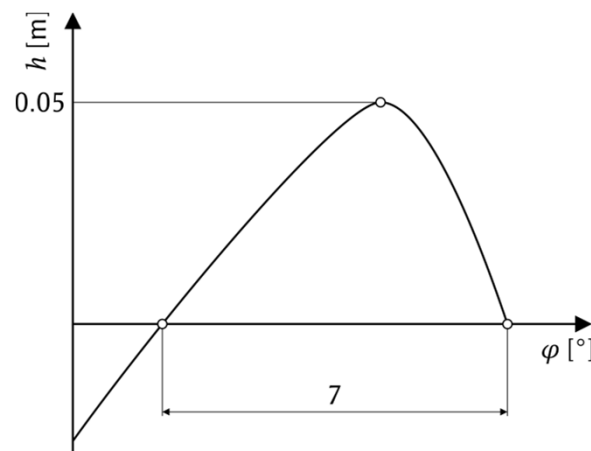
SOLAS 60
SOLAS 74

SOLAS 90



* симетричан продор

крајњи положај пливања



међуфазе

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Estonia (1994)

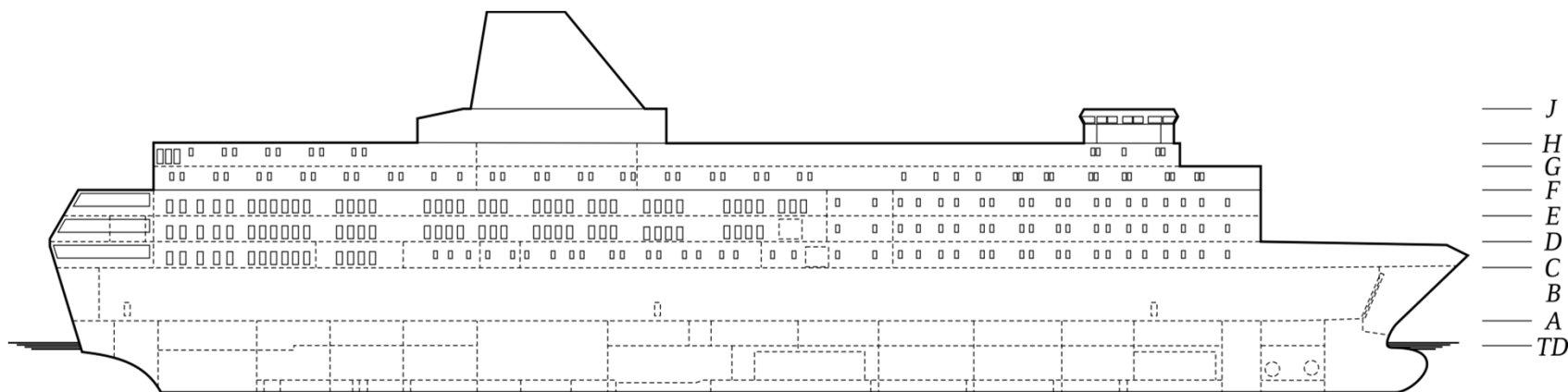
- Брод је редовно саобраћао на линији Талин-Стокхолм.
- У ноћи између 27. и 28. септембра 1994. године, потонуо за 35 минута у Балтичком мору.
- Брзина ветра била је између 18 и 20 m/s, а значајна висина таласа достигала је 5.5 m.
- Бродолом је однео 852 живота. Спашено 138 путника и чланова посаде.
- Извештај заједничке истражне комисија Естоније, Финске и Шведске (**JAIC, 1997**)...



2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Estonia (1994)

- Брод под естонском Заставом, са класом Биро Веритаса (BV).
- Поринут исте године као и *Herald of free Enterprise*.
- $LOA = 155.4 \text{ m}$, $B = 24.2 \text{ m}$, $D = 7.65 \text{ m}$ (до преградне палубе), $d_{max} = 5.6 \text{ m}$.
- Пројектован и грађен према детерминистичким прописима о непотопивости SOLAS 1974.
- На преградну палубу, палубу аутомобила А, улаз преко прамчане и две рампе на крми.
- У склопљеном положају, рампа на прамцу заклоњена тзв. прамчаним визиром (*bow visor*).



2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

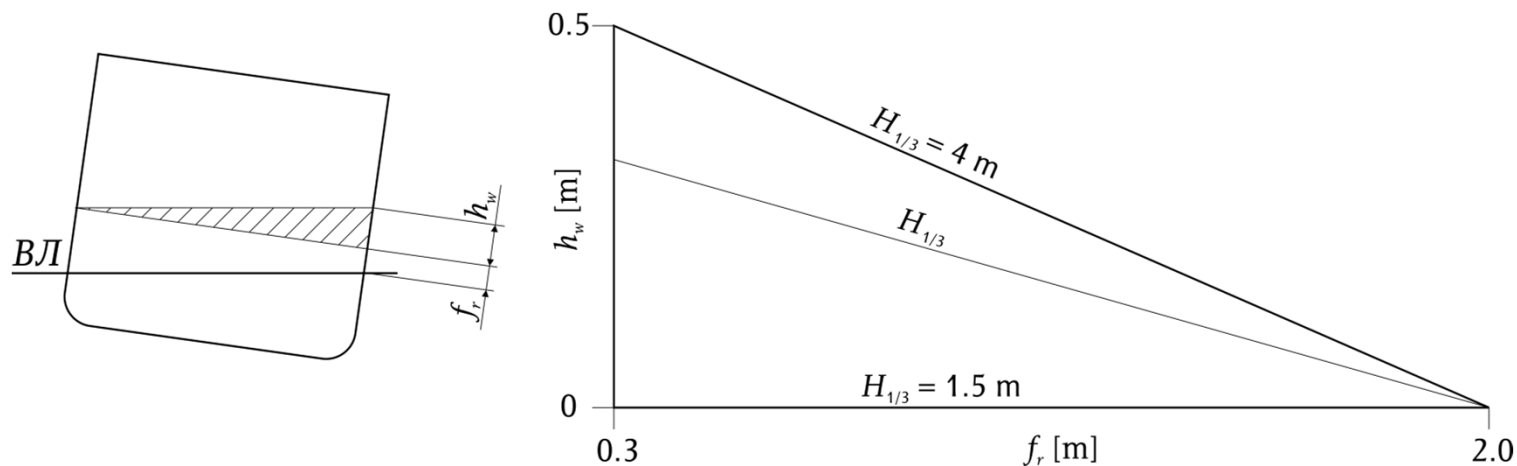
- Несрећа је скренула пажњу са планираног процеса усклађивања пробабилистичких прописа о непотопивости...
- Већ крајем 1995. године IMO је организовао конференцију, како би се ажурирали прописи SOLAS конвенције. Низ одредби које се тичу преграђивања и непропусности палубе аутомобила, стабилитета оштећеног брода, евакуације путника и опреме за спасавање и др. измењен је или пооштрен (SOLAS 95).
- Одбијен је предлог према којем оштећени ро-ро брод треба стабилно да плови са количином воде на палуби аутомобила која би одговарала нивоу од (не више од) 50 cm на палуби када је брод у усправном положају.
- Неке државе одбациле су предлог из бојазни да би постојећи бродови морали значајно да се реконструишу како би задовољили овакве захтеве (JAIC, 1997).
- До тог тренутка није било несрећа бродова изграђених у складу са SOLAS 90 стандардима и није било познато у којој мери би такви бродови били (не)сигурни са водом на палуби аутомобила (Francescutto & Papanikolaou, 2011).

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

- Северноевропске земље биле су незадовољне...
- Због тога је усвојена и Резолуција 14 (ИМО, 1995), која је омогућила земљама-чланицама ИМО да доносе регионалне прописе уколико сматрају да због преовлађујућих стања мора и других локалних услова треба да буду задовољени посебни захтеви о стабилитету под условом да локални пропис не садржи одредбе о стабилитету строжије од оних изложених у анексу Резолуције.
- Анекс Резолуције 14 садржи управо оне захтеве који се односе на стабилитет брода са водом на палуби.
- У Стокхолму, 1996. године, представници Данске, Шведске, Норвешке, Финске, Ирске, Велике Британије, Немачке и Холандије усвојили су споразум према којем сви ро-ро бродови, без обзира на Заставу, који редовно саобраћају између северноевропских и балтичких лука, морају, поред одредби конвенције SOLAS 90, да задовоље и посебне захтеве из анекса Резолуције 14 о стабилитету оштећеног брода са водом на палуби.
- Тако је настао тзв. Стокхолмски споразум (*Stockholm Agreement*).

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

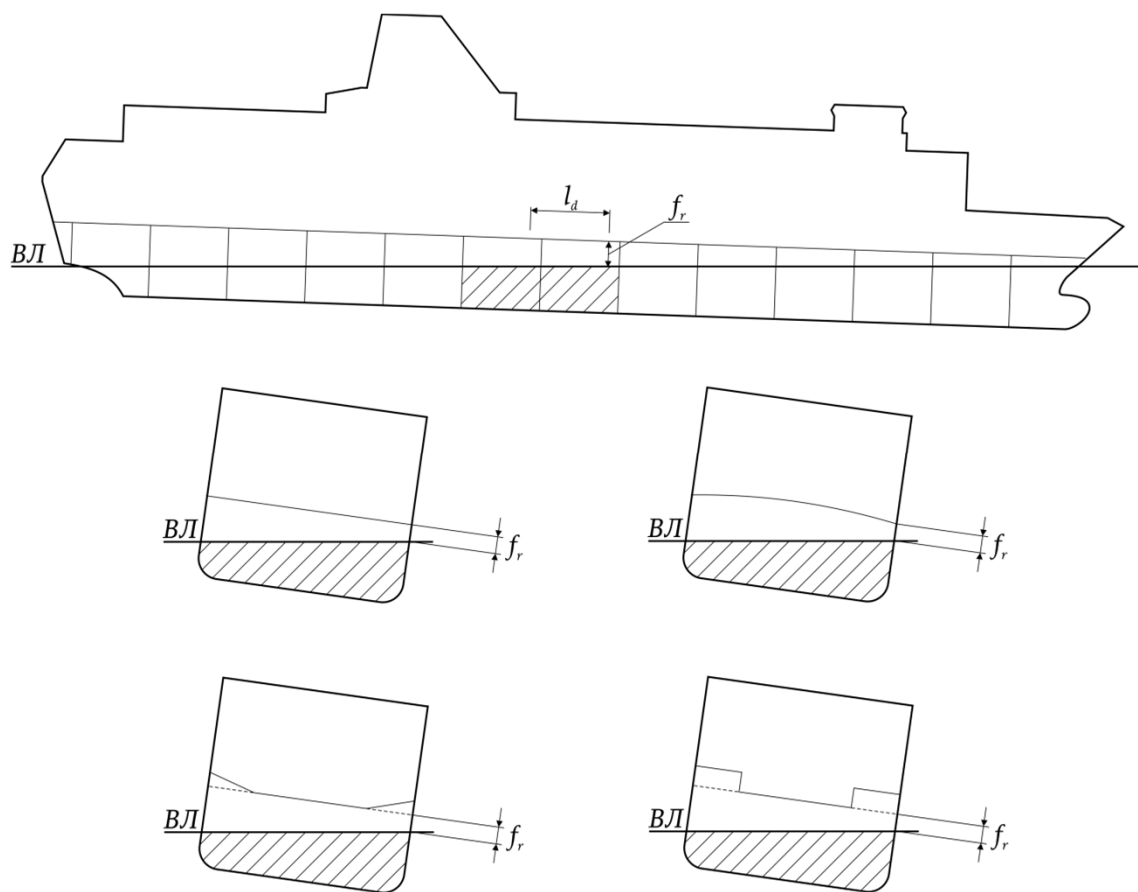
- Брод треба да остане стабилан иако се на палуби аутомобила налази вода, а значајна висина таласа је $H_{1/3} = 1.5 \div 4 \text{ m}$.
- Слика: прорачун висине нивоа воде h_w на палуби са којом брод треба да остане стабилан, у зависности од висине преосталог слободног бока f_r и значајне висине таласа.



- Моделска испитивања (*Institute for Marine Dynamics*, Канада) и прорачуни: на палуби нема воде ако је $f_r \geq 0.5 \cdot H_{1/3} \Rightarrow$ ако је $H_{1/3} = 4 \text{ m}$, треба да буде најмање $f_r = 2 \text{ m}$ да на палуби аутомобила не би било воде.

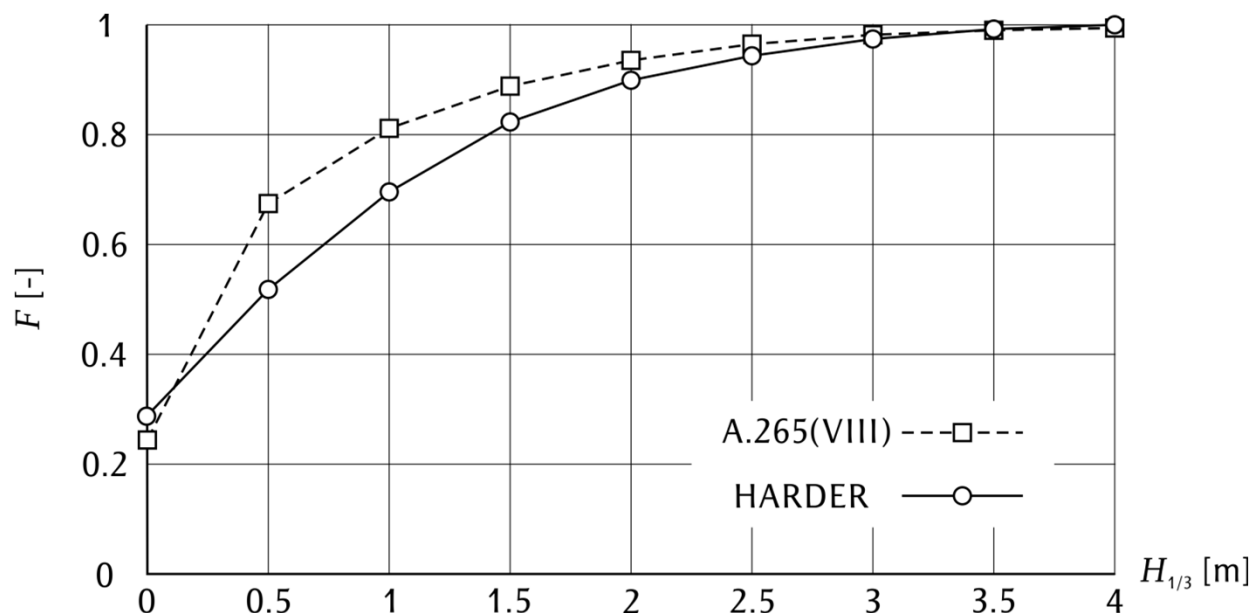
2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

- Преостали слободни бок је најмање растојање од оштећене палубе аутомобила до водне линије у крајњем положају пливања при разматраном случају оштећења, не узимајући у обзир претпостављену количину воде на палуби.



2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

- Брод треба да остане стабилан иако се на палуби аутомобила налази вода, а значајна висина таласа је $H_{1/3} = 1.5 \div 4$ m.
- Према статистичким подацима (IMO и пројект HARDER): свега 1% судара при $H_{1/3} > 4$ m, односно 11-18% судара при $H_{1/3} > 1.5$ m (слика), (**HARDER, 2001**).



- Британска студија: брод који задовољава SOLAS 90 стандарде може се сматрати сигурним на таласима значајне висине до 1.5 m (**Vassalos & Papanikolaou, 2002a**).

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Express Samina (2000)

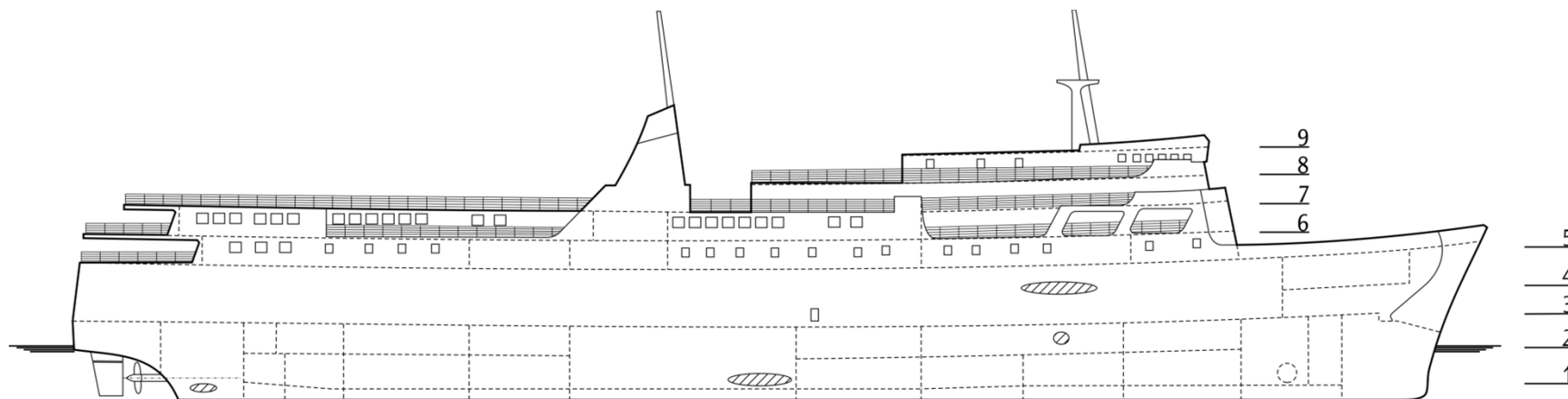
- Брод је 26. септембра 2000. године испловио из Пиреја са 533 путника и чланова посаде и 50-ак возила и упутио се ка острву Парос.
- У вечерњим часовима, ударио је у стену и запарао бок на више места. Активно пераје је засекло труп у дужини од 3 m.
- Потонуо је за 50 минута, наомак крајње дестинације.
- Живот је изгубило 80 људи.



2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Express Samina (2000)

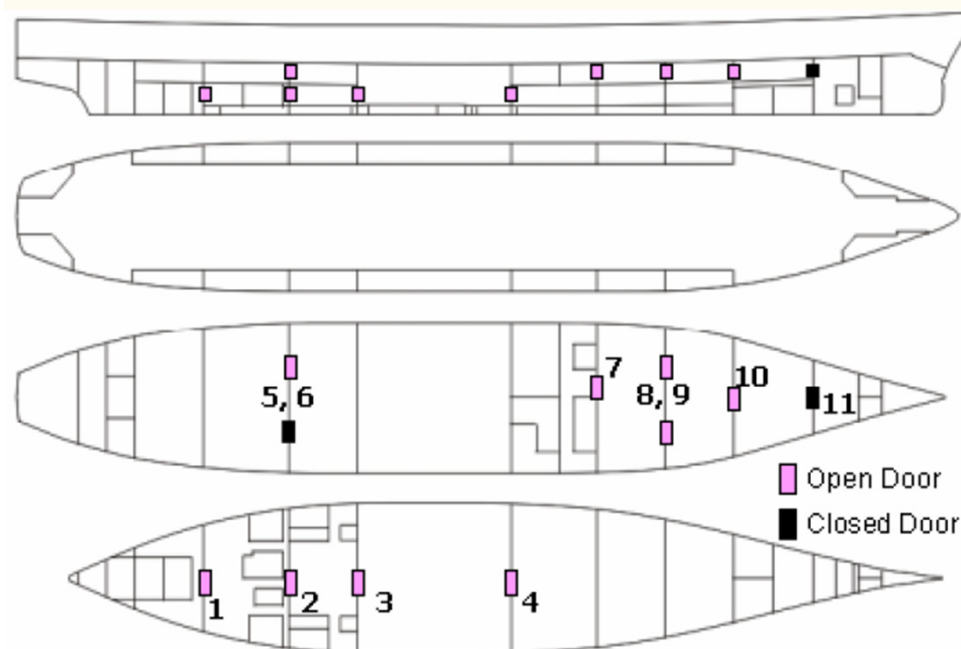
- Брод је поринут 1966. године.
- $LOA = 115\text{ m}$, $B = 18.1\text{ m}$, $d = 4.55\text{ m}$.
- Брод је задовољавао SOLAS 74 стандарде који се односе на оштећење једног одељења.
- Анализа након несреће потврдила да би брод, издржао наплављивање машинског простора, па чак и једног суседног одељења ([Papanikolaou et al, 2004](#)).
- Брод је био непотопив у мери у којој су то прописи тражили.
- Није било воде на палуби (у почетку) + оштећено само једно одељење, али...



2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Express Samina (2000)

- Највероватније небригом посаде... девет од једанаест врата у попречним водонепропусним преградама (испод преградне палубе) било отворено...
- Брод је постепено наплављен готово читавом дужином, тонући изнад дозвољене границе урона и накрећући се на десни бок.
- Када је нагиб достигао неких 15°, у воду је ушло оштећење које се налазило изнад преградне палубе те је почело наплављивање палубе аутомобила...



Papanikolaou et al, 2004

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Водонепропусна врата

- Улога водонепропусних врата у сигурној експлоатацији брода ([Ch. II-1, Part B-4, Reg. 22: Prevention and control of water ingress, etc.](#)).
- Прописи су изричити: сва водонепропусна врата током пловидбе морају бити затворена.
- Врата се могу отворити само да би се дозволио пролаз путника или чланова посаде или ако се у непосредној близини врата обавља посао који захтева да врата буду отворена. Одмах затим врата морају бити затворена.
- Ипак... поједина водонепропусна врата могу да остану отворена током пловидбе, ако је *ајсолућно неойходно* (тј. ако то доприноси сигурном и делотворном раду бродских погонских уређаја или ако могућава неометан приступ просторима намењеним путницима), што треба да процени Застава.
- Таква врата морају бити јасна назначена у документима који се тичу стабилитета. Треба да постоји могућност да, у свако доба, сместа буду затворена.

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Водонепропусна врата

- Смернице за водонепропусна врата која могу остати отворена на путничким бродовима током пловидбе (**IMO/MSC, 2010**).
- Да би се утврдило да ли врата смеју да буду отворена дуже време током пловидбе процењује се пловност или *способност брода да илуша (floatability)* након продора воде.
- Овај поступак се разликује од пробабилистичког прорачуна непотопивости!
- При прорачуну непотопивости, сва водонепропусна врата сматрају се затвореним.
- Прорачун *пловности* спроводи се само за један газ (d_s).
- Предвиђена величина оштећења одређена је детерминистички и усвојена из прописа који се односи на посебне захтеве о стабилитету путничких бродова.
- Врата у наплављеним просторима су отворена, што подразумева наплављивање свих простора међусобно повезаних разматраним вратима.
- Сматра се да су услови опстанка тако наплављеног брода задовољени, ако крива крака стабилитета има карактеристике (статички угао нагиба, максимум h-криве и опсег стабилитета) које суштински одговарају вероватноћи опстанка $s_{intermediate} = 1$.

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Водонепропусна врата

- Међутим, чак иако се покаже да брод није *способан да плућа*, постоји могућност да поједина врата остану отворена током пловидбе у *нормалним околностима*, ако *укућна процена ризика указује да је ниво сигурности прихватљив* према мишљењу Заставе.
- *Нормалне околности*: брод не плови у условима леда, лоше видљивости или по невремену, у подручјима где су читања дна непоуздана, у приобаљу, лукама и водама у којима је саобраћај интензиван и другим подручјима или условима које заповедник може сматрати опасним.
- Да ли је оваква могућност довољно ригорозна и усклађена са пробабилистичким прописима о непотопивости... (**Person, 2011**).
- Број отвора у водонепропусним преградама треба да буде најмањи могући (у складу са *конструкцијом и правилном експлоатацијом брода*) (**Ch. II-1, Part B-2, Reg. 13-1: *Openings in watertight bulkheads and internal decks in cargo ships***).
- *Најмањи могући* број отвора у водонепропусним преградама, у пракси:
 - највећи број водонепропусних врата на једном путничком броду, 2012., био је 74;
 - на броду специјалне намене (за премештање нафтних платформи) чак 100 водонепропусних врата...

2.2.2 Непотопивост ро-ро бродова, SOLAS 90 и Стокхолмски споразум

Водонепропусна врата

- Технички захтеви за водонепропусна врата ([Ch. II-1, Part B-2, Reg. 13: *Openings in watertight bulkheads below the bulkhead deck in passenger ships*](#)).
- Врата треба да буду **покретана мотором, клизећа, са могућношћу затварања са командног моста**. Даљински, сва врата треба да буду затворена за највише 60 s, ако је брод у усправном положају.
- Врата морају да остану управљива и ако је брод нагнут за 15°.
- Ако је брод у усправном положају, врата треба да се затворе за највише 40 s. Најкраће време затварања је 20 s, што би требало да буде довољно за сигуран пролаз (врата могу да буду опасна... најмање једна особа годишње погине на тај начин, [Sandberg, 2013](#)).
- Што се чешће користе врата, већи је и ризик од повређивања... то делимично оправдава да врата која се редовно користе током пловидбе остану отворена.
- Врата су електро- или хидраулички покретана, а осим моторног, мора да постоји и ручно, механичко управљање, са обе стране врата, и даљинско затварање механичким путем, са места изнад преградне палубе. Време потребно за механичко затварање врата не сме бити веће од 90 s.
- Даљинским управљањем са командног моста врата могу бити само затворена.

2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Крајем 20. века, паралелно постоји више различитих прописа о непотопивости:
 - детерминистички SOLAS 90 за путничке бродове;
 - пробабилистичка алтернатива, Резолуција A.265(VIII) за путничке бродове;
 - пробабилистички SOLAS B-1 за теретне бродове;
 - Стокхолмски споразум за ро-ро бродове (Северно море и Балтик).
- IMO налаже хармонизацију правила: *Harmonization of Damage Stability Provisions in SOLAS, based on Probabilistic Concept of Survival*
- Циљ усклађивања: јединствени, пробабилистички прописи, и за путничке и за теретне бродове, којима се постиже *еквивалентна сигурност*.
- Задаци:
 - ажурирање података и критичка анализа расподела вероватноће оштећења за прорачун фактора p_i ;
 - нови начин израчунавања вероватноће опстанка s_i ;
 - прорачун захтеваног индекса преграђивања R на основу принципа еквивалентности за бродове-узорке;
 - статистичка анализа добијених индекса R , како би се одредио образац за потребну вредност R , итд.

2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

Најважнији учесници процеса

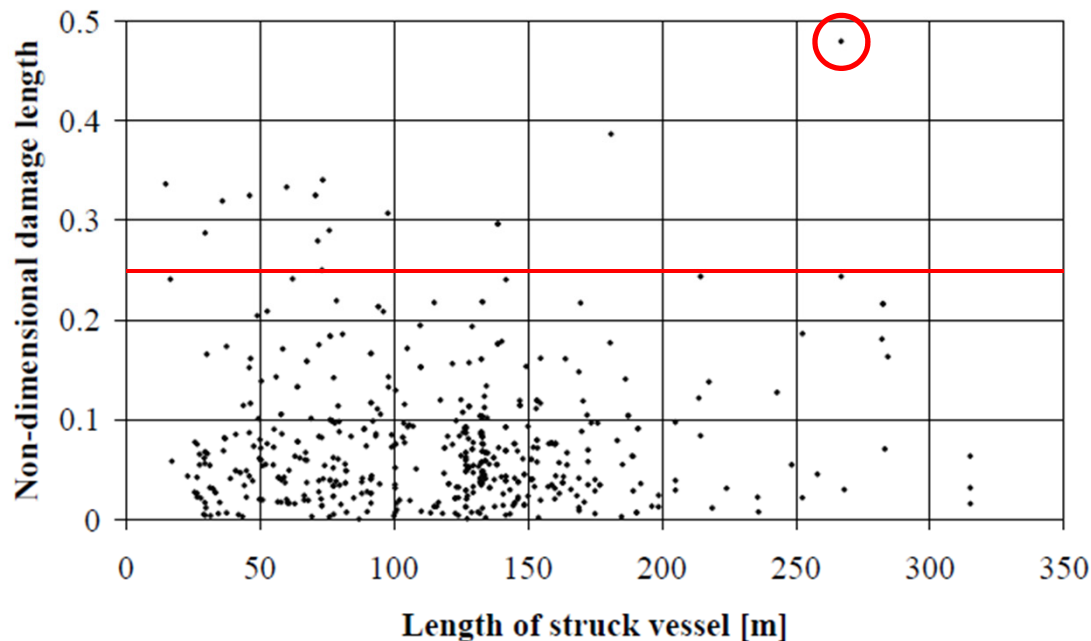
- Радна група IMO (*Subdivision and Damage Stability Intersessional Correspondence Group, SDS ISCG*).
- Истраживачки пројект HARDER (*Harmonisation of Rules and Design Rationale*), 2000. – 2003.
- Велики европски конзорцијум бродограђевне индустрије (*DNV, GL, Technical University of Denmark, University of Strathclyde, National Technical University of Athens, MCA, University of Newcastle upon Tyne, MARIN, FINCANTIERI, Kvaerner Masa-Yards, Hellenic Register of Shipping...*).
- 19 партнера из девет земаља, координатор Дет Норске Веритас.

2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Да би се одредила вероватноћа оштећења одељења или групе одељења (фактор p_i) треба знати **расподеле положаја и величине (дужине, висине и дубине) оштећења**.
- На основу сценарија судара (различити типови бродова, брзине и углови под којима се бродови сударају, места продора), у оквиру пројекта HARDER развијен је поступак за одређивање расподеле карактеристика оштећења помоћу нумеричких симулација.
- С друге стране, из архива класификационих друштава, Застава и ИМО-а формирана база података са око 1850 судара (два брода) и удара (брода у пристан или неки пловни објект).
- База је служила и за проверу резултата добијених нумеричким симулацијама.
- Принципијелне разлике између судара и удара:
 - оштећења трупа услед удара махом на прамцу и крми,
 - оштећења настала при судару мање-више равномерно распоређена дуж брода;
 - оштећења услед судара већа су од оних насталих при удару.
- Уочити: за пројект HARDER од значаја били **само судари (два брода) и оштећења на удареном броду** (*stricken ship*), а не и на броду који удара (*striking ship*).
- Узети у обзир **само продори иза колизионе преграде**, јер из података често није било јасно да ли оштећења прамчаног пика „припадају“ броду који удара или удареном броду.
- Базом података и симулацијама **нису била обухваћена насуканја!**

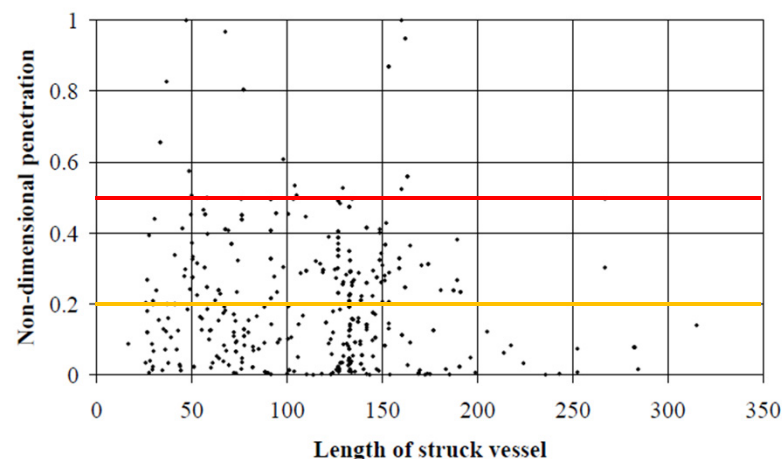
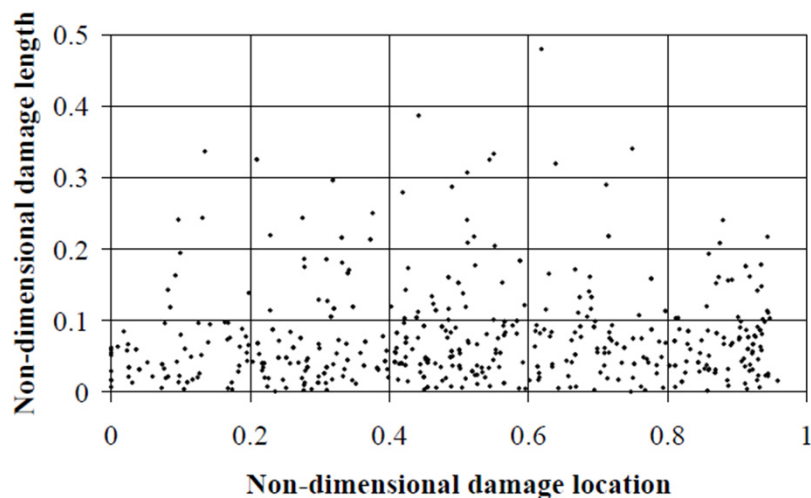
2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Статистички подаци о оштећењима током судара (IMO/SLF, 2002) и (Lützen, 2002):
 - Вероватноћа продора се не повећава ка прамцу (не слаже се са SOLAS B-1). Предложена је униформна расподела оштећења по читавој дужини.
 - Нема корелације између дужине брода и дужине оштећења.
 - До 3% оштећења $> 0.25L$, а највеће оштећење у бази било је дуго $0.48L$. Слаже се са пробабилистичким прописима SOLAS B-1 (максимално оштећење $0.24L$). Према детерминистичким прописима SOLAS 1974/90 максимална дужина оштећења само 11 m.



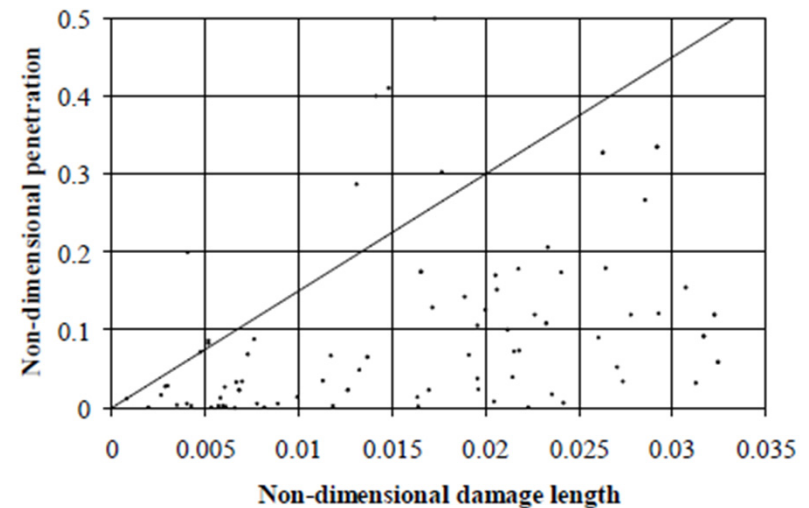
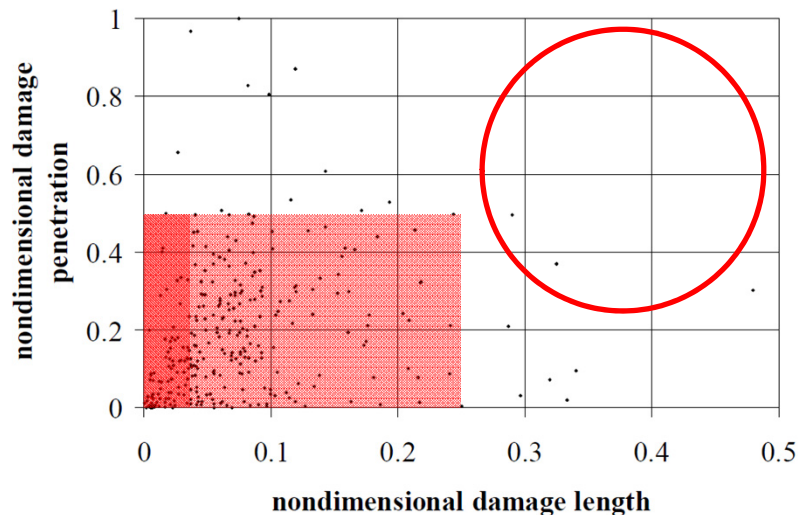
2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Статистички подаци о оштећењима током судара (*IMO/SLF, 2002*) и (*Lützen, 2002*):
 - Нема корелације између позиције оштећења дуж брода и дужине оштећења \Rightarrow оштећење било које дужине могло се наћи било где дуж брода.
 - У 5% случајева пенетрација дубља од $B/2$, али у више од 40% несрећа дубина пробоја била већа од $B/5$, што је био максимум према детерминистичким правилима SOLAS 1974/90.
 - У пробабилистичким прописима SOLAS B-1, максимална дубина оштећења је такође била $B/2$, али до централне линије.



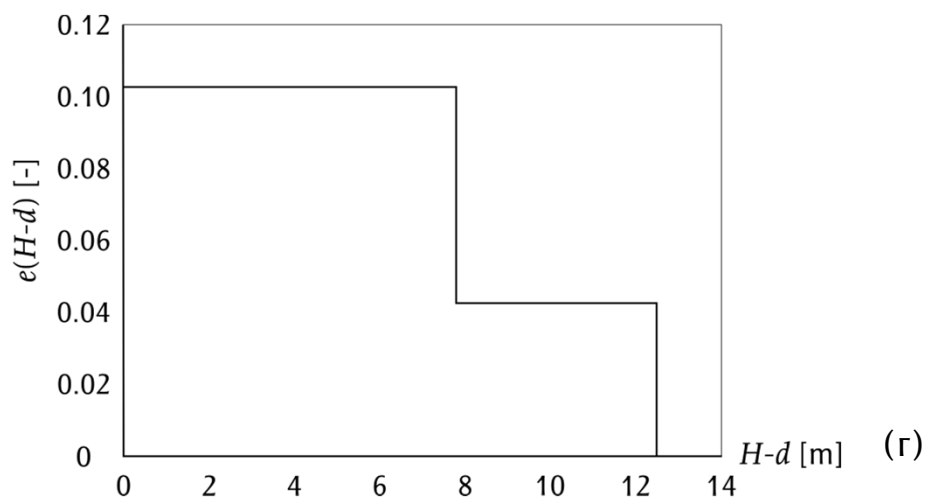
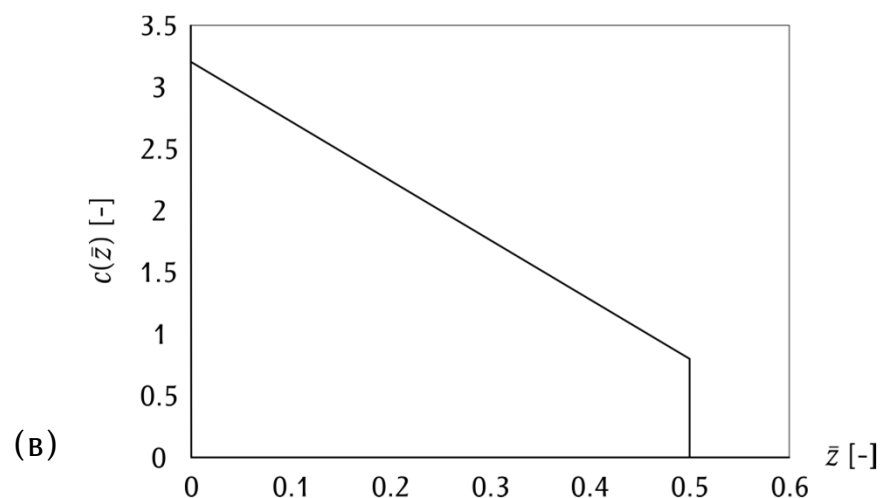
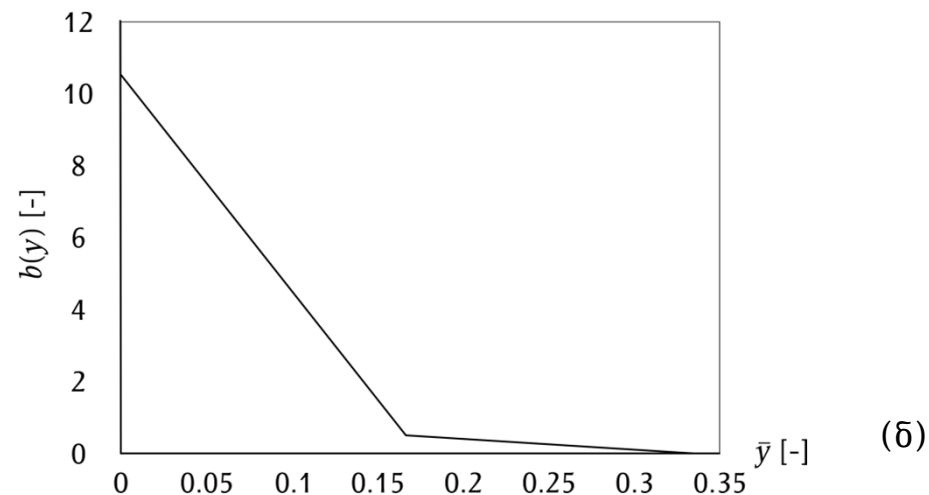
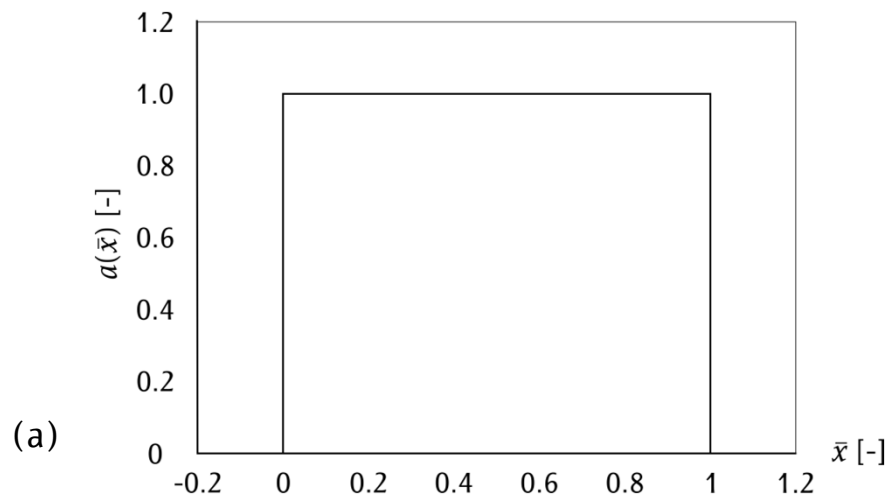
2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Статистички подаци о оштећењима током судара (*IMO/SLF, 2002*) и (*Lützen, 2002*):
 - Практично нема других оштећења са дубоким пенетрацијама.
 - За оштећења дужа од $0.033L$ нема корелације између бездимензионих вредности пенетрације и дужине оштећења.
 - За оштећења краћа од $0.033L$ уочено је да је у 90% случајева, однос бездимензионих величина пенетрације и дужине оштећења мањи од 15.



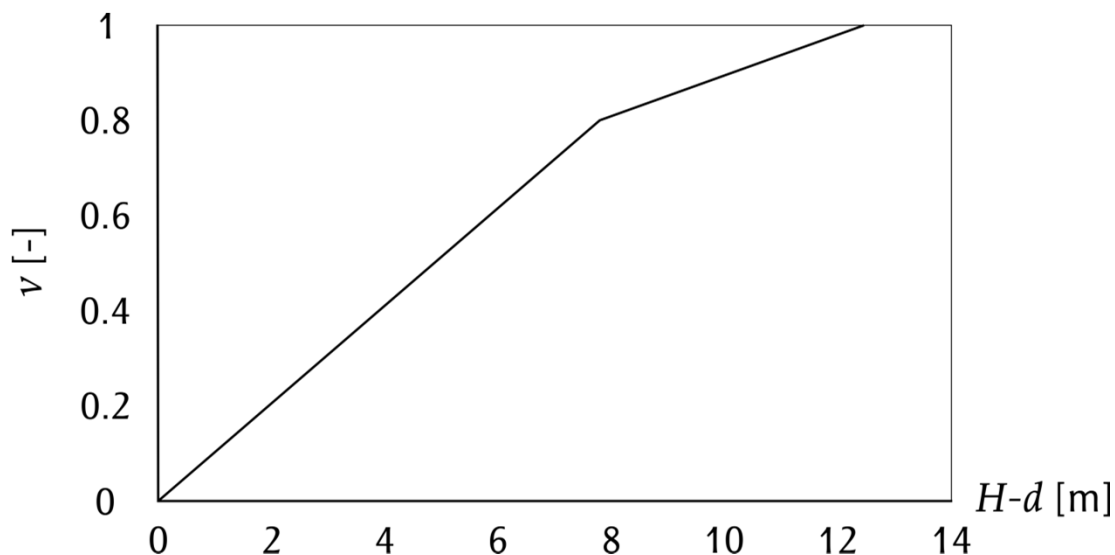
2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Расподеле вероватноће (HARDER): а) места оштећења дуж брода, б) бездимензионе дужине оштећења, в) бездимензионе дубине оштећења, г) висине оштећења ([Lützen, 2002](#)).



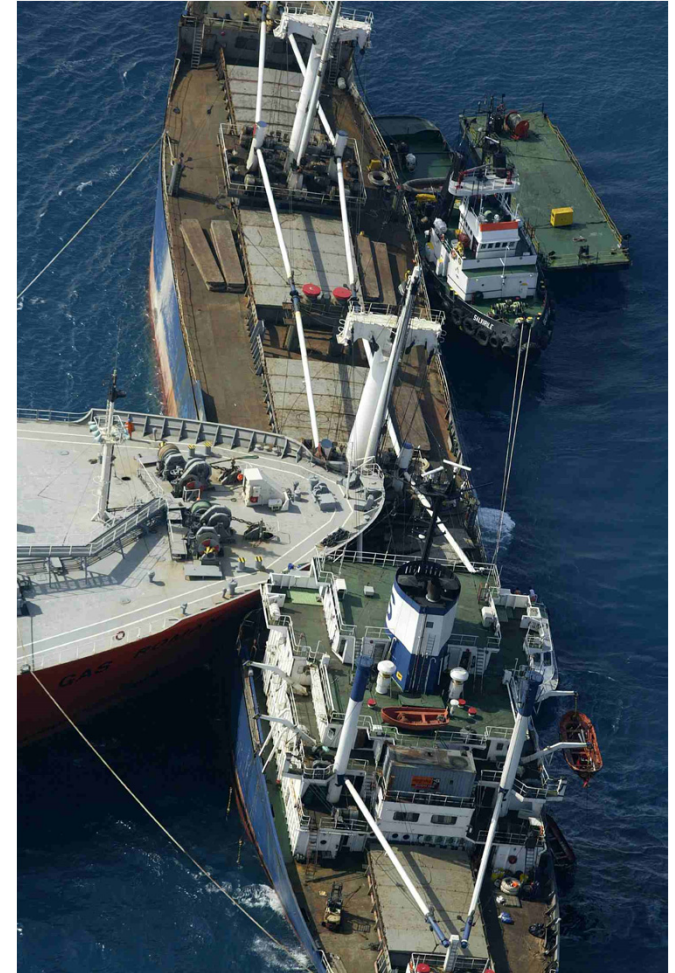
2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Кумулативна расподела вероватноће да оштећење неће превазићи одређену висину изнад водне линије (слика) (**IMO/SLF, 2002**).
- У подацима о несрећама забележена су оштећења трупа испод водне линије (обично продор који прави булб брода који удара) али... Оштећења испод водне линије нису пожељна и према томе, не треба да доприносе повећању индекса преграђивања.
- Кумулативна вероватноћа оштећења до водне линије ($H-d = 0$) треба да буде једнака нули.
- Вероватноћа од 80% да ће висина оштећења бити нижа од 7.8 m (изнад водне линије), као и висина која одговара вероватноћи од 100% добијене су анализом статистичких података о несрећама.



2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Судари:



2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Принцип еквивалентне сигурности (Papanikolaou & Eliopoulou, 2008):

$$\frac{A_{\text{нови}}}{R_{\text{нови}}} \approx \frac{A_{\text{постојећи}}}{R_{\text{постојећи}}}$$

- За постојеће пробабилистичке прописе важи:

$$R_{\text{нови}} = A_{\text{нови}} \frac{R_{A.265}}{A_{A.265}} \quad R_{\text{нови}} = A_{\text{нови}} \frac{R_{B-1}}{A_{B-1}}$$

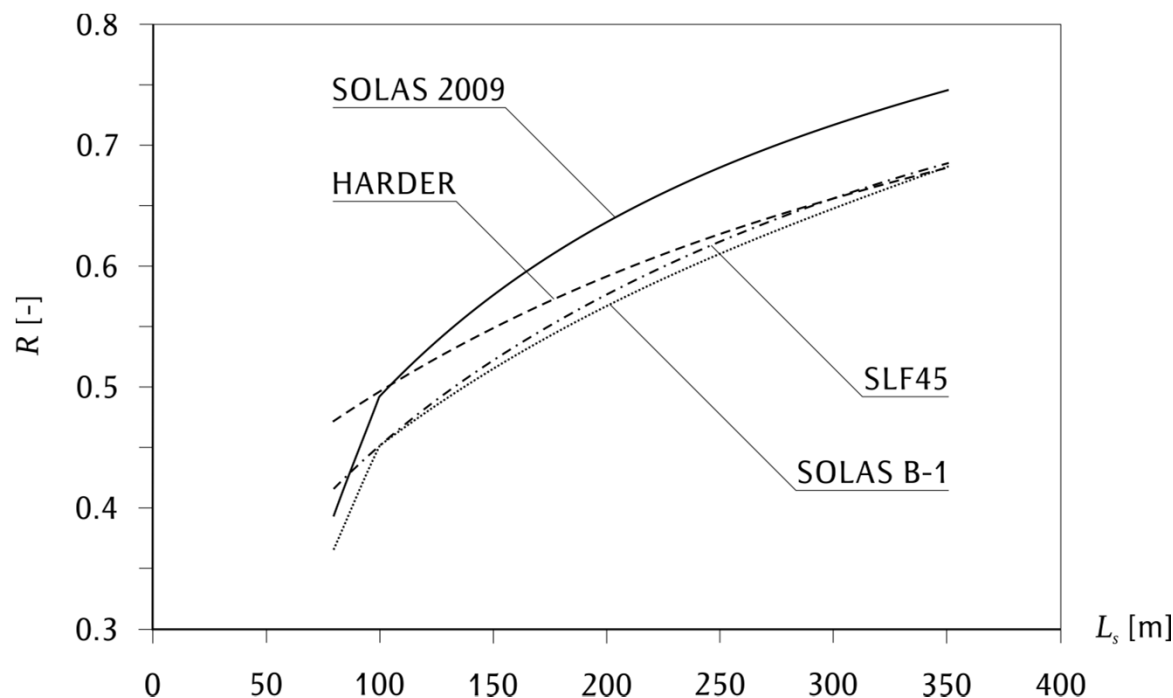
- За постојеће детерминистичке прописе важи:

$$R_{\text{нови}} = A_{\text{нови}} \frac{R_{\text{SOLAS90}}}{A_{\text{SOLAS90}}} \quad \text{и} \quad \frac{R_{\text{SOLAS90}}}{A_{\text{SOLAS90}}} = 1$$

- при чему се нове вредности $A_{\text{нови}}$ не рачунају за метацентарске висине мање од минималних према SOLAS 90 стандардима.

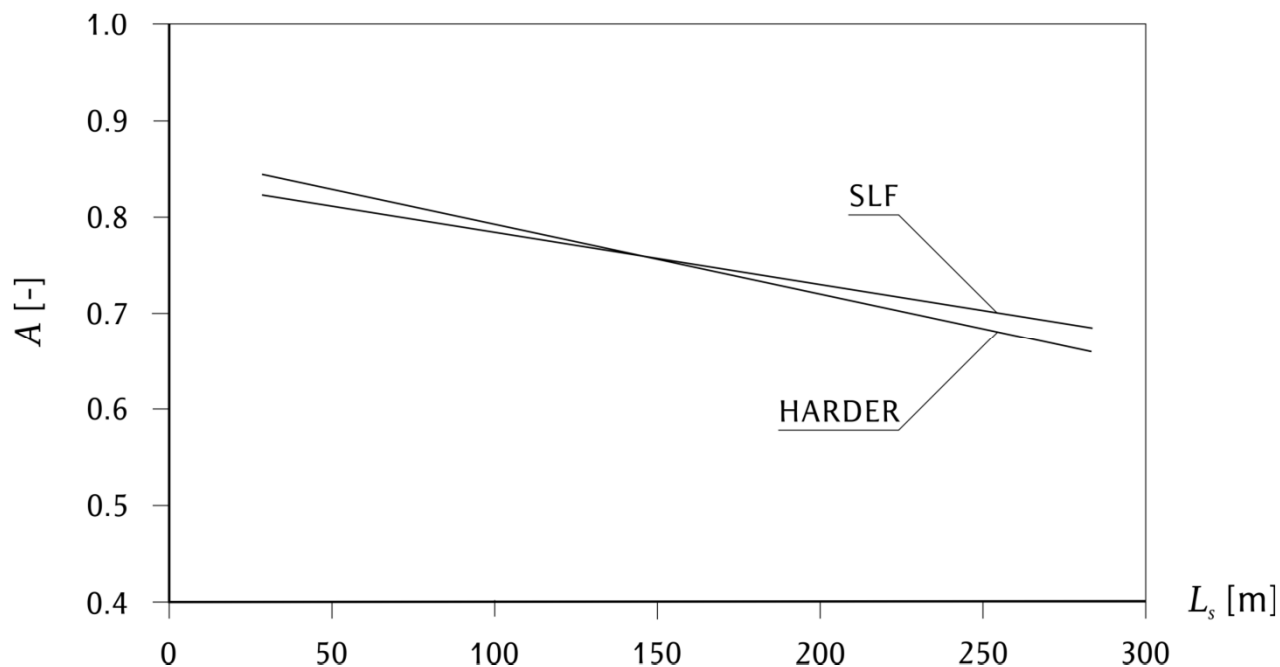
2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Захтевани индекс преграђивања теретних бродова R , (према SLF45 и према резултатима пројекта HARDER), већи од дотадашњег (IMO/SLF, 2003a). Разлика се повећавала са смањењем дужине брода, а посебно је била велика за бродове дужине мање од 100 m.
- Нови захтеви у погледу преграђивања посебно би се одразили на ро-ро теретне бродове, чије су вредности остварених индекса преграђивања, добијене прорачуном, махом биле испод захтеваног нивоа и генерално, ниже од нпр. контејнерских и бродова за расути терет.



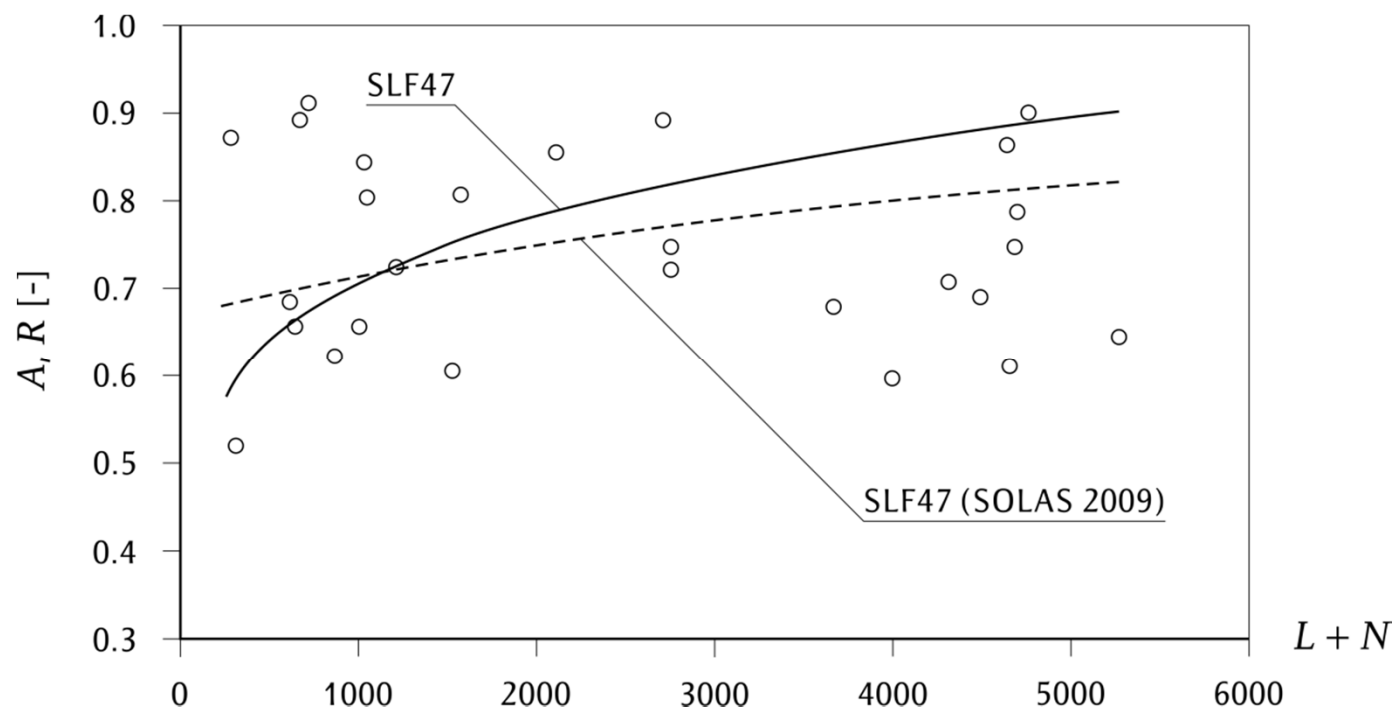
2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Највише потешкоћа да задовоље предлоге прописа имали би велики путнички бродови.
- Испоставило се да се остварени индекс преграђивања путничких бродова смањивао са повећањем дужине и броја путника и чланова посаде (слика).
- Мање $A \Rightarrow$ већи очекивани проценат несрећа са катастрофалним исходом (губитком брода након продора воде, услед судара).



2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Да би се тренд индекса преграђивања променио... ALARP приступом је дефинисана област прихватљивог ризика. Одбачени су они бродови у бази који су били *сувише* или *недовољно* сигурни (IMO/SLF, 2003a).
- Ипак... многи велики путнички бродови имали су мали остварени индекс преграђивања (нижи од одговарајућег индекса за мање путничке бродове, па чак и од индекса преграђивања теретних бродова сличне величине).



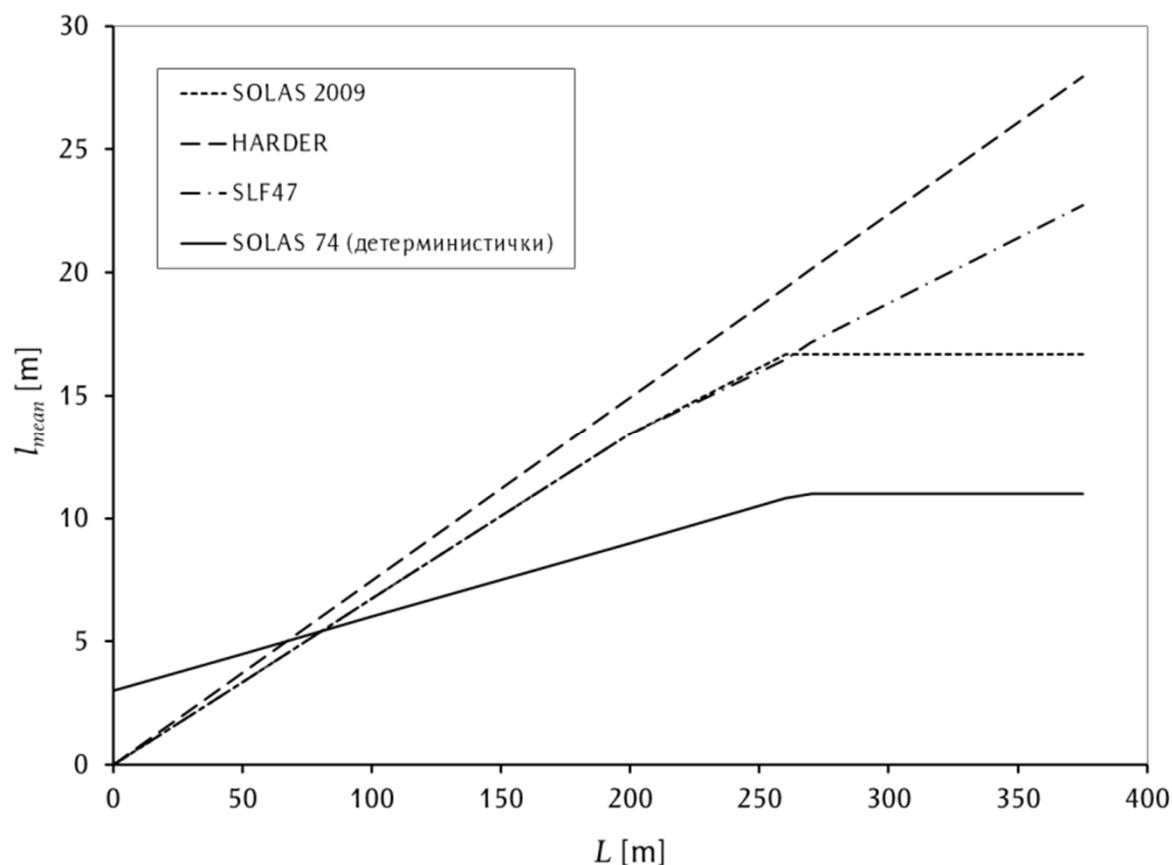
Путнички бродови

2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Да би тадашњи типични путнички бродови достигли предложени индекс R , требало би да претрпе велике и скупе измене.
- Ово је посебно било изражено код великих путничких бродова, дужине веће од 200 m.
- Нпр. да би постојећи путнички брод, $L_s = 283.58$ m, са 3450 путника и чланова посаде задовољио предложене прописе, метацентарска висина би морала да се повећа у просеку за 1.2 m... Драстична мера, морала би да се уклони читава палуба масе око 1500 t. Да би се исти ефекат постигао са мањим променама MG , потребно је додатно преграђивање, подизање преградне палубе, измештање незаштићених отвора, другачији распоред путања за евакуацију, а смањење капацитета је неизбежно... (IMO/SLF, 2004e).
- Најпре апсолутна максимална дужина оштећења ограничена на 60 m, а затим измењене и расподеле вероватноће бездимензионе дужине оштећења за бродове дуже од 260 m (слика).

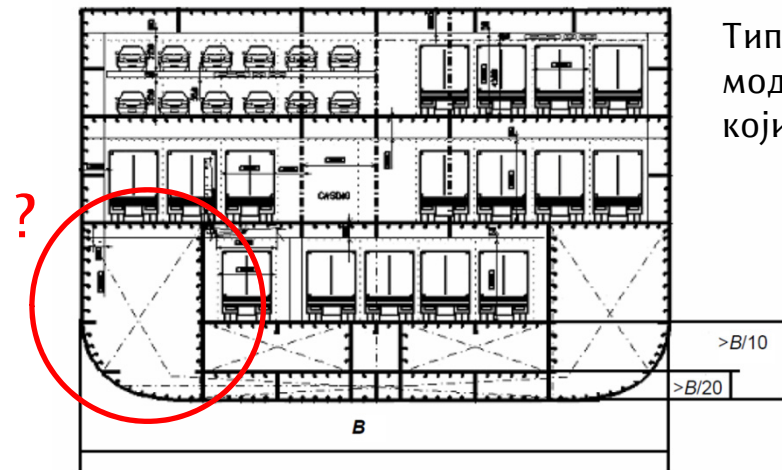
2.2.3 Усклађивање пробабилистичких прописа и пројект HARDER

- Средња дужина оштећења према резултатима пројекта HARDER, према налазима радне групе IMO, према постојећим прописима SOLAS 2009.
- Средње дужине оштећења веће од дужине оштећења према детерминистичким прописима SOLAS 74 (осим за бродове испод 80 m).



2.2.4 Висина дводна

- SOLAS 2009 прописује место и простирање унутрашњег дна ([Ch. II-1, Part B-2, Reg. 9: Double bottoms in passenger ships and cargo ships other than tankers](#)).
- На путничким и теретним бродовима (осим танкера) дводно треба да се простире од преграде крменог пика до колизионе преграде.
- Унутрашње дно треба да се простире од бока до бока, тако да штити узвој.
- Минимална висина дводна је $B/20$, али не мања од 760 mm.
- Препоручена максимална висина је 2000 mm.
- У случају да (путнички) брод има велико доње складиште, Застава може да захтева да минимална висина дводна буде $B/10$ или 3 m, шта год да је мање од те две вредности.



Типичан аранжман на модерном RoPax броду који има *long lower hold*

2.2.4 Висина дводна

- У верзији SOLAS 90, висина дводна била је прописана само за танкере ($B/15$ или 2 m, шта год је мање).
- Димензије дводна путничких и бродова за чврсти терет биле препуштене Заставама и класификационим друштвима.

2.2.4 Висина дводна

Rocknes (2004)

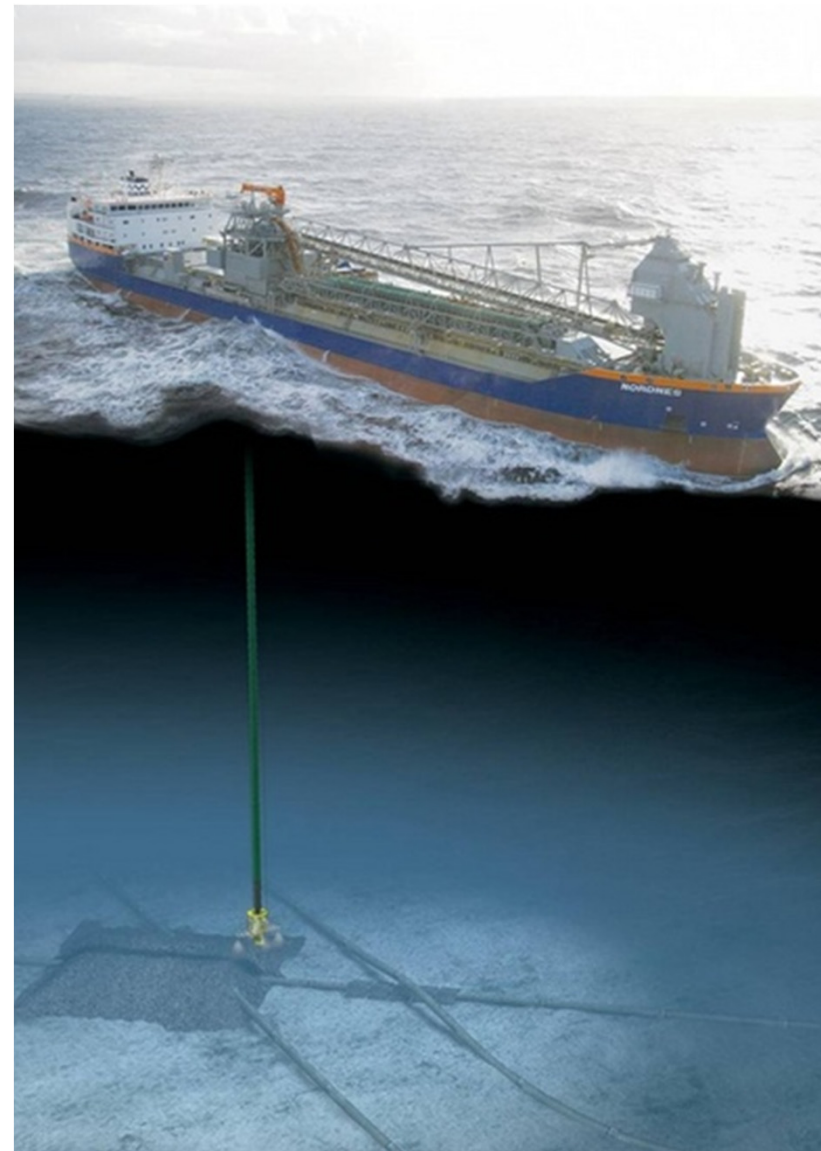
- 19. јануара 2004. године, брод *Rocknes* је доживео несрећу недалеко од Бергена.
- До несреће је дошло у заклоњеним водама, у пролазу између главног норвешког копна и једног од острваца. Бродом је управљао лоц.
- Брод је десним боком, у подручју узвоја, ударио у подводну стену, оштетио оплату на четири места и преврнуо се за свега неколико минута.
- Погинуло је 18 (од 30) чланова посаде; у море се излило око 230 t горива.



2.2.4 Висина дводна

Rocknes (2004)

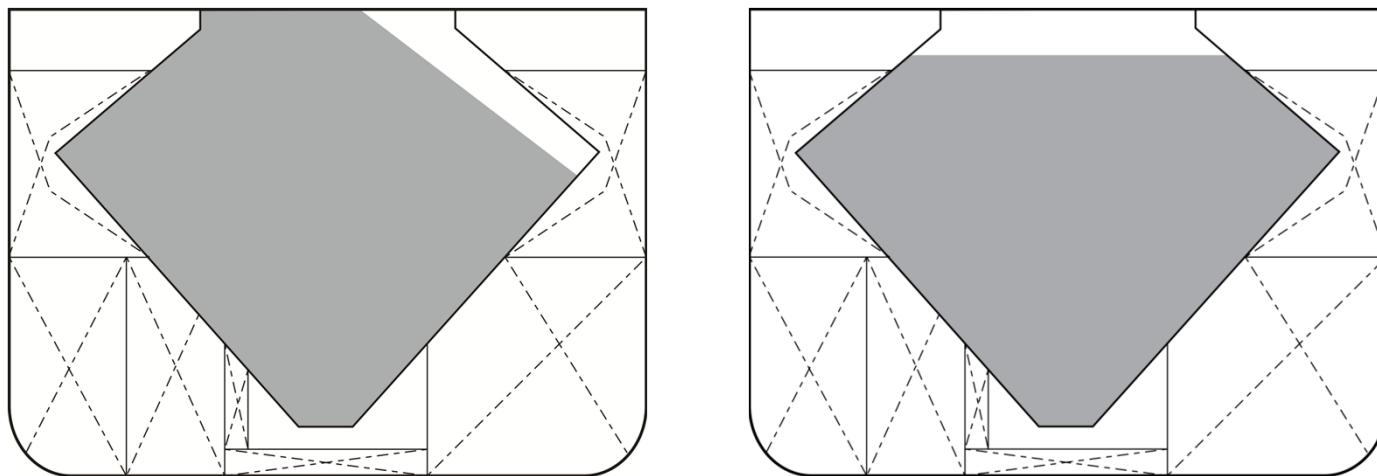
- *Rocknes* је изграђен 2001. године у Хамбургу.
- Реконструисан 2003. у тзв. *free fall pipe* (FFP) брод који на подводне цевоводе или каблове положене по морском дну посипа заштитни слој шљунка.
- Имао је класу Германског Лојда.
- У време несреће, био је највећи брод овог типа на свету ($LOA = 166.7\text{ m}$, $BOA = 24.5\text{ m}$, $d = 10.49\text{ m}$, $m_{DWT} = 25065\text{ t}$).
- *Fall Pipe vessels*: [ЛИНК](#)



2.2.4 Висина дводна

Rocknes (2004)

- Извештаји: брод није био прописно утоварен, распоред и маса терета (шљунка) и баласта нису били у складу са Књигом стабилитета, због чега је тежиште брода било сувише високо.
- Шљунак у складишту, супротно одредбама SOLAS конвенције о превозу расутог терета ([Ch. VI, Part A, Reg. 1-2: Requirements for the carriage of solid bulk cargoes other than grain](#)), није био нивелисан (слика).
- *International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code, Resolution MSC.268(85).**
- Конвејерска трака, којом је шљунак утоварен с левог бока, била је недовољне дужине да би се терет равномерно распоредио по складиштима, па је на десном боку остала празнина.



* 1. јануара 2017. на снагу ступа Резолуција MSC.393(95) – IMSBC Code (2015 Edition).

2.2.4 Висина дводна

Rocknes (2004)

- Услед контакта са дном, оштећена оплата на узвоју и наплављени велики непреграђени танкови због чега се брод накреноу на десни бок. Уследило је померање (клизање) терета које је узроковало додатни момент накретања.
- Брод би се (вероватно) преврнуо услед наплављивања танкова на узвоју чак и да је био исправно утоварен.
- Клизање шљунка је убрзало превртање, због чега посада није имала довољно времена да се евакуише и спаси.
- Брод није имао право дводно (од бока до бока), а танкови у узвоју били су сувише велики.

2.2.4 Висина дводна

- Заједнички предлог делегација Норвешке и Немачке (**IMO/SLF, 2004a**) који се односио на висину и простирање дводна.
- Подаци о оштећењима дна из пројекта HARDER... 82 случаја оштећења, од чега је у 68 случајева била позната и величина пенетрације дна. Анализа оштећења (**IMO/SLF, 2004b**).
- Неки бродови имају велике танкове у узвоју, у облику слова L (као *Rocknes*) или у облику слова U, који су осим дводна, обухватали и узвој. Зато су у анализу била укључена сва оштећења чија је доња ивица била до 0.5 m изнад дна, како би била узета у обзир и оштећења узвоја.
- Пенетрација дна у 3/4 случајева мања од $B/20$ m, а у 90% случајева мања од 2 m.
- Преглед висина дводна на 80 теретних и 28 путничких бродова са класом DNV или GL:
 - ниједан теретни брод није имао дводно ниже од 0.9 m, а 80% бродова имало је дводно висине до 2 m;
 - ниједан путнички брод није имао дводно ниже од 1 m, а 85% бродова имало је дводно ниже од 2 m.
- Предложено (**IMO/SLF, 2004a**): минимална висина дводна теретних бродова $B/20$, а путничких $B/15$ m, али (без обзира да ли је у питању теретни или путнички брод) не сме да буде мања од 900 mm, нити мора да буде већа од 2000 mm.

2.2.4 Висина дводна

- Ни путнички ни теретни бродови немају унутрашње дно читавом дужином \Rightarrow прописи захтевају посебну проверу последица оштећења дна у тим подручјима.
- Продор у одељења која нису заштићена дводном не сме да угрози рад уређаја који, у ванредним ситуацијама, обезбеђују напајање електричном енергијом, осветљење, функционисање средстава за комуникацију на броду и сл.
- Вероватноћа опстанка након продора у било које одељење у том подручју мора бити $s_i = 1$.
- Дужина претпостављеног оштећења највише 14.5 m, пробој дна највише 2 m, а пенетрација највише 10 m односно 5 m, у зависности положаја одељења.

2.3 Противпожарна заштита

- Прописи треба да:
 - спрече избијање пожара и експлозије;
 - умање ризике, узроковане пожаром, по људски живот, терет, брод и околину;
 - задрже пожар и експлозију у одељењу у којем су настали;
 - обезбеде адекватан начин да се путници и посада удаље од пожара.
- *Пасивне и активне* мере противпожарне заштите (*fire safety*).
- Одређени су и услови под којима може да се одступи од уобичајених, прескриптивних прописа како би се применила алтернативна решења.
- До SOLAS 1948, конвенција SOLAS није садржала прописе о противпожарној заштити.



Albert Bierstadt,
The Burning Ship, 1871.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

- Трагичне поморске несреће, са изузетно великим бројем жртава.
- Релативно чести у односу на друге несреће...



Учестаност несреће на годишњем нивоу по броду (пројект SAFEDOR)

Узрок несреће	Судар	Насукање	Пожар
LNG танкери	$6.70 \cdot 10^{-3}$	$2.80 \cdot 10^{-3}$	$3.50 \cdot 10^{-3}$
Танкери за нафту	$1.03 \cdot 10^{-2}$	$7.45 \cdot 10^{-3}$	$4.46 \cdot 10^{-3}$
Контејнерски бродови	$1.61 \cdot 10^{-2}$	$6.84 \cdot 10^{-3}$	$3.55 \cdot 10^{-3}$
Путнички бродови (крузери)	$4.60 \cdot 10^{-3}$	$9.80 \cdot 10^{-3}$	$8.90 \cdot 10^{-3}$
RoPax бродови	$1.25 \cdot 10^{-2}$	$9.57 \cdot 10^{-3}$	$8.28 \cdot 10^{-3}$

- На путничким бродовима, пожари најчешће у кабинама и кухињама (по 26% пожара), у просторијама са инцинераторима (18%) и машинском простору (8%) (**Vassalos et al, 2010**).
- На контејнерским бродовима, око 50% пожара у машинском простору, око 25% пожара у простору намењеном за транспорт терета (на палуби и у складишту) (**IMO/MSC, 2007e**).
- На RoPax бродовима најчешће у машинском простору (64%), стамбеним просторијама (24%) а најмање пожара на палуби аутомобила (12%) (**IMO/MSC, 2008f**).

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

- Али... најчешћи пожари не морају да буду и најопаснији!
- На танкерима, мање од 10% пожара у теретним и таложним танковима (**ИМО/МЕРС, 2008**).
- Али, последице пожара / експлозије у теретном танку могу бити катастрофалне: изгубљен брод, еколошка катастрофа....
- Пожар може да буде и само увод у катастрофу...



2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

al-Salam Boccaccio 98 (2006)

- Потонуо 3. фебруара 2006. године у Црвеном мору, на путу из Саудијске Арабије у Египат.
- Погинуо је 1031 човек од око 1400 путника и чланова посаде.
- Брод је имао панамску заставу и класу италијанског регистра бродова RINA.
- Саграђен 1970. а током реконструкције 1990/91. прилагођен SOLAS 74 стандардима.
- $L_{pp} = 118 \text{ m}$, $B = 23.6 \text{ m}$, $d = 5.9 \text{ m}$.



2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

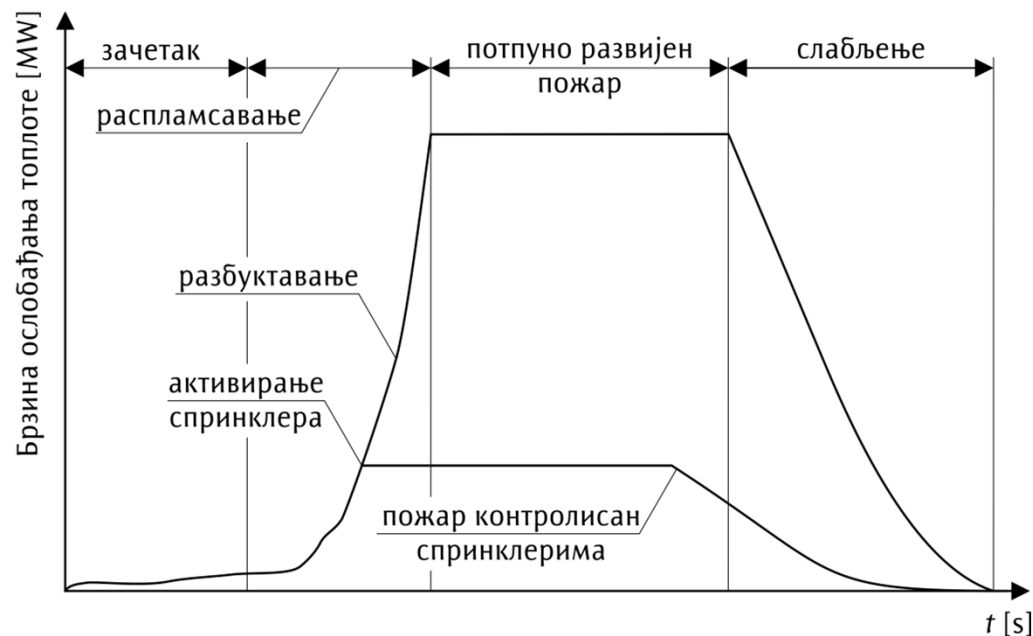
al-Salam Boccaccio 98 (2006)

- Брод се преврнуо услед велике слободне површине на палуби аутомобила.
- Слободна површина се формирала током гашења пожара... Вода је споро отицала кроз лакомице на палуби које је блокирало смеће.
- Анализа након несреће показала да постоје случајеви када ни свих 13 лакомица није довољно да се вода не задржава на палуби...
- Промењени одговарајући прописи конвенције SOLAS, припремљене Смернице за одстрањивање воде из противпожарних система са затворених палуба аутомобила (*IMO/MSC, 2009*).
- На оба бока преградне палубе путничког брода (и сваке палубе која се налази изнад ње) треба да буду постављени одговарајући *системи за одстрањивање воде* појединачног капацитета најмање 125% протока који се може остварити противпожарним системом инсталираним на палуби уз истовремено дејство два пожарна црева (односно четири, ако брод носи опасне терете).
- Такође, отвори за одвод треба да буду заштићени помичним решеткама или мрежама, прописаних карактеристика (величине отвора, укупне отворене површине, итд.).

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

HRR крива

- Настајање и развој пожара током времена описује се кривом брзине ослобађања топлоте (*heat release rate curve*, HRR).
- Карактеристични сегменти:
 - почетна фаза или зачетак (*incipient*),
 - развој пожара, разгоревање, распламсавање (*fire growth*),
 - потпуно развијен пожар (*fully developed fire*) и
 - слабљење, смиривање пожара (*fire decay*).



2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

HRR крива

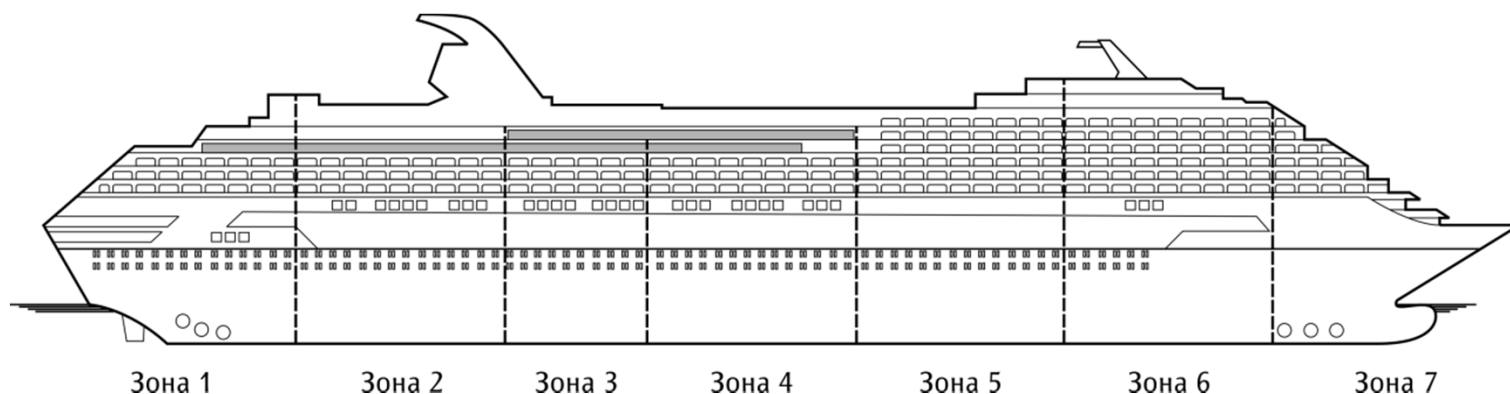
- Током почетне фазе ослобађају се токсични гасови и дим \Rightarrow детектори дима за благовремено откривање пожара.
- Ватра се распламсава након разбуктавања (*flashover*), при температурама од 500-600°C.
- Пре разбуктавања, пожар опасан пре свега за људе (дим, отровни гасови).
- Након разбуктавања, високе температуре могу да доведу у питање интегритет конструкције.
- Са трошењем горива долази до слабљења ватре и смиривања пожара.
- Како ће процес изгледати зависи од:
 - расположивости и типа горива и извора топлоте,
 - начина сагоревања,
 - величине и геометрије просторије,
 - вентилационих отвора који омогућавају доток кисеоника
 - термалних својстава (изолације) зидова просторије,
 - система за откривање, сузбијање и гашење пожара,
 - реакције путника и чланова посаде и др.
- Сви фактори случајне величине! Пробабилистички приступ противпожарној заштити...

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

- HRR крива примењива на пожар у мањем одељењу (*compartment fire*) нпр. путничкој кабини.
- Ако је одељење велико... Много теже за решавање и моделирање.
- Пасивна противпожарна заштита (не само бродова) заснива се на преграђивању.
- Термалним и структуралним преграђивањем ограничава се ширење ватре, дима и гасова.
- Труп, надграђе и палубне кућице путничких бродова подељени су на главне вертикалне зоне и хоризонталне зоне.
- Простор за смештај путника треба да буде одвојен од остатка брода.
- Главна вертикална зона је простор ограничен преградама класе А, при чему средња дужина или ширина зоне (која може да обухвати више палуба) не сме бити већа од 40 m.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

- На путничким бродовима дозвољено да главна вертикална зона изнад преградне палубе буде дуга / широка до 48 m да би њени крајеви „падали“ на водонепропусне преграде испод преградне палубе ([Ch. II-2, Part C, Reg. 9: Containment of fire](#)).
- Други разлог за повећање димензија главних вертикалних зона који може бити оправдан је изградња великих јавних простора (концертних дворана, ресторана и сл.) унутар брода.



- (Нпр. прописи дефинишу *аџријум* као јавни простор у оквиру главне вертикалне зоне који обухвата три и више отворених палуба!)
- Ни тада површина, ни на једној од палуба које главна вертикална зона обухвата, не сме да буде већа од 1600 m².

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

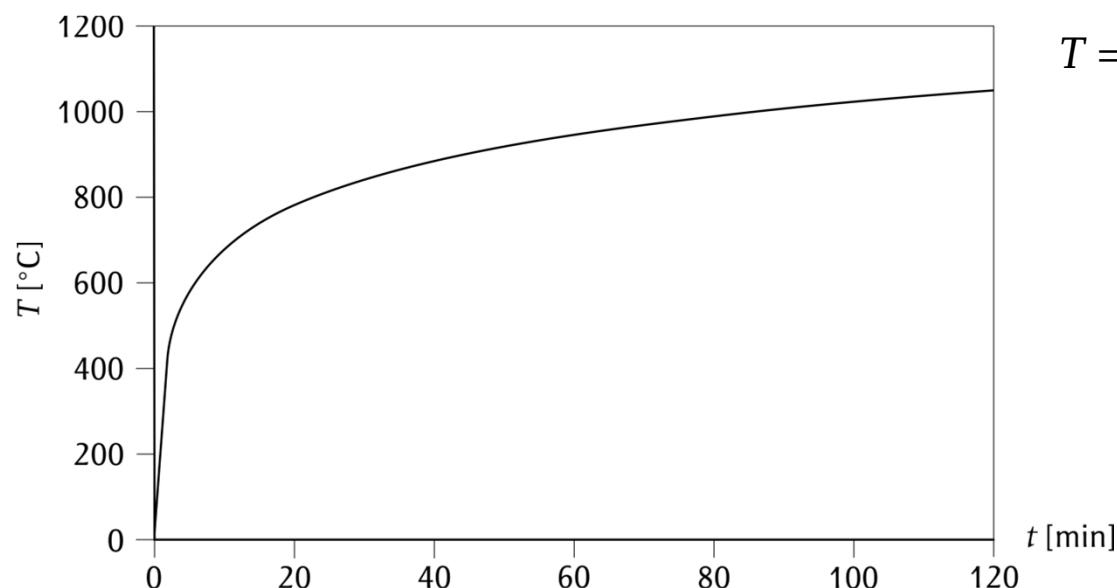
- Преграде могу бити А, В и С класе.
- Под преградама се подразумевају сви „зидови“ које могу чинити преграде (у ужем, бродском смислу), палубе, плафони, облоге и др.
- Класе преграда међусобно се разликују према материјалу од којег су направљене, чврстоћи, пропусности дима и пламена и степену изолације.
- Класа А пружа највиши степен заштите; преграде ове класе су:
 - обично челичне и одговарајуће чврстоће,
 - изоловане *несагоривим материјалом* захваљујући којем просечна температура, током одређеног времена, на оној страни преграде која није изложена пожару неће порасти за више од 140°C у односу на првобитну температуру нити ће температура било које тачке на тој страни преграде порасти за више од 180°C.
- У зависности од тога да ли температура преграде остаје у поменутим границама током 60, 30, 15 минута или се повећава више него што је предвиђено за релативно кратко време, разликујемо А-60, А-30, А-15 и А-0 категорије преграда.
- Обичне, оребрене, челичне палубе или преграде, без додатне изолације, су класе А-0.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

- Несагориви материјал (*non-combustible material*): сваки материјал који при загревању до 750°C не гори, нити ствара запаљива испарења у количини довољној да се сама запале.
- Сви материјали који немају те карактеристике су сагориви (*combustible materials*).

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

- Такође, преграде класе А треба да буду конструисане тако да спрече ширење ватре и дима током једночасовног *стандардног пожарног испитивања* (*standard fire test*).
- Стандардни пожарни тест: поступак испитивања узорака преграда и палуба у посебним пећима на температурама које се одређују на основу стандардне (номиналне) временско-температурне криве.



$$T = 20 + 345 \cdot \log(8t + 1)$$

- Постоји и низ других тестова помоћу којих се емпиријски утврђују ватроопорност, сагоривост, ширење дима и отровних гасова, итд. материјала који се користе на броду.
- Тестови су описани у IMO 2010 FTP (Fire Test Procedures) Code, (**IMO/MSC, 2010a**).

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

- Преграде В класе пружају нижи степен противпожарне заштите:
 - од несагоривих материјала (мада је дозвољено коришћење сагоривих фурнира),
 - спречавају ширење ватре и дима током полчасовног стандардног пожарног теста,
 - просечна температура на неизложеној страни преграде неће порасти за више од 140°C у односу на првобитну температуру (као код преграда класе А), али максимална температура у некој тачки може да порасте за највише 225°C .
- Постоје само В-15 и В-0 преграде.
- Једини захтев који треба да испуне преграде С класе је да буду од несагоривих материјала (изузимајући фурнире, мада и они треба да буду одређених карактеристика).



2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

- Ако путнички брод превози више од 36 путника, главне вертикалне зоне ограничене су преградама А-60 класе.
- Ако је предвиђени број путника мањи, главне вертикалне зоне су ограничене преградама А класе чија категорија зависи од намене просторија које ограничава.
- Унутар главне вертикалне зоне, преграде могу бити В и С класе, али за сваки простор прописана је врста преграде која га ограничава у вертикалном и хоризонталном правцу.
- Нпр. стамбене просторије од санитарних могу бити одвојене преградама С класе, али од машинских простора, кухиња, радионица и сл. морају бити одвојене преградама А класе.
- Преграде главних вертикалних зона се, у принципу, пружају од палубе до палубе и до оплате или других преграда.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

- Неке специфичности RoPax бродова...
- Подела на главне вертикалне зоне није могућа јер се коси са основним концептом – непреграђеном палубом аутомобила која се простире читавом дужином брода.
- Да би се постигла еквивалентна сигурност, треба:
 - третирати хоризонталне и вертикалне преграде таквог простора као границе главне пожарне зоне,
 - палубу заштитити одговарајућим системом за гашење пожара,
 - одводе с палубе димензионисати у складу с прописима.
- Урођена мана ро-ро бродова: на палуби аутомобила налази се пуно материја које могу да допринесу настанку и брзом ширењу пожара (*al-Salam Boccaccio 98*).

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

- На теретним бродовима, осим танкера, стамбене просторије, контролне собе (*control stations*) и кухиње, кухињске и друге оставе и складишта (*service spaces*) треба заштити једном од следећих метода.
 - Метода IC: ако се простор прегради преградама В и С класе, онда није неопходна уградња спринклера, детектора и аларма.
 - Метода IIC: ако се у свим просторијама у којима се може очекивати избијање пожара уграде одговарајући детектори, аларми и спринклери, онда није важно каквим преградама ће простор бити подељен.
 - Метода IIIC: уградња детектора и аларма у свим просторијама у којима се може очекивати избијање пожара, при чему стамбене и друге просторије ограничене преградама класе А и В не треба да буду површине веће од 50 m².
- Све три методе: детектори дима у ходницима, на степеницама и стазама за евакуацију.
- Методе су међусобно равноправне.
- На танкерима је прихватљива само Метода IC.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

- Активне мере заштите: системи за откривање, обуздавање и гашење пожара.
- Стационарни системи за гашење пожара (*fixed fire-extinguishing systems*) + одређени број апарата за гашење (*portable fire extinguishers*) + одређени број ватрогасних одеа и друге опреме за непосредну борбу са ватром.
- Избор супстанце или агенса за гашење зависи од места настанка пожара и *горива*.
- Могу да се користе вода, пара, пена, CO₂, инертни гасови и неке хемикалије у праху.
- Халони, врло ефикасни агенси за гашење, нису отровни, не гуше, немају корозивна својства ⇒ идеални за просторије у којима бораве људи или се у њима налази осетљива опрема.
- Забрањена употреба на трговачким бродовима – оштећују озонски омотач.
- Забрана је на снази од 1. јануара 2000. године.
- У новије време, нека нова хемијска једињења... Нпр. *Noves 1230*, гас врло сличан халонима, али безопасан за озонски омотач.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Morro Castle (1934)

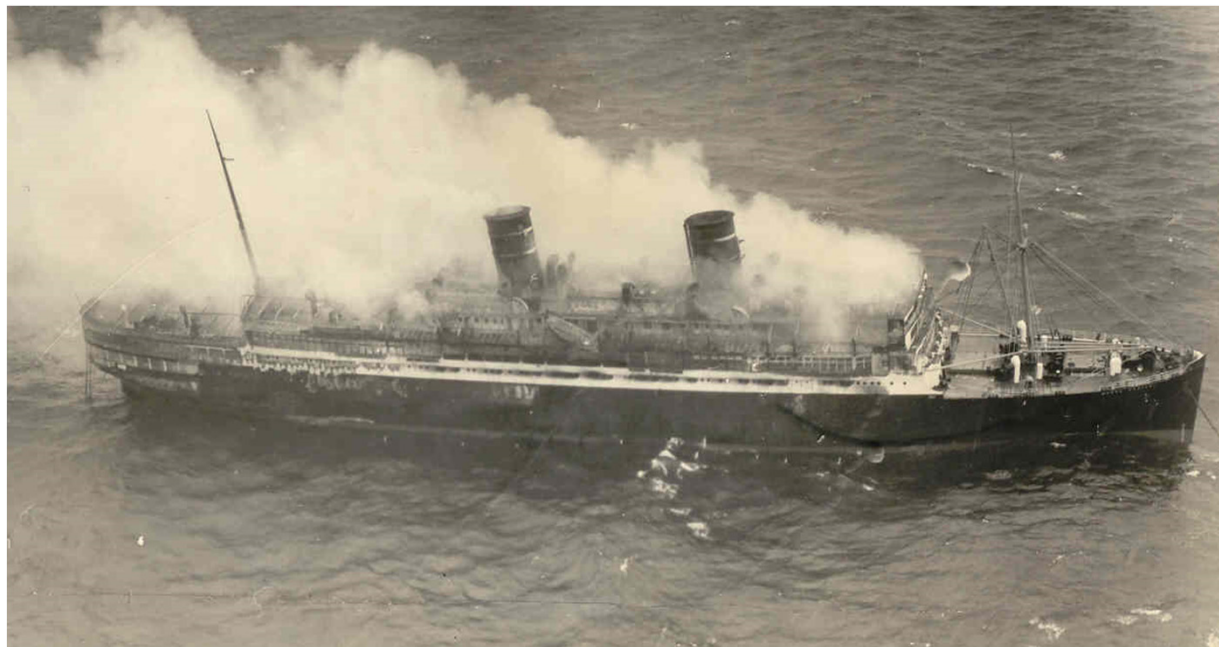
- Брод је пловио на редовној линији Њујорк – Хавана.
- У пожару је живот изгубило 124 путника и чланова посаде.
- Узрок пожара остао неразјашњен, али последице пожара по рад бродских уређаја, начин на који се ватра ширила и ток евакуације значајно утицали на изглед прописа.



2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Morro Castle (1934)

- Стамбене просторије брода биле су обложене сагоривим материјалима (дрвеним облогама) што је омогућило брзо ширење пожара.
- Ватра је тешко оштетила многе системе, нестало је светло, прекинута је комуникација унутар брода као и брода са спољним светом, а оштећен је и кормиларски уређај;
- Спуштено је шест чамаца за спасавање (од 12), а неувежбана посада није била у стању да организује евакуацију.



2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Scandinavian Star (1990)

- RoPax брод, саграђен 1971. године, у складу са SOLAS 60 стандардима
- Брод је имао је заставу Бахама и (у тренутку несреће) класу Лојд Регистра.
- $LOA = 141.6 \text{ m}$, $B = 21.9 \text{ m}$, $D = 7.75 \text{ m}$, $d = 5.5 \text{ m}$.
- Брод је имао три главне вертикалне зоне.
- Управо отпочео службу између Осла и Фредериксхавена у Данској.
- Већи део посаде је тада промењен...



2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Scandinavian Star (1990)

- Од 482 особе на броду страдало је 158 људи.
- Већина се угушила у отровном диму који се ширио брже од саме ватре (**NOR, 1991**).
- Пожари избили око 2 часа ујутру, када је већина путника спавала у кабинама...
- Најважнији фактори несреће везани за прописе:
 - Увежбаност посаде
 - Употреба сагоривих материјала
 - Размештај система противпожарне заштите



2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Scandinavian Star (1990)

Увежбаност посаде

- Већи део чланова посаде (њих 60) имао је „угоститељска“ задужења на броду и, према тадашњим прописима, нису били обавезни да заврше обуку која би их оспособила за сузбијање пожара и евакуацију путника.
- Многи нису добро ни познавали брод, јер су се укрцали свега неколико дана пре несреће.

Употреба сагоривих материјала

- Зидови и плафони свих ходника и степеништа на броду *Scandinavian Star* су били обложени сагоривим пластичним ламинатом дебљине 1.6 mm, што је омогућило брзо ширење ватре.
- Калоријска вредност облоге била је 48 MJ/m². Конвенција SOLAS 60 препуштала Застави да одреди максималну калоријску вредност сагоривих материјала, али у доба градње брода одговарајућа национална правила нису предвиђала ограничења у том смислу.

Размештај система противпожарне заштите

- На броду је само палуба аутомобила била заштићена системом гашења спринклерима, док у стамбеним просторијама таквог система није било, као ни детектора дима.
- SOLAS 60 стандарди дозвољавали су да у стамбеним просторијама (ако су преграђене зидовима одређених класа – Метода I) нема ни детектора ни спринклера.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Увежбаност посаде у савременим прописима

- Чланови посаде најпре да буду упознати са сâмим бродом, а затим и са мерама противпожарне заштите брода, прибором за прву помоћ, као и са својим задацима у случају пожара ([Ch. II-2, Part E, Reg. 15: Instructions, on-board trainings and drills](#)).
- На свим путничким бродовима, једном недељно треба одржавати вежбе напуштања брода (*abandon ship drill*) и противпожарне заштите (*fire drill*) и организовати их тако да сваки члан посаде бар једном месечно учествује у њима.
- Посада треба да „охрабри“ путнике да учествују у вежбама, али путници нису обавезни да учествују ([Ch. III, Part B, Reg. 30: Drills](#)).
- Путнике треба окупити током првих 24 часа по испловљавању и упознати их са употребом прслука за спасавање и понашањем у случају ванредног стања.
- На другим типовима бродова: сваки члан посаде треба бар једном месечно да буде укључен у пожарне и вежбе напуштања брода.
- Вежбе треба одржати током првих 24 часа по испловљавању уколико више од 25% посаде током претходних месец дана није учествовало у вежбама на том конкретном броду ([Ch. III, Part B, Reg. 19: Emergency training and drills](#)).

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Употреба сагоривих материјала у савременим прописима

- Максимална калоријска вредност сагоривих материјала не сме бити већа од 45 MJ/m^2 ([Ch. II-2, Part B, Reg. 5: Fire growth potential](#)). Ова одредба уведена је са конвенцијом SOLAS 74.
- Прописана је и укупна запремина сагоривих материјала у стамбеним просторијама.

Размештај система противпожарне заштите у савременим прописима

- Све стамбене просторије, контролне и помоћне собе, укључујући степеништа и ходнике, на путничким бродовима намењеним за више од 36 путника, треба имају систем откривања пожара (детектори дима), систем узбуђивања и систем гашења пожара спринклерима.
- У стамбеним просторијама, спринклери треба да се активирају на температурама између 68°C и 79°C .
- Детектори дима инсталирани и дуж стаза за евакуацију унутар стамбеног простора.
- У контролним собама, због осетљиве опреме (за навигацију, комуникацију, напајање у ванредним ситуацијама, контролу противпожарног система и сл.), уместо система гашења водом, дозвољен стационарни систем неког другог типа.
- Просторије у којима је ризик од пожара мали (јавни тоалети, спремништа CO_2 , празни простори, итд.) не морају бити опремљене спринклерима нити системима откривања пожара и узбуђивања.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Детектори дима

- Детектори треба да открију дим пре него што се просторија замрачи више од 12.5%/m, али не пре него што густина дима достигне 2%/m.
- Један детектор дима треба да покрива највише 74 m², растојање између два суседна детектора не сме бити веће од 11 m, а прописано је и највеће односно најмање растојање детектора од преграде.
- При постављању детектора дима треба водити рачуна да се не налазе у близини места (делова конструкције или уређаја) где је струјање ваздуха може да омета њихов рад.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

▪ Активне мере заштите на путничким бродовима

На путничким бродовима са више од 36 путника

Врста просторије	Стамбене просторије	Ходници, степеништа	Стазе за евакуацију
Систем откривања (детектори дима)	✓	✓	✓
Систем узбуђивања (аларм)	✓	✓	✓
Систем гашења (спринклери)	✓	✓	✓

На путничким бродовима до 36 путника

Врста просторије	Стамбене просторије	Ходници, степеништа	Стазе за евакуацију
Систем откривања (детектори дима)	✓	✓	✓
Систем узбуђивања (аларм)	✓	✗	✗
Систем гашења (спринклери)	✓	✗	✗

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Противпожарна заштита машинских простора

- Машински простор А категорије: простор у којем је смештен мотор са унутрашњим сагоревањем који се користи као главни погонски уређај или агрегати истог типа (СУС), али друге намене, чија укупна снага у том случају није мања од 375 kW.
- Машински простор А категорије су и просторије у којима се налазе котлови, инцинератори и други уређаји који користе бродско гориво.
- У машинском простору:
 - користе се разноврсни запаљиви флуиди (горива, уља, мазива),
 - постоје електричне инсталације и генератори електричне енергије,
 - постоје површи које се загревају до високих температура током нормалног рада уређаја и постројења.
- Исход пожара у машинском простору може да буде губитак погона брода, нестанак струје или престанак рада неких других *вишалних* система.
- Смернице за спречавање пожара у машинским просторима и просторијама за теретне пумпе **IMO/MSC (2009a)**.
- Смернице дају детаљна упутства и примере техничких решења које се могу применити у машинском простору.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Противпожарна заштита машинских простора

- Различите мере контроле горива, кисеоника и топлоте унутар машинског простора:
 - изолација спојева делова цевовода кроз које протичу запаљиве течности под притиском већим од 0.18 N/mm^2
 - заштита црева за доток горива на СУС моторима спољном цеви (*jacketing*),
 - топлотна изолација површина које се греју током рада уређаја и постројења,
 - заштита делова електричне опреме (нпр. каблова, контролних табли и др.) од запаљивих течности и гасова,
 - постављање сензора за праћење температуре на пумпама, итд.
 - вентилација, итд.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Противпожарна заштита машинских простора

- У начелу, није дозвољено гориво чија је тачка паљења (температура запаљивости) нижа од 60°C, осим за покретање генератора електричне енергије у ванредним ситуацијама (*emergency generators*), када се може користити гориво чија тачка паљења није нижа од 43°C.
- Загађење ваздуха...
- Алтернативна горива (природни гас, метанол и др.) обично имају тачке паљења знатно ниже од 60°C ⇒ неопходне додатне опсежне мере противпожарне заштите.
- Прописи о сигурности бродова који користе горива ниске тачке паљења, IGF Code (*International Code of Safety for Ships using Gases or other Low flashpoint Fuels*)...

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Противпожарна заштита машинских простора

- Због врелих површи у машинском простору, битна и температура самозапаљења течности.
- До пожара често долази када у контакту са незаштићеном врелом површином, течност испарава, а испарење достиже температуру самозапаљења.
- Вреле површине (*hot surfaces*), чија температура не прелази 220°C и површине загрејане до високе температуре (*high temperature surfaces*) чија је температура виша од 220°C.

Температура запаљивости и температура самозапаљења типичних бродских горива, уља и мазива

Врста течности	Температура запаљивости [°C]	Температура самозапаљења [°C]
HFO (<i>heavy fuel oil</i>)	65 - 80	најмање 400
IFO 380	60 - 75	најмање 250
IFO 180	60 - 75	најмање 250
MFO (<i>medium fuel oil</i>)	60 - 75	најмање 250
MDO (<i>marine diesel oil</i>)	60 - 75	најмање 250
MGO (<i>marine diesel oil</i>)	60 - 75	најмање 250
Уље за подмазивање цилиндара	210 - 240	најмање 320
Хидрауличко уље	180	најмање 320
Уље за загревање	210	најмање 320

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Противпожарна заштита машинских простора

- Машински простори А категорије треба да буду заштићени стационарним системом за гашење пожара са гасом (нпр. CO_2), HiEx (*high expansion*) пеном или маглом.
- Важи и за машинске просторе са парним турбинама или парним машинама укупне снаге не мање од 375 kW, ако се у њима не захтева непрекидно присуство посаде.
- Код о системима противпожарне заштите **IMO/MSC (2000a)**.
- За гашење машинских простора треба обезбедити количину CO_2 која одговара 30% до 40% запремине тог простора. Систем треба пројектовати тако да 85% гаса буде испуштено у року од 2 min.
- Системи гашења пеном треба да буду пројектовани тако да пена великом брзином испуни простор, стварајући слој дебљине најмање 1 m/min. Количина течности (из које се ствара пена) довољна да се добије пена запремине једнаке петострукој запремини највеће просторије заштићене оваквим системом.
- У систему гашења маглом, број и распоред млазница треба да буде такав да просечна брзина истицања буде најмање 5 l/m²/min. Млазнице треба да буду постављене изнад каљужа, покрива танкова и других места на којима може да се нађе гориво.
- Предвиђен и број апарата за гашење пожара на располагању у машинском простору.

2.3.1 Основни концепти противпожарне заштите морских бродова

Мали речник противпожарне заштите

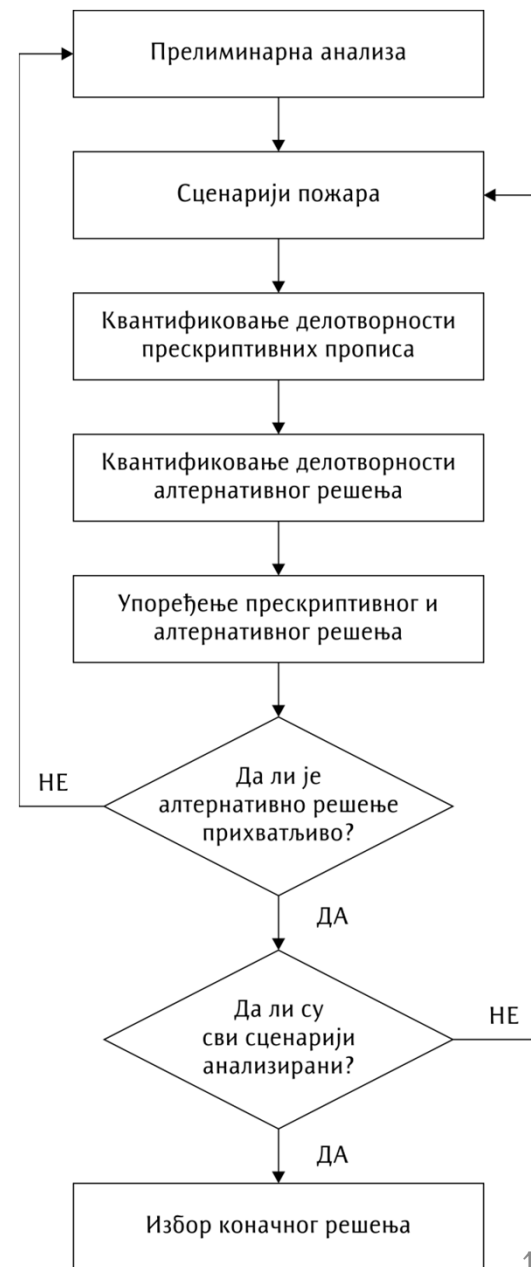
- Температура samozапаљења (*auto-ignition point*) – температура на којој супстанца спонтано реагује са кисеоником и гори без спољњег извора топлоте.
- Тачка паљења, температура запаљивости (*flash point*) – најнижа температура на којој материја испарава и формира запаљиву смешу, која се пали у присуству извора топлоте.
- Несагориви материјал (*non-combustible material*) – сваки материјал који при загревању до 750°C не гори, нити ствара запаљива испарења у количини довољној да се сама запале.
- Калоријска вредност (*calorific value*) – количина топлоте која се ослобађа при потпуном сагоревању јединичне масе или јединичне површине горива.
- Замраченост (*obscuration*) – мера осетљивости сензора детектора дима; мери се тако што се зрак светлости одашиље ка пријемнику постављеном на растојању од пет стопа – ако пријемник региструје 20% слабију светлост, онда је замраченост 4%/ft.

2.3.2 Алтернативна решења

- SOLAS 2009: може да се одступи од прескриптивних одредби о противпожарној заштити, ако се алтернативним приступом остваре сви циљеви ових прописа ([Ch. II-2, Part F, Reg. 17: *Alternative design and arrangements*](#)).
- IMO, алтернативна решења:
 - иновативна решења примењена на бродске конструкције и системе,
 - уобичајене, традиционалне конструкције и системи којима имају нову улогу или се користе на нов начин.
- Алтернативно решење прихватљиво ако се његовом применом остварује ниво сигурности који је бар еквивалентан оном који би се могао постићи прескриптивним правилима.
- Прописи, квалитативне одредбе...
- Смернице за алтернативна решења у противпожарној заштити ([IMO/MSC, 2001](#)).
- Упутства класификационих друштава ([ABS, 2010](#) и [GL, 2009](#)).

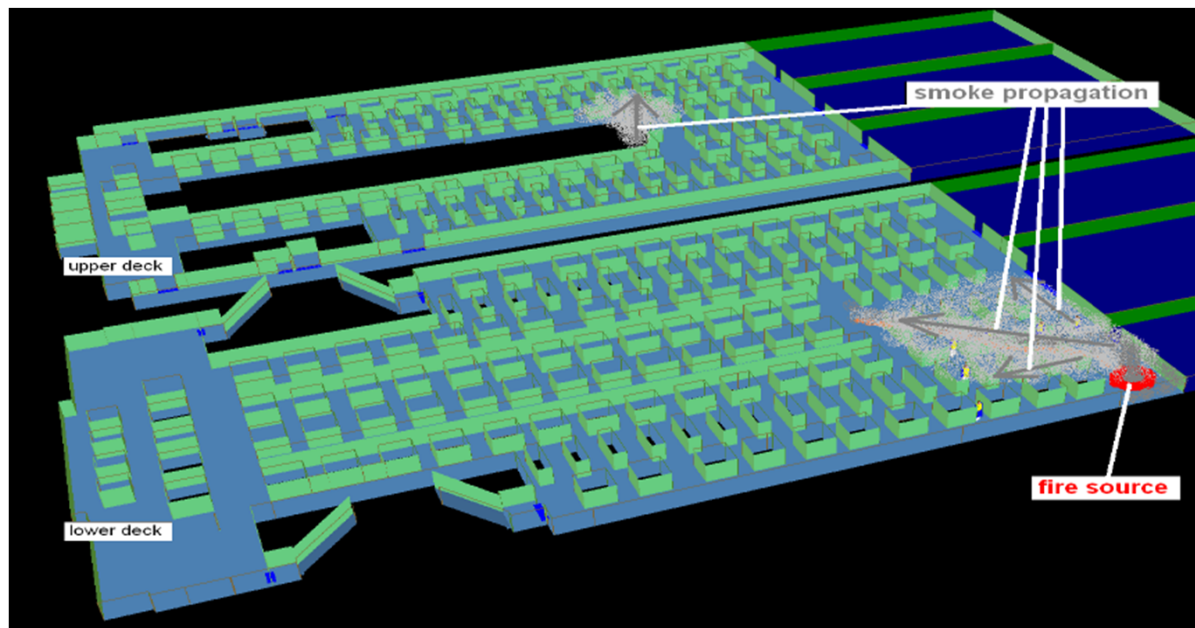
2.3.2 Алтернативна решења

- Две фазе:
 - прелиминарна (квалитативна)
 - квантитативна анализа.
- Квалитативна анализа:
 - због чега је потребно алтернативно решење,
 - који сегмент система треба решити другачије,
 - шта треба постићи новим решењем,
 - на основу којих критеријума ће бити процењена успешност предложеног решења,
 - сценарији могућих пожара у којима ће бити тестирана *пробна* алтернативна решења.
- Квантитативна анализа: прорачун и симулација (физичким и нумеричким експериментима) делотворности алтернативног решења у дефинисаним сценаријима пожара, како би се утврдило да ли је остварена еквивалентна сигурност.
- Процена нивоа сигурности у случају пожара је најважнији и најсложенији део анализе алтернативног решења.
- Performance-based fire engineering.*



2.3.2 Алтернативна решења

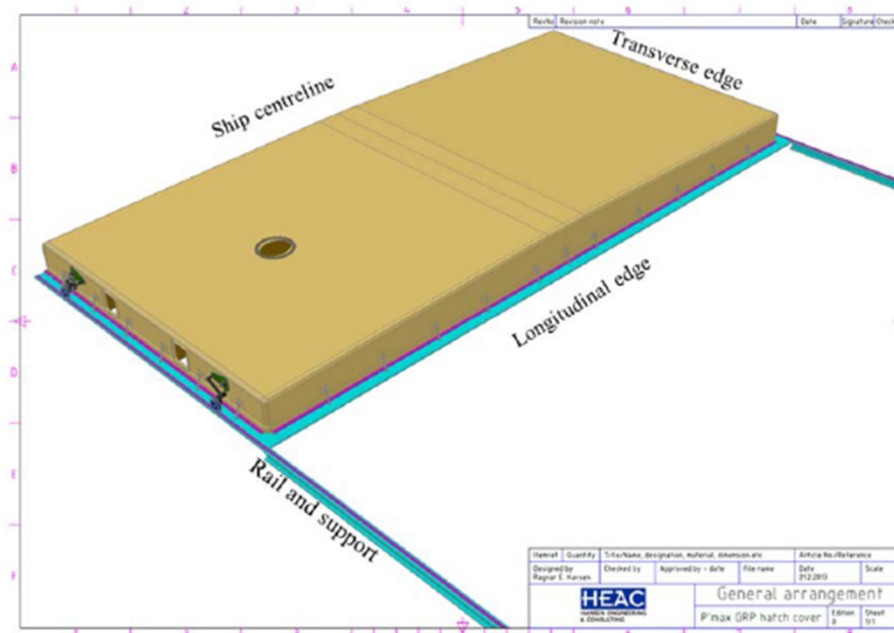
- Неки примери...
- Путнички брод на којем је изграђен ресторан дуг 60 m који може да угости 1650 путника на две међусобно повезане палубе (*Kanerva, 2006*).
- Нумеричка анализа ширења ватре и дима у случају пожара у ресторану.
- Симулација евакуације путника из ресторана.
- Измењен првобитни пројект вентилационог система, као и ширина стаза за евакуацију.



Kanerva (2006)

2.3.2 Алтернативна решења

- Неки примери...
- На броду за расути терет панамакс класе одобрена је употреба композитних уместо традиционалних, челичних поклопаца за складишта (Noury, 2014).
- Композитни поклопци су око 35% лакши, једноставније се и одржавају, али треба проверити да ли повећавају ризик скопчан са избијањем пожара на броду.



Noury (2014)

- Друга студија: алтернативно решење система гашења пожара помоћу CO₂ у складишту контејнерског брода (ABS, 2010).

2.4 Сигурност брода након несреће

- Време које је на располагању за евакуацију и спасавање може да буде веома кратко:
 - *Herald of Free Enterprise* је потонуо за 20 минута,
 - *Estonia* је потонула за 35 минута,
 - *Express Samina* је потонула за 50 минута,
 - *Rocknes* је потонуо за неколико минута,
 - Титаник је тонуо 2 сата и 40 минута – али, хаотична евакуација...
- Треба продужити време потребно за евакуацију...
- Пре тога, треба проценити:
 - да ли је губитак неминован, или
 - брод може да настави путовање до најближег склоништа.
- Како проценити размере несреће?

2.4 Сигурност брода након несреће

- Како би се смањиле последице несреће, ИМО уводи концепт *побољшаних услова за оцшанак* (*improved survivability*) према којем:

Будући велики путнички бродови треба да буду пројектовани тако да се остваре побољшани услови за оцшанак, засновани на осведоченом принципу да је сам брод најбољи чамцац за спасавање.

- Овим концептом у прописе се уводе нови појмови ([Ch. II-2, Part G, Reg. 21: Casualty threshold, safe return to port and safe areas](#) и [Ch. II-1, Part B-1, Reg. 8-1: System capabilities and operational information after a flooding casualty on passenger ships](#)):
 - праг несреће (*casualty threshold*),
 - сигуран повратак у луку (*safe return to port*),
 - сигурна зона на броду (*safe area*) итд.
- Прописи се односе на нове путничке бродове (чија је градња започета након 1. јула 2010.) чија је дужина најмање 120 m или имају три и више главних вертикалних пожарних зона.

2.4 Сигурност брода након несреће

- Брод треба да буде пројектован тако да може да стигне до најближе луке сопственим погоном, ако несрећа (пожар или продор) не превазилази дефинисани праг.
- Путницима склониште треба да пружи сигурна зона, простор у унутрашњости брода са пијаћом водом, храном, осветљењем, медицинском помоћи и санитарним инсталацијама.
- Ако несрећа превазилази праг (тј. сигуран повратак у луку није могућ), путници и посада треба да се *сшложено* и у *реду* евакуишу и напусте брод (*orderly evacuation and abandonment*).
- Да како би евакуација могла да се неометано одвија, пројектант треба да се постара да брод довољно споро тоне или да се успори ширење пожара.
- Време постаје фактор о којем треба водити рачуна у пројектовању брода!
- ИМО: у случају пожара или наплављивања који прелазе праг несреће, на броду треба да постоје услови за евакуацију која траје најмање три часа (**ИМО/МСС, 2004, ИМО/МСС, 2005 и ИМО/МСС, 2006а**).
- *Time to remain habitable*: време које протекне од почетка пожара / наплављивања до тренутка када последња особа напусти брод.

2.4 Сигурност брода након несреће

- Неки детаљи Смерница за анализу евакуације путничких бродова, (IMO/MS, 2007)...
- Укупно време, од тренутка када путници и посада постану свесни да је проглашена узбуна до потпуног напуштања брода треба да буде:
 - < 60 min (за ро-ро и путничке бродове са највише три главне вертикалне зоне)
 - < 80 min (за путничке бродове који имају више од три главне вертикалне зоне).
- Време, од проглашења узбуне до тренутка када људи постану свесни ситуације и крену ка месту предвиђеном за евакуацију (*awareness time*): 5 до 10 min, зависи да ли је дан или ноћ.
- Укупно време потребно за укрцавање у пловила за спасавање свих људи на броду и њихово спуштање (*embarkation and launching time*) треба да буде највише 30 min.
- Ако је укупно процењено време евакуације веће, пројектант треба да размотри решење (организацију простора, распоред опреме за спасавање и др.).
- Да ли је предвиђено време довољно?
- Међународни код за опрему за спасавање (*International Life-Saving Appliance Code, LSA Code*): чамци за спасавање на путничким бродовима треба да буду укрцани за највише 10 min.
- На великим путничким бродовима обично чамци за спасавање са 150 места \Rightarrow свака особа има на располагању 4 s за укрцавање.

2.4 Сигурност брода након несреће

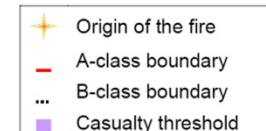
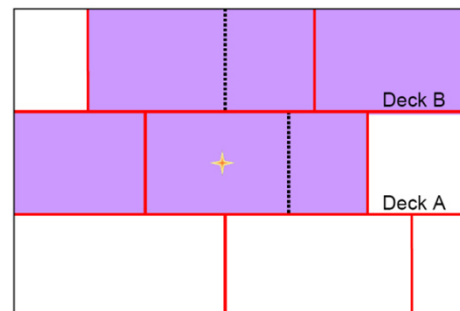
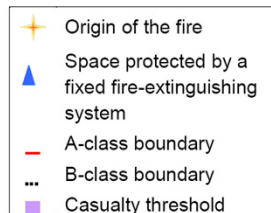
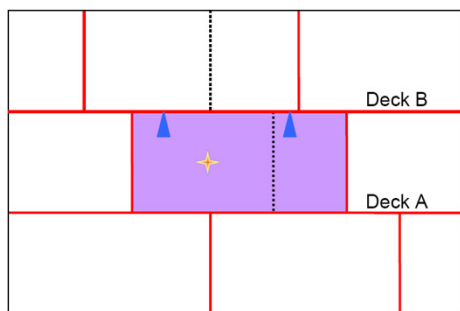
- Тренутно највећи бродови овог типа имају готово 2400 чланова посаде и 6300 путника...
- Чамци капацитета већег од 150 места у начелу нису дозвољени (**ИМО/МСС, 1996**), али могуће је имати и веће чамце ако се докаже *еквивалентни ниво сигурности*.



2.4 Сигурност брода након несреће

Праг несреће

- При продору у било које водонепропусно одељење, брод треба да буде у стању за сигуран повратак у луку.
- Уколико је наплављено више од једног одељења, треба започети евакуацију.
- Праг несреће пожара зависи од противпожарне заштите места на којем је пожар настао.
- Ако у простору у којем је избила ватра постоји стационарни систем за гашење пожара, онда се изгубљеним сматрају све просторије до најближе преграде А класе, које могу бити у оквиру места настанка пожара.
- Ако простор није заштићен стационарним системом за гашење, онда се, поред места настанка, изгубљеним сматрају све суседне просторије до најближе преграде А класе, у оквиру исте главне вертикалне зоне, али и просторије на палуби изнад места настанка.
- Ширењем ватре изван граница изгубљених простора, праг несреће је превазиђен.



2.4 Сигурност брода након несреће

- Да би брод могао да се врати у луку, следећи системи треба да остану функционални:
 - пропулзивни комплекс,
 - системи за кормиларење, системи за навигацију,
 - систем горива,
 - системи за комуникацију (како унутар брода, тако и између брода и *свољашњеј свеша*),
 - главни противпожарни систем и стационарни системи за гашење пожара,
 - каљужни и баластни системи,
 - системи за откривање пожара, дима и наплављивања просторија,
 - системи који опслужују сигурне зоне,
 - и други системи које Застава може да сматра кључним у датој ситуацији.
- ИМО је припремио (привремена) тумачења која се односе на процену расположивости кључних бродских система након продора воде или пожара (**ИМО/МСС, 2010b**).
- Према овим тумачењима, да би се проценио утицај несреће на функционалност неопходних система, треба сматрати да до наплављивања и пожара не долази истовремено.
- *al-Salam Boccaccio 98...*

2.4 Сигурност брода након несреће

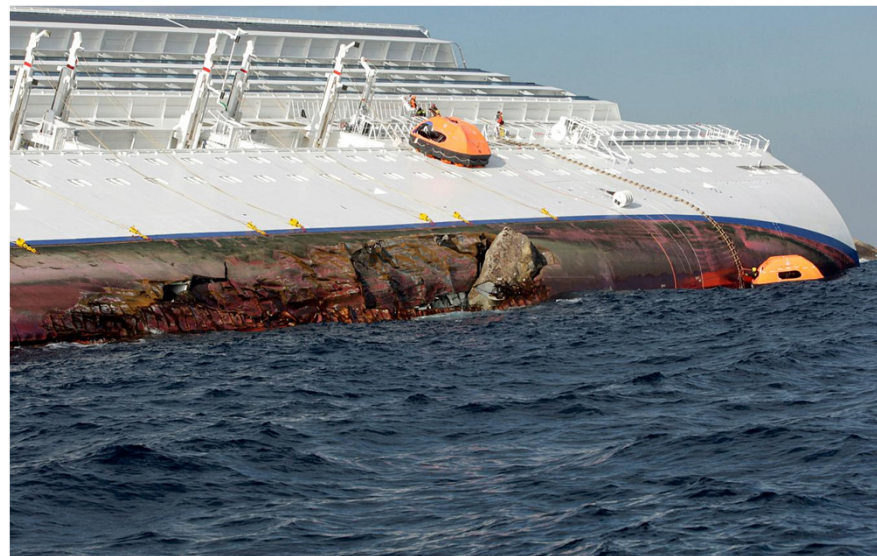
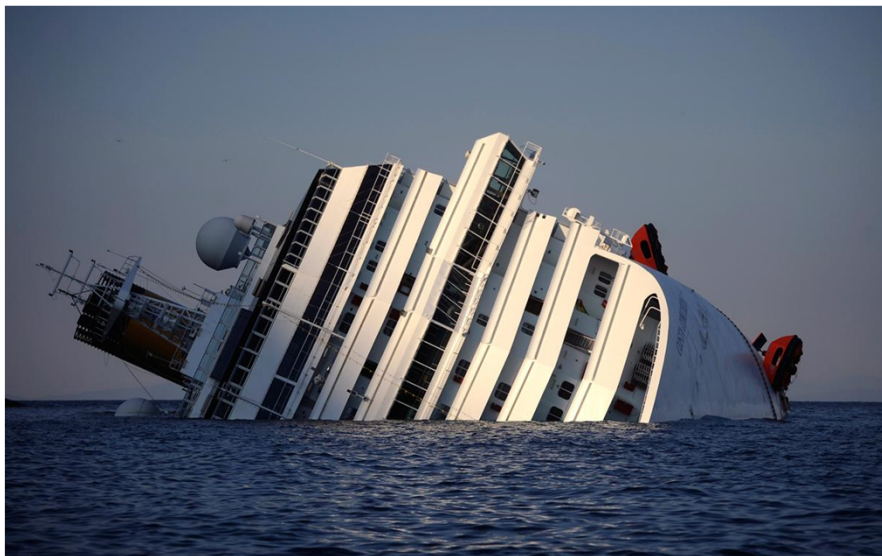
- Захтеви (потребне количине горива, хране, воде, лекова) намерно неодређени...
- Разлика између ферија и крузера...
- Како прописи о побољшаним условима за опстанак путничких бродова утичу на пројектовање?
- Више утицаја на RoPax бродове него на крузере ([Levander, 2008](#)).
- Уобичајени размештај погонских уређаја на RoPax броду подразумева да се главни мотори налазе у једном одељењу; ако се то одељење наплати или у њему избије пожар, брод губи погон.
- Уобичајено је да генератори на RoPax броду такође буду у једном одељењу; ако се то одељење наплати или у њему избије пожар, брод остаје без напајања електричном енергијом.

2.4 Сигурност брода након несреће

Costa Concordia (2012)

- У вечерњим часовима, 13. јануара 2012. године, услед низа грешака у навигацији брод је ударио левим боком у гребен у близини острвца Ћиљо у Тиренском мору.
- На броду је било преко 4200 путника и чланова посаде.
- Дужина оштећења 53 m (5 или 6 одељења).
- Више од сата плутао и насукао се десним боком на обалу острва Ћиљо.
- У бродолому су погинула 32 човека, а сâм брод је изгубљен.

?



2.4 Сигурност брода након несреће

Costa Concordia (2012)

- Брод под италијанском заставом, у класи Италијанског регистра бродова RINA.
- Брод је поринут 2005. године.
- $L_{pp} = 247.4 \text{ m}$, $B = 35.5 \text{ m}$, $D = 14.18 \text{ m}$, $d = 8.2 \text{ m}$.
- Изграђен према SOLAS 90 правилима (могао је да издржи продор у било која два одељења).
- Капацитет: 3780 путника + 1100 чланова посаде.



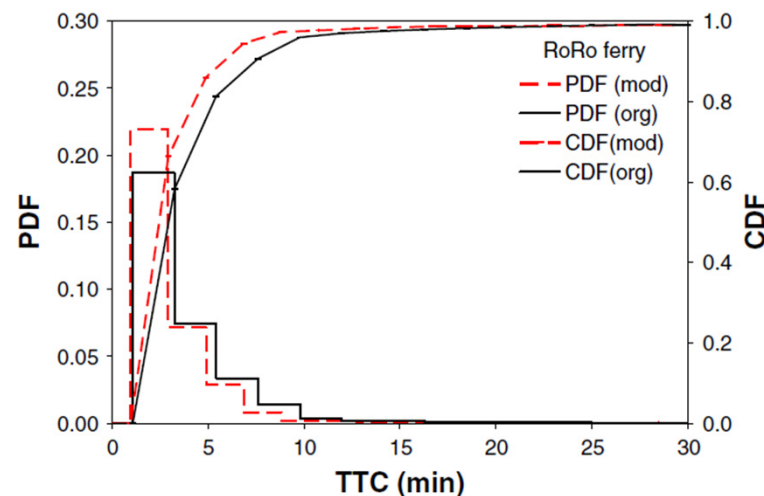
2.4 Сигурност брода након несреће

Costa Concordia (2012)

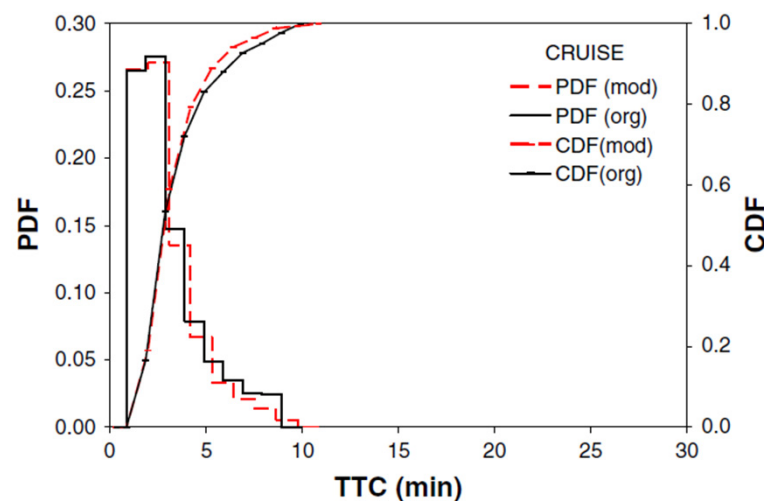
- Последице наплављивања одељења...
- Непун минут по удару у гребен, на броду нестала струја (MCIB, 2013).
- У наплављеним одељењима били су сви дизел генератори електричне енергије (њих шест, смештених у два одељења), погонски електромотори (у једном одељењу) и главна контролна табла.
- Резервни генератор за ванредне ситуације је заказао, због чега је кормиларски уређај био ван функције а прамчани пропелери су захтевали више снаге него што је могло да се обезбеди UPS јединицом.
- Због нестанка струје, онемогућен је и рад пумпи које су могле да буду употребљене за избацивање хаваријске воде (осим тога, противпожарне, каљужне и баластне пумпе налазиле су се управо у наплављеним одељењима).
- Бродом није било могуће управљати, нити га је било могуће спасавати...

2.4 Сигурност брода након несреће

- Нумерички експерименти спроведени на једном RoRaх броду и једном крузеру показали су да време за које се брод преврће (*time to capsize*, TTC) може бити веома кратко, знатно краће од предвиђена три сата (Spanos & Papanikolaou, 2014).
- Уколико до превртања долази, вероватноћа да ће се бродови преврнути за мање од 15 минута практично је једнака 1.
- RoRaх брод, на мирној води, преврће се искључиво ако је наплављена палуба аутомобила.
- За оба брода важи да до превртања долази ако су оштећења релативно велика (три и више водонепропусних одељења треба да буде наплављено).
- Ипак, упркос великом оштећењу (> 20% дужине брода), *Costa Concordia* се није преврнула у првих сат времена...



Spanos & Papanikolaou (2014)



2.4 Сигурност брода након несреће

- Шта заповедник има на располагању, према постојећим прописима, што би могло да му помогне у процени последица несреће?
- Да би се одредило која одељења су наплављена: путнички бродови за више од 36 путника, треба буду опремљени системима за откривање продора воде у водонепропусна одељења испод преградне палубе (*Ch. II-1, Part B-4, Reg. 22-1: Flooding detection systems for passenger ships carrying 36 or more persons constructed on or after 1 July 2010*).
- Систем (који се састоји од сензора и аларма) треба да буде инсталиран у сваком водонепропусном одељењу чија је запремина (у m^3) већа од односа депласмана брода и газа на теретној водној линији, израженог у сантиметрима.
- Систем не мора да се инсталира у одељења запремине мање од $30 m^3$.
- Положај сензора, карактеристике аларма и други технички захтеви описани су Смерницама (*IMO/MSC, 2008c*).
- На бродовима за расути терет, у сваком складишту треба да буду инсталирана два детектора воде (*Ch. XII, Reg. 12: Hold, ballast and dry space water ingress alarms*):
 - један показује да је вода у складишту достигла ниво од 0.5 m и
 - други се оглашава када вода достигне висину једнаку 15% дубине складишта или 2 m, шта год да је мање од те две вредности.
- Сензори треба да активирају звучне и визуелне аларме на командном мосту.

2.4 Сигурност брода након несреће

- На мањим теретним бродовима ($L < 80$ m односно $L < 100$ m, што зависи од датума градње) који имају једно, непреграђено складиште (а нису бродови за превоз расутог терета) такође треба да постоје два сензора који активирају звучне и визуелне аларме у кормиларници када вода у складишту достигне 0.3 m, односно 15% дубине складишта.
- На путничким и теретним бродовима мора да постоји План контроле оштећења (*damage control plan*) и пратећи „приручник“ (*damage control booklet*) ([Ch. II-1, Part B-4, Reg. 19: Damage control information](#)).
- План контроле оштећења приказује где се, на свакој палуби, налазе преграде водонепропусних одељења, отвори у тим преградама и начин њиховог затварања.
- Посебно су назначена водонепропусна врата која могу да остану отворена током пловидбе.
- Смернице за израду плана контроле оштећења ([IMO/MSC, 2007a](#)).

2.4 Сигурност брода након несреће

- Путнички бродови саграђени након 1. јануара 2014. године треба да располажу рачунаром / софтвером за прорачун стабилитета (*onboard stability computer*) или да одговарајуће податке о стабилитету добијају од *бродске с койна* ([Ch. II-1, Part B-1, Reg. 8-1: System capabilities and operational information after a flooding casualty on passenger ships](#)).
- Смернице о подацима о стању брода који треба да буду на располагању заповеднику током сигурног повратка у луку, ([IMO/MSC, 2011](#)) – на броду морају да постоје најмање два рачунара за прорачун стабилитета, са непрекидним напајањем UPS јединицом.
- Најмање два члана посаде треба да буду обучена за рад са софтвером и за тумачење резултата.
- Слични захтеви важе и када се брод ослања на подршку с копна: најмање два међусобно независна рачунара и две квалификоване особе треба да буду на располагању 24 часа, итд.
- Посада треба да добије низ података потребних за процену пловности и стабилитета брода у датом стању оштећења, али и утицај положаја пливања на најважније уређаје и системе, употребу опреме за спасавање, време потребно за евакуацију, потрошњу горива, итд.

2.4 Сигурност брода након несреће

- Коначно, да ли је повратак у луку наплављеног брода заиста сигуран, зависи и од временских услова...
- Постојећи прописи о сигурном повратку у луку не говоре ништа о стабилитету брода који, оштећеног трупа, плови ка луци-уточишту, није обухваћен постојећим прописима о непотопивости.
- Прописи о непотопивости у суштини разматрају статички стабилитет брода који се не помера са места несреће.
- Иако је првобитно било предвиђено да излаз рачунара за прорачун стабилитета садржи и сопствени период ваљања, те да укаже на могућност резонантног ваљања на бочним таласима или на параметарску резонанцу такви захтеви су изостављени из коначног текста Смерница (IMO/MSC, 2011).
- Ревизија Смерница IMO/MSC (2011) је у току.

Highlights of SOLAS 2009 / SOLAS 2014

- Прорачун стабилитета брода у неоштећеном стању, према IS Code 2008, постаје и формално обавезан.
- Детерминистичке прописе о непотопивости, за путничке бродове и теретне бродове од 80 m и дуже, смењују пробабилистичка правила.
- У прописе о противпожарној заштити уводи се могућност примене тзв. алтернативних решења.
- Нови *велики* путнички бродови треба да задовоље прописе о сигурном повратку у луку након несреће.

Tonnage

Баждарење брода и последице савремених прописа о тонажи

3.1 Развој прописа о баждарењу

- Међународна конвенција о баждарењу брода
International Tonnage Measurement Convention
- Усвојена је 1969. (1969 ТМ или ИТС 69) и ступила на снагу 1982.
- Сведочанство о баждарењу издаје Застава.
- Пре Конвенције 1969 ТМ, на снази су била разнолика правила која су користиле Заставе ⇒ бродови су често поседовали више сведочанстава о баждарењу.
- Врло слични бродови, под различитим Заставама, могли су да имају потпуно различите тонаже.
- Данас, Конвенција 1969 ТМ представља јединствен, униформно примењив пропис.
- Формуле за прорачун тонаже према 1969 ТМ су једноставне, а сведочанство конципирано тако да не ствара неодумице.

3.1 Развој прописа о баждарењу

- Баждарење бродова осмишљено је како би се стекао увид у профитабилност (*earning capacity*) и комплексност брода.
- Због тога се на основу бруто и нето тонаже одређује висина лучких и каналских такси.
- Такође, тонажа се користи као критеријум у многим прописима (SOLAS, MARPOL, ILO...).
- То није једина веза између тонаже и сигурности брода...

3.1 Развој прописа о баждарењу

- Пре бруто и нето тонаже у употреби су били бруто и нето регистарска тона.
- Бруто регистарска тонажа (*gross register tonnage*, GRT) представљала је укупну запремину затворених простора на броду изражену у тзв. регистарским тонама.
- $1 \text{ RT} = 100 \text{ ft}^3 = 2.83 \text{ m}^3$.
- Нето регистарска тонажа (*net register tonnage*, NRT) добијала се одузимањем запремине простора који се нису користили за терет (машинског простора, кормиларнице, стамбених просторија, танкова горива, итд.).
- Систем GRT и NRT је половином 19. в. предложила комисија на челу са британским адмиралом Џорџом Мурсомом (*Moorsom Commission*).
- Средином 19. века једрењаке су углавном сменили пароброди који су имали машински комплекс и складиште за угаљ, па им је био потребан већи простор да би остварили исту корисну носивост.

3.1 Развој прописа о баждарењу

- *Builder's Old Measurement* правила, 1720. – 1849.

$$Tonnage = \frac{\left(L - \frac{3B}{5}\right) \cdot B^2}{188}$$

- Темза, средином 17. века.

$$Tonnage = \frac{L \cdot B^2}{188} \quad \text{изведено из}$$

$$Tonnage = \frac{3}{5} \cdot \frac{L \cdot B \cdot d \cdot C_B}{35}$$

маса 35 ft³ воде је ≈ 1 t

- Из практичних разлога, била је потребна једноставна формула.
- Уски, дуги бродови, пуне форме – ниска тонажа, али висока носивост!
- Концепт *стандардној брода*...

3.1 Развој прописа о баждарењу

- Бруто тонажа (*gross tonnage*, GT) је величина која се рачуна на основу запремине свих затворених простора на броду, V ([Regulation 3: Gross tonnage](#)).

$$GT = K_1 \cdot V$$

$$K_1 = 0.2 + 0.02 \cdot \log V$$

- Нето тонажа (*net tonnage*, NT) је бездимензиона величина која је функција укупне запремине теретних простора V_c , броја путника (N_1 и N_2), газа и висине брода и саме бруто тонаже ([Regulation 4: Net tonnage](#)).

$$NT = K_2 \cdot V_c \cdot \left(\frac{4d}{3D} \right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

$$K_2 = 0.2 + 0.02 \log V_c$$

$$K_3 = 1.25 \cdot \frac{(GT + 10000)}{10000}$$

3.1 Развој прописа о баждарењу

- Конвенција о баждарењу не примењује се на ([Article 4: Exceptions](#)):
 - бродове ратне морнарице,
 - бродове дужине мање од 24 m,
 - бродове за Велика Језера, Каспијско море и неке јужноамеричке реке.
- Према *гедовском љраву*, правила се не односе ни на постојеће бродове осим уколико нису *значајно измењени или модификовани* што треба да процени Застава ([Article 3: Application](#)).
- Под тим условом, 12 година након ступања на снагу 1969 ТМ конвенције, тј. 1994. године, постојећи бродови били су баждарени према новим правилима, али су задржали *сџару* тонажу када су у питању прописи других међународних конвенција у којима се тонажа користи као критеријум.
- Управо је процена степена *измене или модификације* постојећег брода била предмет дискутабилних тумачења...

3.1 Развој прописа о баждарењу

- У међувремену, појавили су се нови типови бродова и пловних објеката код којих товарни простор уопште није затворен:
 - отворени бродови-сточари (*open livestock carriers*),
 - бродови за транспорт тешких терета (*heavy lift ships*),
 - бродови-снабдевачи (*offshore supply vessels*, OSV),
 - контејнерски бродови са отвореним складиштима (*open-top containerships*) и др.
- Конвенција 1969 ТМ непримењива на неке иновативне пловне објекте.
- Прописи препуштају Застави да одреди бруто и нето тонажу таквих бродова на прикладан начин ([Reg. 1: General](#)).
- Притом, није дефинисано шта би то *иновативни брод* могао да буде...
- Јединствена тумачења Конвенције о баждарењу, у анексу циркулара **ИМО/ТМ (2014)**.
- Нпр. Тумачењима је утврђено да је промена бруто тонаже од 1% због измене или реконструкције довољна да постојећи брод буде баждарен према Конвенцији 1969 ТМ, чиме тонажа одређена према правилима Заставе престаје да има било какву важност...

3.1 Развој прописа о баждарењу

- Неки иновативни бродови...



3.1 Развој прописа о баждарењу

- Неки иновативни бродови...



3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

- Шта су то *затворени простори*?
- Затворени простори (*enclosed spaces*) на броду – сви простори ограничени оплатом, палубама, непомичним и помичним преградама и строповима, с изузетком платнених надстрешница ([Reg. 2: Definition of terms used in the annexes](#)).
- Отвори, прекиди или изостанак преграда простор не искључују неизоставно из прорачуна тонаже.
- Простори који могу бити изузети из прорачуна (*excluded spaces*) – обично полуотворени, делимично наткривени простори, пролази на изложеној палуби, делови палубе испод испуста и сл.
- И такви простори подлежу прорачуну тонаже ако за њих важи бар један од следећих услова:
 - опремљени су „полицама“ или другим средствима за осигуравање терета;
 - отворени делови опремљени су било каквим средствима за затварање;
 - конструкција је таква да пружа могућност да отворени делови буду затворени.
- Прописи су неумољиви: ако постоји било каква могућност смештаја терета, простори се сматрају затвореним за потребе баждарења.
- Контрадикторно, палубни терет промиче пажњи прописа...

3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

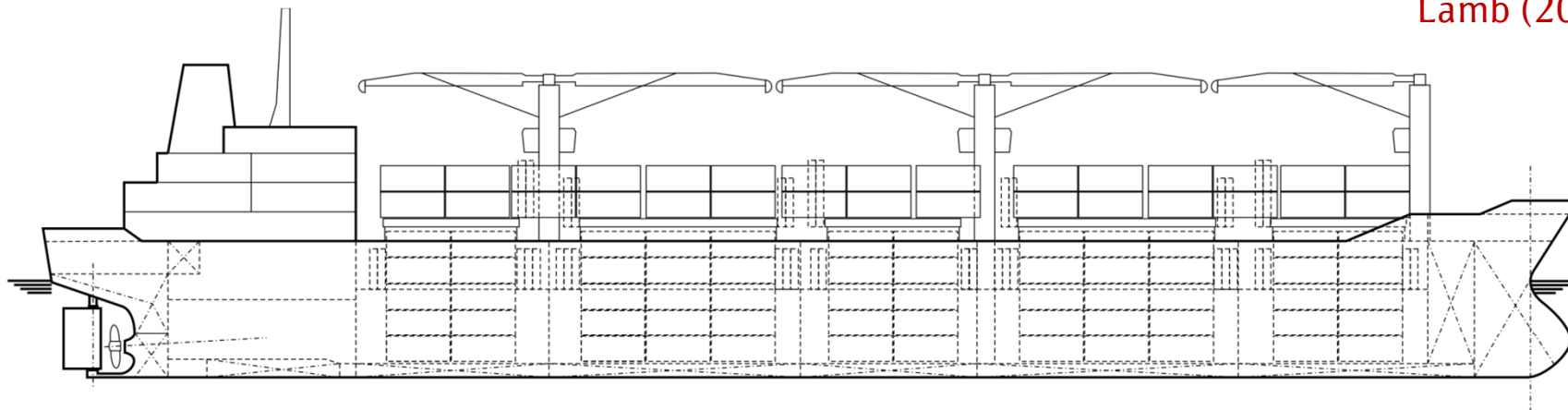
- Већа бруто тонажа – већи трошкови у експлоатацији.
- Посебно изражено код мањих вишенаменских / контејнерских бродова (фидера) који током године често користе лучке услуге (< 3000 GT).
- Бруто тонажа се користи као критеријум у међународним прописима о сигурности.
- Сетимо се, SOLAS није обавезан за теретне бродове мање од 500 GT.
- 1000 GT, 1600 GT, 4000 GT, 6000 GT, 10000 GT, итд. су граничне вредности од којих зависи избор бродске опреме и уређаја, степен обучености посаде и др.
- *Параграф* бродови бруто тонаже од 499 GT, 999 GT, итд.
- Тонажа је критеријум и у прописима ILO (*International Labour Office*) који се односе на услове живота и рада на броду (величину просторија, опремљеност тоалета, итд.).
- Тонажа је основ за плаћање такси за пролаз кроз канале и преводнице и разноврсне лучке таксе: таксе за одржавање помоћних средстава у пловидби (*light dues*), таксе за сидрење, вез и употребу тегљача у лукама, санитарне таксе, таксе за ангажовање лоца и др.
- Системи обрачуна такси и пратеће тарифе могу знатно да се разликују од луке до луке и, генерално, представљају значајан издатак за бродовласника односно оператера који изнајмљује брод.

3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

- Таксе могу знатно да утичу на избор (неких) главних димензија брода, па чак и на тип брода.
- Нпр. лучке таксе за контејнерски брод чија је тонажа 10000 GT на годишњем нивоу могу да износе 650000 евра, а чак 1.5 мил. евра за контејнерски брод од 40000 GT (**PRC, 2005**).
- Неке премије осигурања (*protection and indemnity, P&I*) такође се заснивају на бруто тонажи.

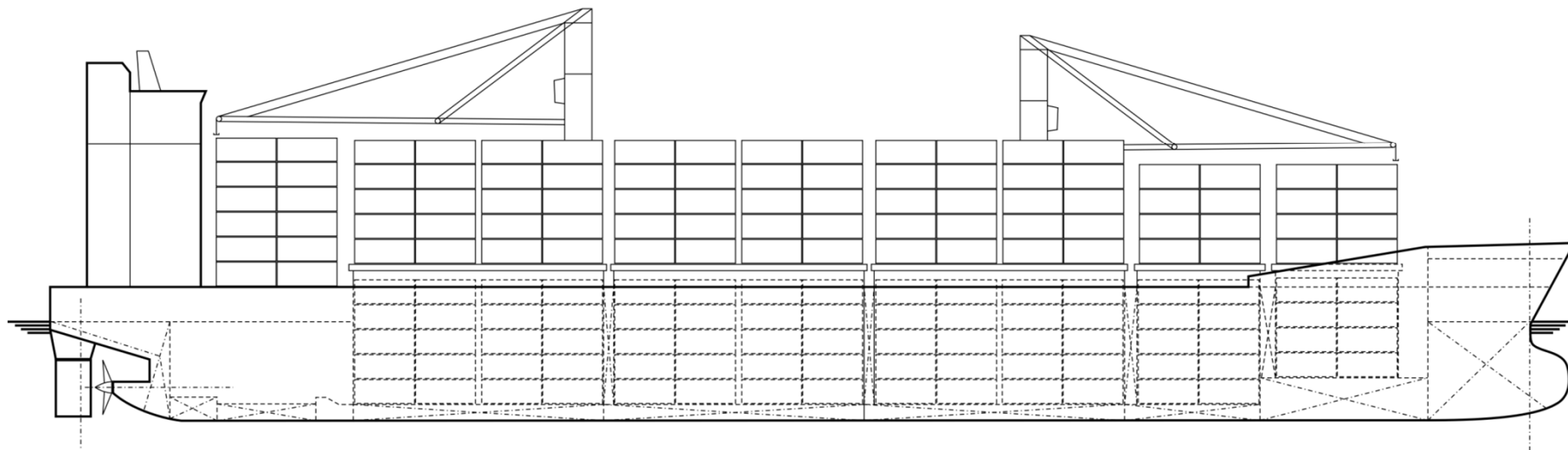
3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

Lamb (2003)



1960-1980

$m_{DWT} \approx 20000 \text{ t}$



1998

$m_{DWT} \approx 20000 \text{ t}_{14}$

3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

- Да би смањили *GT* брода, пројектанти су покушали да се смање затворене просторе.
- У пракси, то значи:
 - мали слободни бок (понекад не већи од минималног);
 - мале стамбене просторије и скучен машински простор;
 - већи број контејнера на палуби – на неким контејнерским бродовима чак 73% *шоварног простора* је на палуби ([Vasudevan, 2010](#));
 - кратке крме и прамци без затвореног каштела ([PRC, 2005](#)).
- Мале радне просторије (машински простор, кормиларница и др.) и лоши ергономски услови отежавају рад, и повећавају (индивидуални) ризик за чланове посаде и ризик од губитка стабилитета, судара, насукања и других несрећа којима може допринети деконцентрисана или недовољно одморна посада.
- Нижи слободни бок уједно значи да ће и крак додатног стабилитета бити погоршан, резервно истиснуће мање а заливање палубе интензивније.
- Смањује се резерва сигурности (*safety margin*) брода у случају грешака у утовару (посебно изражених код контејнерских бродова), погрешних одлука у пловидби (избора брзине и правца напредовања брода у олуји) и др.
- То најбоље показује несрећа брода *Dongedijk*.

3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

Dongedijk (2000)

- Брод под холандском заставом.
- Брод је поринут 1998. године.
- $m_{DWT} = 3820 \text{ t}$, $LOA = 100.8 \text{ m}$, $B = 15.85 \text{ m}$, 344 TEU, 2926 GT.
- Два реда контејнера у складишу, а четири на палуби. $GT/TEU = 8.5$.
- Слободни бок брода имао минималну дозвољену вредност, $F_B = 1.31 \text{ m}$.



3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

Dongedijk (2000)

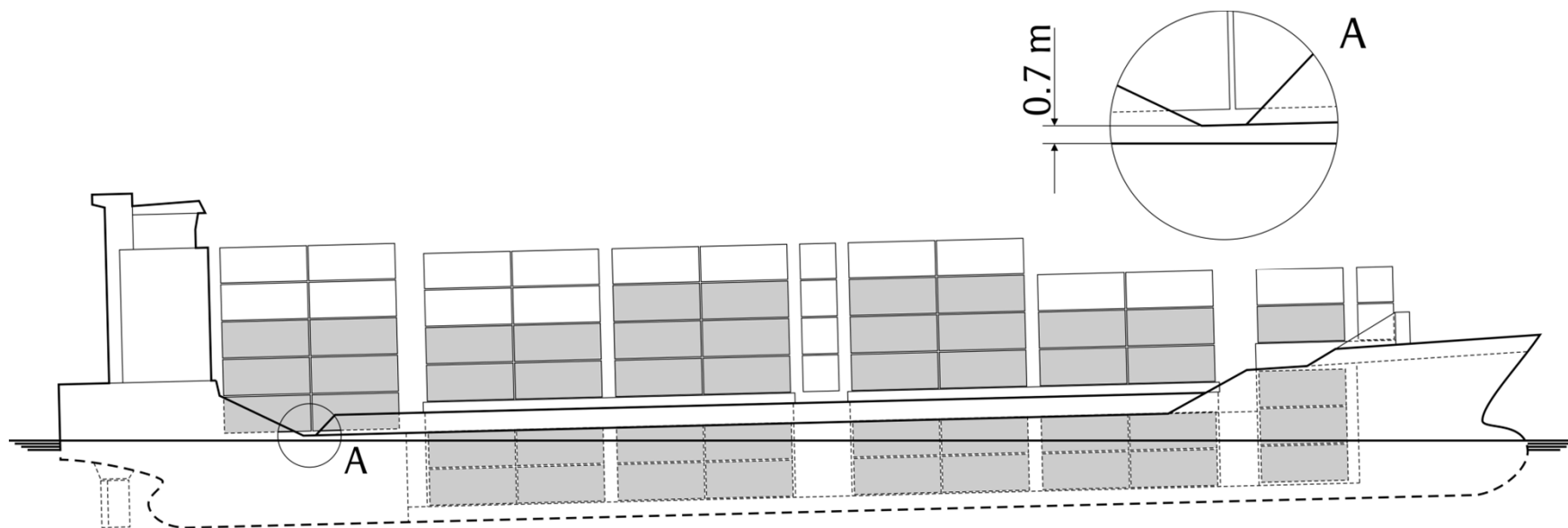
- Преврнуо се 15. августа 2000.
- Брод се преврнуо на мирној води, при скретању, за око 10 min.
- Нико није страдао, али... трошкови спасавања брода процењени на више од 2.6 мил. долара.
- Непосредни узроци: непрописан утовар терета и несавесно управљање бродом (**DSC, 2002**).
- У Порт Саиду утоварено око 180 t више од носивости (око 30% контејнера било бар за тону теже него што је било приказано у товарном листу).



3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

Dongedijk (2000)

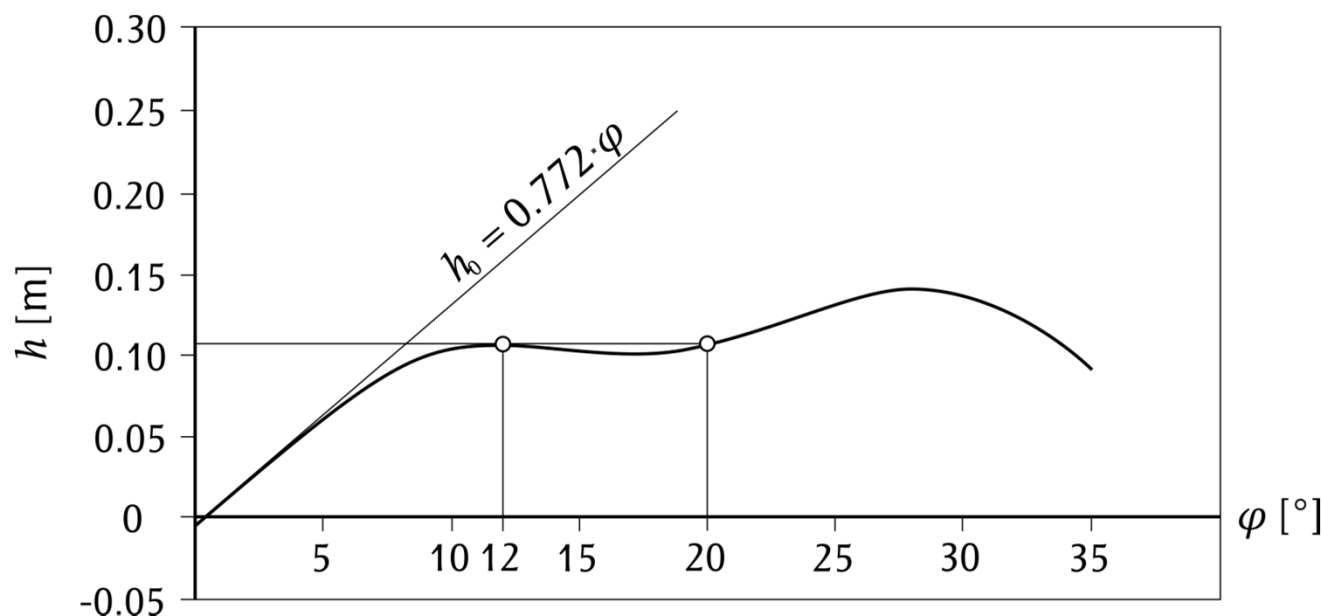
- Након утовара, брод је пловио са великим крменим тримом од око 1.6 m.
- Тако утоварен, брод није задовољавао критеријуме стабилитета.
- Заповедник је био упознат са тим, али је ипак одлучио да исплови.
- Тако утоварен, брод није задовољавао захтеве Конвенције о теретној линији, јер је слободни бок на крменом делу био свега 0.7 m.
- Угао уласка палубе у воду тако оптерећеног брода био је око 5°.



3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

Dongedijk (2000)

- Случај анализирали Технички универзитет у Делфту и институт за бродску хидродинамику MARIN у Вагенингену ([Boonstra et al, 2003](#)).
- Да ли је брод је жртва прописа?
- Крака стабилитета брода у време несреће:



- При нагибу од око 20°, под водом је неколико отвора затворених поклопцима непропусним на непогоде. Ако остану под водом, овакви отвори се сматрају местима наплављивања.

3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

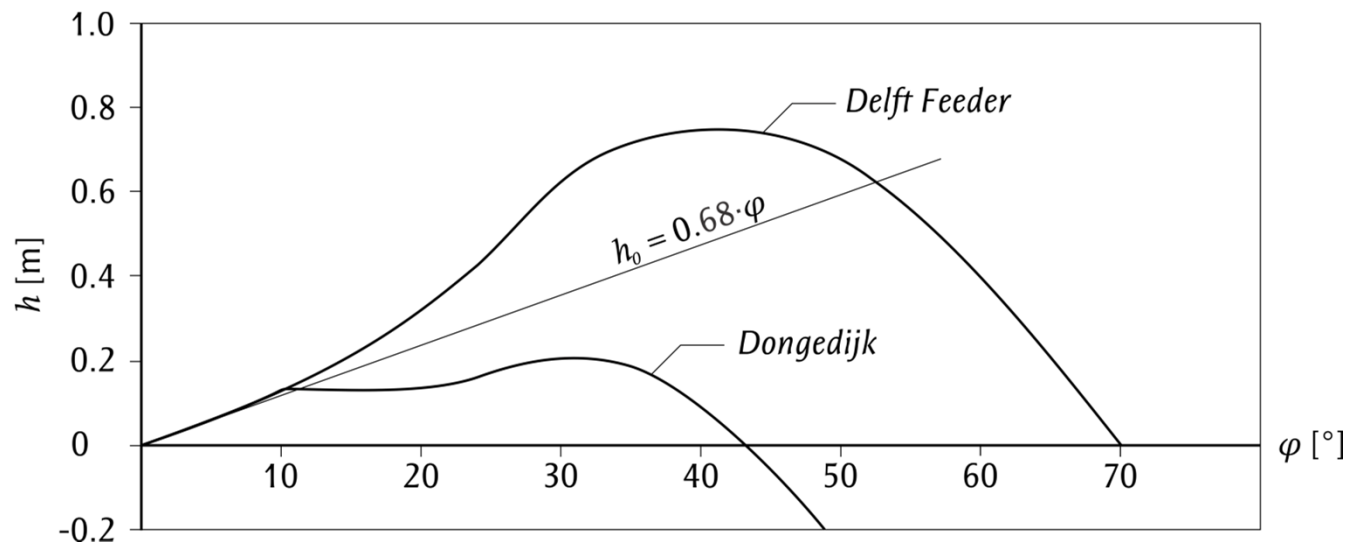
Dongedijk (2000)

- Нумеричке симулације накретања брода при скретању показале су да *Dongedijk*, при брзини од 11 kn и метацентарској висини од 0.77 m достиже нагиб већи од 5°.
- Механизам превртања: на делу палубе величине 15 x 15.8 m, између надграђа и складишта, акумулира се вода, ствара слободна површина и додатни момент накретања (*Boonstra et al, 2003*).
- При углу нагиба од 6° потребно мање од минута да се на палуби скупи довољно воде услед чега би се брод накрено до 12°. Након тога је сасвим мали поремећај довољан да се угао нагиба повећа на критичних 20°.
- Механизам превртања потврђен моделским тестовима на мирној води (*Boonstra et al, 2004*).
- Шта би било да је брод имао виши слободни бок?

3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

Dongedijk (2000)

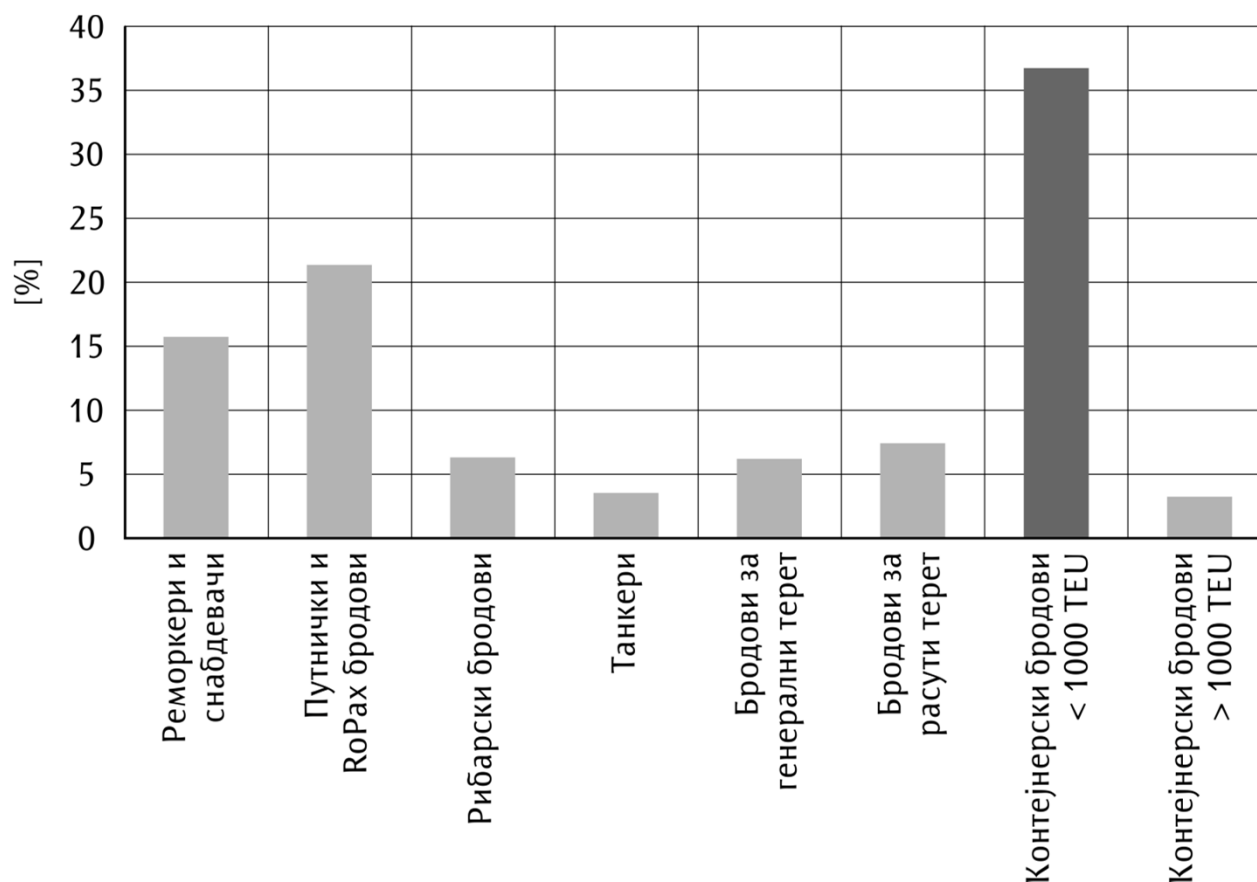
- Два брода исте форме и носивости, али значајно различитог надвођа.
- *Delft Feeder*: са слободним боком $F_B = 4.03$ m, у складишту се налазе три, а на палуби такође три реда контејнера (**Boonstra & de Jongh, 2003**).
- Палуба *Delft Feeder*-а улази у воду при нагибу од 28° , а пражница када се накрене до 39° .



- Бруто тонажа: *Delft Feeder* 3820 GT, *Dongedijk* 2920 GT.
- На основу тарифа луке Роттердам, таксе за *Delft Feeder* око 30% веће.
- Код уобичајених фидера средње величине, $F_B = 1.7 \div 2.2$ m.

3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

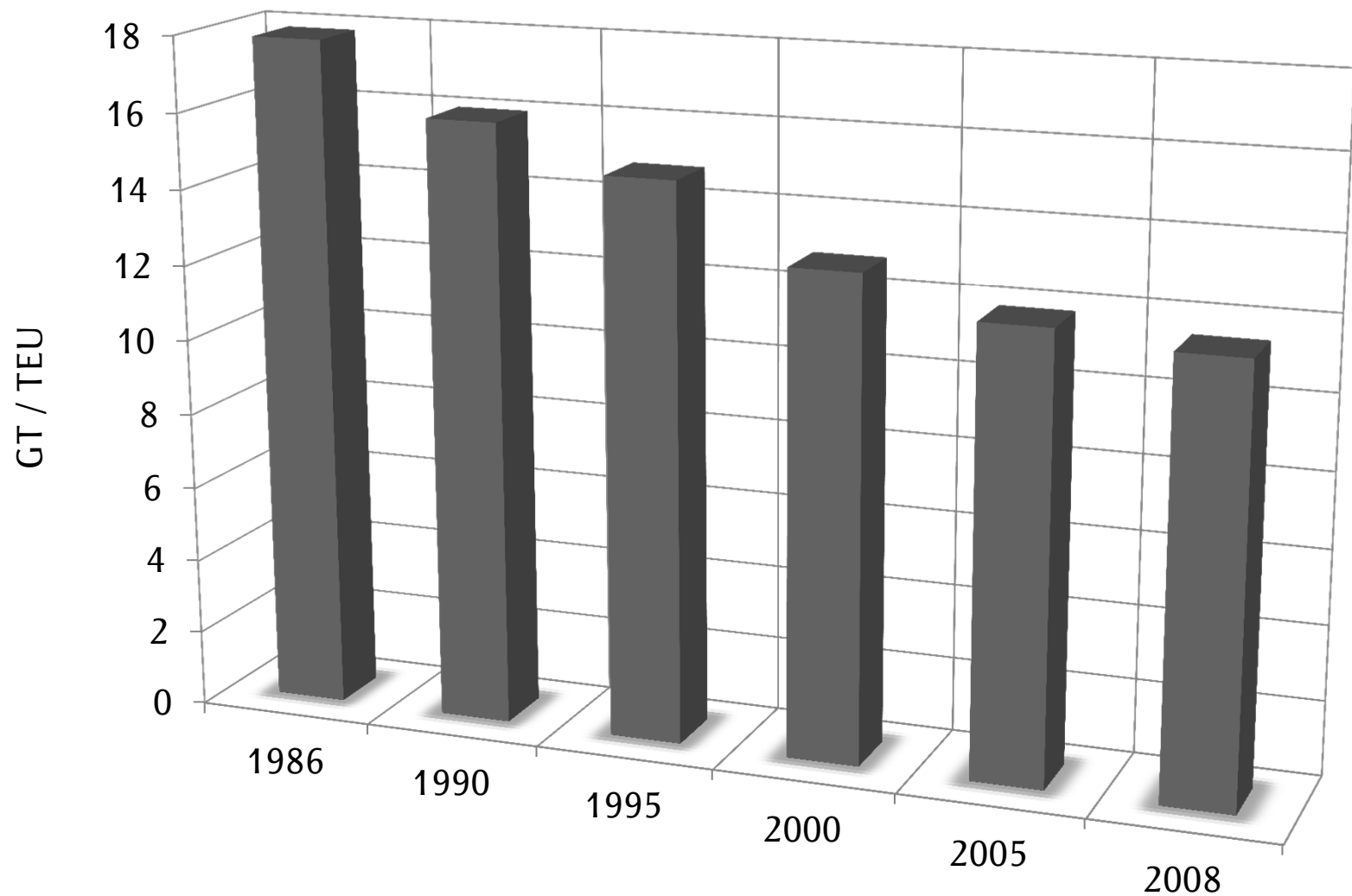
- Стабилитет малих контејнерских бродова (< 1000 TEU) посебно угрожен, у поређењу са већим контејнерским бродовима и другим типовима бродова (**ter Bekke et al, 2006**).
- Из података о несрећама у којима су се бродови преврнули, од 1991. до 2003. (слика) очигледно је да су фидери најосетљивији...



3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

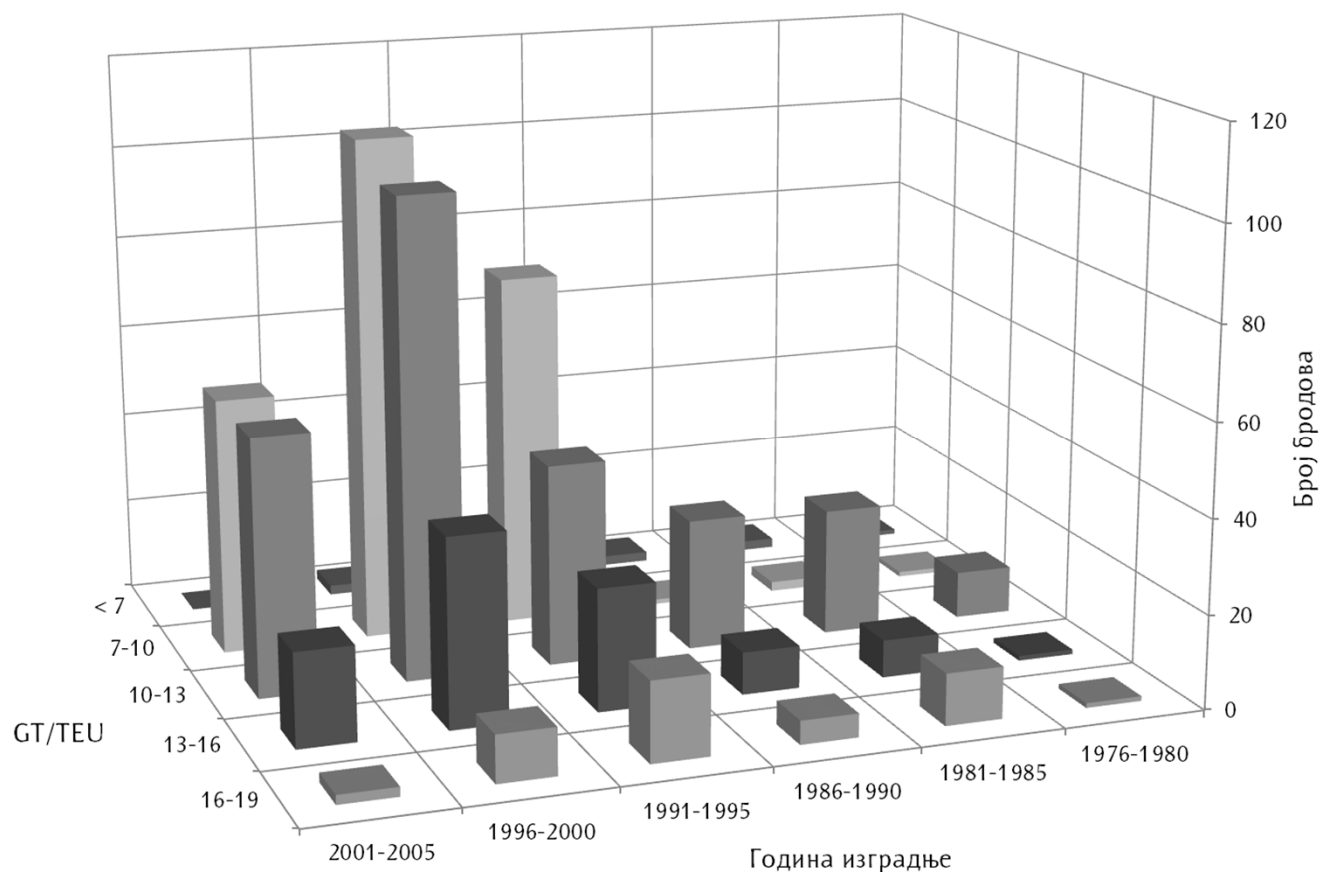
- Статистички подаци указују на тренд према којем је GT/TEU током година опадао.
- Просечна вредност GT/TEU светске контејнерске флоте (**AMRIE/ISL, 2006**) :
 - GT/TEU = 18.2 (1969),
 - GT/TEU = 12.1 (1999),
 - GT/TEU = 11.1 (2006).
- Код фидера, однос се усталио око просечне вредности GT/TEU ≈ 10 .
- По свему судећи, то представља границу испод које је сигурност брода доведена у питање.
- Код брода *Dongedijk* тај однос је био чак 8.5.
- Има, међутим, и бродова код којих је GT/TEU ≈ 7 .
- Анализа 4700 контејнерских бродова > 1000 GT, саграђених после 1981. године, висок степен корелације између бруто тонаже и броја контејнера, GT/TEU ≈ 11 (**Hamann et al, 2013**).

3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода



3.2 Утицај прописа о баждарењу на сигурност брода

- The German Merchant Fleet (**GMF, 2005**).
- Око 400 малих контејнерских бродова (до 1000 TEU), изграђених у периоду 1976. ÷ 2005.
- Најбројније јединице за које важи $GT/TEU = 7 \div 13$, при чему је нешто више бродова у доњој половини опсега.



3.3 Развој Конвенције 1969 ТМ након ступања на снагу

- Пошто су уочене негативне последице примене Конвенције о баждарењу, појавили су се предлози како да се прописи поправе, који су се обично односили на:
 - побољшање услова живота и рада посаде,
 - изузимање неких специјалних простора из прорачуна тонаже,
 - баждарење иновативних типова бродова.

3.3.1 Побољшање услова живота и рада посаде

- Стамбене и радне просторије на броду треба да буду довољно простране, комфорне и пријатне за боравак, да би посада била физички и ментално одморна и спремна.
- Потребан одређени ниво *погодности за становање (habitability)* што обухвата (**ABS, 2014**):
 - површину, распоред и уређење просторија за одмор и разоноду,
 - тзв. санитарне вибрације (вибрације индуковане бродским машинама и пропулзорима, које се преко бродске конструкције преносе на посаду),
 - дозвољени ниво буке,
 - грејање, вентилацију и контролу температуре и влажности ваздуха (HVAC) и
 - осветљење.
- Комфор је питање сигурности!
- Распоред и величина просторија, ходника, степеништа и др. директно утичу на сигурност посаде и брода након несреће, када треба спровести евакуацију.

3.3.1 Побољшање услова живота и рада посаде

- Концепт *редуковане бруто тонаже*: бродови који имају веће стамбене просторије (тј. боље услове за живот и рад посаде) не смеју да буду *кажњени* високим таксама у лукама и на каналима.
- Према предлогу **IMO/MSC (2011a)**, редукована бруто тонажа рачунала би се:

$$GT_R = K_1 \cdot (V - V_{crew})$$

где је V_{crew} запремина свих затворених простора за смештај посаде, укључујући кабине, ходнике, степеништа, кухиње и мензе, амбуланте, свлачионице и теретане и сл.

- Бруто тонажа, одређена на уобичајени начин не би се мењала, већ би податак о редукованој бруто тонажи био унет у сведочанство о баждарењу како би га Заставе узеле у обзир и на основу тога одобриле извесне олакшице у примени прописа заснованих на GT, а лучке власти могле да размотре умањење основице за прорачун такси.
- Препорука о којој се још увек дискутује, а не пропис.
- Утицај Конвенције 1969 ТМ на безбедност брода и одбрамбени капацитет брода у случају напада пирата (**IMO/MSC, 2012**).

3.3.2 Неки специјални простори изузети из прорачуна тонаже

- Након серије несрећа танкера током 60-их и 70-их година прошлог века, 1973. године усвојена је међународна конвенција MARPOL 73/78 чији је циљ био да се смањи загађивање животне средине до којег долази услед рутинског рада брода или услед несрећа.
- Конвенција MARPOL 73/78 је ступила на снагу у новембру 1983. године.
- Приметити, Конвенција 1969 ТМ претходила MARPOL конвенцији... промене у пројектовању танкера због поштрених еколошких прописа нису могле бити узете у обзир.
- MARPOL захтева да танкери за префоз нафте чија је $m_{DWT} > 20000 \text{ t}$ и танкери за превоз нафтних деривата чија је $m_{DWT} > 30000 \text{ t}$, имају танкове намењене искључиво за баласт (*segregated ballast tanks*, SBT).
- SBT танкови треба да буду у сваком смислу одвојени од теретних танкова и танкова горива односно од система који их опслужују. Морају да имају сопствене пумпе и цевоводе за усис и испуштање морске воде.
- SBT танкови су значајних капацитета и спадају у затворене просторе, обухваћене прорачуном бруто тонаже брода.

3.3.2 Неки специјални простори изузети из прорачуна тонаже

- Баждарење танкера који имају SBT танкови било је регулисано Резолуцијом **ИМО (1993)**.
- ИМО позива Заставе да препоруче лучким властима да, при одређивању такси, узму у обзир да брод има SBT танкове, чија се бруто тонажа рачуна на следећи начин:

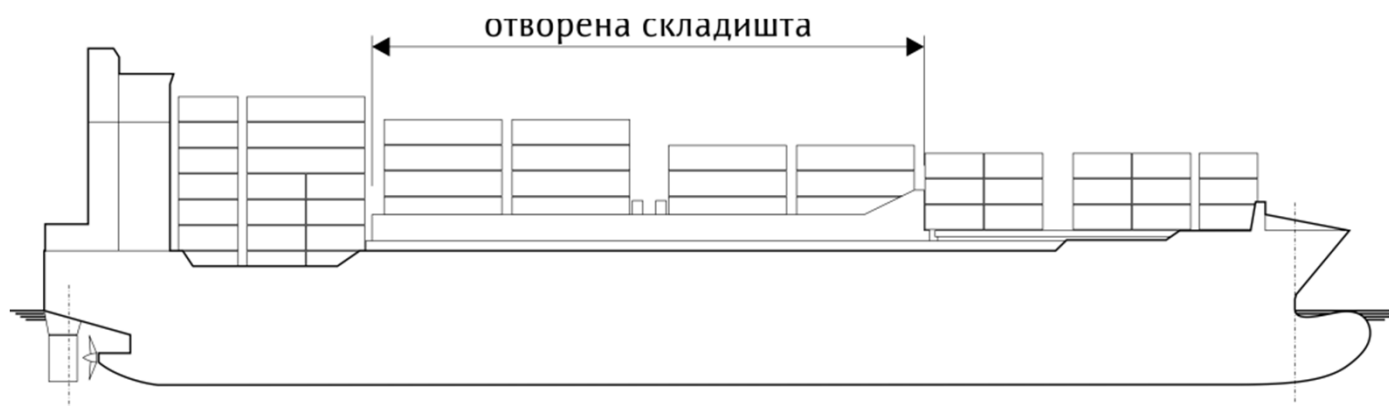
$$GT_{STB} = K_1 \cdot V_b$$

где је V_b укупна запремина одвојених баластних танкова.

- Податак о бруто тонажи SBT танкова треба да се наведе у пољу „примедбе“ и да се умањење GT по овом основу користи само за обрачун такси.
- Прописи везани за SBT танкове, укључујући и оне који се односе на баждарење, ускоро ће имати само историјски значај.
- Према конвенцији MARPOL сви нови танкери $m_{DWT} > 5000 \text{ t}$ треба да имају двоструки труп...
- За постојеће танкере, *phase-out* период током којег брод треба да буде реконструисан (једноструки труп у двоструки) или да по истеку тог периода буде повучен из службе.
- Крајњи рок 2010. година, а под одређеним околностима, Заставе су могле да дозволе пловидбу оваквим бродовима до 2015. године.

3.3.3 Баждарење иновативних типова бродова

- Контејнерски бродови са отвореним складиштима углавном носе од 500 до 1000 TEU, мада има и већих, чији капацитет достиже 3000 TEU (**IMO/MSC, 2009a**).
- Основна предност овакве конструкције је бржи претовар.
- Обично нису сва складишта отворена – прво и друго (с прамца) често имају поклопце.
- Око 2% контејнерских бродова спада у ову категорију (**IMO/MSC, 2007e**).



- Није лако рећи да ли је терет у складишту или на палуби.
- Према 1969 ТМ, прекид или отвор у палуби, поклопцима и преградама или чак изостанак преграда не значи да се простор не сматра затвореним и да се не узима у обзир при прорачуну тонаже (**Reg. 2: Definitions of terms used in the annexes**).

3.3.3 Баждарење иновативних типова бродова

- Ако би се овакав брод баждарио као да складишта имају поклопце, *GT* би у просеку била већа 20% у односу на бродове приближно истих главних димензија и носивости, али са поклопцима, при чему су разлике веће код мањих бродова (**IMO/MSC, 2004a**).
- У погледу сигурности, контејнерски бродови са отвореним складиштима имају неке предности у односу на конвенционалне бродове овог типа.
- Контејнерски бродови са отвореним складиштима имају и већи слободни бок и више пражнице него бродови са поклопцима истих главних димензија.
- Вођице за контејнере пружају се читавом висином (боље осигуравање терета).
- Због мањег броја редова контејнера на палуби, успешније сузбијање пожара, итд.
- Да ли су овим бродовима неправедно наметнути високи трошкови у експлоатацији?

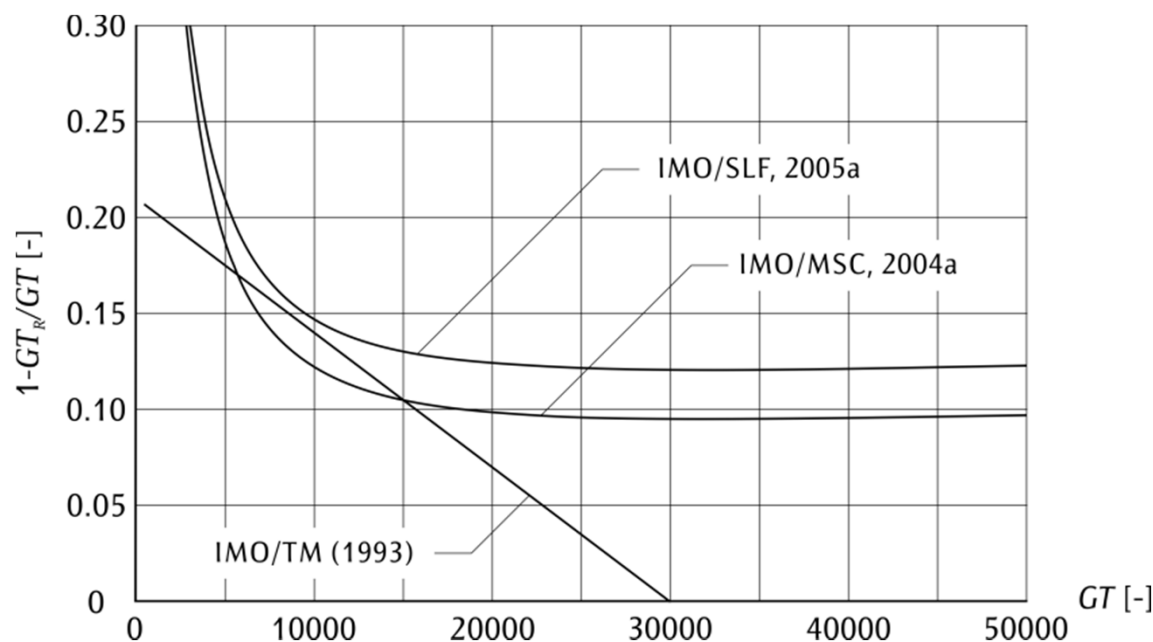
3.3.3 Баждарење иновативних типова бродова

- Како решити проблем? **ИМО/ТМ (1993)**:

$$GT_R = GT \cdot \left[1 - \frac{(30000 - GT)}{1000} \cdot 0.007 \right]$$

- Предлози немачке делегације, **ИМО/МСС, 2004а** и **ИМО/СЛФ, 2005а**:

$$GT_R = 0.272 \cdot V - 825 \quad GT_R = 0.28 \cdot V - 850$$



3.3.3 Баждарење иновативних типова бродова

- Баждарење контејнерских бродова отворених складишта данас је регулисано резолуцијом **IMO/MSC (2006b)**.
- Дефиниција: контејнерски брод са отвореним складиштима је иновативни тип брода за транспорт контејнера, у облику слова U, код којег је најмање 2/3 складишта отворено.
- Резолуција препоручује Заставама и лучким властима да редуковану бруто тонажу рачунају на следећи начин:

$$GT_R = 0.9 \cdot GT$$

где је GT – бруто тонажа одређена у складу са Конвенцијом 1969 ТМ.

- Формула је примењива без обзира на величину брода.
- GT_R треба да буде уписана у пољу за примедбе (а не на првој страни сведочанства).

3.3.3 Баждарење иновативних типова бродова

- 1969 ТМ препушта Застави баждарење иновативних типова бродова.
- Дискутабилна одлука Заставе: пример бродова *Jaeger Arrow* и *Grouse Arrow* ([Vasudevan, 2010](#)).
- Одлуком Заставе (Бахама), ГТ бродова смањена за 39.6% односно 36.6% а NT за 9.4% односно 63.6% (!) у односу на првобитно баждарење ([IMO/TM, 2005](#)).
- Бродови за транспорт производа шумарске индустрије (*forest product carriers*).
- Велико затворено надграђе... наткрива порталну дизалицу која се креће дуж брода и опслужује складишта.




3.3.3 Баждарење иновативних типова бродова

- Образложење Заставе: бродови превозе *осетљиве* производе који могу да страдају услед неповољних временских прилика у подручју пловидбе, а надграђе-кућиште дизалице (*crane housing*) пружа склониште терету али и посади, чиме се побољшава укупна сигурност.
- Да ли је Застава у праву?
- С једне стране, бродови истог типа и сличне носивости, али конвенционалне градње, који немају затворени простор за дизалицу, имају далеко мању бруто тонажу.
- Складишта конвенционалних бродова имају поклопце што омогућава транспорт палубног терета, а то код бродова *Jaeger Arrow* и *Grouse Arrow* није могуће.
- С друге стране, ако велико затворено надграђе омогућава транспорт осетљивих терета и продужава век дизалице, онда бродовласник остварује посебну добит.
- Ако је кућиште дизалице изузето из нето тонаже, због чега би његова запремина била искључена из прорачуна бруто тонаже?
- Да ли и ро-ро бродови полажу право на умањење бруто тонаже по истом основу?

PRILOG 1
 Obrazac br. 19/S
 Form No.

SOCIJALISTIČKA FEDERATIVNA REPUBLIKA JUGOSLAVIJA



MEĐUNARODNA SVJEDODŽBA O BAŽDARENJU (1969)
INTERNATIONAL TONNAGE CERTIFICATE (1969)

izdana u skladu s odredbama Međunarodne konvencije o baždarenju brodova, 1969,
 po ovlaštenju Saveznog izvršnog vijeća
*issued under the provisions of the International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969,
 under the authority the Federal Executive Council of the*

SOCIJALISTİČKE FEDERATIVNE REPUBLİKE JUGOSLAVİJE
SOCIALIST FEDERAL REPUBLIC OF YUGOSLAVIA

za koju je Konvencija stupila na snagu 18. srpnja 1982. godine
for which the Convention came into force on the 18th July 1982

OD JUGOSLAVENSKOG REGISTRA BRODOVA
BY THE JUGOSLAVENSKI REGISTAR BRODOVA

Br. _____
 No. _____

Ime broda <i>Name of ship</i>	Broj ili znak razpoznavanja <i>Distinctive Number or Letters</i>	Luka upisa <i>Port of Registry</i>	Datum*) <i>Date*)</i>

*) Datum kada je bila položena kobilica ili kad je brod bio u sličnom stanju gradnje (član 2(6)), ili datum kad su na brodu obavljene veće promjene ili preinake (član 3(2) (b)) prema tome koji je od ovih datuma primijenjen.
 *) Date on which the keel was laid or the ship was at a similar stage of construction (Article 2(6)), or date on which the ship underwent alterations or modifications of a major character (Article 3(2)(b)), as appropriate.

GLAVNE DIMENZIJE — MAIN DIMENSIONS		
Duljina (Član 2(8)) <i>Length (Article 2(8))</i>	Širina (Pravilo 2(3)) <i>Breadth (Regulation 2(3))</i>	Konstrukcijska visina na sredini broda do gornje palube (Pravilo 2(2)) <i>Moulded Depth amidships to Upper Deck (Regulation 2(2))</i>

TONAŽE BRODA SU:
THE TONNAGES OF THE SHIP ARE:

BRUTO TONAŽA
GROSS TONNAGE _____

NETO TONAŽA
NET TONNAGE _____

Ovim se potvrđuje da su tonaže ovoga broda utvrđene u skladu s odredbama Međunarodne konvencije o baždarenju brodova, 1969.
This is to certify that the tonnages of this ship have been determined in accordance with the provisions of the International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969.

Izdana u _____ dana _____ 19____
Issued at _____ date _____

Potpisani izjavljuju da je Jugoslavenski registar brodova pravovaljano ovlašten da u ime Saveznog izvršnog vijeća izda ovu svjedodžbu.
The undersigned declares that the Yugoslavenski registar brodova is duly authorized by the said Federal Executive Council to issue this certificate.

M. P.
 (Seal)

 (Potpis — Signature)

Datum i mjesto prvoga baždarenja <i>Date and place of original measurement</i>	
Datum i mjesto posljednjeg prebaždarenja <i>Date and place of last previous remeasurement</i>	
PRIMJEDBE — REMARKS:	

ДОДАТАК I

Утицај прописа о баждарењу на избор типа брода за одређену службу (**AMRIE/ISL, 2006**)

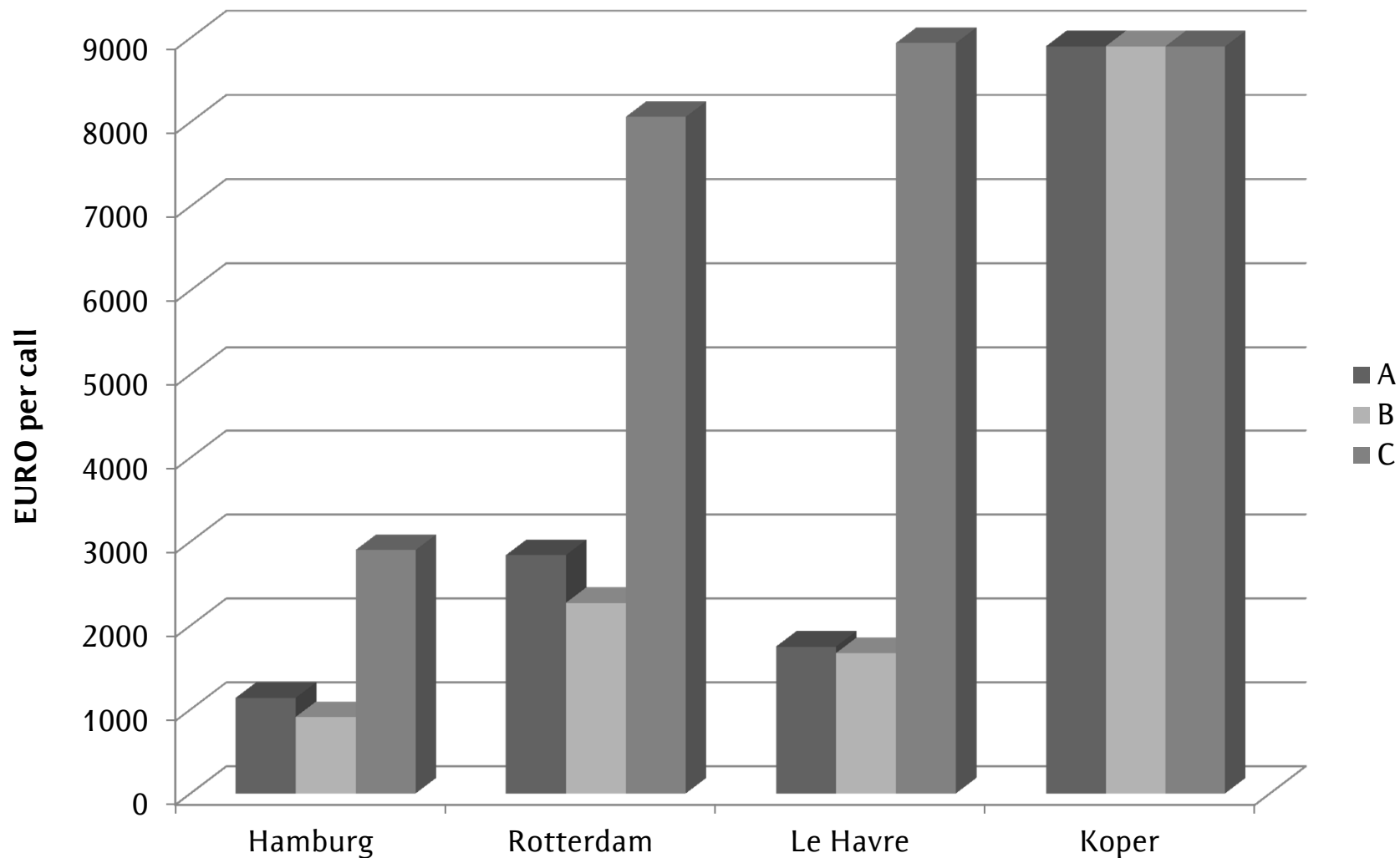
- Анализа трошкова експлоатације конвенционалног фидера (А), фидера са отвореним складиштима (В) и теретног ро-ро брода (С) везаних за таксе у већим европским лукама.
- Различити системи такси: Хамбург и Ротердам, Авр , Копер.
- Приближно иста корисна носивост, али знатно различите бруто и нето тонаже.
- Да би имао исту корисну носивост, ро-ро брод мора да буде много већи од фидера.
- Због великог затвореног надграђа са палубама аутомобила, GT и NT овог брода знатно већи него код контејнерских бродова.
- Како се то одражава на трошкове експлоатације у лукама?

Тип брода	A	B	C
GT	9981	7981	50000
NT	6006	3814	15000
L [m]	133.94	138.1	200
B [m]	22.5	21.75	31
d [m]	8.7	8.35	7.8
m_{DWT} [t]	11600	11400	14600
Носивост	868 TEU	864 TEU	300 приколица

ДОДАТАК I

Утицај прописа о баждарењу на избор типа брода за одређену службу (**AMRIE/ISL, 2006**)

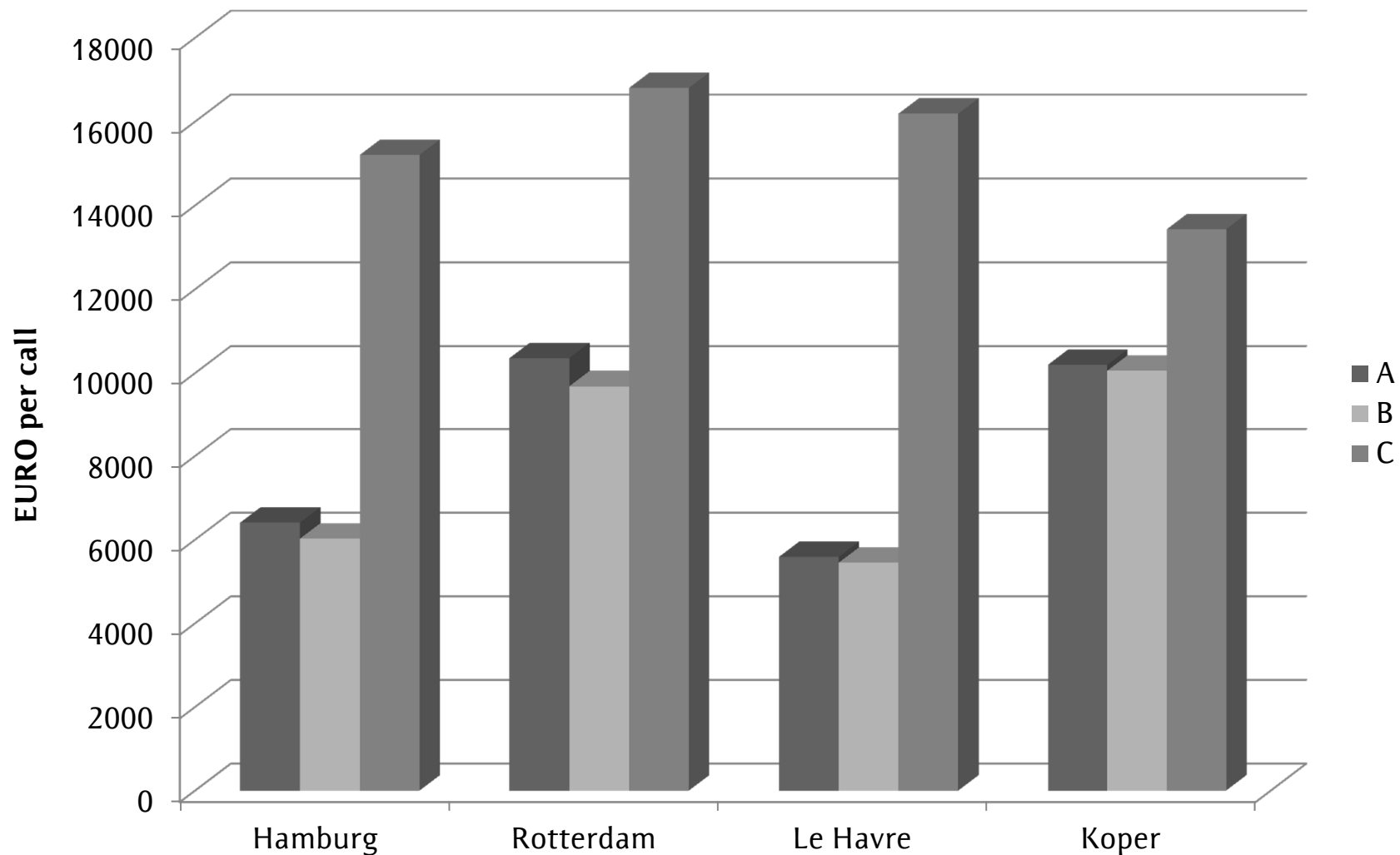
Port Dues



ДОДАТАК I

Утицај прописа о баждарењу на избор типа брода за одређену службу (**AMRIE/ISL, 2006**)

Total Port Costs



ДОДАТАК II

Компензована бруто тонажа

- Компензована бруто тонажа (*compensated gross tonnage, cgt*) је показатељ развоја бродограђевне индустрије и обима новоградње у бродоградилиштима неке државе, региона или пак читавог света и нема везе са поступком баждарења брода.
- Веза са бруто тонажом:

$$cgt = A \cdot GT^B$$

A , B – коефицијенти чије вредности зависе од типа брода (**OECD, 2007**).

- Бруто тонажа не пружа довољан увид у степен развоја бродоградилишта јер се бродови међусобно разликују по сложености. Нпр. да би се произвео брод за расути терет од 20000 GT, неће бити потребан исти утрошак радне снаге, исти материјали нити исти технолошки поступци, опрема и алати, као за градњу брода за транспорт природног гаса у течном стању (LNG) или путничког брода, исте бруто тонаже.

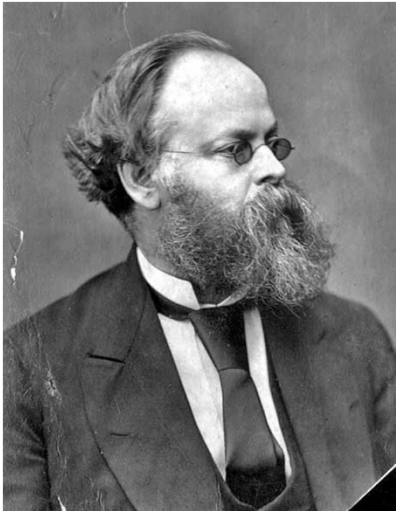
Load Line

Одређивање теретне водне линије и слободног бока

4.1 Развој прописа о теретној водној линији

- Најпре, неке дефиниције... ([Reg. 3: Definitions of terms used in the Annexes](#)).
- Брод сме да се утовари до граничног газа који одговара теретној водној линији.
- Позиција овог газа зависи од подручја пловидбе и годишњег доба, а у неким специјалним случајевима, и од терета који брод носи.
- Слободни бок је вертикално растојање мерено на боку брода од (горње ивице) палубе надвођа до разматране теретне водне линије.
- Под палубом надвођа обично се подразумева највиша непрекинута и изложена палуба испод које сви отвори на боку брода морају имати могућност водонепропусног затварања, док је сама палуба непропусна на непогоде.

4.1 Развој прописа о теретној водној линији

- Модерна историја прописа о теретној водној линији почиње 1835. када је Лојд Регистар увео препоруке за висину слободног бока (бродова регистрованих у Лојду) на основу дубине складишта.
 - У другој половини 19-ог века, Семјуел Плимсол (Samuel Plimsoll), члан британског парламента, скренуо је пажњу на проблем сигурности *бродова-мртвачких сандука (coffin ships)* – стари бродови, оштећеног трупа, често пловили преоптерећени.
- 
- Семјуел Плимсол
- Током 1873.-74. само у водама В. Британије потонуло 411 бродова, одневши преко 500 живота. Од 1867. до 1882. године, на светским морима, потонуло чак 16000 британских бродова, а страдало 33000 помораца и 6000 путника.
 - Захваљујући Плимсолу, установљено правило према којем на броду мора да буде означен положај теретне водне линије (*Плимсолова марка*).
 - Прво се односило само на британске бродове, а затим, почетком 20-ог века и на све бродове који упловљавају у британске луке.
 - Пример је следила Немачка, а затим и неке друге државе и класификациона друштва.
 - Правила су се међусобно разликовала и било је неопходно усаглашавање...

4.1 Развој прописа о теретној водној линији

- Прва Конвенција о теретној водној линији установљена 1930. године (ICLL 1930).
- Један од настаријих модерних међународних прописа о сигурности брода.
- Већина савремених међународних прописа није ни постојала...
- Циљеви ICLL 1930: довољна чврстоћа појединих елемената конструкције, водонепропусност трупа и стабилитет (оштећеног и неоштећеног) брода, заштита посаде на временској палуби.
- ICLL 1930 садржала је прве табеле за одређивање минималне висине слободног бока, у зависности од дужине брода.
- Сматрало се да је првенствена улога слободног бока да осигура довољно резервно истиснуће.
- Правила нису била научно утемељена, већ су представљала компромис између постојећих (махом искуствених) прописа.
- Уведен је и концепт према којем положај теретне водне линије зависи од годишњег доба и зоне пловидбе, односно од преовлађујућих временских услова и салинитета воде.

4.1 Развој прописа о теретној водној линији

- Нова међународна конференција посвећена теретној водној линији одржана је 1966.
- У међувремену, променили су се и бродови:
 - бродови (нарочито танкери) су постали знатно већи,
 - уместо закованих – заварени спојеви,
 - машински простор углавном више није био на средини брода,
 - уместо дрвених – челични поклопци гротала, итд.
- ... и прописи:
 - направљени су озбиљнији прописи о преграђивању и стабилитету оштећеног брода,
 - класификациона друштва стекла су значајно искуство у прорачуну чврстоће трупа.

4.1 Развој прописа о теретној водној линији

- Нова међународна конференција посвећена теретној водној линији одржана је 1966.
- Дилема: да ли би слободни бок требало да се заснива на принципу резервног истиснућа или на прорачуну заливања палубе?
- Преовладало је мишљење да нема времена за озбиљнију реформу конвенције.
- Табеле за усвајање слободног бока су продужене, како би били узети у обзир већи бродови.
- Минимална висина слободног бока је у начелу смањена, на основу стеченог искуства.
- Уведен је концепт В-60 и В-100 бродова чији слободни бок, под одређеним условима, може бити знатно редукован.
- Ниже надвође (генерално): трошкови градње нижи, маса лајтшипа мања...
- Задовољни бродовласници... Конвенција ICLL 1966 ступила на снагу за само две године.

4.1 Развој прописа о теретној водној линији

- Након 1968. године, усвојени су бројни амандмани на ICLL 1966 који никада нису ступили на снагу због компликоване процедуре која је тражила сагласност великог броја чланица.
- Протоколом из 1988. уведено прећутно прихватање амандмана (*tacit amendment acceptance*).
- Првенствени циљ Протокола – усаглашавање ICLL са конвенцијама SOLAS и MARPOL.
- Сведочанства о испуњености захтева ИМО конвенција добијају се након инспекције током које је брод ван службе.
- Требало је ускладити интервале између инспекција да брод не би, недуго након издавања једног сведочанства, морао поново да обустави пловидбу због инспекције везане за неко друго сведочанство.
- Протокол је ступио на снагу 2000-е.

4.1 Развој прописа о теретној водној линији

- Ревизија прописа о теретној линији поново је постала актуелна 80-их година 20-ог века.
- Научни радови и предлози делегација Кине, Пољске, Јапана, Холандије и др. подстакли су ИМО да и формално започне процес реформе конвенције ICLL 1966.
- Крајем 20-ог века, објављени су резултати различитих студија које су се бавиле новим приступом одређивању слободног бока.
- Вишегодишње истраживање проф. Јохана Жорнеа (Johan Journée) и његових сарадника са Техничког универзитета у Делфту (седмоделна студија [Journée et al, 1997-2001](#)).
- Заједничка кинеско-холандска студија о потребној висини прамца добијеној на основу прорачуна вероватноће заливања палубе ([Journée et al, 2001](#)).
- Моделска испитивања и нумерички експерименти заливања палубе каштела пловних објеката који се користе у офшор индустрији ([Buchner, 2002](#)).
- Експерименти везаних за заливање палубе бродова за расути терет у Дамбертону, у Шкотској ([Vassalos et al, 2003](#)) и Вагенингену, у Холандији (видети [Dallinga & Gaillarde, 2001](#), [Gaillarde & Zheng, 2001](#) и [Kapsenberg & de Kat, 2000](#)).

4.1 Развој прописа о теретној водној линији

- Процес окончан усвајањем низа амандмана на Протокол из 1988-е (**IMO/MSC, 2003a**).
- Амандмани из 2003-е су ступили на снагу 1. јануара 2005. године.
- Минимална висина прамца је генерално повећана.
- Захтеви у погледу чврстоће поклопаца гротала су формулисани тако да боље одражавају физички смисао деформација поклопаца услед заливања палубе.
- Ипак... Табеле на основу којих се усваја *основно* надвође остале су исте као у ICLL 1966.

4.1 Развој прописа о теретној водној линији

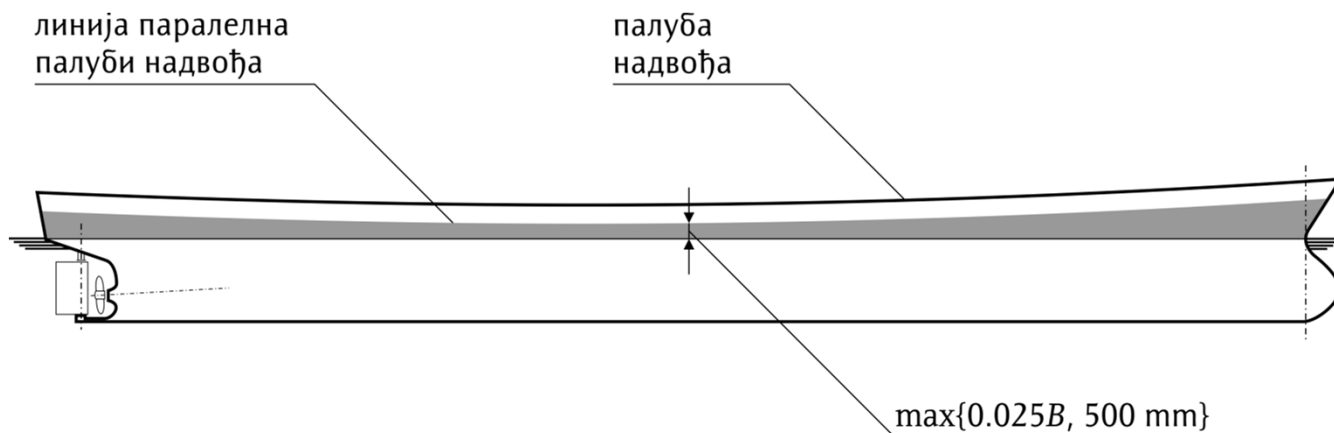
- Постојећа Конвенција ICLL састоји се из три Анекса.
- Анекс I:
 - Поглавље I – опште одредбе
 - Поглавље II – услови за одређивање надвођа
 - Поглавље III – прорачун надвођа
 - Поглавље IV – посебни захтеви за бродове који превозе дрво на палуби
- Анекс II: Зоне, подручје и сезоне.
- Анекс III: Обрасци потврда, укључујући и потврду о теретној линији.
- Навешћемо неке од занимљивијих прописа...

4.2 Услови за доделу надвођа

- Да би се броду доделило надвође, најпре треба испунити низ услова предвиђених прописима Конвенције који се тичу чврстоће, непропусности и заштите посаде.
- Врата у спољним зидовима затворених надграђа ([Reg. 12: Doors](#)):
 - треба да буду адекватно укрућена, тако да чврстоћа преграде не буде нарушена;
 - треба да буду непропусна на непогоде;
 - треба да се отварају на споља, чиме се постиже додатна сигурност против продора воде услед заливања морем.

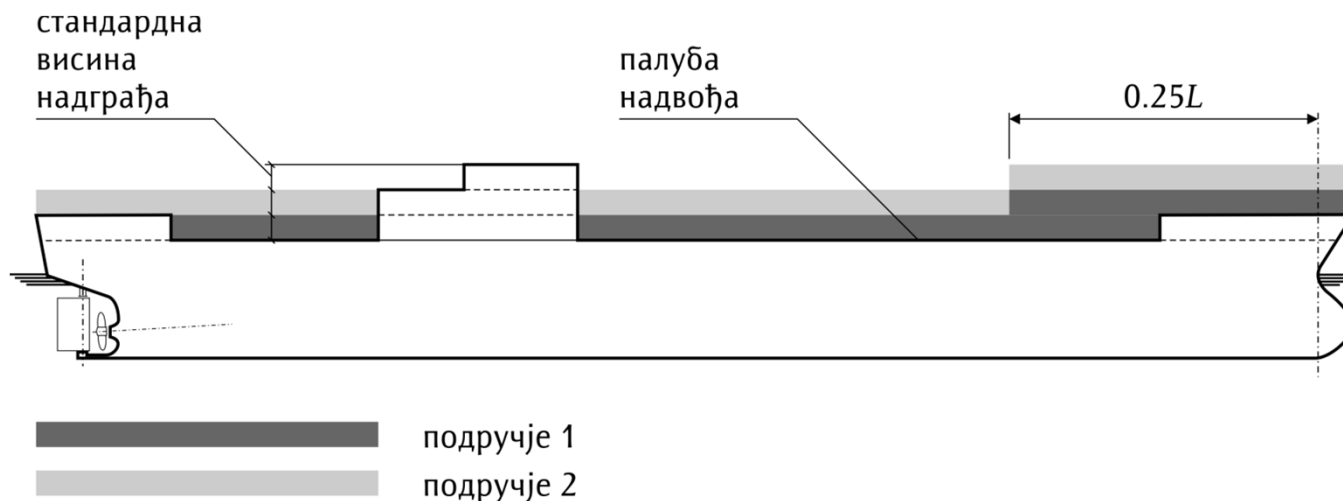
4.2 Услови за доделу надвођа

- Окно (*sidescuttle*) је округло или овално, површине до 0.16 m^2 а прозор (*window*) може бити округао, овалног или правоугаоног облика (са заобљеним угловима), али површине веће од 0.16 m^2 .
- Прозори нису дозвољени испод палубе надвођа, ни у првом реду надграђа или палубних кућица, ако ове доприносе повећању резервног истиснућа или штите отворе кроз које би брод могао да се наплави.
- Окна могу бити испод палубе надвођа, али тако да њихова доња ивица не буде испод имагинарне линије која је паралелна палуби надвођа и чија се најнижа тачка налази на висини $0.025B$ (а најмање 500 mm) изнад летње водне линије.
- Ако се не могу отворити, окна се сматрају водонепропусним ([Reg. 23: Side scuttles, windows and skylights](#)).



4.2 Услови за доделу надвођа

- Величина и чврстоћа пражница, ограда, поклопаца и врата гротала и других отвора на изложеним палубама зависе од положаја по дужини и по висини брода.



- Разликују се два подручја ([Reg. 13: Position of hatchways, doorways and ventilators](#)):
 - подручје 1 – палуба надвођа, уздигнута крмена палуба (*raised quarter deck*), изложене палубе надграђа унутар прве $L/4$ брода мерено од прамчаног перпендикулара ка крми;
 - подручје 2 – изложене палубе надграђа иза првих $L/4$ брода које се налазе на висини од бар једне *стандардне висине надграђа* изнад палубе надвођа; изложене палубе надграђа које се налазе у првих $L/4$ брода, али су издигнуте бар две стандардне висине надграђа изнад палубе надвођа.

4.2 Услови за доделу надвођа

- *Стандардна висина надграђа* зависи од дужине брода: ако је $L > 125$ m, стандардна висина надграђа је 2.3 m, у супротном, стандардна висина је 1.8 m ([Reg. 33: Standard height of superstructure](#)).
- Подручје 1 одговара (надводним) деловима трупа који су више изложени заливању морем.
- Зато су пражнице подручју 1 више, а поклопци гротала чвршћи.
- Минимална висина пражница гротала ([Reg. 14-1: Hatchway coamings](#)):
 - 600 mm у подручју 1
 - 450 mm у подручју 2.
- Минимална висина пражница извода вентилационих отвора који воде у простор испод палубе надвођа или на палубе затворених надграђа:
 - 900 mm у подручју 1,
 - 760 mm у подручју 2.
- Вентилациони отвори треба да буду заштићени поклопцима непропусним на непогоде.
- Поклопци нису обавезни ако су вентилациони отвори изведени на висину од 4500 mm изнад палубе у подручју 1, а 2300 mm у подручју 2 ([Reg. 19: Ventilators](#)).
- На палуби надвођа, одушници треба да буду високи најмање 760 mm односно 450 mm на палубама надграђа ([Reg. 20: Air pipes](#)).

4.2 Услови за доделу надвођа

- Ради заштите посаде на изложеним палубама, Конвенција ICLL предвиђа постављање пуне или решеткасте палубне ограде, висине најмање 1000 mm.
- Решеткасте ограде треба да имају најмање три пречке, чија су међусобна максимална растојања такође прописана. ([Reg. 25: Protection of the crew](#)).
- Конвенција такође одређује врсту прилаза и пролаза између појединих делова брода, чија се конструкција може сматрати сигурном у погледу заштите на раду ([Reg. 25-1: Means for safe passage of crew](#)).

4.2 Услови за доделу надвођа

Weathertight или *Watertight*?

- Степен водонепропусности пресудно утиче на сигурност брода.
- Да ли ће отвори у оплати, палуби или надграђу бити водонепропусни (*watertight*) или непропусни на непогоде (*weathertight*) одређују прописи конвенција ICLL и SOLAS.
- ICLL води рачуна о непропусности трупа, изложених палуба и спољних преграда надграђа и палубних кућица, док се SOLAS стара о ефективности преграђивања брода.
- Грубо: ICLL настоји да спречи продор воде у труп, а SOLAS ограничава ширење воде која се нашла у унутрашњости брода.
- Према дефиницијама које користи ICLL, поклопац, врата, прозор и др. сматрају се водонепропусним уколико су у стању да поднесу исти притисак воденог стуба са обе стране.
- Отвори се сматрају непропусним на непогоде ако при било којим временским условима на мору вода кроз њих не продире у брод.
- Ове две врсте непропусности остварују се под дејством различитих феномена:
 - услед заливања таласима и љуљања брода (непропусност на непогоде)
 - односно статичког оптерећења воденог стуба у наплављеном одељењу или на делу трупа који се нашао под водом (водонепропусност).

4.2 Услови за доделу надвођа

Weathertight или *Watertight*?

- Класификациона друштва (нпр. **BV, 2014a**) разликују следеће категорије отвора (*openings*):
 - незаштићене (*unprotected*); воде ка незадрживом наплављивању ако се нађу под водом при накретању неоштећеног или у било којој фази наплављивања оштећеног брода;
 - непропусне на непогоде (*weathertight*); могу повремено да се нађу под водом при накретању / љуљању неоштећеног брода, али не могу да издрже стални притисак воденог стуба; зато, незадрживо наплављивање кроз ове отворе наступа кад се нађу под водом у било ком тренутку током наплављивања оштећеног брода;
 - полу-водонепропусне (*semi-watertight*), унутрашње отворе; могу да издрже притисак воденог стуба у међуфазама наплављивања оштећеног брода, али у крајњем положају равнотеже треба да буду изнад водне линије; у супротном, воде ка незадрживом наплављивању;
 - водонепропусне (*watertight*); могу да издрже стални притисак воденог стуба који одговара растојању између најниже ивице отвора и преградне палубе односно палубе надвођа; не дозвољавају незадрживо наплављивање, све до тренутка када преградна палуба или палуба надвођа које нису (не морају да буду) водонепропусне уђу у воду – након тога, отвори више нису важни...

4.2 Услови за доделу надвођа

Weathertight или *Watertight*?

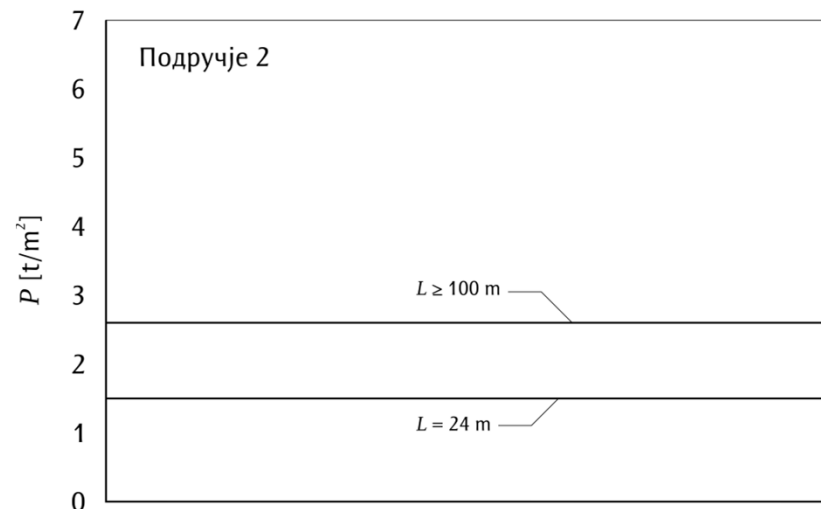
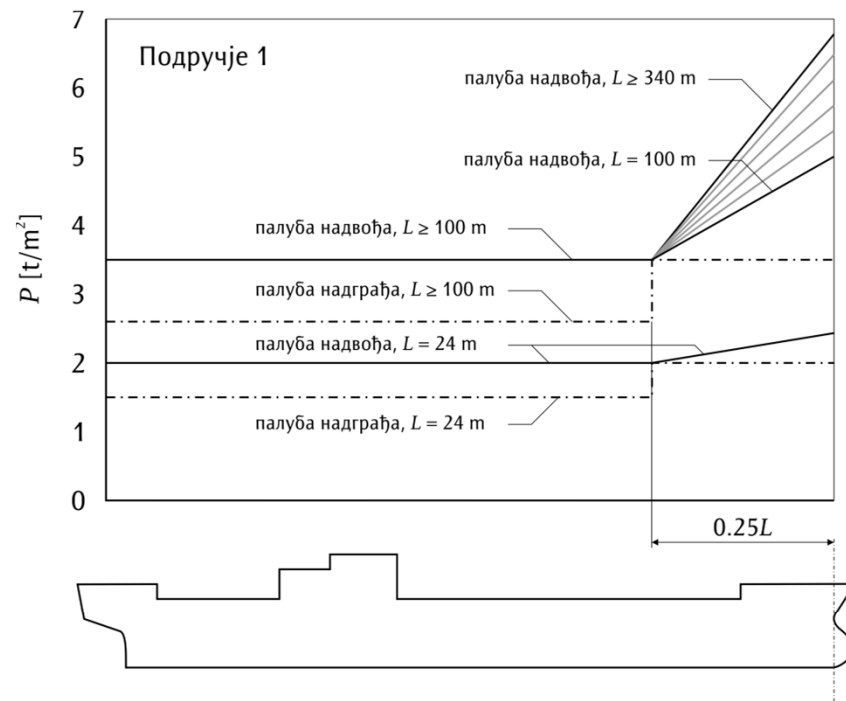
- Степен непропусности утврђује се тестовима и остварује на различите начине.
- У пракси, стварни степен непропусности може имати различите импликације. Нпр. ако поклопци складишта пропуштају воду у малим количинама, то не мора бити опасно за сигурност брода, али може бити веома штетно за терет у складишту.
- То, међутим, није проблем Конвенције о теретној линији...

4.2 Услови за доделу надвођа

- Чврстоћа поклопаца гротала непропусних на непогоде функција је дужине брода и подручја у којем се поклопци налазе.
- У подручју 1, поклопци на палуби надвођа треба да поднесу оптерећење које потиче од заливања морем и које се за позицију на прамчаном перпендикулару рачуна као:

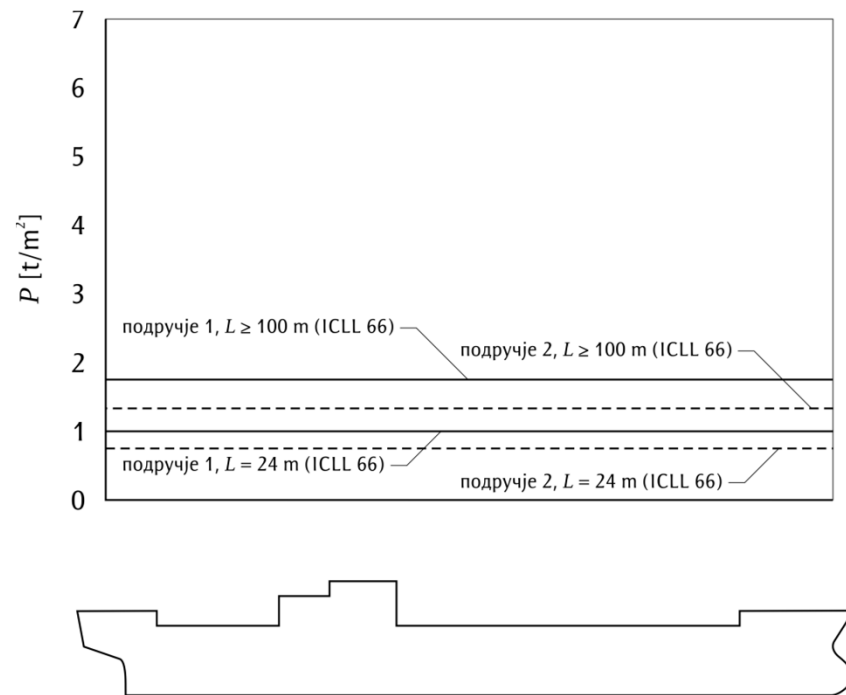
$$P = 5 + (L_H - 100) \cdot a$$

- где вредност коефицијента a може бити 0.0074 ако брод има „пуну“ висину слободног бока, односно 0.0363 ако је висина слободног бока редукована.
- P се затим линеарно смањује до 3.5 t/m² на растојању од 0.25L од прамчаног перпендикулара ка крми.
- Чврстоћа поклопаца бродова $L = 24 \text{ m} \div 100 \text{ m}$ одређује се линеарном интерполацијом.



4.2 Услови за доделу надвођа

- Минималне вредности оптерећења од заливања таласима према којима су димензионисани поклопци пре Амандмана из 2003. године.
- Оптерећења су најмање двоструко већа.
- То, међутим није једина измена.
- У *стариј* Конвенцији, напони у поклопцима, под дејством оптерећења (умножени фактором 4.25) нису смели да превазиђу затезну чврстоћу материјала.
- После Амандмана из 2003-е, напони (умножени фактором 1.25) не смеју да буду већи од напона течења при истезању, нити поклопци смеју да изгубе стабилност услед извијања при притиску.
- Дозвољени угиб поклопца повећан је са $0.0028l$ (l – распон поклопца) на $0.0056l$; али, угиб треба да остане у границама еластичних деформација.
- Минимална дебљина лима поклопца је непромењена у односу на ICLL 1966 и износи 6 mm (*Reg. 16: Hatchways closed by weathertight covers of steel or other equivalent materials*).



4.2 Услови за доделу надвођа

- Велики број несрећа бродова за расути терет...
- Само током прве половине 90-их година XX века изгубљено готово 150 бродова и 780 људских живота (**Vassalos et al, 2003**).
- Међу проблемима су били мали слободни бок и оштећења поклопаца отвора на каштелу, палубне опреме на прамцу и поклопаца предњих складишта услед заливања палубе таласима (*green seas loadings*).
- Несрећа брода за расути терет *Derbyshire* вероватно је највише утицала на процес ревизије Конвенције ICLL...

4.2 Услови за доделу надвођа

Derbyshire (1980)

- Један од шест бродова-сестара типа ОВО (*oil-bulk-ore*).
- Бродови изграђени у Ливерпулу током 70-их година XX века.
- Брод је имао класу Лојд Регистра.
- $L = 281.94 \text{ m}$, $B = 44.2 \text{ m}$, $d = 18.46 \text{ m}$, $m_{DWT} = 173200 \text{ t}$.



4.2 Услови за доделу надвођа

Derbyshire (1980)

- Доживео је бродолом 9. септембра 1980. у тајфуну Орхидеја, на путу из Канаде у Јапан.
- Страдали су сви људи на броду, њих 44, а сам брод је потонуо на дно Пацифика.
- Олупина је нађена тек 1994. године, на дубини од 4 km.
- Највећи британски брод који је икада потонуо.
- Британска влада је закључила да истрага није неопходна, јер се није знало где је брод, није било никаквих података о несрећи, а на бродовима-сестрама нису пронађени недостаци.
- Прва анализа несреће спроведена је тек неколико година касније, делимично под притиском породица настрадалих. Узрок несреће није утврђен (1986).
- Након неколико мањих инцидената на другим бродовима из серије, под притиском јавности покренута још једна истрага. Закључено је да су екстремни временски услови једноставно надвладали брод (1989).
- Брод је пронађен захваљујући упорности породица настрадалих, а нова истрага је била неизбежна.
- Неочекивано, делови брода били су расути по морском дну у дужини већој од километра.
- То је указивало на разорни, катастрофални след догађаја...

4.2 Услови за доделу надвођа

Derbyshire (1980)

- У склопу истраге, моделска испитивања спровели су истраживачки тимови Универзитета Глазгов и Стратклајд ([Vassalos et al, 2003](#)) и института MARIN у Вагенингену ([Dallinga & Gaillarde, 2001](#), [Gaillarde & Zheng, 2001](#)).
- Експерименти: оптерећења ударне природе, наплављивање брода кроз вентилационе отворе (у случају њиховог оштећења) знатно интензивније него што се првобитно мислило.
- Оптерећења која трпе поклопци складишта на прамчаном делу брода већа су од оних предвиђених конвенцијом ICLL 1996 ([Kapsenberg & de Kat, 2000](#)).

4.2 Услови за доделу надвођа

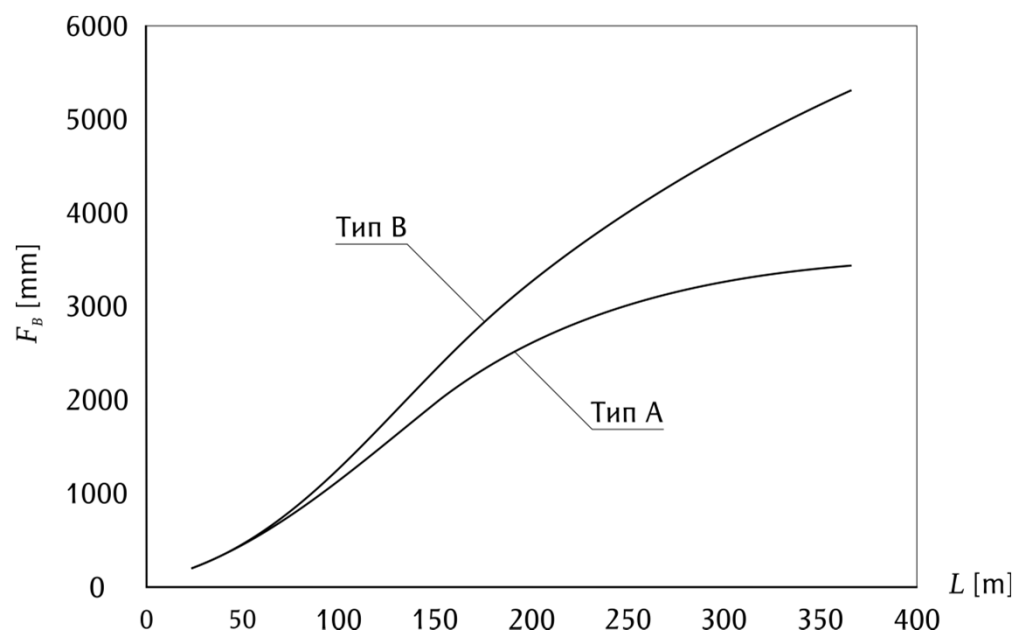
Derbyshire (1980)

- Један од истражитеља, професор Фокнер, дошао је до закључка да је непосредан разлог несреће недовољна чврстоћа поклопаца складишта (**Faulkner, 2001**).
- Највероватнији узрок несреће је колапс поклопца првог складишта на прамчаном делу брода, под дејством таласа.
- Фокнер сматра да је до тога дошло услед удара *циновској таласа*. Фокнер је покушавао да докаже да овакви таласи нису ретки.
- Према другој верзији, најпре је попустио поклопац на вентилационом отвору на прамцу, због чега се наплавио каштел а затим и прамчани пик; тако се прамац нашао под водом па су поклопац складишта могли да однесу и *обични* таласи (чија је $H_{1/3}$ процењена на $10 \div 12$ m).
- У сваком случају, пошто су поклопци били димензионисани у складу са прописима тада важеће конвенције ICLL 1966, било је јасно да су захтеви Конвенције у том погледу неадекватни.

Видео: [Sinking of the MV Derbyshire](#)

4.3 Слободни бок и минимална висина прамца

- У контексту висине надвођа, бродови се могу поделити на типове А и В.
- Бродови типа А су танкери код којих на изложеној палуби нема великих отвора попут гротла складишта; постојећи отвори су мали и покривени водонепропусним, заптивеним челичним поклопцима (палуба надвођа је водонепропусна). У случају оштећења трупа пуног брода (*брода у огласку*), наплављивост брода односно изгубљено истиснуће су мали.
- Основни слободни бок бродова типа А зависи од дужине.
- Сви остали бродови сматрају се бродовима типа В; њихово основно надвође такође је функција дужине.



4.3 Слободни бок и минимална висина прамца

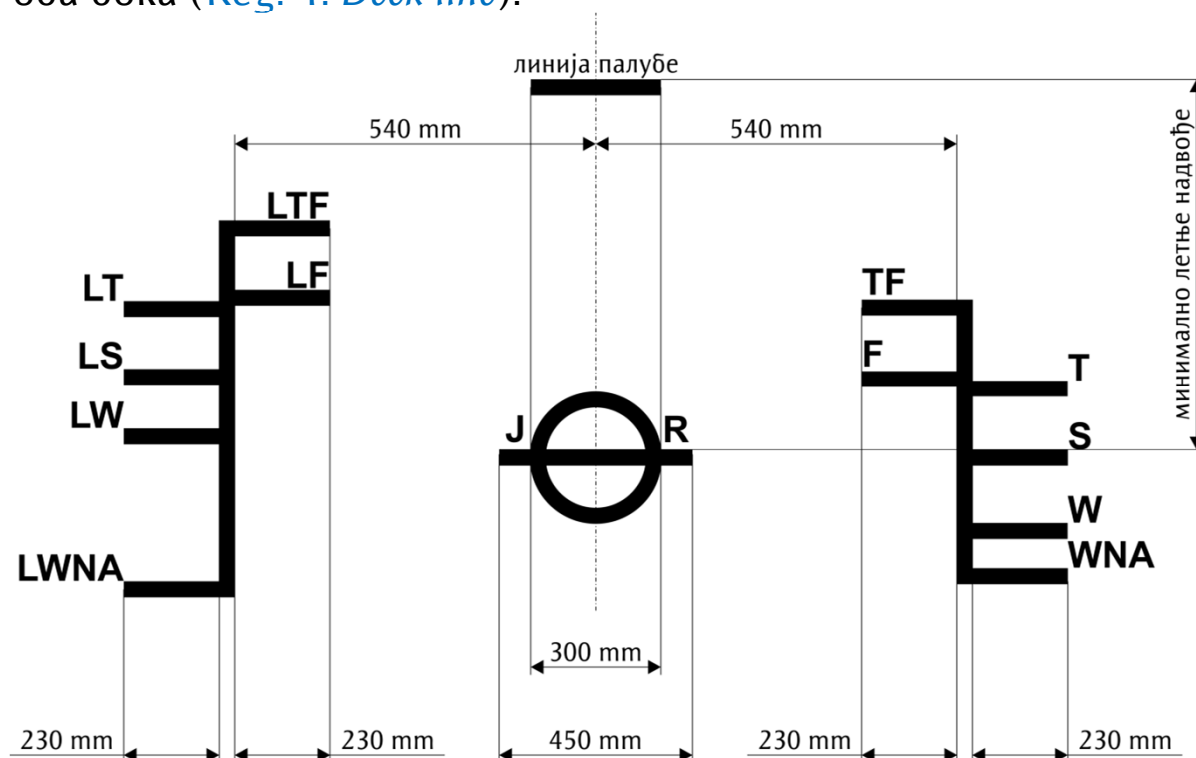
- Надвође на бродовима типа В може бити веће или мање од основног, односно може бити *кориговано*, повећано или смањено (редуковано).
- Основна (табеларна) висина слободног бока брода типа В коригује се:
 - (a) ако је брод краћи од 100 m ([Reg. 29](#));
 - (b) ако је коефицијент пуноће истиснућа $CB > 0.68$ ([Reg. 30](#));
 - (c) ако је висина брода $D > L/15$ ([Reg. 31](#));
 - (d) ако се висина брода разликује од висине палубе надвођа ([Reg. 32](#));
 - (e) ако у палуби надвођа постоји упуштење ([Reg. 32-1](#));
 - (f) ако брод има надграђе и кућишта (*trunks*) на палуби ([Reg. 37](#));
 - (g) ако брод има скок палубе који се разликује од стандардног ([Reg. 38](#)).
- Корекцијама се узима у обзир одступање стварног од тзв. стандардног брода ($C_B = 0.68$, $L/D = 15$, стандардни скок палубе, без надграђа, итд.).
- Корекцијама се слободни бок повећава или смањује.

4.3 Слободни бок и минимална висина прамца

- Корекција (f) дозвољава смањење слободног бока јер надграђе доприноси повећању крака додатног стабилитета.
- Да би се нека палубна конструкција узела у обзир као надграђе, мора да буде одговарајуће ширине, такве да палубни пут, са обе стране, буде највише 0.04B.
- У супротном, конструкција није надграђе, већ палубна кућица за коју се сматра да не учествује у додатном стабилитету јер се њен утицај осећа тек при заиста великим угловима нагиба.
- Из истог разлога, без обзира на то колико је надграђе заиста високо, надвође може да се смањи само на рачун једне стандардне висине. Више палубе улазе у воду *касно*...
- Висина надвођа која се добија након корекција представља минималну висину слободног бока којој одговара тзв. летња теретна линија (*summer load line*).

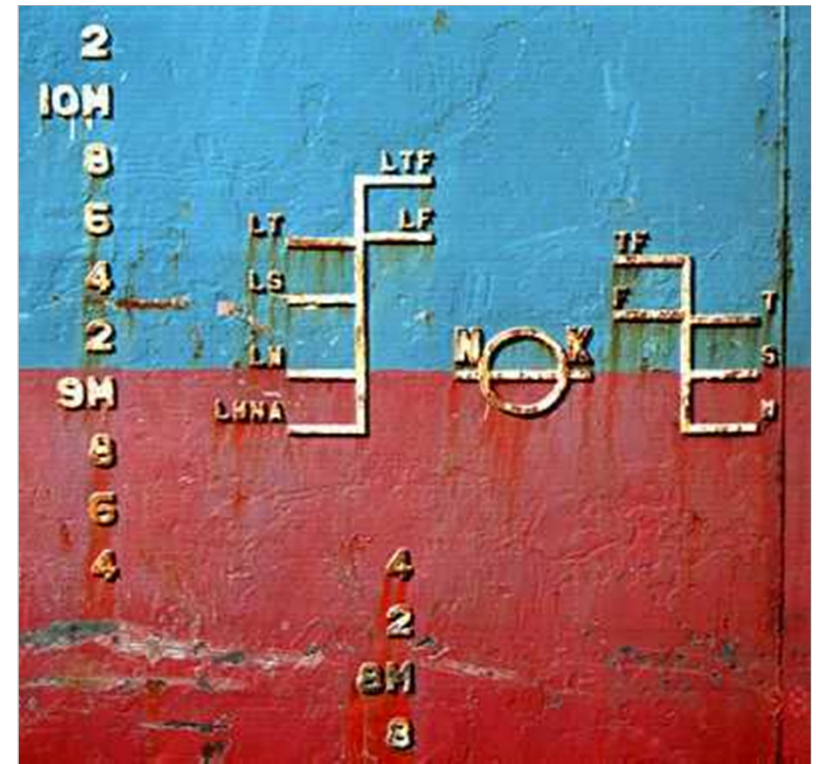
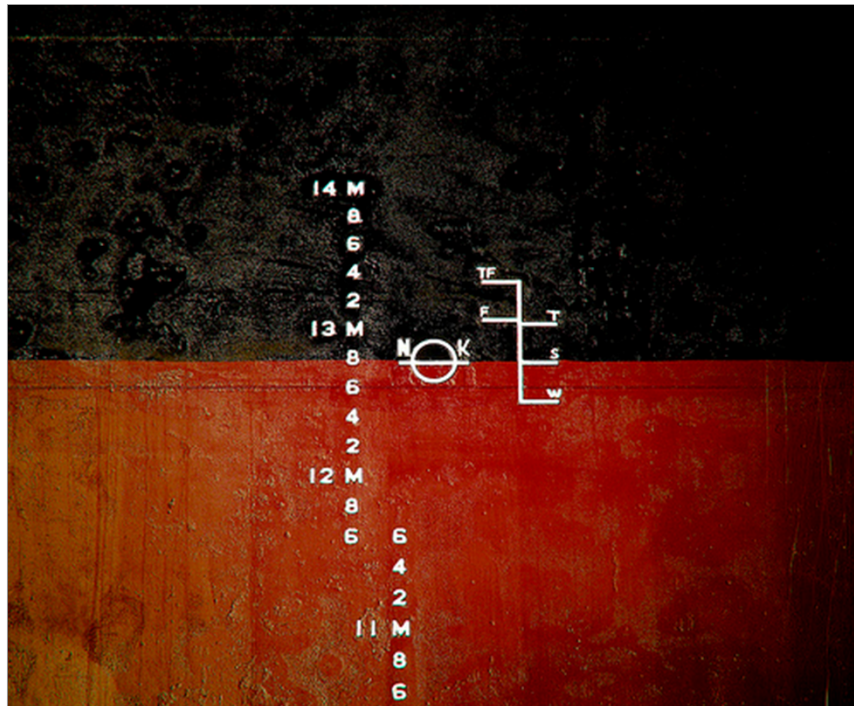
4.3 Слободни бок и минимална висина прамца

- Летња теретна линија одговара хоризонталној дужи на *Плимсоловој марки*, на којој је означено и које регулаторно тело је издало сведочанство ([Reg. 7: Mark of assigning Authority](#)).
- Поред летње (S), постоје и зимска (W), зимска за пловидбу Северним Атлантиком (WNA), тропска (T), слатководна (F) и слатководна у тропским морима (TF) ([Reg. 6: Lines to be used with the load line mark](#)). Ознака теретне линије поставља се на средини брода, на оба бока ([Reg. 5: Load line mark](#) и [Reg. 8: Details of marking](#)). Позиција палубе надвођа треба да буде означена на оба бока ([Reg. 4: Deck line](#)).



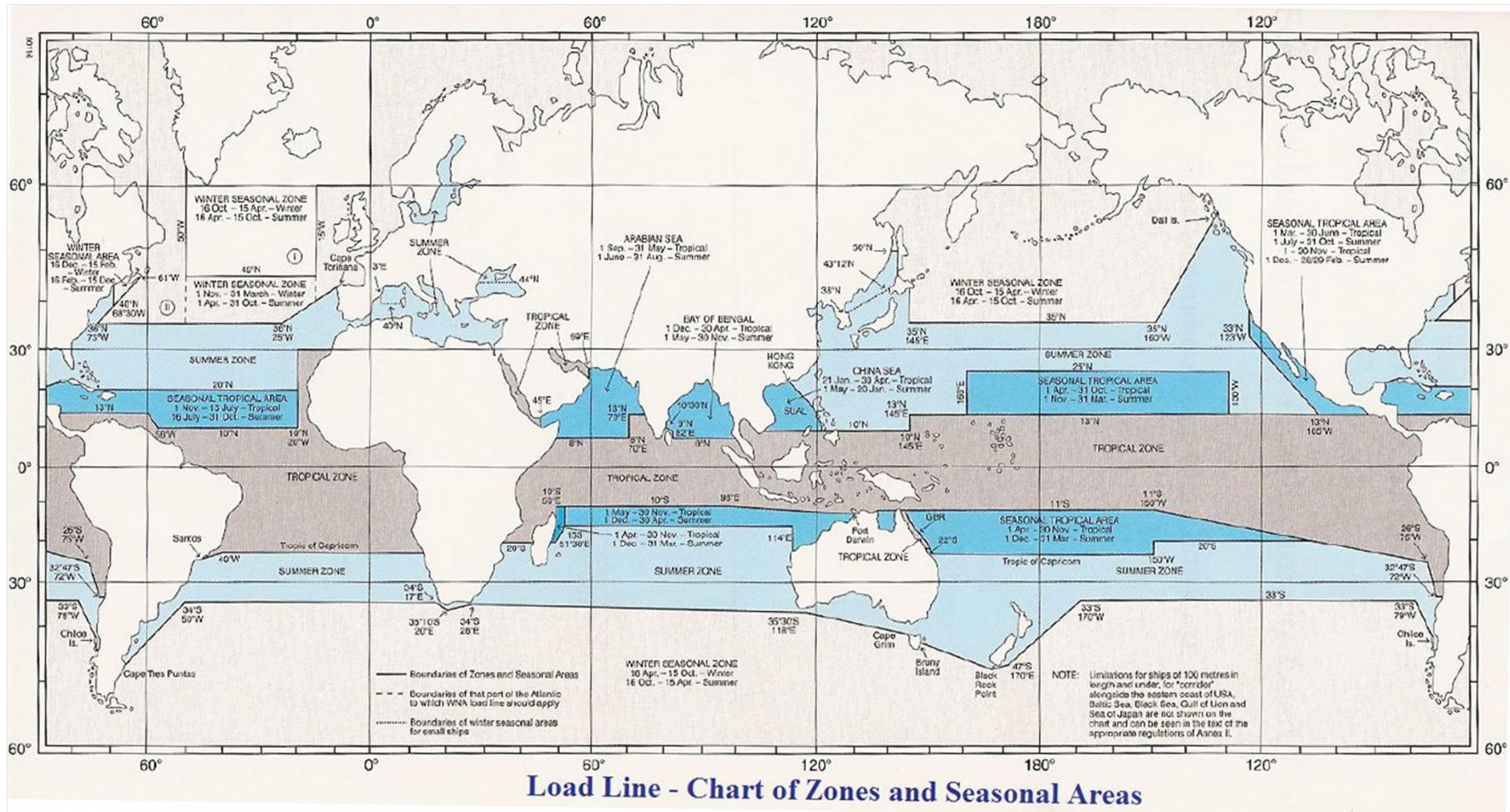
4.3 Слободни бок и минимална висина прамца

- Примери ознаке теретних водних линија.



4.3 Слободни бок и минимална висина прамца

- Сезоне и подручја пловидбе.



4.3 Слободни бок и минимална висина прамца

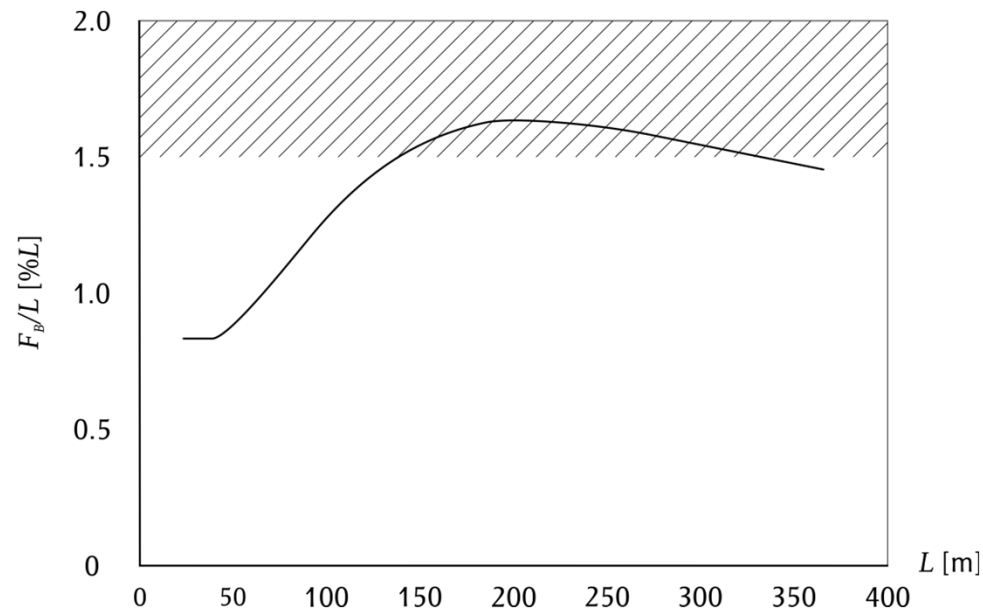
- По правилу, надвође бродова типа А ниже је од бродова типа В исте дужине.
- Међутим, под одређеним условима, бродовима типа В може се доделити ниже надвође, па чак и надвође тек нешто више од бродова типа А исте дужине.
- Разликујемо бродове типа В-60, код којих слободни бок може бити умањен највише за вредност која одговара 60% разлике у висини слободног бока брода типа В и типа А, исте дужине.
- Тип В-100 може имати слободни бок једнак броду типа А (мањи за 100% разлике међу надвођима бродова исте дужине али различитих типова).
- Редукција слободног бока могућа је код бродова дужине не мање од 100 m.
- Такође, заштита посаде и отвори за отицање воде са палубе треба да буду *адекватни* према мишљењу Заставе, а пловност и стабилитет оштећеног брода задовољавајући, у складу са следећим условима.

4.3 Слободни бок и минимална висина прамца

- У крајњем положају пливања, сви отвори кроз које би вода могла да продире у брод морају да буду изнад водне линије.
- Статички угао нагиба брода, услед несиметричног наплављивања, не сме да буде већи од 15° , изузев у ситуацији када палуба не улази у воду, па је дозвољен нагиб од 17° .
- Метацентарска висина брода након наплављивања треба да буде позитивна.
- У свим случајевима када се стабилитет може сматрати *сумњивим*, треба показати да је опсег преосталог стабилитета најмање 20° , а да је максимум h -криве најмање 0.1 m.
- Стабилитет такође треба да буде довољан и у међуфазама наплављивања.
- Претпоставља се да је брод претрпео оштећење које није ограничено у вертикалном правцу, док је пенетрација трупа једнака $B/5$ али није мања од 11.5 m.
- Сматра се да је оштећено само једно одељење, ограничено суседним попречним водонепропусним преградама, осим, наравно, ако није пробијена и нека уздужна преграда.
- Само брод типа В-100 услове треба да задовољи при истовременом продору у било која два суседна одељења (осим у случајевима оштећења преграда машинског простора).
- Ако бродови редукованог слободног бока задовољавају наведене детерминистичке захтеве о непотопивости, а предвиђено је да носе палубни терет, морају да испуне и додатни услов – прорачун минималних метацентарских висина у складу са пробабилистичким правилима о наплављивању конвенције SOLAS (видети Јединствено тумачење **IACS/LL, 2008a**).

4.3 Слободни бок и минимална висина прамца

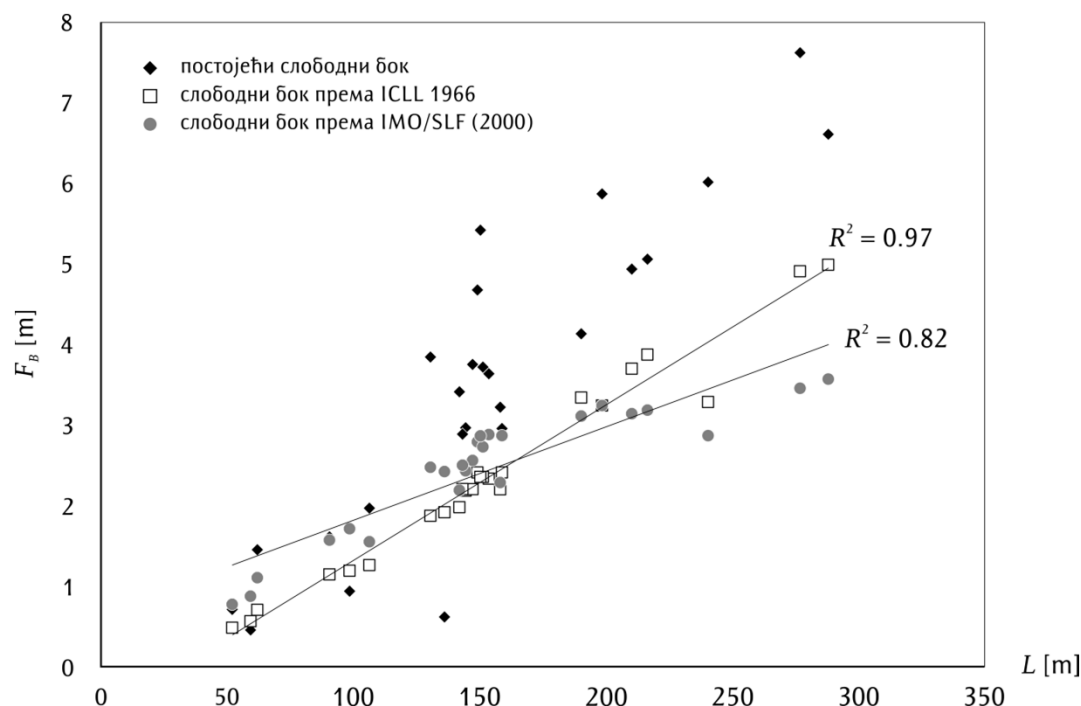
- Мањи бродови имају и релативно мањи слободни бок \Rightarrow исти таласи су релативно већи за мале бродове (код којих су и амплитуде љуљања веће).
- Да ли онда надвође малих бродова требало да буде и релативно веће?



- С друге стране... Мањи бродови обично су намењени обалној или пловидби затвореним морима, па је вероватноћа да ће током радног века сусрести јаке олује значајно мања.
- Шта би било ако би надвође свих бродова, без обзира на дужину, било одређено на основу дугорочне вероватноће заливања палубе у пловидби истим подручјем?

4.3 Слободни бок и минимална висина прамца

- Прорачун дугорочне вероватноће заливања палубе 1008 бродова (од 14 *родитеља*), $L = 50 \div 400$ m, у пловидби Северним Атлантиком (у зимском периоду), **Journée et al (1997-2001)**.
- У подручју иза $0.2L_{pp}$ *пробабилистичко* надвође мањих бродова ($50 \text{ m} < L_{pp} < 150 \text{ m}$) нешто више, а већих бродова ($L_{pp} > 150 \text{ m}$) нешто ниже од табеларних вредности из ICLL 1966.
- Без обзира на L брода, надвође треба да буде знатно више од прописаног у првих $0.2L_{pp}$.
- Пољска студија (**IMO/SLF, 2000** и **IMO/SLF, 2000a**): повећање слободног бока у односу на ICLL 1966 у распону од свега неколико процената (за $L \approx 160$ m) до чак 60% (за $L \approx 50$ m).

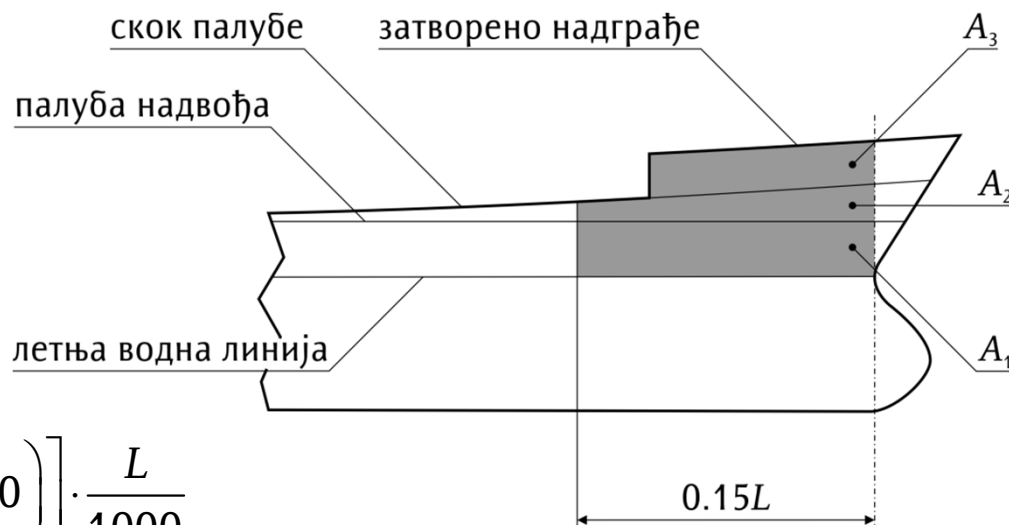


4.3 Слободни бок и минимална висина прамца

- Конвенција ICLL прописује и минималну висину прамца (*Reg. 39: Minimum bow height and reserve buoyancy*).
- Под висином прамца подразумева се вертикално растојање на прамчаном перпендикулару између изложене палубе и летње водне линије, мерено на боку брода.

$$H_{B\min} = \left[6075 \cdot \frac{L}{100} - 1875 \cdot \left(\frac{L}{100} \right)^2 + 200 \cdot \left(\frac{L}{100} \right)^3 \right] \cdot \left(2.08 + 0.609 \cdot C_B - 1.603 \cdot C_{wf} - 0.0129 \cdot \frac{L}{d_1} \right)$$

- На прамчаном делу брода – $0.15L$ иза прамчаног перпендикулара – треба да постоји додатно резервно истиснуће.



$$A = A_1 + A_2 + A_3 \geq \left[0.15 \cdot F_{\min} + 4 \cdot \left(\frac{L}{3} + 10 \right) \right] \cdot \frac{L}{1000}$$

4.4 Слободни бок неких специјалних типова бродова

Контејнерски бродови са отвореним складиштима

- На контејнерским бродовима са отвореним складиштима изложена палуба није непропусна на непогоде – атмосферске падавине и таласи пуне товарне просторе водом...
- Услови за доделу надвођа не могу бити испуњени, па слободни бок не може да се одреди из *таблице*.
- Према Смерницама **IMO/MSC (1994)**, минимални слободни бок контејнерских бродова са отвореним складиштима одређује се моделским испитивањима.
- Треба проверити:
 - да ли је максимална брзина пуњења сваког складишта услед заливања морем мања од дозвољене вредности која се добија када се површина гротла помножи са 400 mm/h;
 - да ли је брзина пражњења складишта кроз отворе за отицање (ако постоје) адекватна.
- Слободни бок и висина прамца контејнерског брода са отвореним складиштима не смеју да буду нижи од вредности које би, према ICLL, одговарале таквом броду, али са поклопцима.
- Ако се моделским испитивањима добију више вредности, њих треба и усвојити.

4.4 Слободни бок неких специјалних типова бродова

Контејнерски бродови са отвореним складиштима

- Моделска испитивања:
 - На нерегуларним таласима из Пирсон-Московицевог, Бретшнајдеровог или JONSWAP спектра, за стање мора дефинисано $H_{1/3} \approx 8.5$ m и најнеповољнијим средњим периодом нула.
 - За најмање пет праваца напредовања таласа: 180° , 90° , 0° и на косим таласима, под углом од 45° односно 135° .
 - Брод треба да напредује максималном брзином у служби која може да се оствари у пловидби ка таласима ($\mu = 180^\circ$ и $\mu = 135^\circ$) узимајући у обзир додатни отпор на регуларним таласима (*maximum sustained speed*). Максимална брзина у пловидби прамцем ка таласима подразумева да је до смањења брзине дошло спонтано (а не намерно), при максималном режиму рада мотора. Имплицитно се претпоставља најгори сценарио, изузимајући мере које би заповедник могао да предузме да би смањио заливање палубе.
 - У пловидби на таласима „у крму“ ($\mu = 0^\circ$ и $\mu = 45^\circ$) модел треба да плови минималном брзином која омогућава да брод остане управљив (*minimum ship manoeuvring speed*).
 - На бочним таласима, брзина напредовања модела треба да буде једнака нули, чиме се симулира брод који је изгубио погон (*dead ship condition*).

4.4 Слободни бок неких специјалних типова бродова

Рибарски бродови

- ICLL не садржи прописане, па чак ни препоручене вредности надвођа за рибарске бродове.
- Најважнији међународни прописи о сигурности не односе се на рибарске бродове...

Путнички бродови

- Положај теретне линије / висина слободног бока одређени су преграђивањем и прорачуном непотопивости.
- Путнички брод може имати више од једне теретне линије које одговарају различитим начинима експлоатације (рецимо, различитом максималном броју путника).
- Теретна линија основног начина експлоатације означава се са P1, а остале теретне линије носе ознаке P2, P3, итд.
- Основна теретна линија је она којој одговара највиши остварени индекс преграђивања A (SOLAS, Ch. II-1, Part B-3, Reg. 18: *Subdivision load line assignment for passenger ships*).
- На теретним бродовима, палуба надвођа може се сматрати преградном палубом.
- На ро-ро бродовима, палуба надвођа и преградна палуба су исте.

4.4 Слободни бок неких специјалних типова бродова

Бродови за превоз дрвета на палуби

- *Timber load lines*: теретне линије које се додељују бродовима за превоз дрвета на палуби.
- Одговарају већим газовима, односно нижим надвођима у односу на уобичајене вредности.
- Ако је терет добро упакован и осигуран, сматра се да доприноси повећању додатног стабилитета при прорачуну стабилитета у неоштећеном стању, односно да ствара допунско резервно истиснуће при прорачуну стабилитета оштећеног брода.
- Сама чињеница да брод превози дрво на палуби није довољна да би се доделило редуковано надвође – и терет и брод треба да задовоље одређене услове.
- Терет треба да буде утоварен тако да се што више простире по ширини брода, тј. растојање између терета и бока брода нигде не треба да буде веће од $0.04B$.
- По висини, терет треба да буде наслаган и осигуран бар у висини једног реда стандардног надграђа.
- Размештај терета, по ширини и висини, треба дакле и формално да задовољи услове под којима може да се сматра надграђем.

Safety of dry cargo ships

Сигурност бродова за превоз чврстог терета

5.1 Бродови за расути терет

5.1.1 Својства расутих терета и опасности везане за њихов транспорт

- SOLAS (*Ch. VI, Part A, Reg. 1-2: Requirements for the carriage of solid bulk cargoes other than grain*): бродови који превозе чврсти терет у расутом стању, осим житарица, треба да задовоље захтеве IMSBC (*International maritime solid bulk cargoes*) кода (*IMO/MSC, 2008e*).
- Највеће опасности:
 - оштећења конструкције трупа због непрописног распореда терета,
 - хемијске реакције у товарном простору и
 - губитак стабилитета услед померања / пресипања / преливања терета.
- IMSBC код односи се на транспорт расутог терета, а не на саме бродове за расути терет.
- Расути терети могу бити кохезивни и некохезивни:
 - некохезивни – материје које се померају услед љуљања / накретања брода.
 - кохезивни – сви остали терети.
- IMSBC код разликује три групе терета:
 - А – терети подложни *расшијању*,
 - В – терети који се сматрају опасним због својих хемијских својстава,
 - С – сви остали терети који се не могу сврстати ни у једну од претходне две групе.

5.1.1 Својства расутих терета и опасности везане за њихов транспорт

- Пре утовара, превозник треба да упозна заповедника са својствима терета: степеном влажности (пресудно за групу А) и нпр. запаљивошћу или токсичношћу (важно за групу В).
- Процедура постаје сложенија уколико терет није наведен у IMSBC коду...

Пресипање терета

- Током утовара, расути некохезивни зрнасти терет природно заузима положај у виду купе чији је омотач под одређеним углом у односу на хоризонталну раван (основицу купе).
- Максимални угао нагиба купе назива се *углом мировања (angle of repose)*.
- Угао мировања је карактеристичан за сваки терет понаособ и одређује се експериментално, тестом описаним IMSBC кодом.
- Да се терет не би пресипао приликом накретања брода, треба га поравнати (нивелисати).
- Терет се нивелише и да би се смањио контакт са ваздухом који може да доведе до спонтаног загревања.

Опасни терети

- Терети могу бити запаљиви, корозивни, експлозивни, радиоактивни, токсични, итд.
- Такви терети су опасни и кад се превозе упаковани, контејнерским бродовима.
- Постоји посебна категорија терета коју чине материје које су опасне само кад се транспортују у расутом стању (*materials hazardous only in bulk*, МНВ).

5.1.1 Својства расутих терета и опасности везане за њихов транспорт

Растапање терета (*liquefaction*)

- Неки чврсти терети под одређеним околностима могу да постану течни.
- Обично су то руде гвожђа и никла.
- Неки терети који се растапају могу притом и да се спонтано загревају што повећава ризик.
- Растапање настаје ако степен влажности терета пређе границу (*flow moisture point*, FMP).
- Да би се транспорт бродом оваквог терета сматрао сигурним, степен влажности треба да буде испод максимално дозвољене вредности означене као *transportable moisture limit*, TML.
- TML обично (али не увек) представља 90% од вредности FMP која се утврђује тестом прописаним IMSBC кодом.
- Чврсти терет који се растопио прелива се попут течности, али слободна површина растопљеног терета не прати у потпуности накретање брода.
- Сматра се да је растапање узрок низа несрећа које су се завршиле превртањем брода и губитком великог броја живота.
- У размаку од 15 месеци потонули су бродови *Jian Fu Star*, *Nasco Diamond*, *Hong Wei* и *Vinalines Queen* и однели 67 живота (**IMO/MSC, 2012a** и **NKK, 2012**).
- Сви су превозили руду никла... Након ових и неких других несрећа, руда никла је уврштена у IMSBC код Резолуцијом **IMO/MSC (2013)**.

5.1.1 Својства расутих терета и опасности везане за њихов транспорт



Trans Summer, брод за превоз расутог терета, $m_{DWT} = 57000$ t, преврнуо се 2013. године услед растапања руде никла.

Растапање руде никла



5.1.2 Сигурност бродова за превоз житарица

- SOLAS ([Ch. VI, Part C, Reg. 9: Requirements for cargo ships carrying grain](#)): бродови који превозе житарице као расути терет треба да задовоље *International Grain Code* (**IMO/MSC, 1991**).
- Житарице (*grain*): пшеница, кукуруз, раж, овас, јечам, махунарке, пиринач, семење и сл.
- Житарице су сличне течном терету, али постоје и значајне разлике.
- Складиште обично не може потпуно да се испуни, а зрнасти терет се и слеже, због чега увек постоји празнина (*void*) између терета и зидова складишта, тј. постоји *слободна површина*.
- Слободна површина жита, за разлику од течности, при накретању брода, неће се непрекидно пресипати како би увек била паралелна са равнотежном воденом површином.
- Жито ће мировати све док је слободна површина, у односу на хоризонталну раван, нагнута под углом мањим од угла мировања.
- Када угао нагиба слободне површине постане већи од угла мировања, жито ће се нагло пресути, због чега се тежиште терета помера у попречној равни, по ширини и по висини.
- Настаје момент накретања услед попречног померања терета, а метацентарска висина брода може да се смањи.
- Пресипање растреситих, сипких терета (*shifting of loose goods*) у које се убрајају и житарице, заслужно је за велики број несрећа.

5.1.2 Сигурност бродова за превоз житарица

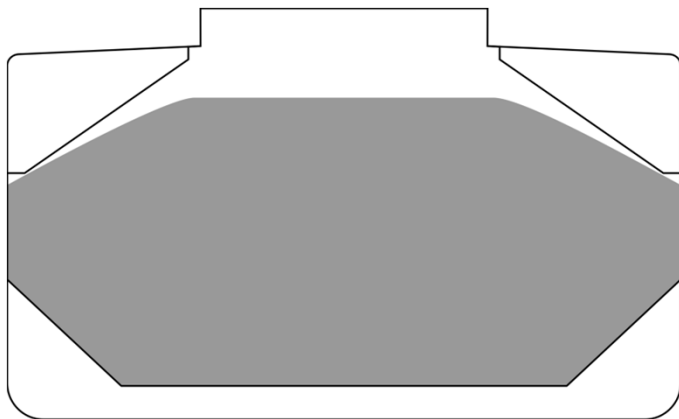
- Угао мировања је карактеристика терета и није исти у статичким и динамичким условима.
- Уколико се брод статички накреће, угао мировања је већи него када се брод ваља.
- Утицај померања тежишта житарица на динамички стабилитет брода је комплексан и не може тачно да се реши класичном анализом стабилитета (помоћу дијаграма статичког и динамичког стабилитета).
- Прорачун стабилитета према Резолуцији **IMO/MSC (1991)** заснива се на низу претпоставки, које зависе од начина на који су житарице укрцане у складиште.
- Из угла сигурности, при утовару треба настојати да слободна површина жита буде поравната, нивелисана.
- Померање тежишта терета зависи од попуњености складишта, тј. од величине празнине.
- Попуњеност зависи од начина крцања, густине терета и унутрашње геометрије складишта.
- Због тога се, при прорачуну одговарајућег момента накретања полази од *стандардне* празнине која се коригује у зависности од конструкције складишта.
- Просечна дубина празнине V_d рачуна се на следећи начин:

$$V_d = V_{d1} + 0.75 \cdot (d - 600)$$

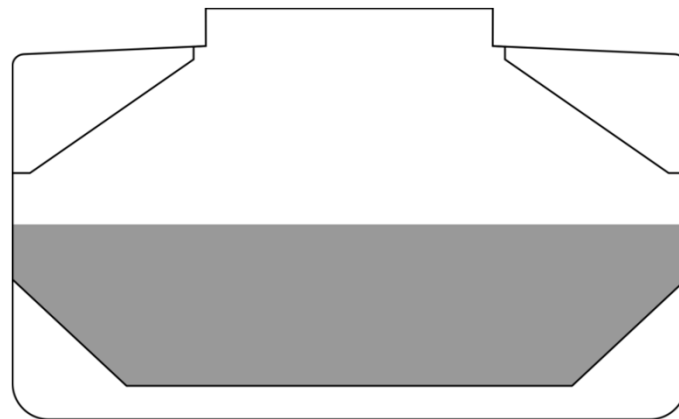
- где је V_{d1} стандардна дубина празнине а d је стварна висина највише подвезе или споње.

5.1.2 Сигурност бродова за превоз житарица

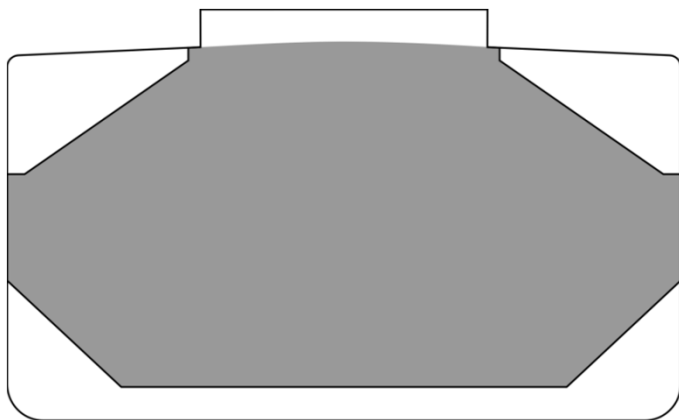
- Случајеви крцања житарица



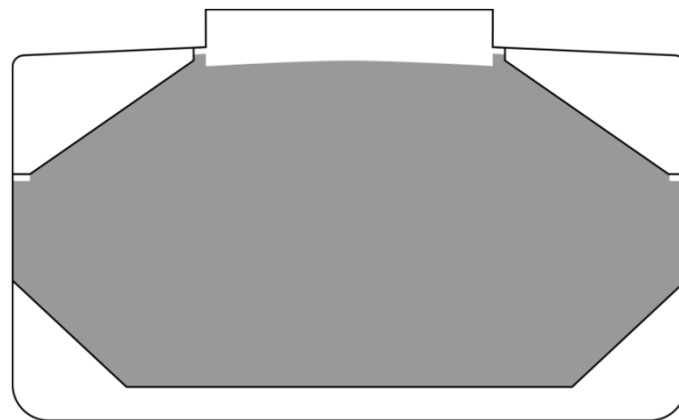
filled compartment, untrimmed load



partial load

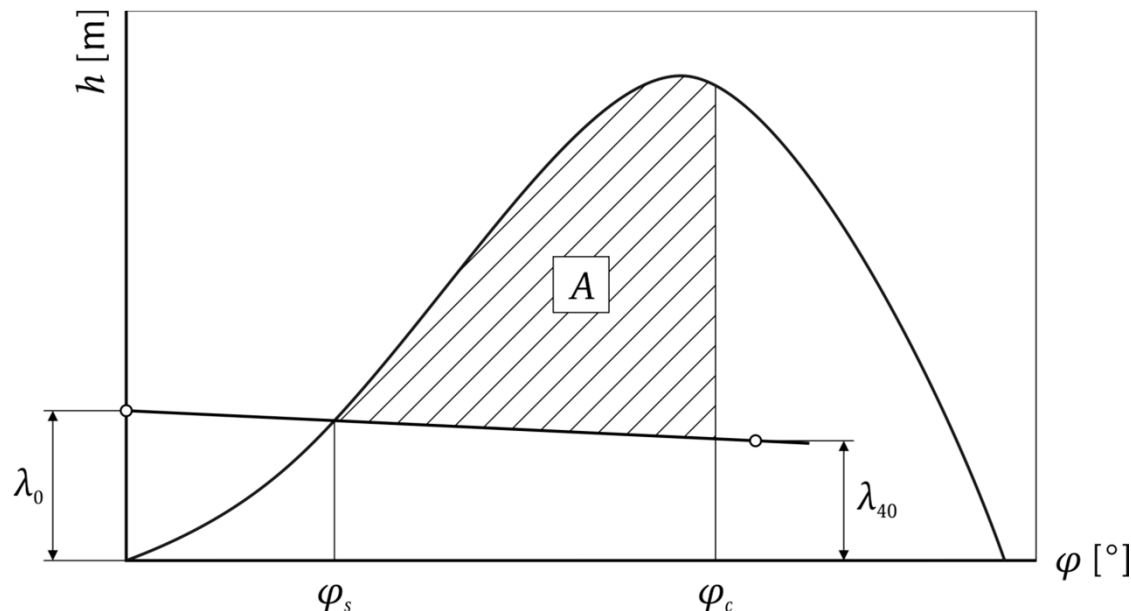


filled compartment, trimmed load



претпостављене празнине услед
следања терета у попуњеном
складишту са нивелисаним теретом

5.1.2 Сигурност бродова за превоз житарица



- Прописи о стабилитету брода током транспорта житарица захтевају да:
 - статички угао нагиба услед померања терета φ_s не треба да буде већи од 12° или од угла уласка палубе у воду, при чему је меродавна мања величина;
 - површина A између криве крака стабилитета и крака момента накретања услед померања терета, од статичког угла нагиба до φ_c – угла при којем је разлика између двеју кривих највећа или 40° или угла наплављивања (меродаван је најмањи од та три угла) – мора бити 0.075 mrad при свим стањима крцања;
 - почетна ефективна метацентарска висина треба да буде најмање 0.3 m .

5.1.2 Сигурност бродова за превоз житарица

- Крак момента накретања рачуна се на следећи начин:

$$\lambda_0 = \frac{M_{kt}}{\sigma \cdot \Delta}$$

- где је M_{kt} укупни момент накретања, σ је фактор крцања, а Δ је депласман брода.
- M_{kt} : *volumetric heeling moment* [m³·m]
- Момент накретања услед попречног померања тежишта терета рачуна се под претпоставком да се слободна површина терета налази под неким углом у односу на хоризонталну раван, у зависности од начина на који је терет утоварен.
- Ако је складиште попуњено, а терет нивелисан: претпоставља се да су слободне површине под углом од 15°.
- Ако је складиште само делимично попуњено (а пресипање није спречено неком од расположивих метода), претпоставља се да је слободна површина под углом од 25°.
- Ако је складиште попуњено, а терет је нивелисан само у простору уоквиреним отвором гrotла: слободна површина под углом од 25°, осим ако празнине у неком од делова где терет није нивелисан одговарају онима добијеним формулом; онда се сматра да је слободна површина жита у том делу складишта под нагибом од 15°.

5.1.2 Сигурност бродова за превоз житарица

- Вертикално померање (подизање) тежишта терета не узима се у обзир корекцијом криве крака стабилитета, већ већим моментом накретања.
- Колико ће момент накретања бити увећан, зависи од начина крцања терета.
- Ако је товарни простор делимично испуњен онда је:

$$M_{kt} = 1.12 \cdot M_{kc}$$

- Ако је складиште попуњено, а терет нивелисан, али и у случају да терет није нивелисан сматра се да се тежиште терета по висини налази у геометријском тежишту складишта (до врха пражнице), тј. као да нема празнина (које се ипак узимају у обзир при попречном померању терета) а момент накретања се не коригује.
- Ако је складиште попуњено, а терет нивелисан, могуће је спровести прорачун са стварним вертикалним положајем тежишта терета (узимајући у обзир да постоје празнине), али је тада неопходно кориговати момент накретања:

$$M_{kt} = 1.06 \cdot M_{kc}$$

5.1.2 Сигурност бродова за превоз житарица

- Брод се не пројектује за једну врсту житарица што значи да ће током радног века вероватно превозити терете чија се густина мења у распону од 0.4 t/m^3 до 0.8 t/m^3 .
- Зато се препоручује да се прорачун спроведе за три фактора крцања: 1.25, 1.5 и $1.75 \text{ m}^3/\text{t}$.
- Постоји више метода за смањење неповољног утицаја слободне површине житарица на стабилитет брода односно за спречавање пресипања ове врсте сипког терета.
- Ако су складишта делимично испуњена, пресипање терета може да се спречи ређањем врећа (обично управо са житарицама) на расути терет или помоћу челичних ужади или ланаца или жичаних мрежа затегнутих преко терета покривеног церадама, шаторским платном и сл. и додатно учвршћеним дрвеним укрепама.

5.2 Бродови за превоз дрвета на палуби

- Припадају породици бродова за транспорт полупроизвода намењених дрвној и грађевинској индустрији (*forest product carriers*).
- Дрво на палуби (*timber deck cargo*): дебла, кладе, греде, даске, дрвна грађа, стубови, итд. који се превозе на непокривеном делу палубе надвођа или некој палуби надграђа.
- Дрво које се транспортује на овај начин може се поделити у две групе: дрвени полупроизводи (*шесћерисано дрво, sawn wood*) и необрађено, сечено дрво (*round wood*).
- Правила се не односе на транспорт дрвене пулпе.

5.2 Бродови за превоз дрвета на палуби

Стабилитет бродова за превоз дрвета на палуби

- Овакви бродови треба да задовоље тзв. статистичке критеријуме стабилитета и Критеријум временских услова.
- Постоје и алтернативни статистички критеријуми, уз услов да минимална метацентарска висина не буде мања од 0.1 m кад се у обзир узму наслаге леда на терету (*ice accretion*) или вода коју терет апсорбује током путовања.
- Приликом провере Критеријума временских услова, може да се занемари услов да статички угао нагиба не превазиђе 80% вредности угла при којем палуба улази у воду.
- Метацентарска висина не треба да буде ни сувише велика; брод ће бити крут а на терет ће деловати велике инерцијалне силе.
- Прописи препоручују да метацентарска висина не превазилази 3% ширине брода.

5.2 Бродови за превоз дрвета на палуби

Померање терета

- Све ово важи под условом да је терет утоварен и осигуран на одговарајући начин.
- Правилним крцањем и осигуравањем оваквог терета бави се Код о дрвету на палуби (**ИМО, 2011**) тзв. 2011 TDC Code.
- Померање терета је изузетно опасно и најчешћи узрок несрећа на овим бродовима.
- Релативно мала попречна померања масивних паковања дрвне грађе могу да узрокују релативно велике углове нагиба на типичним бродовима за превоз дрвета.
- Анализа осам несрећа у британским водама током 2001. и 2002. године (**МАИБ, 2003**): статички углови нагиба услед померања терета, били су између 10° и 35°.
- Анализа љуљања брода за превоз дрвета на палуби након бацања дела терета у море (**Antonenko et al, 2009**): у море се баца обично 10-15% терета, а процес траје највише 2-3 s.
- До померања товара по правилу долази под дејством удара таласа и ветра у јаким олујама...

5.2 Бродови за превоз дрвета на палуби

Акумулација воде и залеђивање

- Дневна промена масе терета услед акумулације воде рачуна се према Коду (**ИМО, 2011**) и зависи од типа терета и подручја пловидбе (полазне и долазне луке).
- Ако је процењена промена масе терета већа од 2%, треба је узети у обзир приликом прорачуна стабилитета.
- Бродови који превозе дрво на палуби имају велику површину изложену залеђивању.
- Лед представља додатну масу *ушоварену* изнад водне линије (на палуби, палубној опреми, надграђу, палубним кућицама и терету) што се неповољно одражава на стабилитет (смањују се слободни бок и метацентарска висина).
- Услед залеђивања, повећава се површина изложена ветру.
- Ако је ветар бочни, лед се ствара брже на приветринској страни, што ствара статички нагиб.

5.2 Бродови за превоз дрвета на палуби

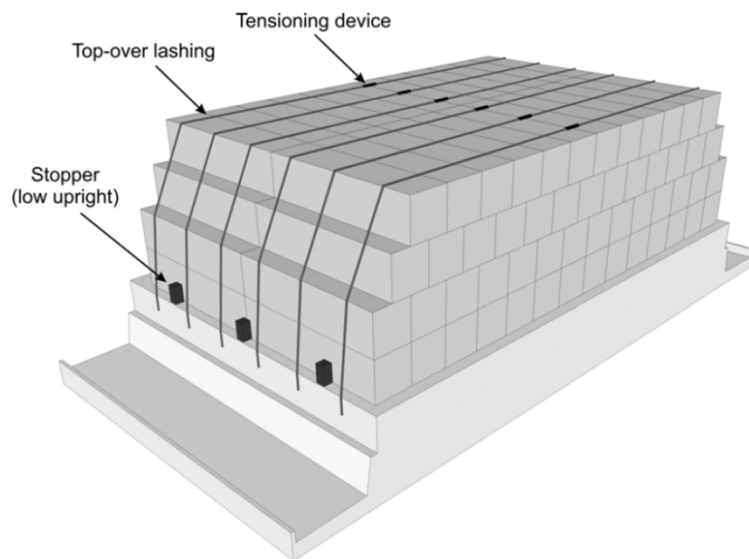
Осигуравање (причвршћивање) терета

- Појединачне комаде дрвета (греде, даске и сл.) или пакете у које су увезани треба што боље осигурати по утовару.
- Дрво унутар товара треба што мање да се помера, како се ужад (*lashings*) којима је терет причвршћен за брод не би олабавила.
- Терет треба да буде *збијен* како би остало што мање простора између појединачних комада који би могао да се испуни водом.
- Терет се обично осигурава комбиновањем различитих приступа и средстава: ужади (челична, плетена или у виду ланаца), стубова (*uprights*) који се постављају дуж бокова, специјалним премазима којима се смањује клизање између терета и палубе, итд.
- Начин причвршћивања зависи од врсте терета, паковања, дужине путовања, очекиваних временских прилика, географског подручја, итд.
- Нпр. један од типичних аранжмана подразумева потпорне стубове распоређене дуж бокова и ужад пребачену преко (*top-over lashings*) или обмотану око терета (*loop lashings*), итд.
- Средства за причвршћивање терета морају да буду одређених техничких карактеристика. Нпр. прекидна сила ужади треба да буде најмање 133 kN, свако уже треба да буде подесиве дужине, прописана је максимална подужна деформација (истезање) ужета, итд.

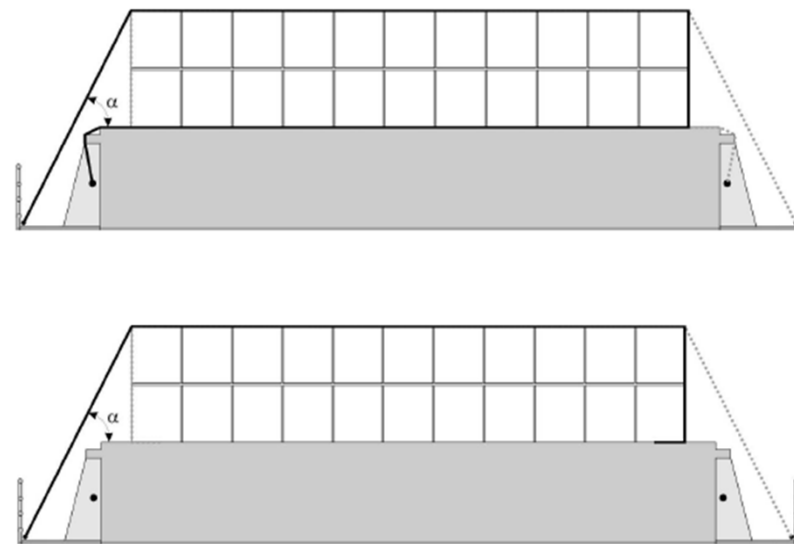
5.2 Бродови за превоз дрвета на палуби

Осигуравање (причвршћивање) терета

- Неки начини осигуравања дрвета на палуби, према Коду о дрвету на палуби (ИМО, 2011).



top-over lashings



loop lashings

5.2 Бродови за превоз дрвета на палуби

- У сваком случају, сви *комадни* терети (*cargo units*) и транспортне јединице (*cargo transport units*) треба да буду утоварени, размештени и причвршћени у складу са документом *Cargo Securing Manual* (Ch. VI, Part A, Reg. 5: *Stowage and securing* и Ch. VII, Part A, Reg. 5: *Cargo Securing Manual*) који се припрема према одговарајућим смерницама (IMO/MSC, 2014).
- Важи за све врсте терета, осим оних у расутом стању (било да су чврсти или течни).
- Средства која спречавају померање терета треба да буду димензионисана на основу инерцијалних сила, силе ветра и силе услед заливања палубе које су прописане тзв. CSS (*Cargo Stowage and Securing*) Кодом (IMO, 1991).
- Инерцијалне силе се рачунају помоћу основних вредности убрзања (важе за *стандардни брод*, треба их кориговати) у уздужном, попречном и вертикалном правцу (a_x , a_y и a_z).

a_z	7.6	6.2	5.0	4.3	4.3	5.0	6.2	7.6	9.2	
	a_y									a_x
високо на палуби	7.1	6.9	6.8	6.7	6.7	6.8	6.9	7.1	7.4	3.8
ниско на палуби	6.5	6.3	6.1	6.1	6.1	6.1	6.3	6.5	6.7	2.9
међупалуба	5.9	5.6	5.5	5.4	5.4	5.5	5.6	5.9	6.2	2.0
доње складиште	5.5	5.3	5.1	5.0	5.0	5.1	5.3	5.5	5.9	1.5
	0.1L	0.2L	0.3L	0.4L	0.5L	0.6L	0.7L	0.8L	0.9L	
	L									

- Силе услед ветра и заливања палубе, приближно: рачуна се да свака делује са по 1 kN/m².

5.2 Бродови за превоз дрвета на палуби

- Ако се терет померио и стабилитет брода је угрожен, посада може да предузме неке мере како би бар делимично исправила нагиб.
- Свака мера носи одређени ризик...
- При баластирању или пребацивању постојећег баласта, треба водити рачуна о утицају слободних површина, о томе да се брод може још више накренути, али на други бок, о томе да се додатним баластирањем смањују углови наплављивања, итд.
- Бацање терета с брода (*jettisoning*) је крајња мера којој треба прибећи само ако су све друге могућности исцрпљене.
- Треба водити рачуна о динамичком дејству момента накретања услед истовара терета, евентуалном оштећењу пропелера, те о чињеници да су чланови посаде, који у операцији непосредно учествују, неизбежно животно угрожени (препоручује се употреба даљински управљаног система ослобађања терета).
- Бацање терета с брода је веома ризично, а домети операције су ограничени...

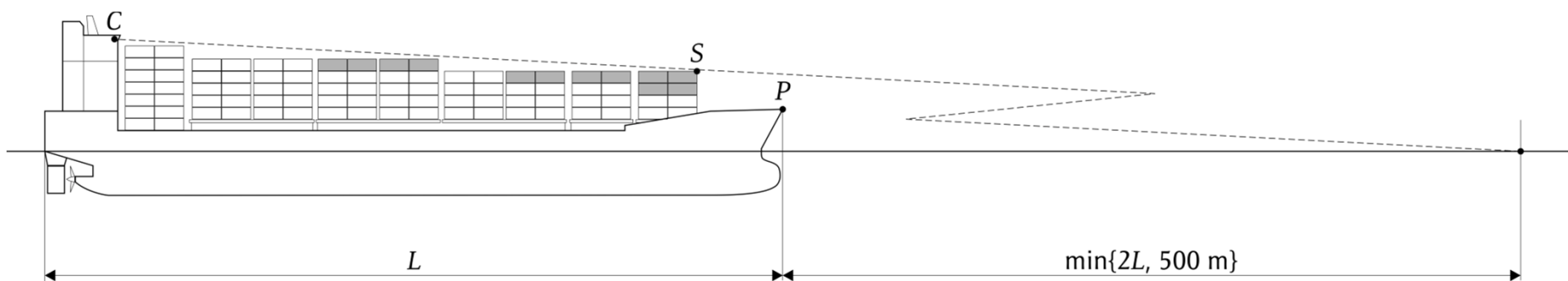
5.3 Контејнерски бродови

- Од 1981. до 2006. број контејнерских бродова повећао се 3X, а капацитет (број TEU) чак 10X ([AMRIE/ISL, 2006](#)).
- Проблеми сигурности:
 - Губитак стабилитета на таласима због форме трупа и релативно велике брзине.
 - Губитак / тешко оштећење контејнера услед великих амплитуда ваљања и убрзања.
 - Непоуздани подаци о масама контејнера и грешке у распореду током утовара.
 - Компликовано сузбијање пожара + ризици које носи транспорт опасних терета.
 - Отежано управљање због лоше прегледности из кормиларнице;
 - Осигуравање терета на великој висини (данас, девет редова контејнера на палуби).



5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера

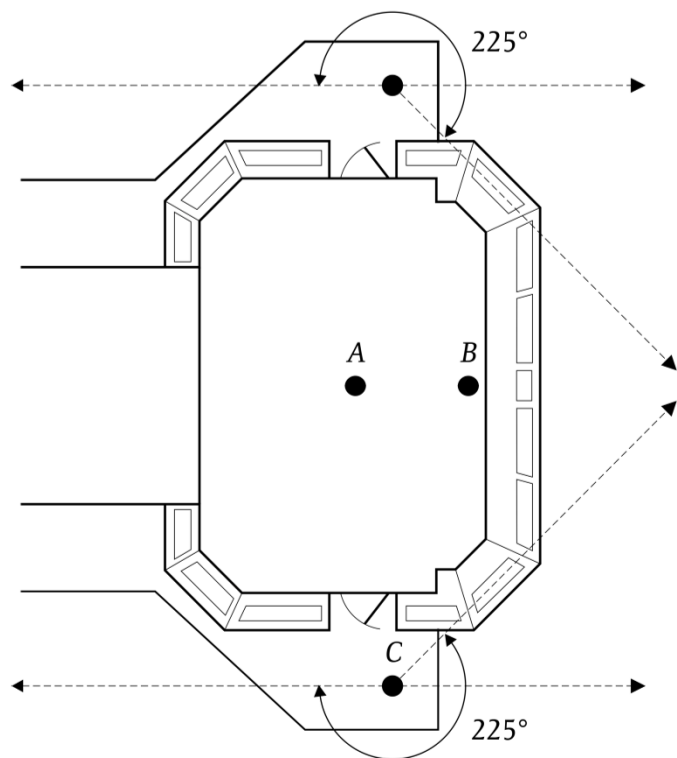
- Лоша прегледност са командног моста један је од узрока судара који чине готово трећину несрећа контејнерских бродова (IMO/MSC, 2007e)
- Ризику доприносе и релативно високе брзине савремених бродова овог типа ($17 \div 23$ kn).
- Минимална видљивост са командног моста ([SOLAS, Ch. V, Reg. 22: Navigation bridge visibility](#)).
- Са управљачке позиције на командном мосту (*conning position*), на бродовима $LOA \geq 55$ m, морска површина сме да буде заклоњена највише $2L$, али не више од 500 m, у видном пољу које, гледано ка прамцу, обухвата по 10° с обе стране у односу на централну линију.



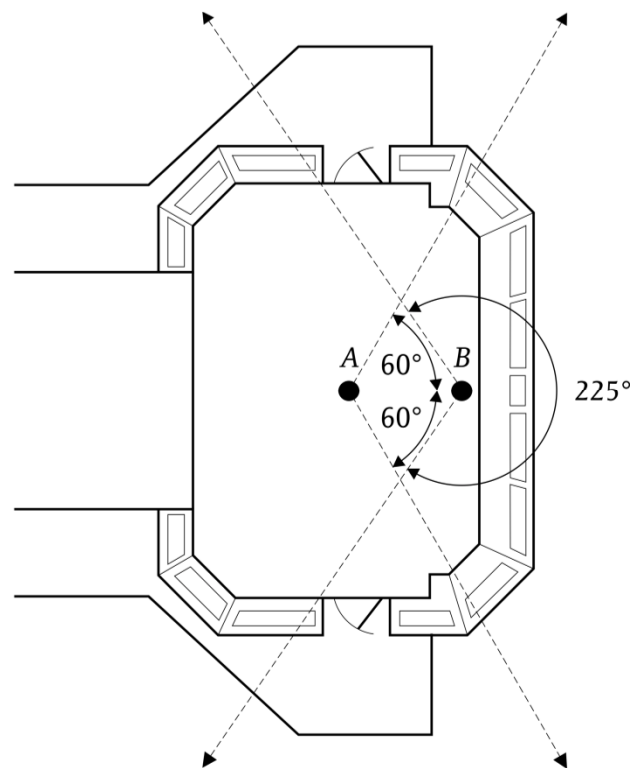
- Услов мора да буде задовољен за све положаје пливања и распореда терета на палуби.
- Истим прописом дефинисане су и карактеристике прозора на командном мосту, итд.

5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера

- Постоји и читав низ услова везаних за прегледност са командног моста.

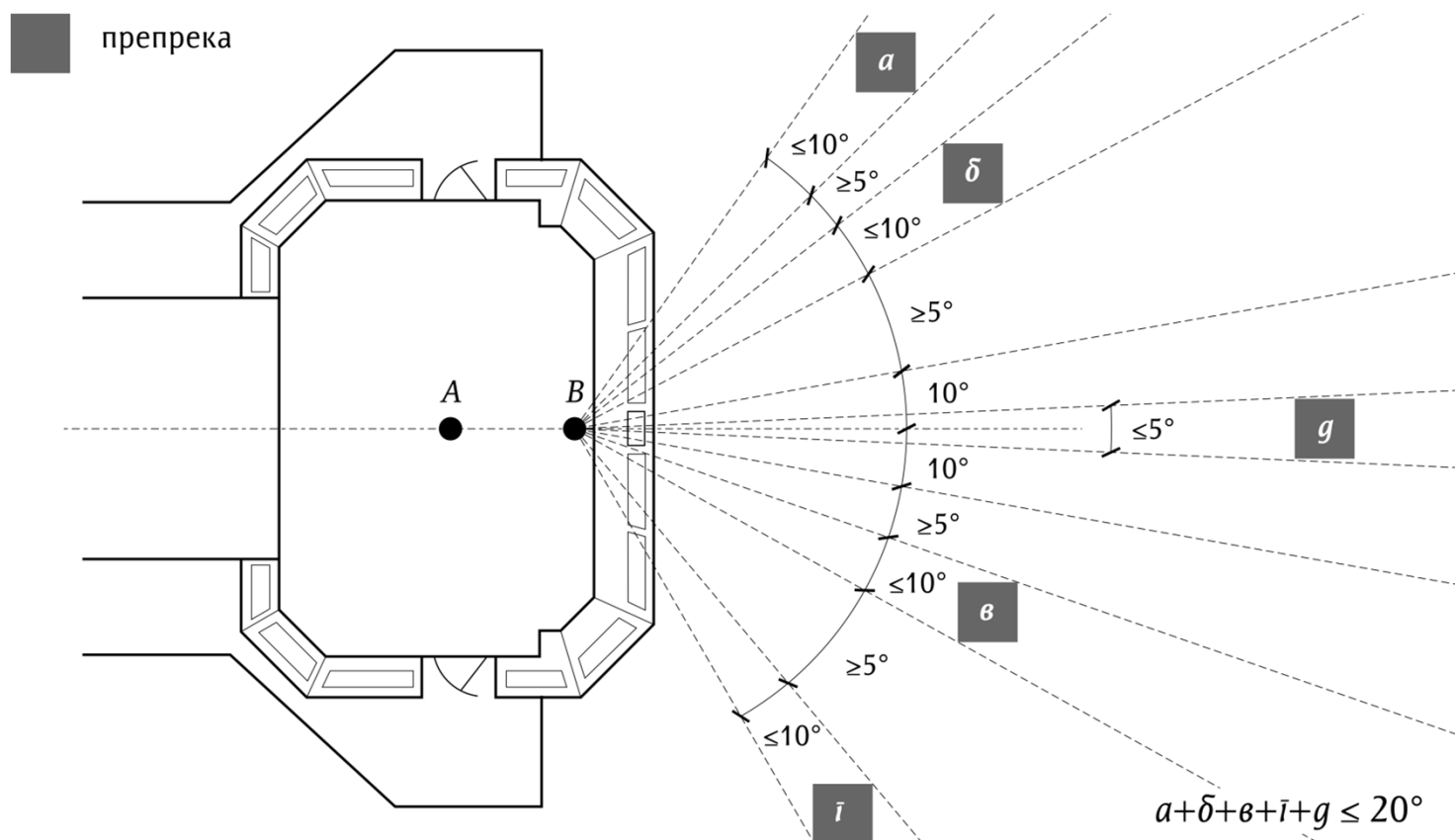


A - Кормиларска позиција
B - Управљачка позиција
C - Крило командног моста



5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера

- Овим прописом уводи се и појам *заклоњеної видика* (*blind sector*).
- Дозвољено је делимично заклањање видика теретом или опремом на палуби уколико појединачна препрека не заклања више од 5° односно 10° (у зависности од позиције препреке у пољу видљивости) а укупна заклоњеност не превазилази 20° .



5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера

- Неправилан утовар контејнера је узрок читавог низа несрећа и морских и речних контејнерских бродова.
- Неправилни утовар: крцање контејнера чија стварна маса не одговара декларисаној и/или погрешан распоред контејнера.
- Узрок губитка стабилитета малих контејнерских бродова (< 1000 TEU) у трећини случајева било је неправилно крцање контејнера; од тога, чак 3/4 несрећа десило се у луци (**ter Bekke et al., 2006**).
- До недавно, није постојао међународни пропис којим би се мерење / провера масе контејнера учинили обавезним.
- При утовару и слагању, заповедник може да се ослони једино на непоуздану декларисану масу контејнера.
- Према подацима осигуравајућих кућа, број контејнера изгубљених услед невремена на мору процењен је на више хиљада јединица годишње (**Shigunov et al, 2010**).
- World Shipping Council: у периоду 2011. ÷ 2013. у просеку нестајало око 2700 контејнера годишње (**ИМО/ССС, 2014**).
- Током 2013. и 2014. само у француским водама изгубљено преко 700 контејнера од чега је свега двадесетак пронађено (**ИМО/ССС, 2014а**).

5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера



5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера



5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера

- Изгубљени контејнери опасни за мања пловила и рибарске бродове чије мреже и удице за њих могу да се закаче.
- Контејнери са штетним материјама потенцијални су извори загађења и тровања живог света.
- Опасни терети чине између 5% и 10% робе која се транспортује контејнерским бродовима!
- Прописи о провери масе контејнера требало би да ступе на снагу 1. јула 2016.
- Усвојене измене прописа конвенције SOLAS који се односе на „податке о терету“ који треба да буду на располагању заповеднику пре утовара ([Ch. VI, Part A, Reg. 2: Cargo information](#)).
- Нови прописи обавезаће превозника-бродара да провери масу контејнера (мерењем пуног контејнера или мерењем масе терета у контејнеру и сабирањем са масом празног контејнера).
- Подаци са мерења се затим уносе у документ који потписује бродар и који се благовремено доставља заповеднику и оператеру контејнерског терминала; у одсуству таквог документа, контејнери неће бити ни утоварени.
- ИМО је такође припремио Смернице за проверу масе контејнера ([IMO/MSC, 2014b](#)).

5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера

Svendsborg Mærsk (2014)

- $LOA = 346.98 \text{ m}$, $BOA = 42.8 \text{ m}$, $d = 14.94 \text{ m}$, 8160 TEU.
- Брод је изграђен 1998. и има класу ABS-а.
- Током дана, 14. фебруара 2014. брод је два пута, у размаку од неколико сати, губио контејнере у невремену у Бискајском заливу.
- 517 контејнера изгубљено а још 250 је оштећено.



Foto: Santiago Mena Sáez (C)
<http://barcosenmalaga.blogspot.com.es/>

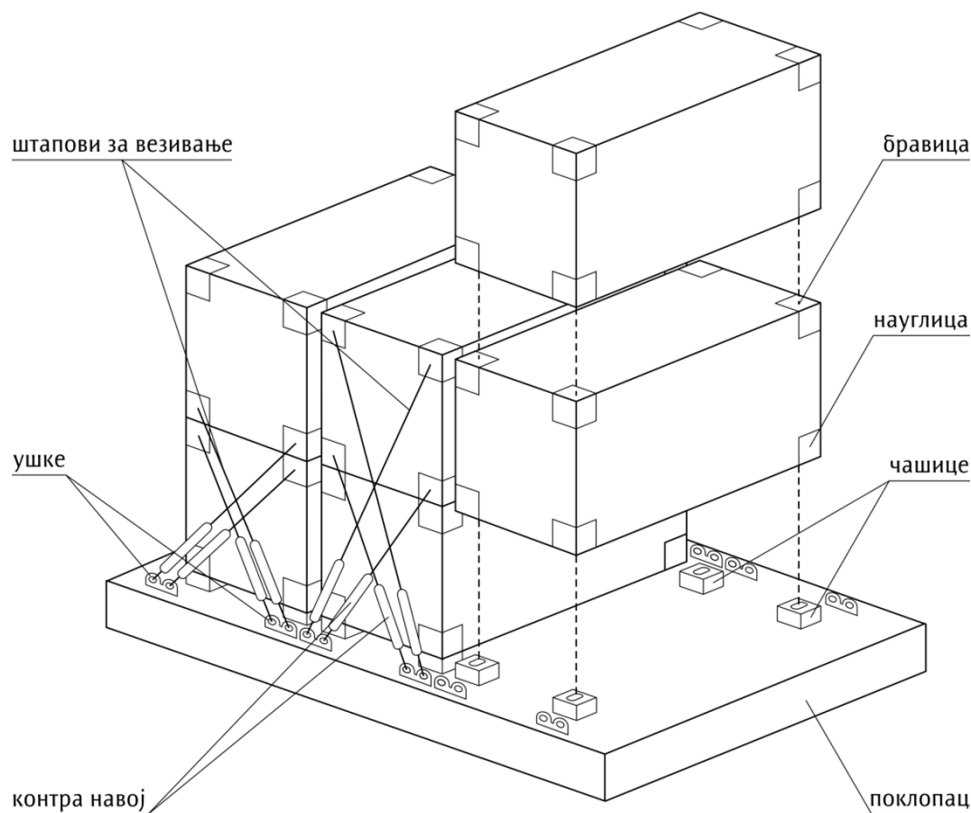
5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера

Svendsborg Mærsk (2014)

- Удари ветра достизали су 33 m/s, а максимална вредност $H_{1/3} = 13.4$ m (**DMAIB, 2014**).
- Осим *нейовољних временских услова* извештај не нуди објашњење узрока бродолома... Али...
- Заповедник је током несреће настојао да одржи курс прамцем ка таласима.
- На броду су постојали стабилизатори ваљања у виду активних пераја.
- Једно пераје је било покварено и није поправљено јер је компанија утврдила да повећање потрошње горива – захваљујући перајима – није занемарљиво, чак и када су пераја увучена.
- Реконструкцијом (2012) повећан број контејнера на палуби.
- Подизањем кормиларнице и унапређењем система везивања и осигуравања контејнера, носивост је увећана за чак 3000 TEU распоређених у два односно три додатна *слоја* (*tiers*) на палуби, тако да је брод могао да превози до девет редова на палуби по висини.
- Колика су оптерећења при којима се контејнери, причвршћени постојећим системима, могу сматрати сигурним?

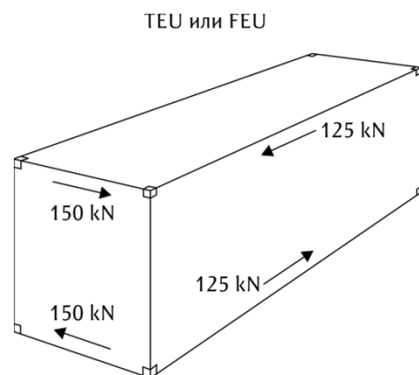
5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера

- Неке основе утовара, размештаја и осигуравања контејнера...
- Први слој контејнера на палуби спушта се на „чашице“ (sockets) постављене на изложену палубу или на поклопце складишта.
- Контејнери се, са чашицама или међу собом, забрављују у науглицама помоћу бравица (twistlocks).
- Први слојеви контејнера (обично прва два) везују се за бродску конструкцију (палубу, поклопце складишта) помоћу штапова за везивање (lashing rods) и штапова-кука са контра-навојем (turnbuckles).
- Једним крајем штап се веже за науглицу, а другим (преко кук са контра навојем) за ушке (eye plates) заварене за палубу односно поклопац.
- Кука са контра-навојем треба да затегне штап за везивање како веза између контејнера и палубе не би била лабава.

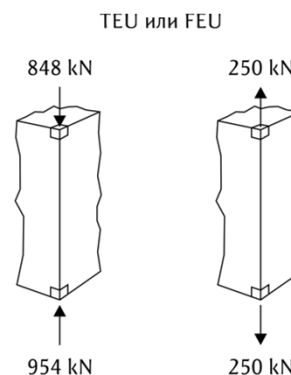


5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера

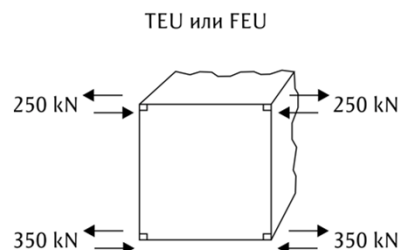
- Чврстоћа самих контејнера одређена је ISO стандардима, мада и класификациона друштва имају своја правила која се понекад разликују од захтева ISO.
- Савремени контејнери граде се тако да поднесу статичка и динамичка оптерећења при крцању у (обично) девет слојева.
- Чврстоћа опреме за причвршћивање контејнера (чашица, бравица, полуга, ушки и др.) такође је одређена.



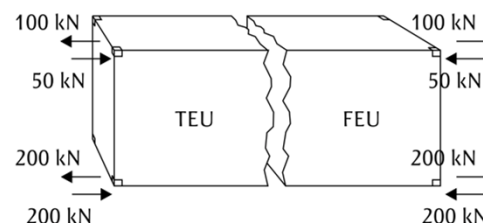
(a)



(б)



(в)



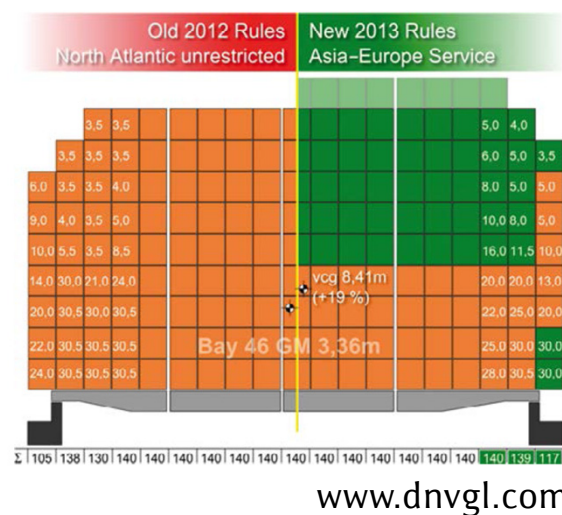
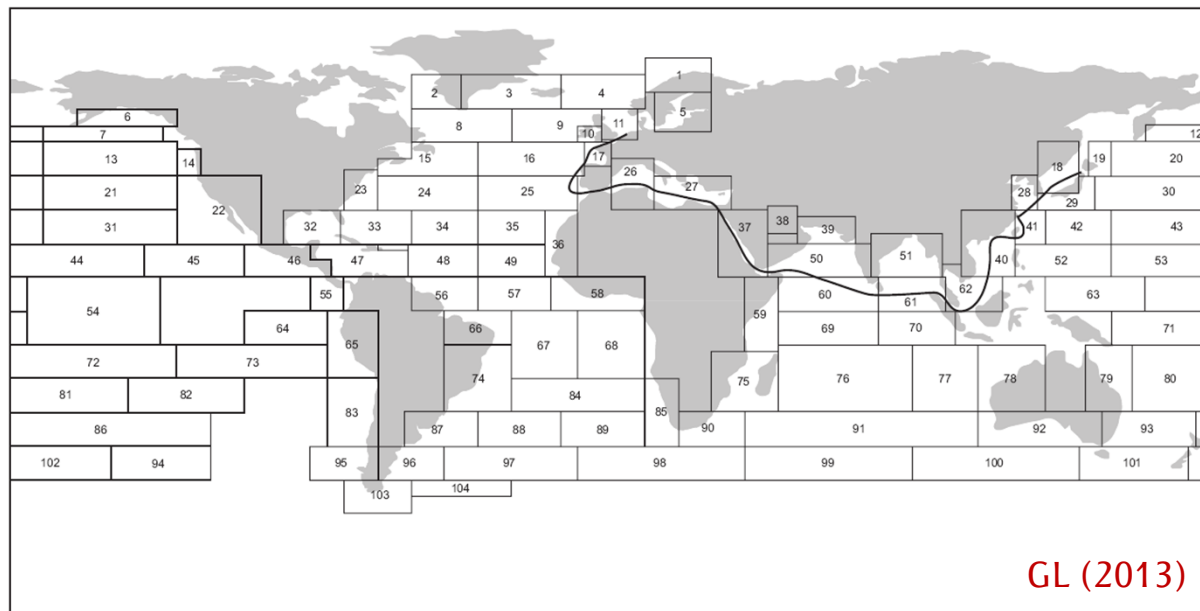
(г)

5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера

- На контејнере делују: инерцијалне силе услед љуљања брода на таласима, силе које настају услед заливања контејнера морем, силе које потичу од ветра, и тежине самих контејнера.
- Према правилима (већине) класификационих друштава, распоред контејнера и димензионисање веза зависе од тога да ли је брод намењен за *неограничену службу* (*unrestricted service*) или за пловидбу на одређеној линији (*specific route*).
- Неограничена служба: контејнери утоварени и осигурани тако да се брод и товар могу сматрати сигурним у пловидби Северним Атлантиком.
- Савремени контејнерски бродови ретко плове овим подручјем (**Storhaug, 2009**):
 - 40% контејнерског саобраћаја одвија се Северним Пацификом, између Источне Азије и обала Северне Америке
 - 25% између Источне Азије и Западне Европе, путем који почиње у Северном мору, наставља се Средоземним и Црвеним морем и Индијским океаном а завршава се у Јужном кинеском или Јапанском мору.
 - Северни Атлантук користи се за мање од 15% контејнерског транспорта.

5.3.1 Утовар, размештај (слагање) и осигуравање контејнера

- Германски Лојд је, поред неограничене службе, увео и ознаку класе RSCS (*route-specific container stowage*) са ублаженим захтевима у пловидби другим подручјима.



- Према Германском Лојду (**GL, 2013**), на линији између Далеког Истока и Европе, брод проводи свега 3% времена у подручју 16.
- Због чега би онда распоред контејнера требало да одговара пловидби Северним Атлантиком (**IACS, 2001**)?
- Сличан приступ користе и NK класа, ABS...

5.3.3 Противпожарна заштита контејнерских бродова

- Пожари на контејнерским бродовима нису тако чести као други узроци несрећа.
- У 1600 анализираних несрећа, у периоду 1994. ÷ 2003. године, пожари само у око 7% случајева, а судари чак у трећини бродолома... Али...
- Од 80 смртних случајева више од половине десило се услед ватре или експлозије.
- Пожари су, дакле, далеко опаснији по живот чланова посаде.
- Узроци настанка ватре у контејнерима могу бити различити:
 - неодговарајуће складиштење контејнера са опасним теретима (који нису декларисани),
 - терет (запаљив на релативно ниским температурама) није охлађен пре паковања и утовара у контејнер,
 - роба у контејнеру није прописно упакована (пластичне играчке, кожне и гумене рукавице и сл. могу да се запале услед трења),
 - кварови на електричним инсталацијама контејнера-хладњача (*reefers*),
 - неодговарајућа вентилација у складиштима, испуштање запаљивих материја из контејнера оштећених услед судара или екстремних љуљања у олујама и др.
- Последице: од једног изгубљеног контејнера, преко великог броја запаљених јединица (због чега се пожар шири и на друге делове брода) до потпуног губитка терета, брода, па и посаде.

5.3.3 Противпожарна заштита контејнерских бродова

- Посебан изазов представљају пожари који избију у простору предвиђеном за складиштење терета (у затвореним складиштима или контејнерима на палуби).
- Око 25% пожара на контејнерским бродовима избије у товарном простору (док > 50% настане у машинском простору), **Sames (2008)**.
- Од тога, бар две трећине настане у складишту.
- Често је немогуће на време уочити запаљени контејнер: ватра у контејнеру може да тиња дуго пре него што се појави дим у складишту.
- Тешко је открити контејнер у којем је избила ватра, а тиме и утврдити узроке и проценити могуће последице пожара.
- Сензори за детекцију ватре нису стандардни део опреме контејнера.
- Чврстоћа типичног контејнера од челичног лима значајно нарушена при $\approx 650^{\circ}\text{C}$.
- Ако попусти конструкција запаљеног контејнера, читава колона може да се обруши.
- Температура на плафону контејнера може да буде довољно велика да запали контејнер у горњем реду.

5.3.3 Противпожарна заштита контејнерских бродова

- Складиште је скучено а контејнери тешко доступни – гашење водом неефикасно.
- Уместо тога, боље је гашење помоћу CO_2 .
- Складишта бродова чија је бруто тонажа 2000 GT и већа, треба да буду заштићена стационарним системом гашења CO_2 или неким инертним гасом.
- Прописана је и минимална расположива запремина агенса.
- И такво гашење има озбиљна ограничења јер се не гаси извор ватре (који је унутар контејнера) већ се сузбија околни пламен.
- Угљен-диоксид има ограничену способност хлађења па се топлота не одводи са места настанка пожара.
- Складиште није херметички затворено, због чега концентрација агенса временом опада.
- Да би се ови губици узели у обзир, количина расположивог CO_2 треба да буде увећана..

5.3.3 Противпожарна заштита контејнерских бродова

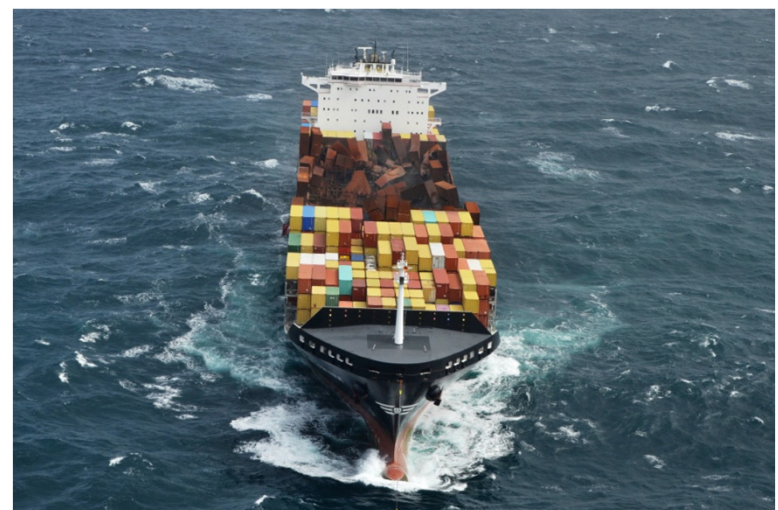
MSC Flaminia (2012)

- $LOA = 299.9$ m, $BOA = 40$ m, $d = 14.5$ m, 6732 TEU.
- Брод је изграђен 2001. под немачком заставом и имао је класу Германског Лојда.
- 14. јула 2012. док је брод био на Северном Атлантику, на отвореном мору, откривен пожар у једном од складишта.
- Три члана посаде су погинула, а два тешко повређена. Брод и добар део терета тешко су оштећени.



5.3.3 Противпожарна заштита контејнерских бродова

MSC Flaminia (2012)



5.3.3 Противпожарна заштита контејнерских бродова

MSC Flaminia (2012)

- Пожар је откривен када се на командном мосту огласио аларм система за детекцију дима у складишту бр. 4.
- У складиште је испуштен CO_2 а тим од седам чланова посаде одређен је да припреми хлађење подручја око складишта пожарним цревима.
- Више од сата по почетку гашења, у складишту долази до снажне експлозије.
- Ватра се разбуктава, а тим задужен за гашење бива одсечен од крменог дела брода на којем су се налазили чамци за спасавање.
- Заповедник сместа наређује евакуацију, а уз нешто потешкоћа, у чамац за спасавање успевају да се укрцају и чланови посаде које је ватра заробила на прамцу.

ДОДАТАК I

Калцијум-хипохлорит

- Калцијум-хипохлорит, $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ је хемијско једињење које се користи за производњу праха за избељивање и дезинфекционих средстава за базене и третман воде за пиће.
- Калцијум-хипохлорит је непосредан узрок низа бродских пожара (*Contship France*, *СМА Djakarta*, *Aconcagua*, *Kapitan Sakharov*, *Tiger Wave*, *Mærsk Mombasa*, итд.).
- На температури од око 60°C , ово једињење се разграђује при чему се, поред велике количине топлоте, ослобађа и кисеоник који потпомаже горење. У процесу се развијају температуре довољно високе да запале суседне контејнере.
- На контејнерском броду *DG Harmony* (1799 TEU) пожар је настао услед спонтаног паљења бурића са калцијум-хипохлоритом. Један од контејнера у којем су били бурићи, експлодирао је, разневши поклопац складишта што је онемогућило гашење угљен-диоксидом. Пожар се пренео и на друге контејнере.
- Пожар је започео 9. новембра 1998. и трајао је три недеље!
- Температура је била толико висока да су елементи конструкције трупа почели да се топе. Изгубљени су и брод и товар а укупна материјална штета процењена је на 16 милиона US\$.
- IMDG кодом забрањено је да се контејнери, који носе ову супстанцу у различитим формама, утоварују у складиште.

Safety of inland vessels

Сигурност бродова унутрашње пловидбе

- Не постоје јединствени прописи о сигурности бродова унутрашње пловидбе, чак ни у Европи.
- У Европи... У употреби национална, регионална и међународна правила.
- Правила се заснивају на различитим принципима и користе различите методе и критеријуме.

- Обично се сматра да је речни транспорт, бар у Европи, веома сигуран. Да ли је заиста тако?
- Неке чињенице...
 - Транспорт на унутрашњим пловним путевима јесте сигуран у поређењу са другим видовима транспорта, нарочито друмским саобраћајем.
 - То важи ако је мера сигурности број повређених/погинулих у несрећама (нпр. *fatal accidents mortality rate, FAR*)
 - Подаци о несрећама речних бродова су слабо доступни / непотпуни / непостојећи.
 - Пловидба се обуставља у свим ситуацијама које се сматрају опасним: при јаким ветровима, високом или (сувише) ниском водостају, условима слабе видљивости, услед леда...
 - За разлику од морског брода, речни брод може да избегава ризичне ситуације.
- Несреће се ипак дешавају...
- Несрећа линијског путничког брода *Ниш* на Дунаву, 1952. једна од највећих у нашој земљи.
- Брод је укрцао више путника него што је било дозвољено, преврнуо се под дејством удара ветра, а жртва је било око стотину.

Булџария (2011)

- Речни путнички брод, поринут 1955.
- $L = 80.2 \text{ m}$, $B = 12.5 \text{ m}$, $d = 1.9 \text{ m}$, капацитет 233 човека.
- 10. јула 2011. преврнуо се на Волги, у олуји, и потонуо за неколико минута.
- Потврђене су 122 жртве.
- Једна од највећих бродских несрећа у Русији.



Waldhof (2011)

- Речни хемијски танкер типа С, поринут 1983.
- $L = 110 \text{ m}$, $B = 10.5 \text{ m}$, $d = 3.15 \text{ m}$, $m_{DWT} = 2426 \text{ t}$, двоструки труп.
- Брод се преврнуо 13. јануара 2011. услед губитка стабилитета у неоштећеном стању.
- Два члана посаде су погинула.
- 900 t сумпорне киселине испуштено је у реку.
- Прекид пловидбе на Рајни трајао је пет недеља!
- Укупна директна и индиректна штета процењена је на 50 – 55 милиона евра ([de Leeuw van Weenen et al, 2011](#)).
- Извештај [WSV \(2013\)](#), али видети и анализу Германског Лојда, [Zorn & Shigunov \(2013\)](#).

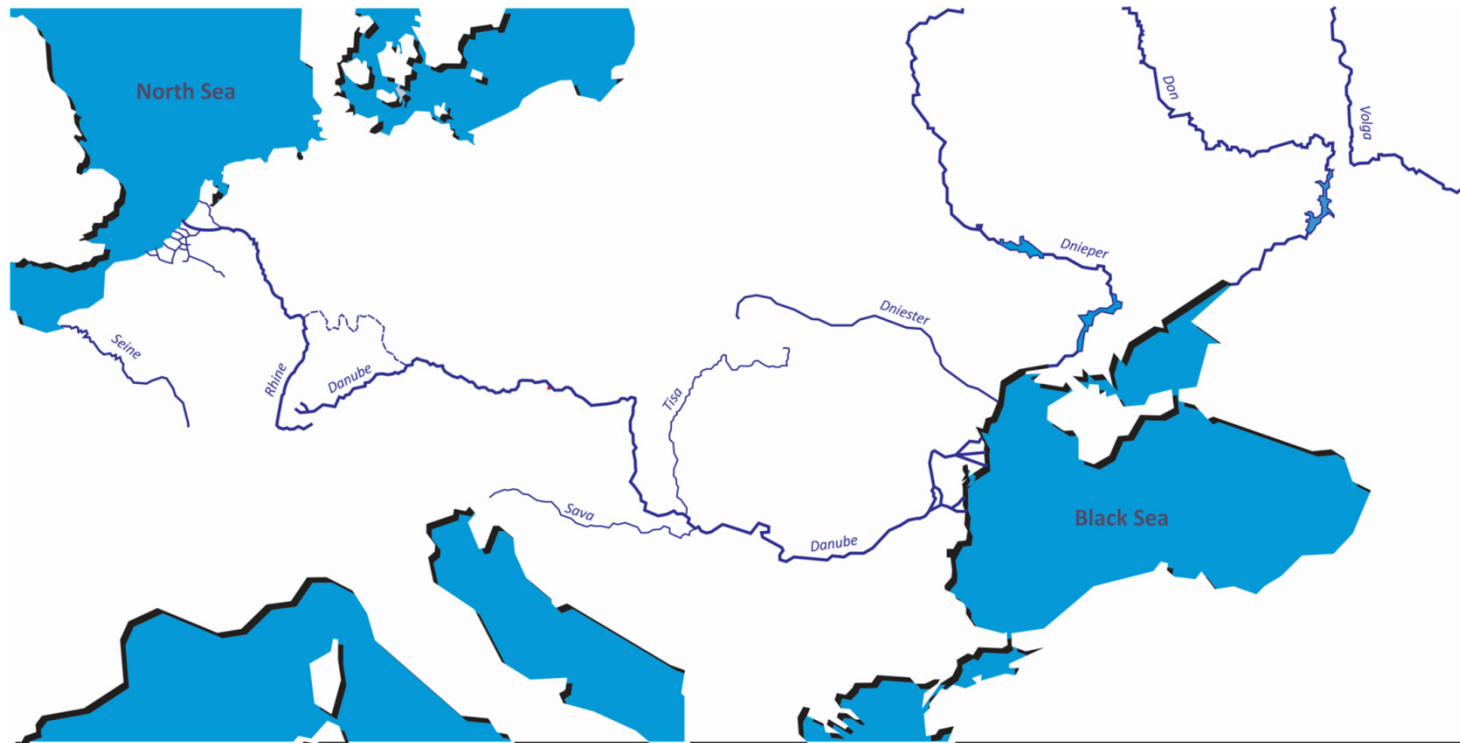


Excelsior (2007)

- Речни контејнерски брод, поринут 1987.
- $L = 105.1 \text{ m}$, $B = 11.4 \text{ m}$, $d = 3.4 \text{ m}$.
- 25. марта 2007. године, услед непрописног крцања терета, удара ветра и нагиба при скретању, око 30 контејнера пало је у Рајну код Келна.
- Неки контејнери су носили опасни терет.
- Није било жртава, али је пловидба била обустављена шест дана.
- То је индиректно погодило више стотина бродова...
- Укупна материјална штета је процењена на милион евра.



- Несреће се дешавају на свим рекама, без обзира на прописе који су на снази.
- Број људских жртава и загађење могу бити упоредиви са великим поморским несрећама.
- Еколошка катастрофа није ограничена на еко-систем реке, већ може да угрози водоснабдевање насеља, или рад система за наводњавање у пољопривреди.
- За разлику од поморских несрећа, последице несрећа речних бродова укључују и финансијске губитке услед прекида пловидбе на реци.



Најважније мреже унутрашњих пловних путева у Европи.

Рајнска комисија

- Централна комисија за пловидбу Рајном или, једноставно, Рајнска комисија (*Central Commission for Navigation on the Rhine, CCNR*).
- Установљена на Бечком конгресу, 1815. године и сматра се најстаријом међународном институцијом у модерној историји.
- Чланице су земље рајнског слива: Холандија, Белгија, Немачка, Француска и Швајцарска.
- Основни задатак Рајнске комисије је да гарантује слободну пловидбу Рајном.
- Поред тога, Комисија усваја, ажурира и имплементира прописе који се односе на конструкцију, стабилитет и опрему речних бродова, транспорт опасних терета, дозволе за капетане, итд.
- Технички стандарди су у Прописима о инспекцији рајнских бродова (*Rhine Vessels Inspection Regulations, RVIR*).
- Прва верзија ових прописа објављена је 1905. а последња значајна ревизија урађена је 2006.
- Бродовима који нису изграђени у складу са прописима Рајнске комисије није дозвољена пловидба Рајном.

Национални регистри и ОТНК

- У Средњој и Источној Европи, национални регистри, као што су Југорегистар, Руски речни регистар (РРР), Пољски регистар бродова и др. издавали су сопствена правила о класификацији бродова унутрашње пловидбе.
- Регистри бишег Источног блока (укључујући и нпр. регистре Вијетнама и Кубе) били су удружени у ОТНК (*Международная ассоциация орґанов шехническоґо надзора и классификации*), тело које се бавило развојем правила.
- У начелу, правила ОТНК регистара била су комплекснија од прописа Рајнске комисије
- Студија професора Боривоја Рибара (**Ribar, 1963**) послужила је као основа за развој наших прописа о стабилитету речних бродова.

Проблем хармонизације (усклађивања) техничких прописа

- Изградњом канала Дунав-Мајна створена (физичка) могућност да у Рајну уплове и бродови који нису изграђени у складу са прописима CCNR.
- По проширењу ЕУ, требало је установити услове под којима бродови нових чланица могу да користе пловне путеве Уније, па и Рајну, ако њихове дозволе за пловидбу није издала CCNR.
- У ЕУ, прописи се усклађују директивама Европског парламента и Савета Европе, које земље-чланице треба да имплементирају у национално законодавство.
- Директива 2006/87/ЕС (ЕС, 2006) – Технички захтеви за бродове унутрашње пловидбе.
- Међутим, неки значајни пловни путеви не протичу (у потпуности) кроз земље ЕУ а нису ни све земље, у чијем су поседу велике речне флоте, чланице ЕУ.
- Зато на усклађивању техничких прописа истовремено ради и Економска комисија за Европу Уједињених нација (*United Nations Economic Commission for Europe, UNECE*) која окупља све европске земље.
- Резултат рада Економске комисије за Европу је Резолуција 61, *Прейоруке за усклађене европске техничке прописе за бродове унутрашње пловидбе* (UNECE, 2006).

Проблем хармонизације (усклађивања) техничких прописа

- Директива (ЕС, 2006) се тек незнатно разликује од RVIR правила Рајнске комисије.
- Хармонизација техничких прописа у ЕУ свела се на примену искуства и *добре бродограђевне праксе* са Рајне на све остале унутрашње пловне путеве Европе, без обзира на разлике...
- Слично се догодило са прописима о транспорту опасних терета унутрашњим пловним путевима Европе.
- Први модерни пропис, тзв. ADN споразум о транспорту опасних супстанци Рајном настао је 1971. и више пута је ажуриран до 2008. године.
- Из сарадње UNECE и CCNR настао је ADN споразум о транспорту опасних терета унутрашњим пловним путевима Европе, који је ступио на снагу 2008. и сменио ADNR 2011. год.
- Одредбе о сигурности брода, садржане у ADN и ADNR прописима су идентичне.
- Истовремено, Директивом 2008/68/ЕС (ЕС, 2008) о унутрашњем транспорту опасних терета установљена је примена ADN споразума на пловним путевима Уније.

Специфичности прописа о сигурности речних бродова

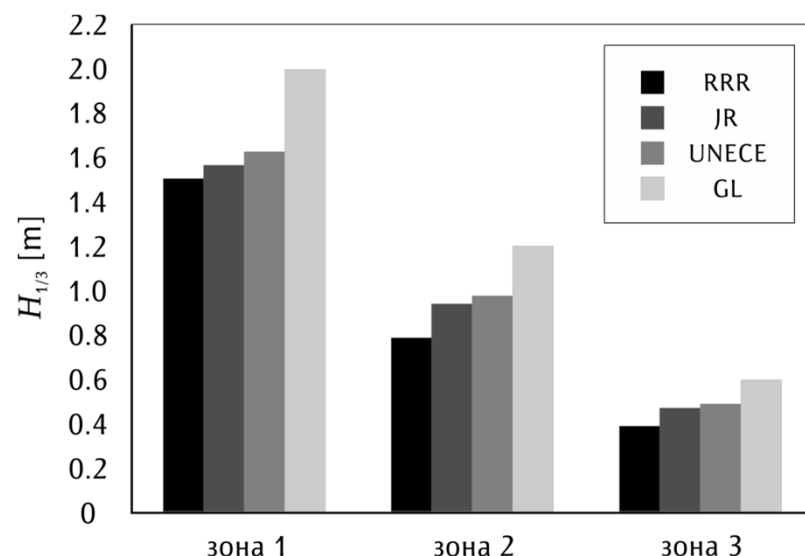
- Прописи су одраз бродарске и бродограђевне праксе на пловним путевима на којима су настали.
- Нпр. прописи Рајнске комисије и Директива 2006/87/ЕС, посебна поглавља посвећују контејнерским бродовима и различитим опцијама транспорта контејнера, док правила Југорегистра и РРР немају одредбе специфично намењене овим објектима.
- С друге стране, правила РРР детаљно разматрају сигурност речно-морских бродова и специјалних пловила (вишетрупних бродова, хидрокрилаца, ховеркрафта, итд.).

Улога класификационих друштава

- Да ли ће речни брод имати класу или не, зависи од захтева Заставе: у неки државама класа је обавезна, у другим није...
- Ако је брод намењен међународној пловидби, класификационо друштво мора да се налази на списку *одобрених* односно *признајћих*.
- Директива 2006/87/ЕС, Резолуција 61 и ADN споразум прописују критеријуме и процедуру признавања класификационих друштава.
- Административни комитет ADN споразума сугерише државама-потписницама која класификациона друштва могу да признају док ЕУ (у оквиру Директиве 2006/87/ЕС) даје списак признатих друштава.

6.1 Зона пловидбе

- Иако ветрови могу да буду јаки и дуготрајни, таласи на рекама не достижу висине морских таласа јер је површина *оїлегала* (*fetch*) преко којег ветар наструјава ограничена.
- Осим висине, ограничена је и дужина таласа.
- Ипак, у већини прописа унутрашњи пловни путеви Европе подељени су на *зоне пловидбе* према висини таласа који се појављују.
- Сви прописи разликују зоне 1, 2 и 3, којима одговарају висине таласа од 2 m, 1.2 m и 0.6 m.
- Али, статистичке дефиниције висина таласа које користе различити прописи нису усклађене:
 - Руски речни регистар користи $H_{1\%}$.
 - Југорегистар користи $H_{1/10}$.
 - UNECE Резолуција 61 користи $H_{5\%}$.
 - Германски Лојд користи $H_{1/3}$.
- У различитим прописима, поједини значајни пловни путеви припадају различитим зонама.
- Дунав је у правилима Југорегистра зона пловидбе 2, а у Директиви 2006/87/ЕС зона 3.

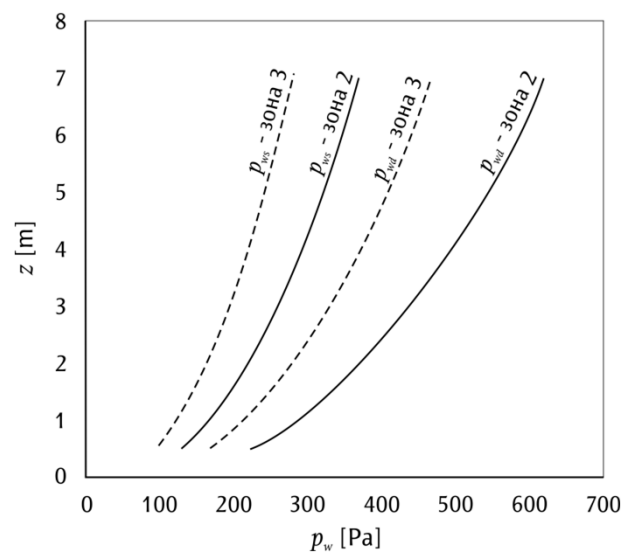


6.1 Зона пловидбе

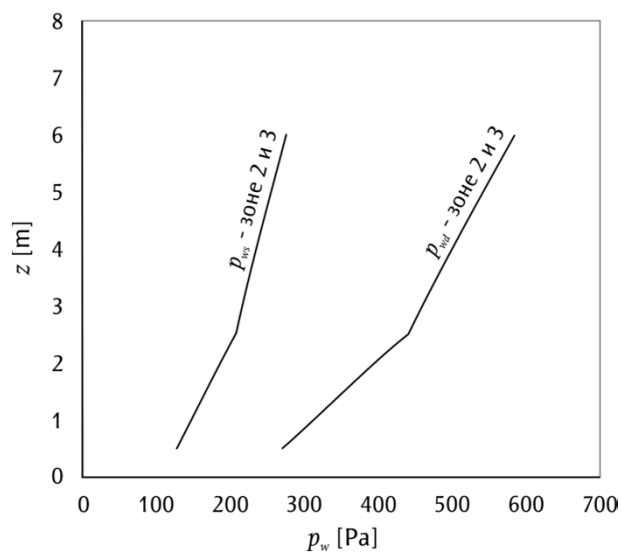
- Директива 2006/87/ЕС не везује зону пловидбе за висину таласа.
- Осим зона 1, 2 и 3, Директива 2006/87/ЕС препознаје и зону 4 (канални, мање реке, поједини сегменти већих река) и зону R (Рајна) за коју важе техничка правила зоне 3.
- Прописи садржани у Директиви односе се на зону 3, а свака држава-чланица ЕУ има права да пропише сопствене техничке захтеве за зоне 1 и 2.
- Пловидбене дозволе за зоне 1 и 2, издате у једној држави, друга држава ЕУ не мора да прихвати.

6.1 Зона пловидбе

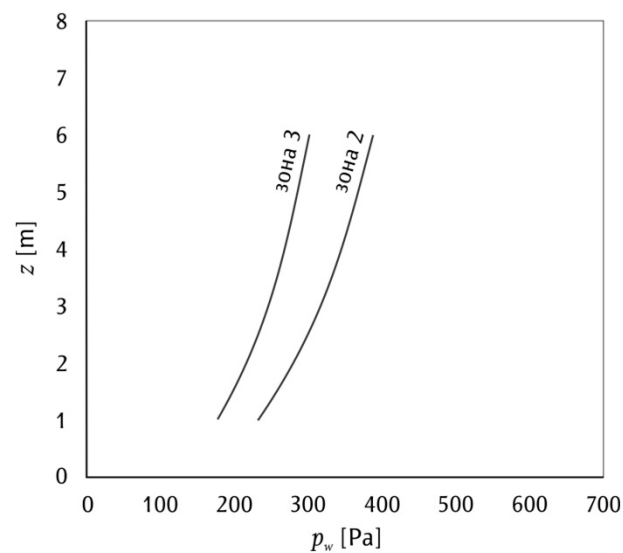
- Правила траже проверу угла нагиба под дејством момента ветра, али на различите начине.
- Различита правила додељују различите притиске ветра истим зонама пловидбе.
- Југорегистар, РРР и Резолуција 61 представљају притисак ветра као функцију висине изнад водне линије.
- Директива 2006/87/ЕС прописује константну вредност од 250 Pa за зону 3.
- Ипак, ово није једина и најважнија разлика међу прописима, када је утицај ветра у питању...



Југорегистар



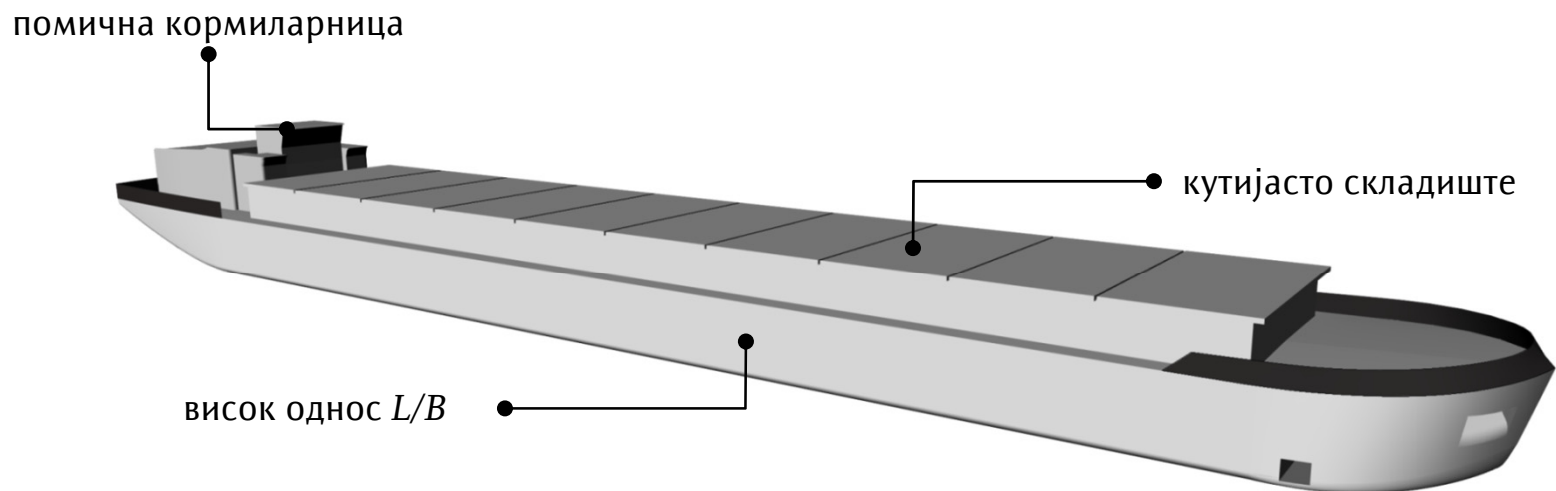
Руски речни регистар



Резолуција 61

6.2 Типови бродова унутрашње пловидбе

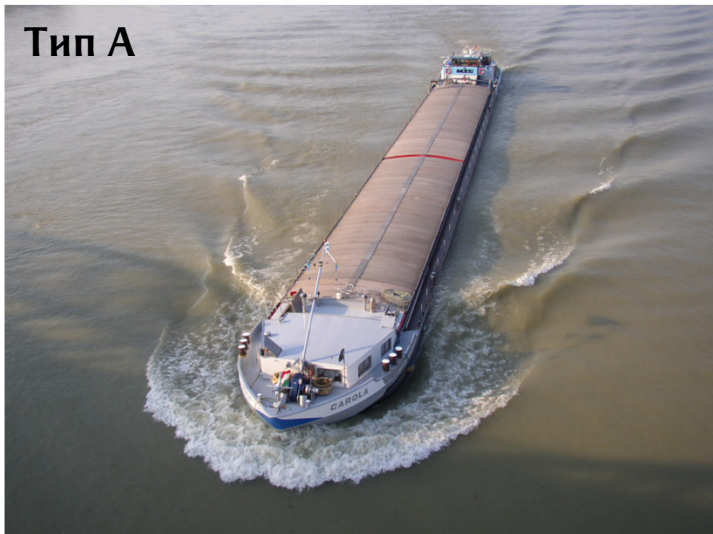
- Типови теретних бродова:
 - Тип А: палубни бродови, тј. бродови за превоз чврстог терета који имају поклопце на гротлима. За пловидбу зоном 1, поклопци морају бити водонепропусни односно непропусни на непогоде у зонама 2 и 3.
 - Тип В: танкери и *слични бродови* са водонепропусном палубом.
 - Тип С: *отворени бродови* чија складишта немају поклопце или имају поклопце који нису непропусни на непогоде нити се могу сматрати довољно чврстим.



Типична европска самохотка за суви терет (Тип А)

6.2 Типови бродова унутрашње пловидбе

Тип А



Тип В



Тип С



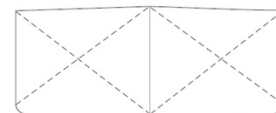
Тип С



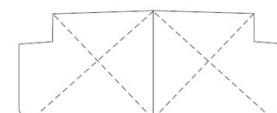
© Frank Behrends

6.2 Типови бродова унутрашње пловидбе

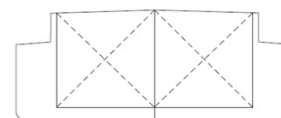
- Речни танкери, према ADN прописима:
 - Тип G (*gas*) намењени су превозу гасова, охлађених или под притиском.
 - Тип C (*chemical*) предвиђени су за транспорт течног терета.
 - Тип N (*normal*) такође су намењени за транспорт течног терета, али се од Типа C разликују према конструкцији.



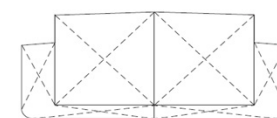
Type N Cargo tank design 2, 3 or 4
Type of cargo tank 2



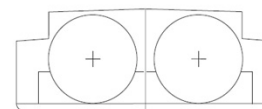
Type N Cargo tank design 2, 3 or 4
Type of cargo tank 2



Type N Cargo tank design 2, 3 or 4
Type of cargo tanks 1
(also by flush-deck)

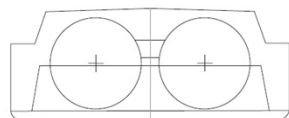


Type N Cargo tank design 2, 3 or 4
Type of cargo tank 3
(also by flush-deck)

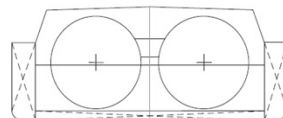


Type N Cargo tank design 2, 3 or 4
Type of cargo tank 1
(also by flush-deck)

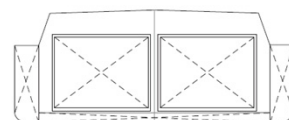
Тип N



Type G Cargo tank design 1,
Type of cargo tank 1
(also by flush-deck)

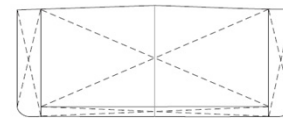


Type G Cargo tank design 1,
Type of cargo tank 1
(also by flush-deck)

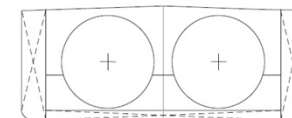


Type G Cargo tank design 2,
Type of cargo tank 1
(also by flush-deck)

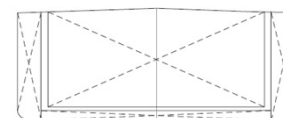
Тип G



Type C Cargo tank design 2,
Type of cargo tank 2



Type C Cargo tank design 1,
Type of cargo tank 1



Type C Cargo tank design 2
Type of cargo tank 1

Тип C

6.2 Типови бродова унутрашње пловидбе

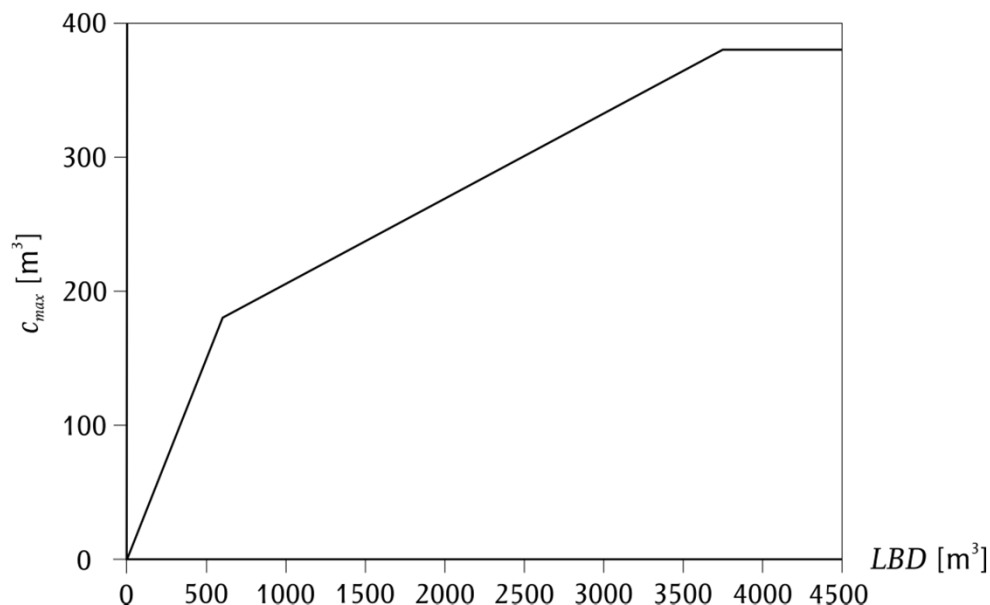
- Теретни танкови могу бити:
 - танкови типа 1 – независни и уметнути у брод,
 - танкови типа 2 – зидови танкова су интегрални део конструкције, нпр. дно или унутрашње дно и бок односно унутрашњи бок,
 - танкови типа 3 – зидови танкова удаљени од оплате.
- ADN прописима (**ADN, 2015**) одређене су супстанце које смеју да се превозе сваким од наведених типова танкера.

6.2 Типови бродова унутрашње пловидбе

- Неке појединости прописа који се односе на конструкцију речних танкера...
- На гасним танкерима нису дозвољени танкови под притиском чија је дужина већа од пречника више од седам пута.
- Танкови хемијских танкера дужине до 50 m не смеју да буду дужи од 10 m, док је на бродовима дужим од 50 m, дужина танка ограничена на $0.2L$; овај пропис не важи уколико се на брод уграђују независни, цилиндрични танкови чији однос дужине и пречника (поново) не превазилази седам.
- Исти захтеви односе се на танкове танкера типа N.
- До краја 2018. године, сви танкери – како нови, тако и постојећи – који превозе *опасне шетерше* на европским унутрашњим пловним путевима, мораће да имају дводно и двобок.

6.2 Типови бродова унутрашње пловидбе

- Максимални дозвољени капацитет појединачних теретних танкова је функција производа дужине преко свега, највеће ширине брода и висине главне палубе.



- У подручју теретних танкова, хемијски танкери морају да имају двобок и дводно и равну палубу. То важи и ако се у брод уграђују независни танкови.
- Минимална ширина двобока је 1 m; двобок може бити и мањи (али не мањи од 0.8 m), ако је конструкција додатно ојачана у односу на захтеве признатих класификационих друштава.
- Прописана просечна висина дводна не сме бити мања од 0.7 m, а дводно нигде не сме бити ниже од 0.6 m.

6.2 Типови бродова унутрашње пловидбе

- Подела пловних путева на СЕМТ класе према максималним димензијама бродова који могу да плове датом реком или каналом, **СЕМТ (1992)**.
- Често се и бродови означавају СЕМТ класама.

?

WW type		WW class	Vessel type	L_{max}	B_{max}	d	Tonnage
				m	m	m	t
Of regional importance	To the West of Elbe	I	Barge	38.5	5.05	1.8-2.2	250-400
		II	Kampine-Barge	50-55	6.6	2.5	400-650
		III	Gustav Koenings	67-80	8.2	2.5	650-1000
	To the East of Elbe	I	Gross Finow	41	4.7	1.4	180
		II	BM-500	57	7.5-9.0	1.6	500-630
		III		67-70	8.2-9.0	1.6-2.0	470-700
Of international importance		IV	Johan Welker	80-85	9.5	2.5	1000-1500
		Va	Large Rhine vessels	95-110	11.4	2.5-2.8	1500-3000

6.3 Слободни бок и растојање сигурности

- Код речних бродова, осим слободног бока, прописима је одређено и тзв. растојање сигурности (*safety distance* или *safety clearance*).
- Растојање сигурности је вертикално растојање између водне линије брода при максималном газу и најниже тачке изнад које се брод не може сматрати водонепропусним.
- Висина слободног бока и растојање сигурности зависе од типа брода и зоне пловидбе.
- Минималне висине слободног бока и растојања сигурности бродова типа С су константне, док су за бродове типа А и В у зонама 1 и 2, према неким правилима (UNECE Резолуција 61 и Руски речни регистар) у функцији дужине брода.
- Према прописима Рајнске комисије (тима и Директиве 2006/87/ЕС) минимална висина слободног бока путничког брода одређује се из услова статичке равнотеже брода у неповољним условима, а у сваком случају не сме бити мања од 300 mm.
- Минимално растојање сигурности путничких бродова који немају преградну палубу је 500 mm.

6.3 Слободни бок и растојање сигурности

- На речним контејнерским бродовима растојање сигурности је везано за пражницу \Rightarrow минимална висина пражнице: $H_{cmin} = S_{Dmin} - F_{Bmin}$
- Према Директиви **ЕС (2006)**, правилима Рајнске комисије **RVIR (1995)**, Резолуцији **UNECE (2006)**, правилима Југорегистра, за зону 3, $H_{cmin} = 350 \text{ mm}$.
- Ипак, пражнице на бродовима су знатно више од ове минималне вредности. Због чега?
- Због сигурности на радном месту око гротла треба да постоји ограда (не мора бити водонепропусна, може и решеткаста) довољно висока да спречи пад морнара у гротло.
- У прописима **RVIR (1995)** и **ЕС (2006)**, ова висина је 700 mm, а у Резолуцији 61, 900 mm.
- Пражница може значајно да допринесе уздужној чврстоћи брода, па је обично висока и јака (на типичној самохотки дебљина лима пражнице и завршног воја је 20 mm, а оплате 8 mm).

Слободни бок и растојање сигурности за бродове типа С према различитим прописима

Зона пловидбе	Резолуција 61		Југорегистар		Руски речни регистар	
	F_B [mm]	S_D [mm]	F_B [mm]	S_D [mm]	F_B [mm]	S_D [mm]
1	1000	1200	-	-	1000	1900
2	600	1000	300	1000	600	1200
3	150	500	150	500	450	600

6.4 Стабилитет неоштећеног брода

- У прописима обично постоје основни критеријуми и посебни захтеви.
- *Основни критеријуми* важе за све бродове на које се правила односе.
- Посебни захтеви за одређене типове бродова: контејнерске бродове, гураче, путничке бродове, речно-морске бродове, итд. односно за бродове типа А, В и С.
- Осим од типа брода, захтеви зависе и од зоне пловидбе.
- Углавном нема статистичких критеријума.
- Западноевропска правила и ОТНК различито приступају прописима о стабилитету:
 - CCNR: статички стабилитет, доста поједностављења.
 - ОТНК: динамички стабилитет, више моделовања физичких појава.
- У западноевропским прописима, општи захтеви везани за стабилитет су квалитативни и неодређени.
- Нпр. *стабилитет брода треба да одговара његовој намени* (RVIR и Директива 2006/87/EC), *стабилитет бродова треба да буде довољан, а метаценарска висина позитивна* (Резолуција 61).
- PPP за све бродове обухваћене правилима прописује $MG_{min} = 0.2 \text{ m}$, а JP само $MG > 0$.

6.4 Стабилитет неоштећеног брода

- Статистички критеријуми у анализираним прописима примењују се:
 - на бродове намењене пловидби у подручјима у којима се утицај морске средине (таласа) не може занемарити;
 - на речне путничке бродове, у прописима Рајнске комисије и Директиви 2006/87/ЕС;
 - на речне танкере, у прописима Споразума ADN (2015).

6.4.1 Стабилитет речних контејнерских бродова

- Због отвореног складишта, то су бродови типа С.
- Губитак стабилитета:
 - превртање (потпуни губитак стабилитета),
 - наплављивање кроз незаштићене отворе (делимични губитак стабилитета) и
 - клизање нефиксираних контејнера (делимични губитак стабилитета).
- Прорачун стабилитета обично се спроводи за неколико стања оптерећења, узимајући у обзир моменте накретања услед ветра и скретања брода.
- Могућност транспорта фиксираних и нефиксираних контејнера.



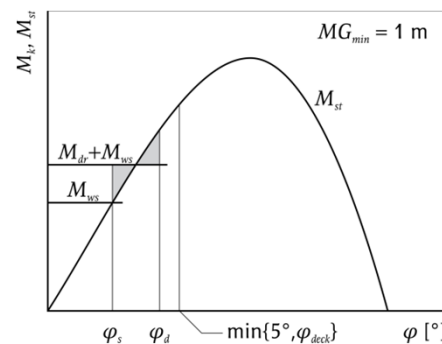
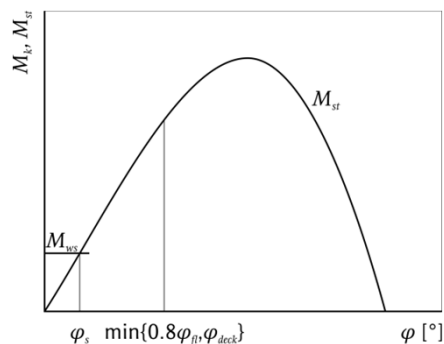
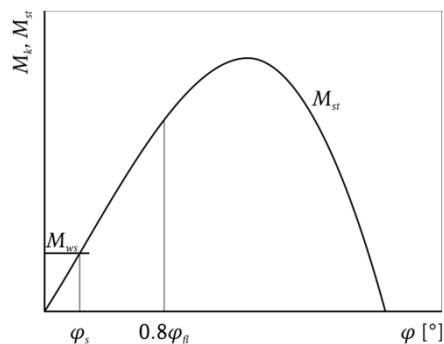
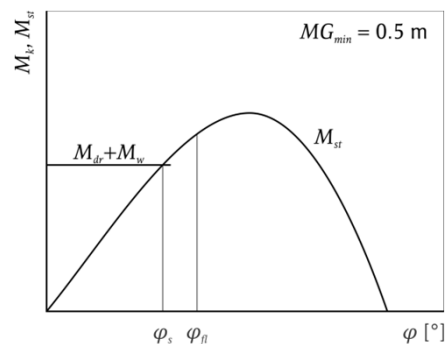
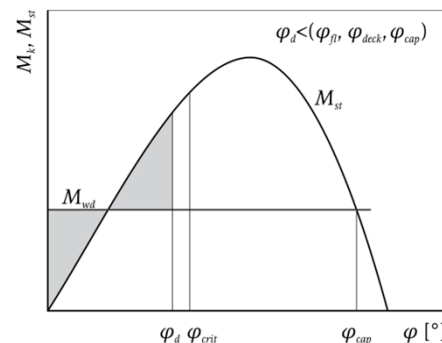
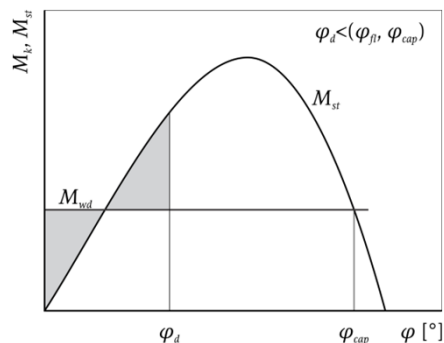
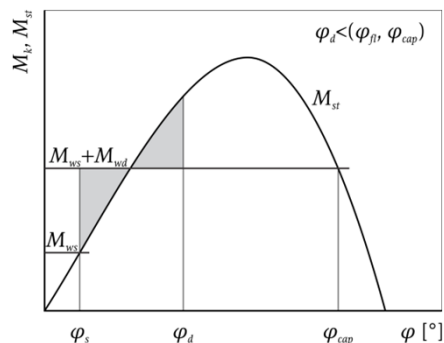
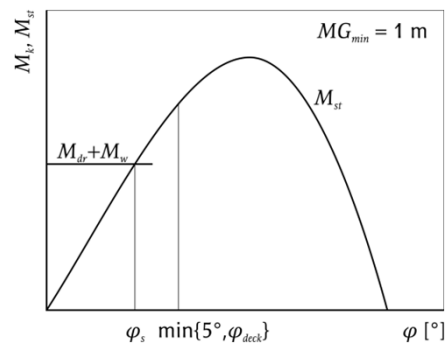
6.4.1 Стабилитет речних контејнерских бродова

RVIR

Југорегистар

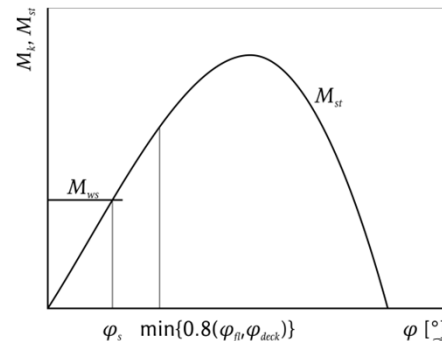
PPP

Резолуција 61



L [m]	110
B [m]	11.4
D [m]	2.25
d [m]	2.1

Пропис	MG_{min} [m]
UNECE Резолуција 61	3.031
Директива 2006/87/EC	2.076
Југорегистар	1.472

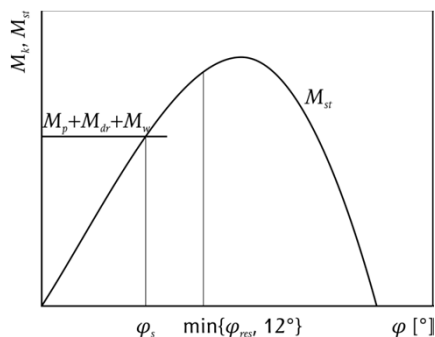


6.4.2 Стабилитет речних путничких бродова

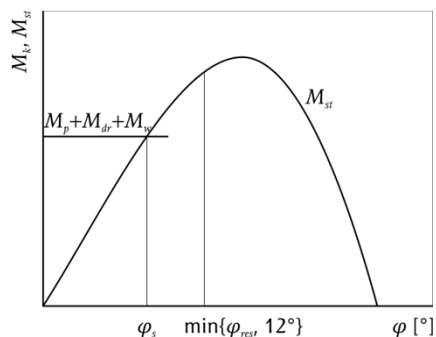
- У свим разматраним прописима, речни путнички бродови предмет су специјалних одредби.
- Прорачун стабилитета обично се спроводи за неколико стања оптерећења, узимајући у обзир моменте накретања услед ветра, груписања путника на једном боку и скретања брода.
- Дозвољени угао нагиба често је везан за тзв. угао панике (12°).
- Према Директиви **ЕС (2006)**, путнички бродови треба да задовоље следеће статистичке критеријуме:
 - h_{max} треба да одговара углу нагиба $\geq 15^\circ$ и треба да буде већи од 0.2 m.
 - Угао наплављивања мора бити најмање 15° .
 - У случају да је угао наплављивања мањи од угла при којем h-крива има максималну вредност, крак стабилитета који одговара углу наплављивања мора бити најмање 0.2 m.
 - Почетна метацентарска висина мора бити ≥ 0.15 m.
- Одређене су и вредности криве пута стабилитета, које зависе од међусобног положаја угла наплављивања и угла који одговара h_{max} .
- Статистички критеријуми Директиве **ЕС (2006)** за путничке бродове идентични су одговарајућим захтевима прописа Рајнске комисије.
- Уз неке додатне услове, ово су заправо статистички критеријуми развијени за морске бродове (!) код којих је однос $B/d \geq 2.5$ (**IMO/MSC, 2008b**).

6.4.2 Стабилитет речних путничких бродова

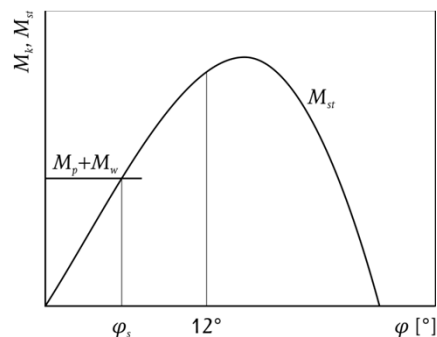
RVIR



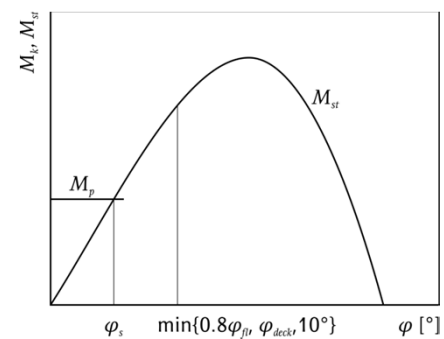
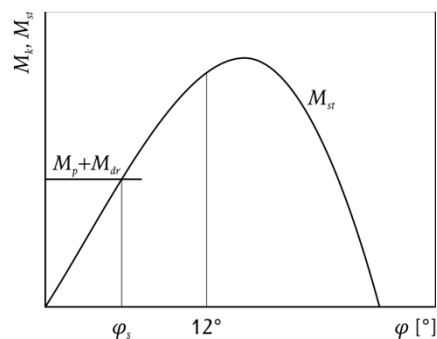
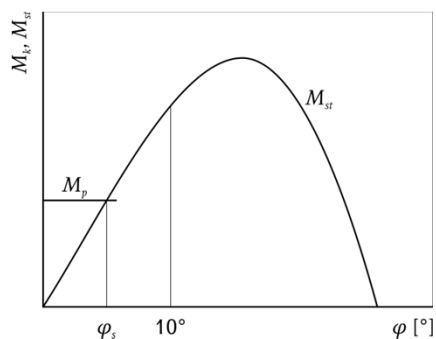
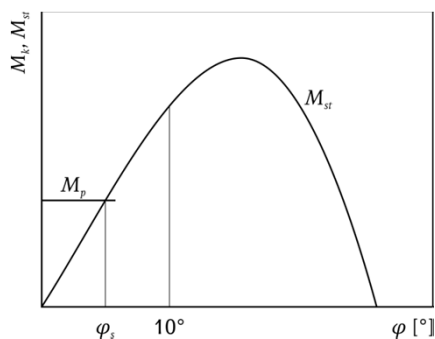
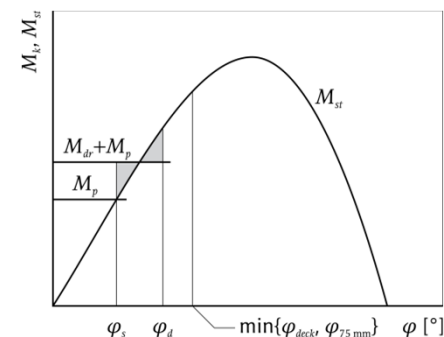
2006/87/EC



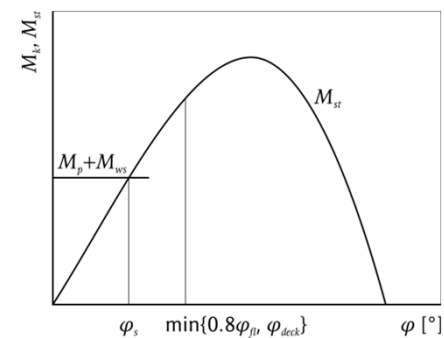
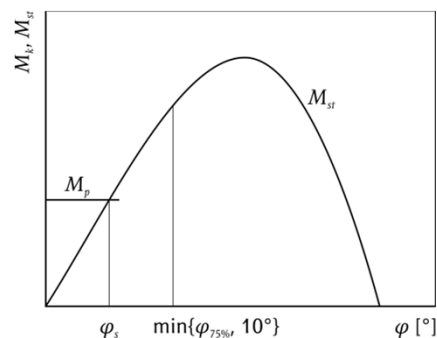
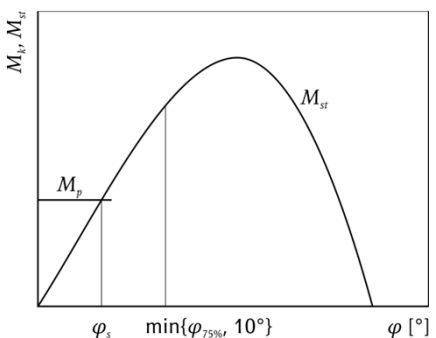
Југорегистар



PPP

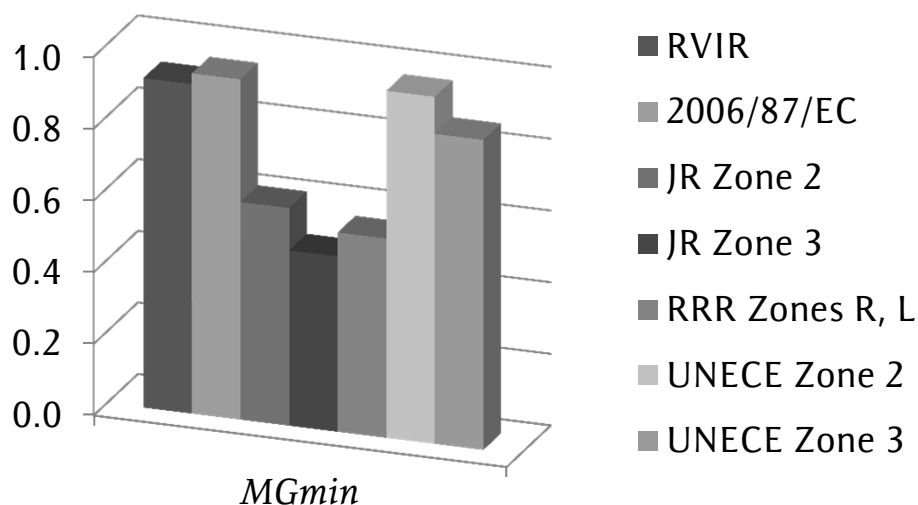
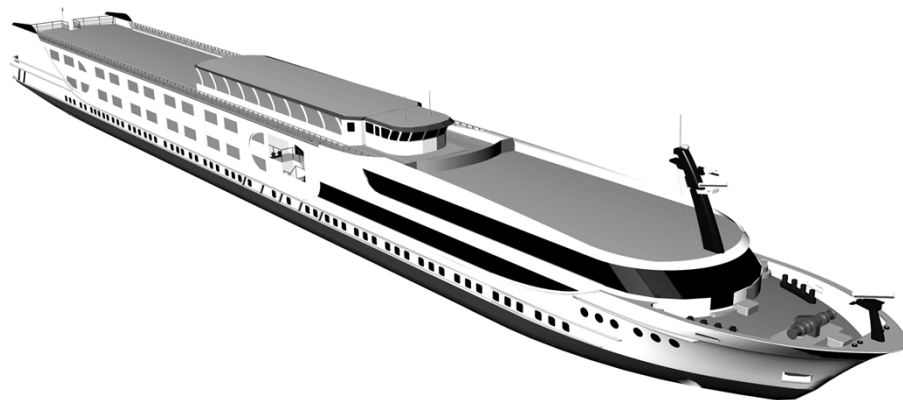


Резолуција 61 =
2006/87/EC + Речни
критеријум
временских услова



6.4.2 Стабилитет речних путничких бродова

- Минимална метацентарска висина типичног речног крузера ($L = 110 \text{ m}$, $B = 11.5 \text{ m}$, $d = 1.5 \text{ m}$) одређена у складу са анализираним прописима.
- Због значајних разлика анализираним прописима, $MG_{min} = 0.5 \div 0.95 \text{ m}$.
- Правила међусобно неусклађена а ниво сигурности унутар флоте речних путничких бродова у Европи може знатно да варира.



6.4.3 Стабилитет речних танкера

- Према **ADN (2015)** прописима, стабилитет неоштећених речних танкера типа С и N састоји се из статистичких критеријума. Бродови чији су теретни танкови шири од $0.7B$, треба да задовоље следеће захтеве:
 - Вредност криве крака стабилитета која одговара углу нагиба при којем отвори који нису водонепропусно затворени улазе у воду, треба да буде најмање 0.1 m .
 - Површина испод криве крака стабилитета до угла нагиба при којем отвори који нису водонепропусно затворени улазе у воду, и који свакако није већи од 27° , треба да буде најмање 0.024 mrad .
 - Почетна метацентарска висина мора бити $\geq 0.1\text{ m}$.
- Прописи **ADN (2015)** не садрже одредбе о стабилитету гасних танкера (изузев оних које се односе на стабилитет оштећеног брода).

6.5 Преграђивање и непотопивост

- За разлику од морских бродова, прописи о пловности и стабилитету речних бродова у оштећеном стању без изузетка имају детерминистички карактер.
- Обично се разматрају оштећења једног или два одељења, а довољан стабилитет треба да буде остварен у крајњем положају наплављивања као и у (одређеним) међустањима.
- Као што се прописи о стабилитету неоштећеног брода разликују од једних до других правила, тако су различити и захтеви у погледу непотопивости.
- Интересантно, у правилима Југорегистра нема прописа о непотопивости речних бродова.

6.5.1 Непотопивост бродова за чврсти терет

Споразум ADN (**ADN, 2015**)

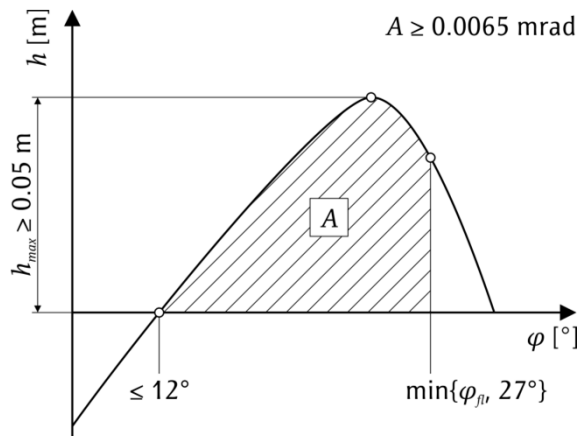
- Директива **ЕС (2006)** не садржи прописе о непотопивости бродова за расути и генерални терет и контејнерских бродова, већ је то предмет Споразума ADN.
- Према правилима **ADN (2015)**, у крајњем положају пливања, угао статичког нагиба не сме бити већи од 12° , а доња ивица отвора који се не могу водонепропусно затворити (врата, прозори, поклопци и сл.) треба да буде најмање 0.1 m изнад водне линије.
- Овакви отвори не смеју бити потопљени пре но што се достигне крајњи положај пливања, а ако се то ипак дешава, сматра се да су прописи задовољени ако се покаже да брод испуњава критеријуме стабилитета оштећеног брода, пошто се узме у обзир наплављивање простора у које поменути отвори воде.
- Задовољавајући стабилитет треба да буде остварен у случају оштећења бока и дна чије су димензије прописане.

оштећење бока	дужина [m]	најмање 0.1L, али не мање од 5
	ширина [m]	0.59
	висина [m]	од дна брода навише, без ограничења
оштећење дна	дужина [m]	најмање 0.1L, али не мање од 5
	ширина [m]	3
	висина [m]	0.49

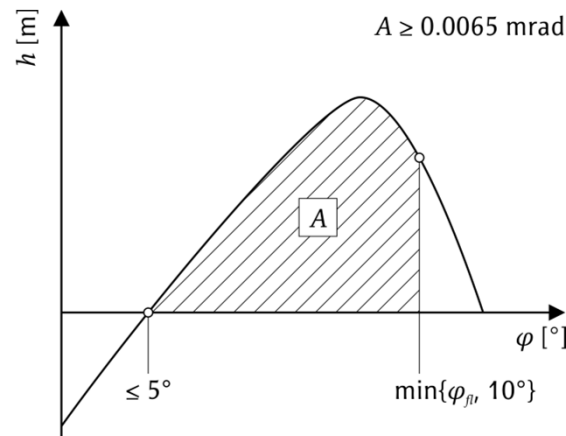
6.5.1 Непотопивост бродова за чврсти терет

Споразум ADN (ADN, 2015)

- Критеријуми стабилитета оштећеног брода су строжи за контејнерске бродове који носе нефиксиране контејнере.



Општи захтеви



Брод са нефиксираним контејнерима

6.5.2 Непотопивост речних путничких бродова

Директива ЕС (2006)

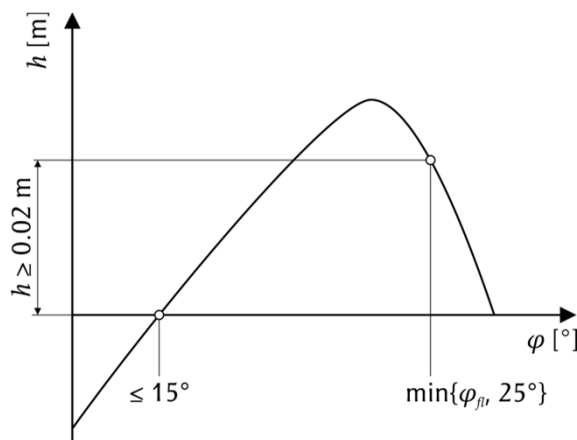
- Водонепропусне попречне преграде треба да буду изведене до преградне палубе, која не мора да буде (и најчешће није) водонепропусна.
- Ако нема преградне палубе, преграде треба да се пружају до нивоа који је најмање 0.2 m виши од дозвољене границе урона (*margin line*).
- Дозвољена граница урона налази се најмање 0.1 m испод преградне палубе односно најмање 0.1 m испод најниже тачке на боку која није водонепропусно затворена.
- Ако преградне палубе нема, онда је дозвољена граница урона најмање 0.1 m испод замишљене линије до које је труп брода водонепропустан.
- Путнички бродови треба да остваре задовољавајући стабилитет у случају оштећења једног или два одељења, при чему су прописане величине оштећења бока и дна.

	случај оштећења	једно одељење	два одељења
оштећење бока	дужина [m]	$1.2 + 0.07 \cdot L_{WL}$	
	ширина [m]	$B/5$	0.59
	висина [m]	од дна брода навише, без ограничења	
оштећење дна	дужина [m]	$1.2 + 0.07 \cdot L_{WL}$	
	ширина [m]	$B/5$	
	висина [m]	0.59	

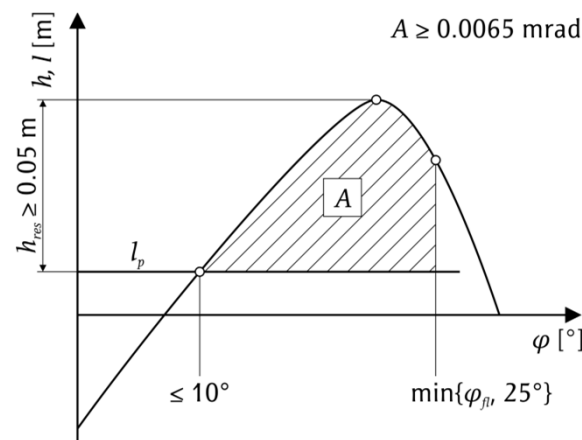
6.5.2 Непотопивост речних путничких бродова

Директива ЕС (2006)

- У случајевима оштећења дна, цевоводи се могу сматрати неоштећеним, ако се налазе на висини већој од 0.5 m изнад дна и унутар *сијурној погручја*, како се назива зона ограничена замишљеном равни на растојању $B_{WL}/5$, паралелно са оплатом брода у нивоу највећег газа.
- У сваком случају оштећења, проверава се положај пливања и стабилитет брода у крајњем положају пливања и за 25%, 50% и 75% наплављености.



Међуфазе



Крајњи положај пливања

- У крајњем положају пливања, узима се у обзир момент накретања услед гомилања путника.

6.5.2 Непотопивост речних путничких бродова

Руски речни регистар (PPP, 2008)

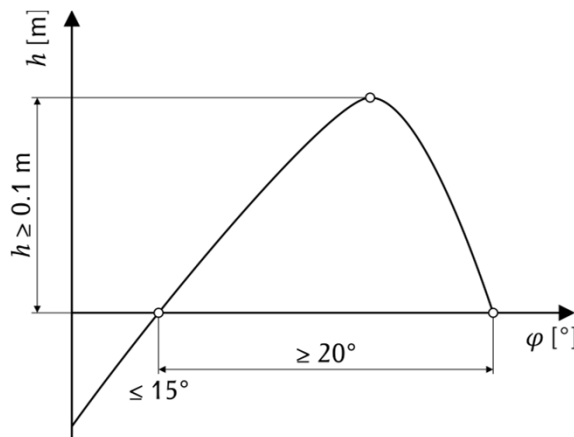
- Претпоставка је да је средина оштећења – на средини одељења; сва одељења обухваћена оштећењем сматрају се наплављеним.
- Без обзира на дужину брода и подручје пловидбе, дозвољена граница урона (која одговара палуби надвођа) након наплављивања мора да остане изнад воде.
- Најнижа тачка сваког незаштићеног отвора који би омогућио наплављивање неоштећених одељења мора бити најмање 0.3 m изнад водне линије, ако су бродови дужи од 25 m, без обзира на подручје пловидбе.
- Услов је строжи за бродове краће од 25 m.
- Услови непотопивости треба да буду задовољени при продору воде у прамчани, односно крмени пик, и било које водонепропусно одељење.

оштећење бока	дужина [m]	$0.04 \cdot L_{WL}$
	ширина [m]	мање од 0.9 или $0.075 \cdot B$
	висина [m]	од дна брода навише, без ограничења
оштећење дна	дужина [m]	$0.04 \cdot L_{WL}$
	ширина [m]	$0.01 \cdot B$
	висина [m]	мање од 0.8 или $0.075 \cdot B$

6.5.2 Непотопивост речних путничких бродова

Руски речни регистар (РРР, 2008)

- Карактеристике криве крака стабилитета оштећеног путничког брода при несиметричном продору, пре дејства система за исправљање нагиба:

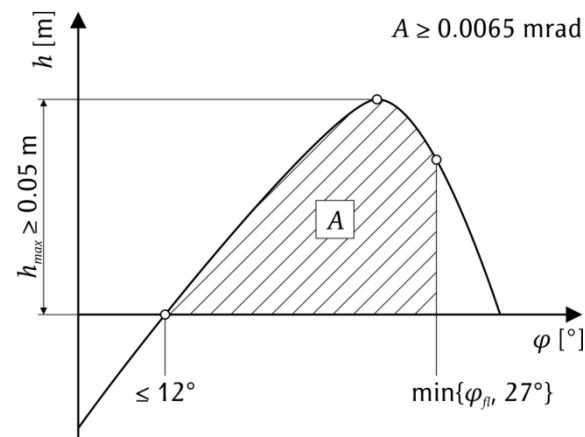


- Претпоставка да се, за потребе прорачуна стабилитета оштећеног путничког брода, сви путници налазе на највишој палуби (доступној путницима) представља специфичност прописа Руског речног регистра.
- Наведени прописи се односе на једнотрупне депласманске путничке бродове, а у правилима Руског речног регистра постоје и одредбе о непотопивости вишетрупних путничких бродова, хидрокрилаца и ховеркрафта, јер се овакви објекти користе на руским рекама.

6.5.3 Непотопивост речних танкера

- Стабилитет речног танкера (типа G и C) у оштећеном стању треба да буде у складу са захтевима који су исти као за бродове за расути односно генерални терет.
- Претпостављена дубина оштећења бока и висина оштећења дна подразумевају да теретни танк није оштећен.
- Ако брод има двоструки труп, у подручју теретних танкова најмања ширина двобока је 0.8 m а најмања висина дводна је 0.6 m. Ако се у брод са једноструким трупом уграђују независни танкови, морају да буду удаљени најмање 0.8 m односно 0.6 m од оплате.

Споразум ADN (**ADN**, 2015)

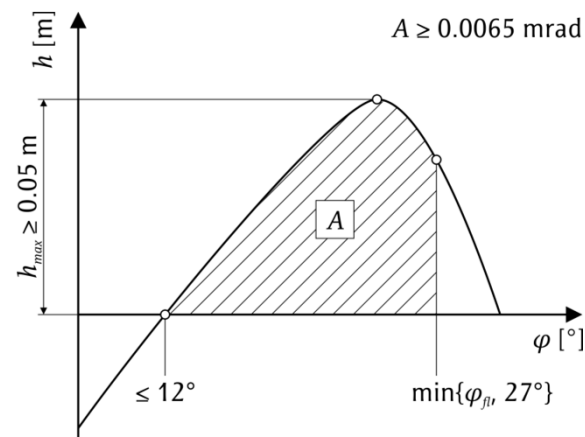


оштећење бока	дужина [m]	најмање $0.1L$, али не мање од 5
	ширина [m]	0.79 или ширина двобока добијена анализом ризика - 0.01 m
	висина [m]	од дна брода навише, без ограничења
оштећење дна	дужина [m]	најмање $0.1L$, али не мање од 5
	ширина [m]	3
	висина [m]	0.59

6.5.3 Непотопивост речних танкера

- Стабилитет речног танкера (типа N) у оштећеном стању треба да буде у складу са захтевима који су исти као за бродове за расути односно генерални терет.
- Претпостављена дубина оштећења бока и висина оштећења дна подразумевају да теретни танк није оштећен (осим ако сам труп није танк).
- Ако брод има двоструки труп, у подручју теретних танкова најмања ширина двобока је 0.6 m а најмања висина дводна је 0.5 m. Ако се у брод са једноструким трупом уграђују независни танкови, морају да буду удаљени најмање 0.6 m односно 0.5 m од оплате.

Споразум ADN (**ADN**, 2015)



оштећење бока	дужина [m]	најмање 0.1L, али не мање од 5
	ширина [m]	0.59 или ширина двобока добијена анализом ризика - 0.01 m
	висина [m]	од дна брода навише, без ограничења
оштећење дна	дужина [m]	најмање 0.1L, али не мање од 5
	ширина [m]	3
	висина [m]	0.49

6.6 Противпожарна заштита

- Конструкција брода треба да буде таква да спречи појаву пожара, ширење дима и ватре и омогући успешно гашење пожара и евакуацију путника и чланова посаде ако до пожара дође.
- Правила прописују врсту односно карактеристике материјала који се користе у изradi преграда, палуба и палубних облога, степеница и врата машинског простора, котларница, стамбених просторија, ходника и др.
- Правила такође забрањују употребу боја и лакова одређеног састава у појединим просторима на броду.
- Нпр. забрањена је употреба алуминијумских боја на танкерима, на свим местима где би могло да дође до сакупљања експлозивних пара (теретним танковима, кофердамима, пумпним станицама и др.).
- Различитим типовима бродова одговарају и различити захтеви у погледу противпожарне заштите, у складу са наменом брода и специфичностима које одатле проистичу.
- Поједини делови правила *преписани* су из прописа о противпожарној заштити морских бродова.
- Нпр. путнички бродови који претежно имају кабине за спавање (нпр. речни крузери) треба да буду подељени попречним противпожарним преградама на главне вертикалне зоне, дужине до 40 m.

6.6 Противпожарна заштита

- Пумпе на самоходним бродовима треба да буду независне и не смеју да буду погоњене каишевима.
- Пумпа може остваривати погон и помоћу главног погонског уређаја, под условом да је то могуће и када се брод не креће, односно да се пумпа може искључити када броди плови.
- Ако су одговарајућег капацитета и напора, и друге пумпе (санитарне, дренажне, баластне итд.) могу се користити као противпожарне.
- Ватрогасне пумпе се могу користити и у друге сврхе само ако на броду постоје најмање две независне пумпе, тако да је једна увек на располагању за гашење пожара.
- Противпожарни системи не смеју се користити за рад са запаљивим течностима (уљима, горивом, и др.).
- Додатни захтеви за танкере дуже од 50 m који превозе запаљиве течности (укључујући и бродове који тегле или потискују такве танкере) предвиђају и минимални број преносивих противпожарних апарата са пеном.
- Уграђене противпожарне пумпе и одговарајући кингстон вентили треба да буду постављени испод водне линије празног брода; у супротном, пумпа треба да буде самоусисна.

6.6 Противпожарна заштита

- Пожарне хидранте треба поставити у близини изласка из надграђа, поред гротала складишта, у ходницима, машинском простору и котларницама и то на растојању до 20 m.
- Хидранти треба да буду постављени тако да омогуће да било која тачка на броду истовремено буде изложена дејству два млаза (из два различита хидранта).
- У машинским просторима и котларницама, треба да постоје најмање по два пожарна хидранта на левом и десном боку, а размештај и број хидраната може да се разликује у зависности од снаге главног мотора.

6.6 Противпожарна заштита

- Прописима Директиве ЕС (2006) одређени су типови стационарних противпожарних система који се користе у стамбеним просторијама, кормиларници и кабинама и другим просторијама у којима бораве путници (систем гашења водом спринклерима) односно у машинском простору, котларници, пумпној станици (систем гашења угљен-диоксидам, инертним гасовима и још неким хемијским агенсима).

Директива ЕС (2006) – путнички бродови

- Прописане класе преграда (А0, А30 и А60 односно В0 и В15) између просторија у зависности од намене простора и степена активне противпожарне заштите у њему.
- Појам главне вертикалне зоне не користи, али је предвиђено да део брода у којем се налазе путничке кабине буде издељен вертикалним преградама, које се пружају од палубе до палубе и одговарајућих су карактеристика, на зоне не дуже од 40 m.
- Површина осталих простора у којима бораве путници не треба да буде већа од 800 m².
- Према Директиви ЕС (2006), хидранти на путничким бродовима треба да буду размештени тако да било која позиција на броду буде покривена са два млаза из пожарних црева не дужих од 20 m.

6.7 Додатни аспекти сигурности речних бродова

- Добра видљивост и прегледност пловног пута из кормиларнице на реци је веома важна.
- Директива **ЕС (2006)**: посматрано са места које заузима кормилар, испред празног брода (са 50% залиха, али без баласта) сме да буде заклоњено највише 250 m или две дужине брода, шта год било мање, и то у луку од 180° (од једног до другог бока).
- Видно поље кормилара не мање од 240° од чега је бар 140° у *предњем полукрућу*.
- На речним бродовима често постоје помоћна средства (камере) којима се побољшава видљивост у пловидби. Према Директиви **ЕС (2006)**, од надлежног регулаторног тела зависи да ли ће помоћна средства бити узета у обзир при процени видљивости из кормиларнице.
- Надлежно тело може тражити постављање помоћних уређаја ради побољшања прегледности ако сматра да је видно поље ка крми сувише сужено (чак иако је остварен угао од 240°).
- Прописи регулишу и конструкцију прозора на кормиларници, транспарентност стакала, итд.
- Када је видљивост смањена због кише, магле, снега и сл. према правилима **UNECE (2015)** обавезна је употреба радара.
- Тегљени састави морају да обуставе пловидбу, тј. да се сместа упуте ка најближем сидришту ако визуелна комуникација између тегљача и тегљених пловила не може да се успостави.
- Тегљеним саставима није дозвољена пловидба низводно уз помоћ радара (осим како би стигли до најближег склоништа).

6.7 Додатни аспекти сигурности речних бродова

- Због специфичних услова (ограничење ширине пловног пута, утицај плитке воде и речне струје, кривине, мостови, преводнице) бродови и гурачки састави треба да имају добра маневарска својства.
- Захтеви Директиве 2006/87/ЕС, Резолуције 61 и прописа Рајнске комисије односе се на тестове којима се утврђују маневарске способности, али су углавном квалитативни.
- Правила предвиђају извођење теста заустављања и, у одређеним случајевима, теста заустављања у вожњи крмом, те тестове избегавања и окретања.
- Прописи Рајнске комисије допуњени су инструкцијама (**CCNR, 2013**) телима која прегледају бродове које садрже и квантитативне стандарде добрих маневарских способности самоходних бродова и састава.
- Правила Руског речног регистра (**РРР, 2008**) захтевају проверу маневарских способности депласманских самоходних теретних бродова дужине од 40 m навише и депласманских путничких, као и бродова специјалне намене чија дужина није мања од 20 m.
- Према овим правилима, моделским или испитивањима у пуној величини, треба утврдити својства окретљивости, стабилности брода у курсу, управљивости брода под дејством ветра као и у случају отказа главног мотора, те способност брода да се нагло заустави.

6.8.1 Пробабилистичка анализа стабилитета речних бродова

- Пробабилистичка анализа стабилитета као алтернатива детерминистичким прописима.
- Постоје реални случајеви, дозвољени прописима, у којима се применом постојећих правила не остварује потребан ниво сигурности.
- Детерминистичка правила поуздана само када су у питању уобичајени, конвенционални бродови (видети нпр. [Hofman & Bačkalov, 2010](#) и [Bačkalov, 2015](#)).
- Могуће решење: концепт зоне пловидбе напустити а уместо тога, пробабилистичким поступком, направити *уџуџсџво* (*operational guidance*, морских бродова) за сигурну експлоатацију брода у различитим стањима оптерећења, при различитим брзинама пловидбе и различитим временским условима: брзини ветра и речне струје, дубини воде...
- Прво треба установити универзалне стандарде сигурности (нпр. дозвољену вероватноћу губитка стабилитета) који нису проистекли из искуства са типичним бродовима већ су примењиви и на неконвенционалне, иновативне бродове.
- Затим је потребан математички модел који са довољном тачношћу описује динамичке појаве које настају услед љуљања брода изложеног спољним силама.
- Да би заповедник брода могао да се ослони на упутство за експлоатацију неопходни су поуздани подаци о стању крцања и временским приликама.
- Метеоролошке станице и мерна места – бар на Дунаву – често се налазе далеко од речног тока...

6.8.1 Пробабилистичка анализа стабилитета речних бродова

$$\begin{aligned}
 (\Delta + m_\eta) \ddot{\eta} + m_{\eta\varphi} \ddot{\varphi} + N_\eta (\dot{\eta}) + n_{\eta\varphi} \dot{\varphi} &= F_w(v_w) - F_r \\
 (J_x + m_\varphi) \ddot{\varphi} + m_{\varphi\eta} \ddot{\eta} + N_\varphi (\dot{\varphi}) + N_{\varphi\eta} (\dot{\eta}) + M_{st}(\varphi) &= M_w(v_w) + M_r
 \end{aligned}$$

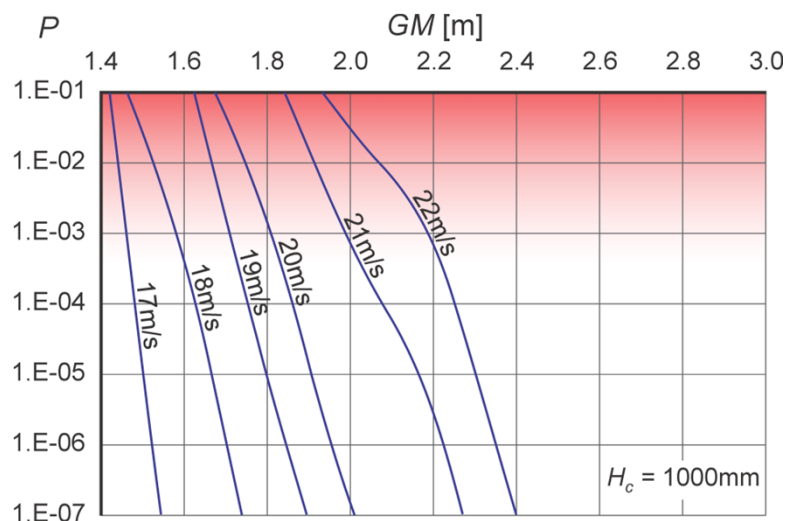
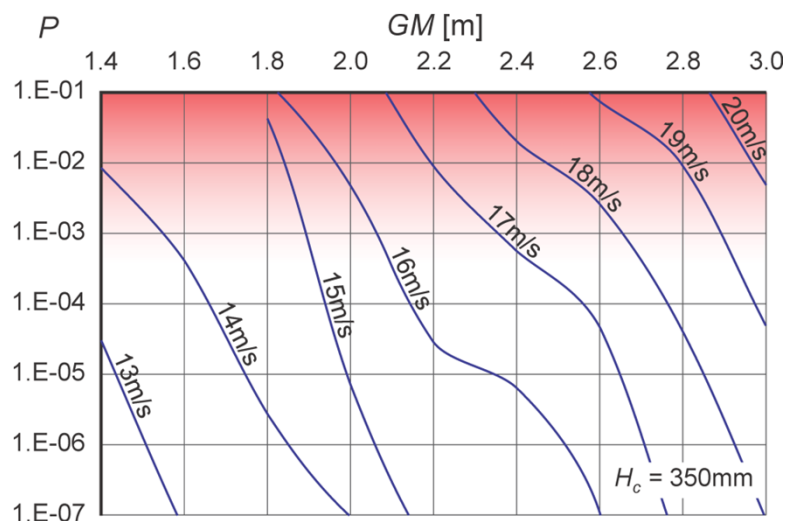
Решење једначина у временском домену, добијено Рунге-Кута методом.

Статистичке вредности: средњи угао ваљања, девијација стандарда...

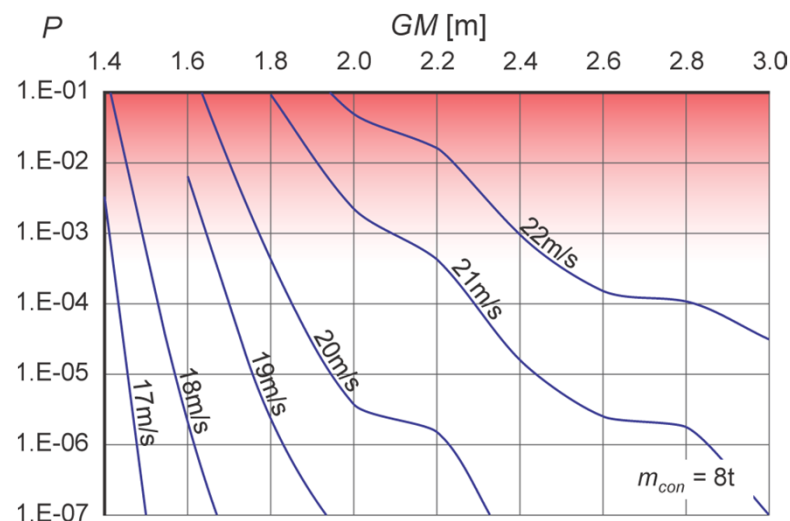
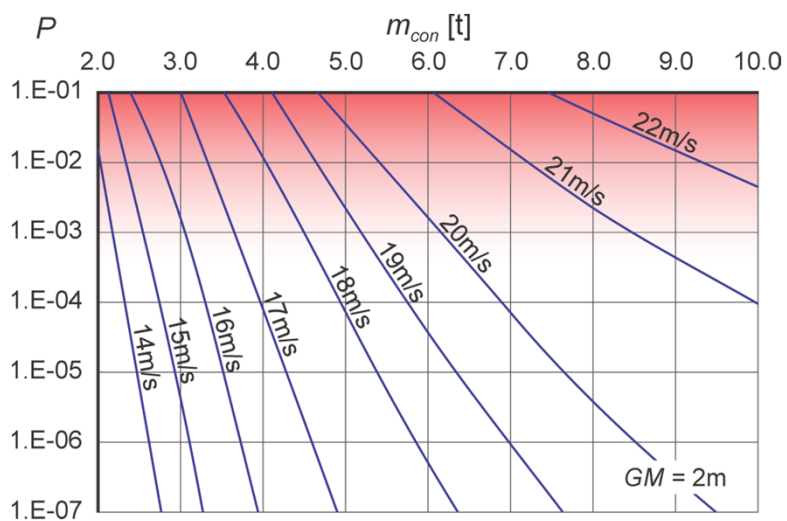
Вероватноћа критичног догађаја.

$$P_{sf} = 1 - \exp \left\{ -N_c \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\varphi_{cr} - \bar{\varphi}}{s_\varphi} \right)^2 \right] \right\}$$

6.8.1 Пробабилистичка анализа стабилитета речних бродова



Вероватноћа наплављивања складишта



Вероватноћа клизања контејнера

Bačkalov (2015)

6.8.2 Алтернативна решења за речне танкере према Споразуму ADN

- *Алтернативна решења* на танкерима су допуштена ако се прорачуном покаже да ризик од продора није виши од дозвољеног.
- Алтернативна решења: конструкције са већим теретним танковима (мада танкови, у сваком случају, не могу бити већи од 1000 m³), односно са мањим двобоком или бродови неконвенционалних система градње (*X-core, Y-type side structure, Sandwich Plate System*, итд.).

- Ризик је дефинисан на уобичајени начин:

$$R = P \cdot C$$

- где је *P* вероватноћа оштећења теретног танка, а *C* последица тог оштећења.
- Танк неће бити оштећен ако се пластичном деформацијом трупа удареног брода апсорбује довољна количина енергије удара.
- Брод чији су танкови димензионисани у складу са оваквим принципом сматрају се *алтернативним решењима*.
- У ADN правилима ризик није бездимензиона величина, јер је последица представљена површином у околини брода по којој се разлио опасни терет услед оштећења (у m²).
- Правила би се могла назвати пробабилистичким, иако имају и неке детерминистичке одлике, док се с друге стране, у великој мери ослањају на директан прорачун.

6.8.2 Алтернативна решења за речне танкере према Споразуму ADN

- Поступак се заснива на принципу еквивалентне сигурности.
- Ризик који се може приписати алтернативном решењу (R_n) не сме да буде већи од ризика који собом носи експлоатација конвенционалног танкера (R_r), изграђеног према детерминистичким одредбама Споразума ADN и правила признатих класификационих друштава, који се назива *референтним решењем*:

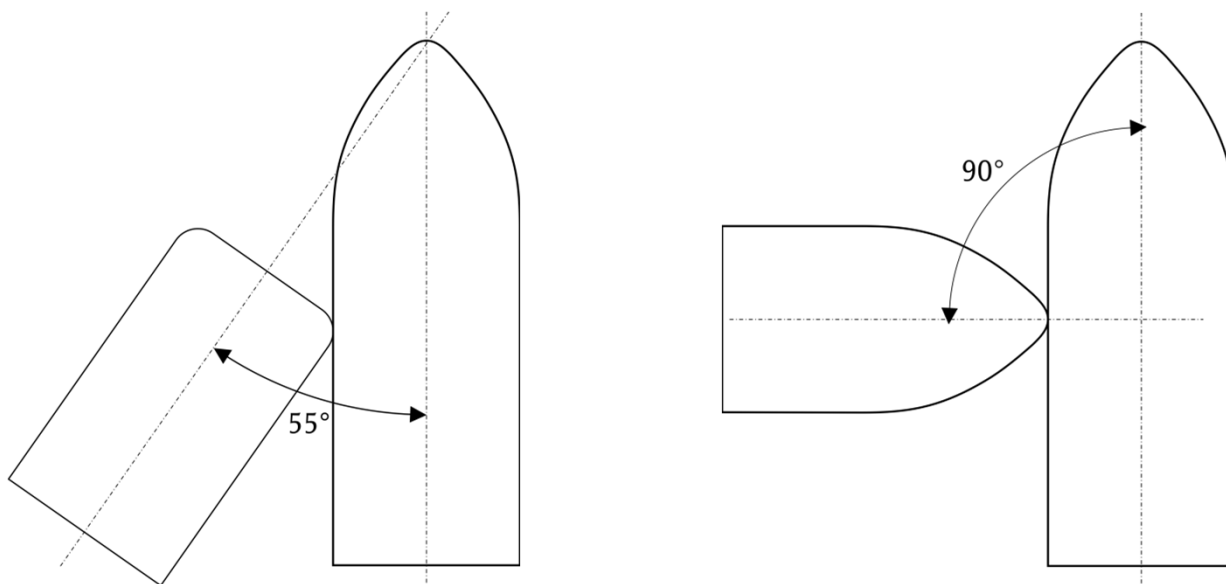
$$R_n \leq R_r \Rightarrow \frac{C_n}{C_r} \leq \frac{P_n}{P_r}$$

- То значи да прорачун треба спровести и за алтернативно и за конвенционално решење истих главних димензија и депласмана.
- Однос последица оштећења алтернативно пројектованог брода и референтног пројекта, одређује се на основу односа запремине највећег теретног танка на једном односно другом броду:

$$\frac{C_n}{C_r} = \frac{V_n}{V_r}$$

6.8.2 Алтернативна решења за речне танкере према Споразуму ADN

- Анализа се темељи на два сценарија у којима се креће само брод који удара, брзином од 10 m/s, док је ударени танкер непомичан.
- У једном сценарију, брод који удара у бок танкера има прамац прилагођен потискивању баржи (*push barge bow*); у другом, брод који удара има *класичан*, заобљени прамац чију форму чине V ребра (*V-shaped bow*).
- Геометрија обеју прамчаних форми је детаљно дефинисана прописима.
- Потискивач удара у анализирани танкер под углом од 55° , а самохотка под правим углом, што, према **ADN (2015)** представља најгоре случајеве.
- Ови сценарији представљају детерминистичку страну прописа.



6.8.2 Алтернативна решења за речне танкере према Споразуму ADN

- Укупна вероватноћа оштећења теретног танка одређује се према следећем обрасцу:

$$P_w = 0.8 \cdot P_{scenario(1)} + 0.2 \cdot P_{scenario(2)} \quad w = \{n, r\}$$

- Укупна вероватноћа оштећења танка у неком сценарију представља суму:

$$P_{scenario(1,2)} = \sum_{i=1}^n P_{wloc(i)}$$

- Места (*locations, loc*) оштећења танкера у судару зависе од типа и конструкције танкера.
- За танкере типа С и N, вероватноћу оштећења теретног танка треба одредити за најмање девет позиција оштећења (три позиције по дужини • три позиције по висини).
- За гасне танкере минимални број позиција три, јер се претпоставља да се по висини оштећење налази на половини висине танка.
- Свакој локацији по висини односно по дужини треба доделити одговарајућу вероватноћу (да ће до удара доћи баш на том месту), што је представљено фактором $wf_{loc(i)}$.

$$P_{wloc(i)} = P_{loc(i)} \cdot wf_{loc(i)}$$

6.8.2 Алтернативна решења за речне танкере према Споразуму ADN

- Ако дође до судара, колико ће енергије апсорбовати ударени брод, односно колика је вероватноћа да ће апсорбована енергија бити недовољна да би се теретни танк оштетио?
- Да би се добио одговор на ово питање, најпре треба прорачунати *капацитет апсорпције енергије судара* (*collision energy absorption capacity*), $E_{loc(i)}$ за свако од претпостављених места удара.
- ADN прописи предвиђају да се то уради применом анализе коначним елементима (*finite elements analysis*, FEA) како на неконвенционални, тако и на референтни танкер.
- Вероватноћа оштећења танка (на датом месту) израчунава се онда на следећи начин:

$$P_{x(i)} = C_1 \cdot \left(E_{loc(i)}\right)^3 + C_2 \cdot \left(E_{loc(i)}\right)^2 + C_3 \cdot E_{loc(i)} + C_4$$

- $C_1 \div C_4$ коефицијенти који зависе од брзине брода који удара и ефективне масе удареног брода и важе у неком опсегу $E_{loc(i)}$.
- Ефективна маса удареног брода једнака је максималном депласману анализираног танкера увећаном за 40%.
- Ако је $E_{loc(i)}$ мањи од доње границе опсега, онда је вероватноћа оштећења једнака 1.
- Ако је $E_{loc(i)}$ већи од горње границе опсега, вероватноћа оштећења једнака је нули.
- Узимајући у обзир потенцијалне узроке судара, израчунава се $P_{loc(i)}$.

MARPOL

**Међународна конвенција о спречавању загађења
које потиче са бродова**

7. О MARPOL-у

- Међународна конвенција о спречавању загађења које потиче са бродова
International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
- MARINE POLLUTION
- Предвиђа мере заштите животне средине (воде и ваздуха) од загађења које је последица рутинског рада бродова и поморских несрећа.
- Пуно име Конвенције је *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978*, а скраћено MARPOL 73/78.
- Протокол усвојен на Конференцији о сигурности танкера и спречавању загађења, 1978. године био је реакција на низ несрећа танкера 1976.-77.
- *Marine Environment Protection Committee* (MEPC) редовно ажурира Конвенцију...

7. О MARPOL-у

- Претеча MARPOL-а је OILPOL конвенција.
- *International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil.*
- Усвојена је 1954. а ступила на снагу 1958.
- Односила се на загађење које је последица рутинског рада танкера.
- Испуштање зауљених течности из машинског простора било је забрањено најмање 50 nm од најближег копна (*забрањене зоне*).
- Предвиђено је увођење инсталација за преузимање зауљене воде.
- Амандманима из 1962., 1969. и 1971, конвенција је обухватила све типове бродова, а забрањене зоне су проширене.

7. О MARPOL-у

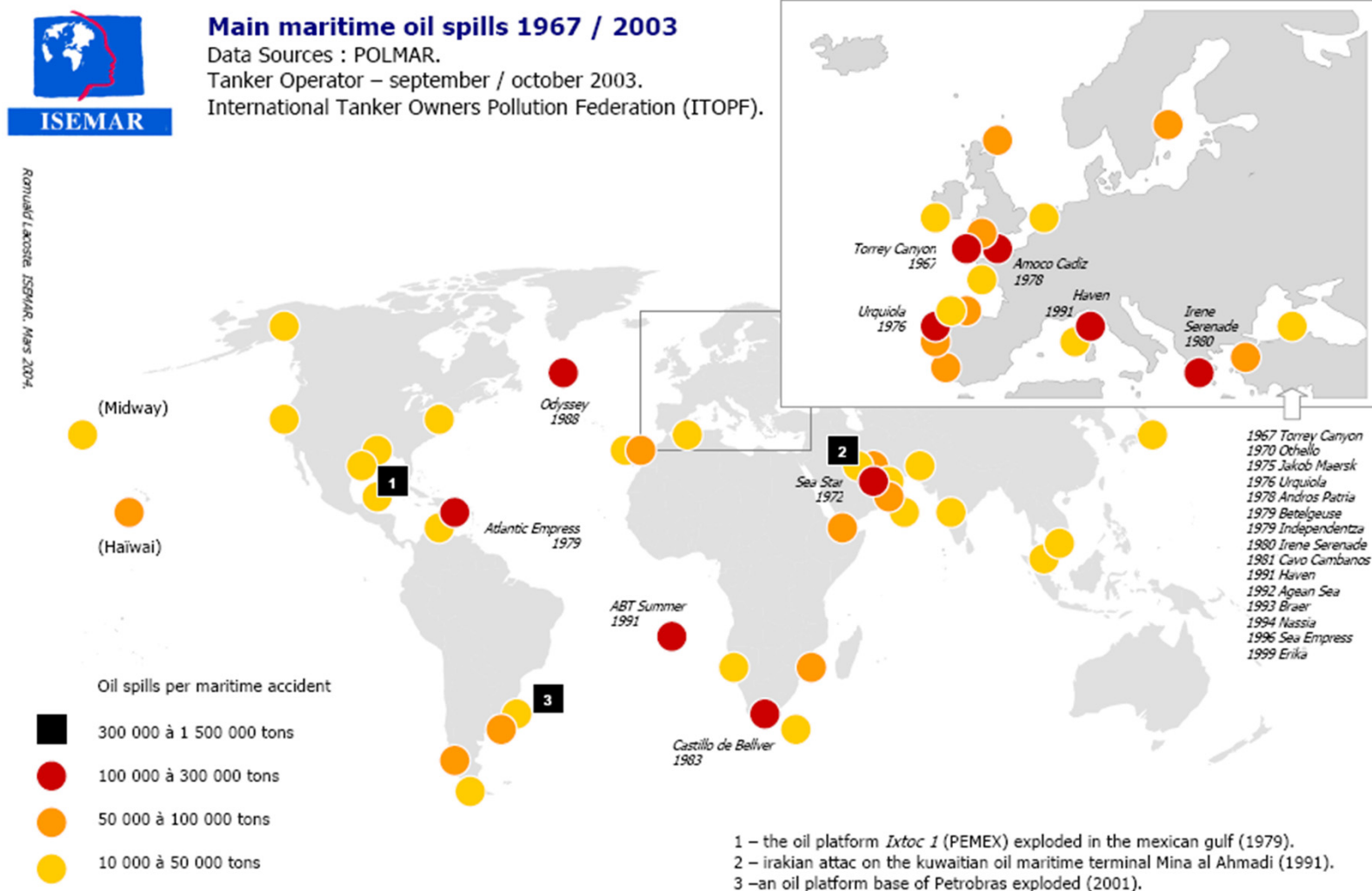
Torrey Canyon (1967)

- Брод је изграђен 1959. године са $m_{DWT} = 60000$ t да би касније, реконструкцијом, носивост повећана на $m_{DWT} = 120000$ t.
- Брод под либеријском Заставом, $L = 297$ m, $B = 38.2$ m, $d = 20.9$ m.
- 18. III 1967. године, пун кувајтске нафте, насукао се на гребен код југозападне обале Велике Британије.
- Након неуспелих покушаја одсукавања, брод се преломио а изливена нафта је загадила десетине километара британске и француске обале.



7. О MARPOL-у

Највећа изливања нафте у море



7.1 Annex I: Мере спречавања загађења нафтом

- Ступио на снагу 1983.
- Примењује се на све бродове, осим уколико није посебно наглашено другачије.
- Односи се на загађење које је последица рутинског рада и несрећа.
- Загађење које је последица рутинског рада танкера:
 - испуштање зауљене воде из машинског простора;
 - испуштање зауљене баластне воде из танкова горива;
 - испуштање остатака прања танкова.
- Пре увођења прописа, за танкере је било уобичајено:
 - прање теретних простора водом и испуштање те воде;
 - баластирање теретних простора и танкова горива.
- Посебне зоне Анекса I су Медитеран, Балтичко, Црно и Црвено море, Персијски залив, Антарктик, Северно, Ирско и Келтско море и Ламанш, одређена подручја у Јужној Африци и још неке области.

7.1.1 Услови под којима је могуће испуштати нафту и зауљену воду из брода

- Испуштање нафте и зауљених вода из теретних простора танкера (свих величина) при рутинским операцијама, дозвољено је само ако су задовољени следећи услови:
 - брод није у посебној зони;
 - количина нафте коју танкер испушта $< 1/30000$ дела укупне корисне носивости;
 - брзина испуштања $< 30 \text{ l/nm}$;
 - танкер не сме испуштати нафту из теретног простора 50 nm од најближег копна.
- Испуштање нафте и зауљених вода из теретних простора танкера (свих величина) забрањено је у посебним зонама.
- Испуштање нафте и зауљених вода из машинских простора свих бродова $> 400 \text{ GT}$, у и ван посебних зона, дозвољено је само ако су задовољени следећи услови:
 - садржај нафте у неразређеној отпадној води није већи од 15 ppm;
 - зауљена вода није помешана са каљужом из црпних станица или (у случају танкера) са остацима терета;
 - зауљена вода је пропуштена кроз филтере карактеристика одређених прописима; ако је брод у посебној зони, постројења за филтрирање треба да буду опремљена алармима који упозоравају на повишен садржај нафте и уређајима који, у таквим случајевима, заустављају испуштање;
 - зауљена вода је пропуштена кроз филтере карактеристика одређених прописима, ако је брод ван посебне зоне.

7.1.1 Услови под којима је могуће испуштати нафту и зауљену воду из брода

- Испуштање нафте и зауљених вода из машинских простора свих бродова < 400 GT, у свим подручјима изузев Антарктика, дозвољено је само ако су задовољени следећи услови:
 - брод располаже опремом којом се постиже да садржај нафте у неразређеној отпадној води није већи од 15 ppm;
 - зауљена вода није помешана са каљужом из црпних станица или (у случају танкера) са остацима терета.

7.1.2 Заштита танкова с горивом

- Пропис 12А односи се на све бродове укупног капацитета танкова горива $C > 600 \text{ m}^3$.
- Односи се на све танкове горива, осим на *мале* танкове, уколико укупан капацитет малих танкова није $> 600 \text{ m}^3$.
- Танк се сматра *малим*, ако је његов капацитет $< 30 \text{ m}^3$.
- Капацитет појединачних танкова горива треба да буде $< 2500 \text{ m}^3$.
- У питању је детерминистички пропис са пробабилистичком алтернативом.
- Танкови горива треба да буду удаљени од дна $B/20$ или 2 m , шта год да је мање (најмање 0.76 m).
- На бродовима укупног капацитета танкова горива C , $600 \text{ m}^3 < C < 5000 \text{ m}^3$, танкови горива треба да буду удаљени од спољашње оплате, у метрима:

$$w = 0.4 + 2.4 \cdot C / 20000$$

- а најмање 1 m (за танкове $< 500 \text{ m}^3$, 0.76 m).
- На бродовима укупног капацитета танкова горива $C > 5000 \text{ m}^3$, танкови горива треба да буду удаљени од спољашње оплате, у метрима:

$$w = 0.5 + C / 20000$$

- или 2 m , шта год да је мање, а најмање 1 m .

7.1.2 Заштита танкова с горивом

- Уместо заштите танкова, могуће је применити пробабилистичку алтернативу у оквиру које се разматра истицање горива у случају оштећења танкова.
- Треба израчунати параметар средњег истицања O_M :

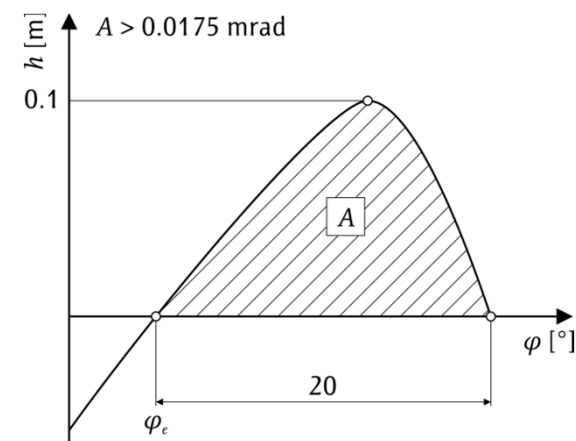
$$O_M \leq 0.0157 - 1.14 \cdot 10^{-6} \cdot C \quad \text{за } 600 \text{ m}^3 < C < 5000 \text{ m}^3$$

$$O_M \leq 0.010 \quad C \geq 5000 \text{ m}^3$$

- Параметар средњег истицања O_M рачуна се на основу средњих истицања при оштећењу дна O_{MB} и бока O_{MS} .
- Средња истицања O_{MB} и O_{MS} одређују се на основу вероватноће оштећења појединих танкова у дводну и двобоку и истицања из тих танкова.
- Ако прорачун покаже да је истицање мање од O_M нема потребе за заштитом танкова двоструким трупом.
- Пробабилистичка алтернатива важи само за комплетну конфигурацију танкова и не може се применити на поједишне танкове.

7.1.3 Преграђивање и стабилитет оштећеног брода

- Пропис 28 односи се на непотопивост; у питању су детерминистичка правила.
- Прописи претпостављају место и величину оштећења на боку односно дну.
- Танкер у баласту (када не транспортује нафту) се не разматра.
- Место претпостављеног оштећења зависи од дужине брода L .
- Прописане су дужина, дубина и висина оштећења бока односно дна брода.
- Стабилитет оштећеног брода је задовољавајући ако су испуњени следећи услови:
 - У крајњем положају пливања, доња ивица свих незаштићених отвора кроз које би брод могао да се незадрживо наплављује је изнад воде; незаштићени отвори обухватају одушнике, врата и поклопце непропусне на непогоде и сл.
 - У крајњем положају наплављивања, угао нагиба услед ексцентричног продора може да буде највише 25° односно 30° ако палуба не улази у воду.
 - Крак стабилитета у крајњем положају пливања треба да испуњава одређене услове (слика).
 - Стабилитет у међуфазама треба да буде *задовољавајући* према мишљењу Заставе.



7.2 Annex II: Контрола загађења штрудљивим течностима које се превозе у расутом стању

- Ступио на снагу 1987.
- Односи се на стандарде пројектовања, градње, опремања и експлоатације хемијских танкера.
- Хемијски танкери (*chemical tankers*) изграђени након 1986. треба да буду усклађени са захтевима Кода за транспорт хемикалија у расутом стању (*International Bulk Chemical Code, IBC*).
- Прописи препознају око 250 штрудљивих течности.
- Талози и остаци након прања танкова у којима су транспортоване овакве течности могу се испуштати само у посебне инсталације, под условима који зависе од својстава супстанце.
- Посебна област Анекса II је Антарктик.

7.2 Annex II: Контрола загађења штрудљивим течностима које се превозе у расутом стању

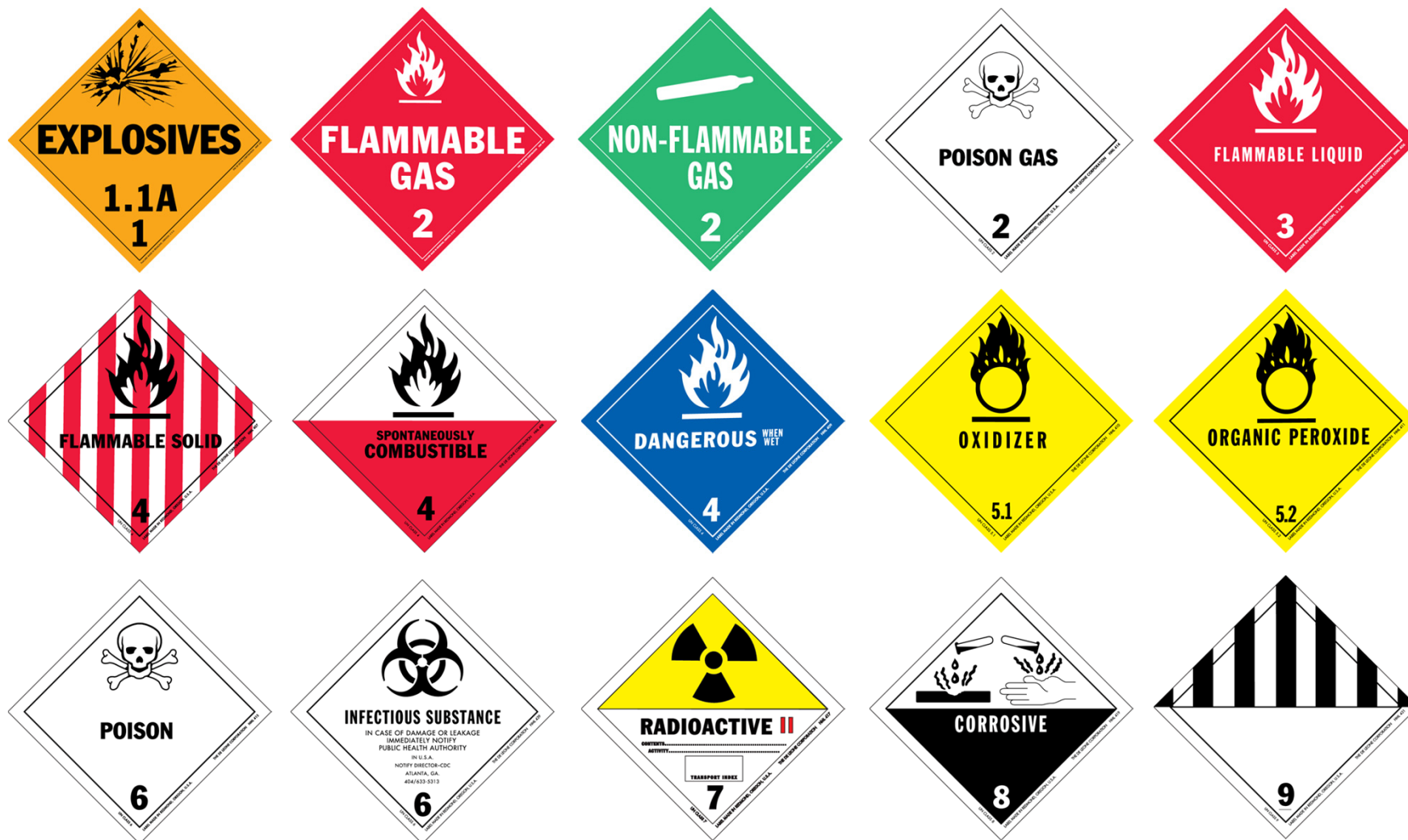
- Постоје четири категорије штрудљивих течности:
 - категорија X – течности чије је испуштање у море забрањено, јер представљају озбиљну опасност за морску средину или људско здравље;
 - категорија Y – течности чије је испуштање у море ограничено, јер представљају опасност за морску средину или људско здравље или оштећује имовину;
 - категорија Z – течности на које се примењују мање строги прописи јер представљају малу опасност за морску средину или људско здравље или имовину;
 - друге супстанце, за које је утврђено да не припадају ниједној од категорија X, Y или Z јер не представљају опасност за морску средину, људско здравље или имовину.
- Транспорт и испуштање некатегоризованих течности је забрањено.
- Вода која се накнадно укрца у танкове у којима је претходно била нека од течности категорије X, Y или Z може се испуштати испод водне линије док се брод креће брзином од најмање 7 kn, најмање 12 nm од обале, у води дубине најмање 25 m.

7.3 Annex III: Спречавање загађења штетним супстанцама које се превозе упаковане

- Ступио на снагу 1992.
- Прописи се односе на паковање, обележавање, чување, ограничења количине штетних супстанци да би се смањила могућност загађења.
- Бацање штетних супстанци у море је забрањено и може бити дозвољено само ако је угрожена сигурност брода или посаде.
- Класификација, паковање и обележавање опасних терета, мере опрезности у руковању, поступање у случају опасности и др. предмет су Смерница за поморски транспорт опасних терета, познатих као IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*) Code.

7.3 Annex III: Спречавање загађења штетним супстанцама које се превозе упаковане

- Неке ознаке опасних терета.



7.4 Annex IV: Спречавање загађења отпадним водама са брода

- Ступио на снагу 2003.
- Примењује се на бродове:
 - нове бродове > 200 GT;
 - нове бродове < 200 GT ако превозе више од 10 људи;
 - небаждарене нове бродове који превозе више од 10 људи;
 - постојеће бродове горенаведених карактеристика након *phase-in* периода од 10 година по ступању Анекса на снагу.
- Садржи прописе који се односе на:
 - испуштање отпадне воде;
 - бродску опрему и системе за контролу испуштања отпадне воде;
 - лучке инсталације за скупљање отпадне воде.
- Отпадне воде (*sewage*) обухватају:
 - канализацију из тоалета;
 - отпадне воде из бродских амбуланти;
 - отпадне воде из простора са животињама;
 - друге отпадне воде помешане са горенаведеним.

7.4 Annex IV: Спречавање загађења отпадним водама са брода

- На отвореном мору, природне бактерије разграђују прљаву воду.
- Испуштање отпадних вода је забрањено, али:
 - ако је дезинфикована, отпадна вода може да се испусти на најмање 4 nm од обале;
 - ако није дезинфикована, отпадна вода може да се испусти на најмање 12 nm од обале;
 - горенаведено је могуће ако се отпадна вода испушта *умереном брзином*, а не одједном, док се брод креће брзином од најмање 4 kn.
- Испуштање је такође дозвољено ако су отпадне воде претходно третиране у одговарајућем бродском постројењу које је одобрила Застава, а које је у складу са смерницама и препорукама ИМО.
- Испуштање отпадних вода које није у складу са прописима дозвољено је само ако је угрожена сигурност брода, или посаде / путника или је неопходно током неке операције спасавања.
- С техничке стране, прописане су димензије и карактеристике *стандардној прикључка за испуштање отпадних вода (standard discharge connection)* помоћу којег се брод повезује са цевопроводом инсталације за прикупљање отпадних вода.

7.5 Annex V: Спречавање загађења смећем са брода

- Ступио на снагу 1988.
- Смеће може бити једнако смртоносно као нафта или хемикалије! [ЛИНК](#)
- Анекс дефинише различите типове смећа.
- Смеће укључује све врсте хране и отпад који настаје при нормалном, свакодневном раду брода (осим свеже рибе).
- Прописи одређују удаљеност од копна где се смеће може избацити и начин избацивања смећа.
- Такође, обавезује Владе држава-потписница да поставе инсталације за одлагање смећа у лукама.
- Бацање уља за кување и пластике у море потпуно је забрањено, чак и у виду пепела из пећи за спаљивање отпада (инцинератора).
- Бацање другог отпада у обалним водама и *посебним областима* је ограничено.
- Посебне области Анекса V су Медитеран, Балтичко, Северно, Црно и Црвено море, Персијски залив, Антарктик и шире подручје Карипских острва.

7.5 Annex V: Спречавање загађења смећем са брода

- Детаљно прописана процедура за третман смећа (*Garbage Management Plan*) обавезна је за:
 - све бродове > 100 GT
 - све бродове који превозе 15 особа и више.
- Дневник одлагања смећа (*Garbage Record Book*) обавезан је за:
 - све бродове > 400 GT
 - све бродове који превозе 15 особа и више.
- И једно и друго обавезно је за платформе, фиксирани или плутајуће.
- *Garbage Management Plan*: писана процедура за смањење количине смећа, сакупљање, складиштење, прераду и одлагање смећа насталог на броду, укључујући примену одговарајуће бродске опреме.
- *Garbage Record Book*: дневник одлагања / спаљивања смећа који садржи време, место и тип одложеног / спаљеног смећа.
- У дневник треба унети и случајно непрописно избацивање смећа.
- Предвиђено је да на бродовима постоје пећи за спаљивање отпадака (инцинератори).

7.5 Annex V: Спречавање загађења смећем са брода

- Поступање са различитим врстама смећа:

Garbage Type	All ships except platforms		Offshore platforms
	Outside special areas	In special areas	
Plastics - includes synthetic ropes and fishing nets and plastic garbage bags	Disposal prohibited	Disposal prohibited	Disposal prohibited
Floating dunnage, lining and packing materials	>25 miles offshore	Disposal prohibited	Disposal prohibited
Paper, rags, glass, metal, bottles, crockery and similar refuse	>12 miles	Disposal prohibited	Disposal prohibited
All other garbage including paper, rags, glass, etc. comminuted or ground	>3 miles	Disposal prohibited	Disposal prohibited
Food waste not comminuted or ground	>12 miles	>12 miles	Disposal prohibited
Food waste comminuted or ground	>3 miles	>12 miles	>12 miles
Mixed refuse types	****	****	****

7.6 Annex VI: Спречавање загађења ваздуха издувним гасовима и испарењима са брода

- Усвојен 1997. а ступио на снагу 2005.
- Примењује се на све бродове, осим уколико није посебно наглашено другачије.
- Забрањује се, односно ограничава примена једињења која оштећују озонски омотач.
- Ограничава се ниво азотових и сумпорових оксида, NO_x и SO_x у издувним гасовима бродских мотора.
- Дефинише се квалитет бродског горива.
- Прописи се односе и на непомичне и плутајуће платформе.



7.6 Annex VI: Спречавање загађења ваздуха издувним гасовима и испарењима са брода

- Једињења која се користе на бродовима а штетна су за озонски омотач:
 - халони – користе се у системима за гашење пожара;
 - хлорофлуороугљеници (CFCs) – користе се за климатизацију стамбених просторија, расхлађивање товарних простора и хлађење и изолацију контејнера;
- Халони су забрањени на бродовима трговачке морнарице, а хлорофлуороугљеници су дозвољени до 1. јануара 2020.
- Ограничења која се односе на садржај NO_x у издувним гасовима, примењују се на све бродске дизел моторе снаге веће од 130 kW.
- Дозвољени садржај NO_x (у g/kWh) одређује се према номиналном броју обртаја мотора.
- Мотори који нису усклађени са овим захтевима су забрањени, осим у случајевима када постоји посебан систем за пречишћавање издувних гасова.
- Прописи су допуњени Резолуцијом 2 MARPOL конференције, тзв. NO_x кодом (*Technical Code on Control of Emission of Nitrogen Oxides from Marine Diesel Engines*).
- Сврха NO_x кода је дефинисање поступака за тестирање, испитивање и утврђивање карактеристика дизел мотора како би се постигло да бродски дизел мотори буду усклађени са захтевима конвенције MARPOL.

7.6 Annex VI: Спречавање загађења ваздуха издувним гасовима и испарењима са брода

- Од 1. јануара 2012, садржај сумпора у било ком гориву на броду не сме бити већи од 3.5% m/m (смањење у односу на првобитних 4.5% m/m).
- Од 1. јануара 2020, садржај сумпора у бродским горивима би требало да буде смањен на 0.5% m/m, што зависи од студије изводљивости која треба да буде објављена до 2018.
- Прописима се успостављају посебне зоне за контролу издувних гасова (*sulphur emission control areas, SECAs* и *nitrogen oxide emission control areas, NECAs*) где су захтеви строжи.
- То су Северно и Балтичко море (SECAs), већи део обале САД и Канаде (SECAs и NECAs) и део Карипског мора (SECAs и NECAs).
- Првобитно дозвољени удео сумпора у SECAs зонама био је 1.5%, што је затим смањено на 1% од 1. јула 2010.
- У SECAs зонама, удео сумпора од 1. јануара 2015. смањен је на 0.1%.
- Европска Унија има сопствена (строжа) правила која се односе на садржај сумпора у гориву морских бродова који користе луке ЕУ, бродова унутрашње пловидбе и посебна правила за SECAs зоне.
- Директива 2005/33/ЕС допуњена Директивом 2012/33/EU.



References

Литература

- ABS, 2008, American Bureau of Shipping, Assessment of parametric roll resonance in the design of container carriers, Houston.
- ABS, 2010, American Bureau of Shipping, Guidance notes on alternative design and arrangements for fire safety, Houston.
- ABS, 2014, American Bureau of Shipping, Guide for crew habitability on ships, Houston.
- ABS, 2014a, American Bureau of Shipping, Guide for certification of container securing systems, Houston.
- ADN, 2015, European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways, United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), Committee on Inland Transport, New York and Geneva.
- AMRIE/ISL, 2006, The Alliance of Maritime Regional Interests in Europe, Institute of Shipping Economics and Logistics, Tonnage Measurement Study, Final report, Bremen/Brussels.
- Antonenko, S.V., Petrova, V.O., Rybalkin, Y.G., 2009, Evaluation of timber carrier deck cargo jettison dynamics, In: Proceedings of the 10th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, St. Petersburg.
- Aven, T., 2012, The risk concept – historical and recent development trends, Reliability Engineering and System Safety, Vol. 99, pp. 33-44.
- Bačkalov, I., 2012, A probabilistic analysis of stability regulations for river-sea ships, In: Proceedings of the 11th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles, Athens.
- Bačkalov, I., 2013, Stability of European inland vessels: deterministic regulations vs. probabilistic approach, In: Proceedings of the First International Conference “Safety and Energy Efficiency in River Transportation for a Sustainable Development of the Peruvian Amazon Region”, Iquitos.
- Bačkalov, I., 2015, Impact of contemporary ship stability regulations on safety of shallow-draught inland container vessels, Safety Science, Vol. 72, pp. 105-115.
- Bačkalov, I., Bulian, G., Cichowicz, J., Eliopoulou, E., Konovessis, D., Leguen, J.F., Rosén, A., Themelis, N., 2015, Ship stability, dynamics and safety: status and perspectives, In: Proceedings of the 12th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles, Glasgow.
- Bačkalov, I., Bulian, G., Rosén, A., Shigunov, V., Themelis, N., 2015a, Ship stability & safety in intact condition through operational measures, In: Proceedings of the 12th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles, Glasgow.

Bačkalov, I., Kalajdžić, M., Hofman, M., 2008, On safety of inland container vessels designed for different waterways, FME Transactions, Vol. 36, No. 2, pp. 51-57.

Bačkalov, I., Kalajdžić, M., Hofman, M., 2010, Inland vessel rolling due to severe beam wind: a step towards a realistic model, Probabilistic Engineering Mechanics, Vol. 25, No. 1, pp. 18–25.

Bačkalov, I., Rudaković, S., 2016, Influence of freeboard on ship stability in rough weather: a probabilistic analysis, FME Transactions, Vol. 44, No. 1, pp. 23–29.

Belenky, V., Bassler, C., Spyrou, K.J., 2011, Development of Second Generation Intact Stability Criteria, Naval Surface Warfare Center Carderock Division, Report NSWCCD-50-TR-2011/065, West Bethesda.

Belenky, V., Bassler, C., 2010, Procedures for early-stage naval ship design evaluation of dynamic stability: influence of the wave crest, Naval Engineers Journal, Vol. 122, Issue 2, pp. 93–106.

Belenky, V., Breuer, A., 2007, Intact and damage stability of ships and offshore structures – bridging the gap, In: Proceedings of the 10th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures, Houston.

Belenky, V., de Kat, J.O., Umeda, N., 2008, Toward performance-based criteria for intact stability, Marine Technology, Vol. 45, No. 2, pp. 101-123.

Belenky, V., Suzuki, S., Yamakoshi, Y., 2001, Preliminary results of experimental validation of practical nonergodicity of large amplitude rolling motion, In: Proceeding of the 5th International Workshop on Stability and Operational Safety of Ships, Trieste.

Belenky, V., Weems, K., Bassler, C., Dipper, M., Campbell, B., Spyrou, K., 2008a, Approaches to rare events in stochastic dynamics of ships, Probabilistic Engineering Mechanics, Vol. 28, pp. 30-38.

Belenky, V.L., Sevastianov, N.B., 2007, Stability and safety of ships: risk of capsizing, The Society of Naval Architect and Marine Engineers, New Jersey.

Bertaglia, G., Scarpa G., Serra, A., Francescutto, A., Bulian, G., 2004, Systematic experimental tests for the IMO Weather Criterion requirements and further development towards a probabilistic intact stability approach, In: Proceedings of the 7th International Ship Stability Workshop, Shanghai.

Biran, A. B., 2003, Ship Hydrostatics and Stability, Butterworth Heinemann, Oxford.

Bird, H., Odabasi, A.Y., 1975, State of Art: Past, Present and Future, In: Proceedings of the International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Glasgow.

Blume, P., Hattendorf, H.G., 1982, Stability criteria for present day ships designs, In: Proceedings of the 2nd International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Tokyo.

Boonstra, H., de Jongh, M.P., 2003, Initial safety assessment of small container feeders – A study into the Dongedijk accident and stability sensitivity of low freeboard ships, Report no. OvS 03/02, Maritime Knowledge Centre, Delft.

Boonstra, H., de Jongh, M.P., Kapsenberg, G.K., Pallazi, L., 2003, Initial safety assessment of small container feeders – A study into stability sensitivity of low freeboard ships, Report no. OvS 03/03, Maritime Knowledge Centre, Delft.

Boonstra, H., de Jongh, M.P., Pallazi, L., 2004, Safety assessment of small container feeders, In: Proceedings of the 9th Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures, Luebeck-Travemuende.

Borisov, R., Luzyanin, A., Kuteynikov, M., Samoylov, V., 2015, An approach to assess the excessive acceleration based on defining roll amplitude by Weather Criterion formula with modified applicability range, In: Proceedings of the 12th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles, Glasgow.

Branch, A.E., Robarts, M., 2014, Branch's Elements of Shipping, Routledge, London and New York.

Brunswig, J., Pereira, R., Kim, D., 2006, Validation of parametric roll motion predictions for a modern containership design, In: Proceedings of the 9th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Rio de Janeiro.

BSU, 2009, Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung, Investigation report, Very serious marine casualty: Fatal accident on board of CMV Chicago Express during typhoon "Hagupit" on 24 September 2008 off the coast of Hong Kong, Hamburg.

Buchner, B., 2002, Green Water on Ship-type Offshore Structures, Ph.D. Thesis, Technical University Delft, Delft.

Bulian, G., Francescutto, A., 2004, A simplified modular approach for the prediction of the roll motion due to the combined action of wind and waves. Proceedings of Institution of Mechanical Engineers, Part M, Journal of Engineering for the Maritime Environment, Vol. 218, pp. 189–212.

Bulian, G., Francescutto, A., 2011, Considerations on parametric roll and dead ship conditions for the development of Second Generation Intact Stability Criteria, In: Proceedings of the 12th International Ship Stability Workshop, Washington, D.C.

BV, 2009, Bureau Veritas, Rules for the Classification of Inland Navigation Vessels, Antwerp.

BV, 2014, Bureau Veritas, Safety of ro-ro passenger & cruise ships, www.veristar.com

BV, 2014a, Bureau Veritas, Rules for the Classification of Steel Ships, www.veristar.com

BVBS, 2006, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Richtlinien für die Überwachung der Schiffsstabilität (Guidelines for the onboard management of stability), Verkehrsblatt, Dokument Nr. B 8011, Bonn/Berlin.

CCNR, 2013, Commission centrale pour la navigation du Rhin, Instructions de service aux commissions de visite en vertu de l'article 1.07 du règlement de visite des bateaux du Rhin, Strasbourg.

CEMT, 1992, Conférence Européene des ministres des transports / European conference of ministers of transport (CEMT/ECMT), Resolution No. 92/2 on New classification of inland waterways, Athens.

Chan, F., 2012, Fat is a maritime issue, The Naval Architect, March Issue, pp. 16.

COI, 2012, Commission of Inquiry, Report of the Commission of Inquiry into the sinking of Rabaul Queen, Port Moresby.

Dabuois, B., 2010, What classification rules for the future and what future for classification? In: Proceedings of the 19th Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding, SORTA XIX, Lumbarda.

Dallinga, R., Gaillarde, G., 2001, Hatch cover loads experienced by M.V. Derbyshire during typhoon Orchid, Glasgow Marine Fair and International Workshop on Safety of Bulk Carriers, Glasgow.

Delautre, A., Eliopoulou, E., Mikelis, N., 2005, The influence of regulations on the safety record of the aframax tankers", EU funded project POP&C deliverable.

de Leeuw van Weenen, R.P., Quispel, M., Visser J., 2011, Closure of River Rhine at the Lorelei Rock: Estimate of Impact and Allocation of Damage, Zoetermeer.

Department of Marine Services and Merchant Shipping, Antigua and Barbuda, 2004, Investigation report, Very serious marine casualty: Capsizing after grounding and death of 18 crew members of MV ROCKNES on 19 January 2004 in Vatllestraumen/sea area south of Bergen, Bremerhaven.

DMAIB, 2014, The Danish Maritime Accident Investigation Board, Marine accident report, SVENDBORG MÆRSK – Heavy weather damage on 14 February 2014, Valby.

- DNV GL, 2015, Guideline for design and operation of vessels with bulk cargo that may liquefy, Høvik, Hamburg.
- Dodman, J., 2010, Going forward with Safe Return to Port, In: Proceedings of the 11th International Ship Stability Workshop, Wageningen.
- Døhlie, K.A., 2006, Parametric Rolling – a problem solved? DNV Container Ship Update, No. 1, February Issue, pp. 12-15.
- Dorin, V.S., Nikolaev, E.P., Rakhmanin, N.N., On dangerous situations fraught with capsizing, In: Proceedings of the International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Glasgow.
- DoT, 1988, Department of Transport, MV Herald of Free Enterprise, Report of Court No. 8074, Formal Investigation.
- DSC, 2002, Dutch Shipping Council (Raad voor de Scheepvaart), Uitspraak 8 van de raad voor de Scheepvaart inzake het kapseizen van het Nederlandse containerschip “Dongedijk”, bijvoegsel van de Nederlandse Staatscourant, woensdag 1 mei 2002, nr 82.
- EC, 2003, Directive of the European Parliament and of the Council, on specific stability requirements for ro-ro passenger ships (2003/25/EC), Official J. European Union, 14 April 2003.
- EC, 2006, Directive of the European Parliament and of the Council, laying down technical requirements for inland waterway vessels (2006/87/EC), Official J. European Union, 12 December 2006.
- EC, 2008, Directive of the European Parliament and of the Council, on the inland transport of dangerous goods (2008/68/EC), Official J. European Union, 30 September 2008.
- El Moctar, O., Povel, D., Shigunov, V., Tide, A., 2010, Fire investigation in a container, Ship Technology Research – Schiffstechnik, Vol. 57, No. 1, pp. 40-55.
- Equasis Statistics, 2014, The world merchant fleet in 2013, <http://www.emsa.europa.eu/>
- Faulkner, D., 2001, An analytical assessment of the sinking of the M.V. Derbyshire, RINA Transactions, London.
- France, W., Levadou, M., Treacle, T.W., Paulling, J.R., Michel, R.K., Moore, C., 2003, An investigation of head-sea parametric rolling and its influence on container lashing systems, Marine Technology, Vol. 40, No. 1, pp. 1-19.
- Francescutto, A., 2002, Intact ship stability – the way ahead, In: Proceedings of the 6th International Ship Stability Workshop, New York.

Francescutto, A., 2007, The intact ship stability code: present status and future developments, In: Proceedings of the 2nd International Conference on Marine Research and Transportation, ICMRT '07, Ischia.

Francescutto, A., 2015, Intact stability criteria of ships – past, present and future, In: Proceedings of the 12th International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles, Glasgow.

Francescutto, A., Papanikolaou, A., 2011, Buoyancy, stability, and subdivision: from Archimedes to SOLAS 2009 and the way ahead, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment February 1, Vol. 225, pp. 17-32.

Francescutto, A., Serra, A., 2001, Weather Criterion for intact stability of large passenger vessels, In: Proceedings of the 5th International Ship Stability Workshop, Trieste.

Francescutto, A., Serra, A., 2002, Experimental tests on ships with large values of B/T, OG/T and roll period, In: Proceedings of the 6th International Ship Stability Workshop, New York.

Gaillarde, G., Zheng, X., 2001, MARIN model tests - green seas hatch loading on bulk carriers, In: Proceedings of the International RINA Conference on safety of Bulk Carriers – Post Derbyshire, London.

Galeazzi, R., 2009, Autonomous supervision and control of parametric roll resonance, PhD Thesis, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby.

GL, 2009, Germanischer Lloyd, Rules for classification and construction, Analysis techniques, Risk analyses, Guidelines for the analysis of alternative design and arrangements (V-2-1), Hamburg.

GL, 2013, Germanischer Lloyd, Rules for classification and construction, Ship technology, Seagoing ships, Stowage and lashing of containers (I-1-20), Hamburg.

GMF, 2005, The German Merchant Fleet 2005/2006, Seehafen Verlag, Hamburg.

Hamann, R., Papanikolaou, A., Eliopoulou, E., Golyshev, P., 2013, Assessment of safety performance of container ships, In: Proceedings of the 5th International Design for Safety Conference, Shanghai.

HARDER, 2001, Wave height distribution according to damage statistics, Harmonization of rules and design rational, EU funded Research Project, FP5, DG XII-BRITE.

HARDER, 2003, Final technical report, Harmonization of rules and design rational, EU funded Research Project, FP5, DG XII-BRITE.

Hofman, M., 2009, Ponašanje broda na talasima, Predavanja, Mašinski fakultet, Beograd.

Hofman, M., Bačkalov, I., 2005, Weather criterion for seagoing and inland vessels – some new proposals, In: Proceedings of International Conference on Marine Research and Transportation, ICMRT '05, Ischia.

Hofman, M., Bačkalov, I., 2007, Cougar Ace: the tipping point, The Naval Architect, April Issue, pp. 10-11.

Hofman, M., Bačkalov, I., 2010, Risk-based analysis of inland vessel stability, In: Proceedings of the 11th International Ship Stability Workshop, Wageningen.

Hogben, N., Dacunha, N.M.C., Olliver, G.F., 2000, Global wave statistics, British Maritime Technology Limited, Teddington.

Hormann, H., Wagner, D., 1986, Stability criteria for present day ships designs, In: Proceedings of the 3rd International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Gdansk.

HSVA, 2008, Research study on the sinking sequence and evacuation of the MV Estonia - Final report, Hamburg.

HSVA, 2009, Research for the parameters of the damage stability rules including the calculation of water on deck of Ro-Ro passenger vessels, for the amendment of the directives 2003/25/EC and 98/18/EC. Final report part I–II, funded by EMSA, Hamburg.

IACS, 2001, Recommendation No. 34, Standard Wave Data, London.

IACS, 2015, Testing procedures of watertight compartments (S14), London.

IACS/LL, 2008, Interpretations of the International Convention on Load Lines, 1966, Scuppers, inlets and discharges (Regulation 22(1)) (LL 11), London.

IACS/LL, 2008a, Interpretations of the International Convention on Load Lines, 1966, Ships with assigned or reassigned reduced freeboards and intended to carry deck cargo (LL 65), London.

IACS/SC, 2008, International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974 and its Amendments, Timber deck cargo in the context of damage stability requirements (SC 161), London.

IMCO/STAB, 1979, Sub-committee on Subdivision, Stability and Load Lines, 23rd session, Agenda item 4 (STAB XXIII/WP.5), Second report of the working group, London.

IMCO/STAB, 1979, Sub-committee on Subdivision, Stability and Load Lines, 23rd session, Agenda item 4 (STAB XXIII/WP.5), Second report of the working group, London.

IMCO/STAB, 1982, Sub-committee on Subdivision, Stability and Load Lines, 27th session, Agenda item 5 (STAB 27/WP.3), Report of the ad hoc working group, London.

IMO, 1968a, Resolution A.167(ES.IV), Recommendation on intact stability of passenger and cargo ships under 100 metres in length, London.

IMO, 1968b, Resolution A.168(ES.IV), Recommendation on intact stability of fishing vessels, London.

IMO, 1973, Resolution A.265(VIII), Regulations on subdivision and stability of passenger ships as an equivalent to Part B of Chapter II of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1960, London.

IMO, 1975, Resolution A.320(IX), Regulation equivalent to Regulation 27 of the International Convention on Load Lines, 1966, London.

IMO, 1983, Resolution A.514(13), Amendments to the Regulation equivalent to Regulation 27 of the International Convention on Load Lines, 1966, London.

IMO, 1991, Resolution A.714(17), 1991 Code of safe practice for cargo stowage and securing, London.

IMO, 1993, Resolution A.747(16), Application of tonnage measurement of segregated ballast tanks in oil tankers, London.

IMO, 1995, Resolution 14, Regional agreements on specific stability requirements for ro-ro passenger ships, London.

IMO, 1997, Focus on IMO: IMO and ro-ro safety, London.

IMO, 2011, Resolution A.1048(27), Code of safe practice for ships carrying timber deck cargoes, 2011 (2011 TDC Code), London.

IMO/CCC, 2014, Sub-committee on Carriage of Cargoes and Containers, 1st session, Agenda item 12 (CCC 1/INF.9), Estimate of containers lost at sea, Submitted by the World Shipping Council, London.

IMO/CCC, 2014b, Sub-committee on Carriage of Cargoes and Containers, 1st session, Agenda item 8 (CCC 1/INF.2), Investigation on the fire and explosion on board the MSC Flaminia, Submitted by Germany, London.

IMO/CCC, 2014a, Sub-committee on Carriage of Cargoes and Containers, 1st session, Agenda item 12 (CCC 1/12), Development of measures aimed at preventing the loss of containers, Submitted by France and Spain, London.

IMO/DSC, 2006, Sub-committee on Dangerous Goods, Solid Cargoes and Containers, 11th session Agenda item 13 (DSC 11/13), Report of Correspondence Group on the Guidance on providing safe working conditions for securing of containers, Submitted by the United Kingdom, London.

IMO/FP, 2009, Sub-committee on Fire Protection, 54th session, Agenda item 15 (FP 54/INF.2), FSA – Container fire on deck, Details of the Formal Safety Assessment, Submitted by Germany, London.

IMO/MEPC, 2008, Marine Environment Protection Committee, 58th session, Agenda item 17 (MEPC 58/INF.2), FSA – Crude Oil Tankers, Submitted by Denmark, London.

IMO/MSC, 1991, Resolution MSC.23(59), Adoption of the international code for the safe carriage of grain in bulk, London.

IMO/MSC, 1994, MSC/Circ.608/Rev.1, Interim guidelines for open-top containerships, London.

IMO/MSC, 1995, MSC/Circ.707, Guidance to the master for avoiding dangerous situations in following and quartering seas, London.

IMO/MSC, 1996, Resolution MSC.48(66), Adoption of the International Life-Saving Appliance (LSA) Code, London.

IMO/MSC, 2000, Maritime Safety Committee, 72nd session, Agenda item 16 (MSC 72/16), Decision parameters including risk acceptance criteria, Submitted by Norway, London.

IMO/MSC, 2000a, Resolution MSC.98(73), Adoption of the International Code for fire safety systems, London.

IMO/MSC, 2001, MSC/Circ.1002, Guidelines on alternative design and arrangements for fire safety, London.

IMO/MSC, 2003, Maritime Safety Committee, 78th session, Agenda item 24 (MSC 78/INF.5), Revision of the Code on Intact Stability, Submitted by Germany, London.

IMO/MSC, 2003a, Resolution MSC.143(77), Adoption of amendments to the Protocol of 1988 relating to the International Convention on Load Lines, 1966, London.

IMO/MSC, 2004, Maritime Safety Committee, 78th session, Agenda item 26 (MSC 78/26), Report of the Maritime Safety Committee, London.

IMO/MSC, 2004a, Maritime Safety Committee, 78th session, Agenda item 24 (MSC 78/24/5), Reconsideration of the International Tonnage Convention (ITC 69) with regard to open-top containerships, Submitted by Germany, London.

IMO/MSC, 2005, Maritime Safety Committee, 80th session, Agenda item 24 (MSC 80/24), Report of the Maritime Safety Committee, London.

IMO/MSC, 2005a, MSC.1/Circ.1166, Guidelines for a simplified evacuation analysis for high-speed passenger craft, London.

IMO/MSC, 2006, MSC.1/Circ.1200, Interim guidelines for alternative assessment of the weather criterion, London.

IMO/MSC, 2006b, Resolution MSC.234(82), Recommendations concerning tonnage measurement of open-top containerships, London.

IMO/MSC, 2006a, Maritime Safety Committee, 81st session, Agenda item 25 (MSC 81/25), Report of the Maritime Safety Committee, London.

IMO/MSC, 2007, MSC.1/Circ.1238, Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships, London.

IMO/MSC, 2007a, MSC.1/Circ.1245, Guidelines for damage control plans and information to the master, London.

IMO/MSC, 2007b, Maritime Safety Committee, 83rd session, Agenda item 25 (MSC 83/25/2), Improving fire-fighting water drainage on vehicle decks of ro-ro passenger and ro-ro cargo ships, Submitted by Egypt, London.

IMO/MSC, 2007c, Maritime Safety Committee, 83rd session, Agenda item 3 (MSC 83/3/2), Drainage of enclosed ro-ro spaces or special category spaces situated on the bulkhead deck, Submitted by Denmark, Norway and Sweden, London.

IMO/MSC, 2007d, Maritime Safety Committee, 83rd session, Agenda item 21 (MSC 83/INF.2), Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process (MSC/Circ.1023–MEPC/Circ.392), Note by the Secretariat, London.

IMO/MSC, 2007e, Maritime Safety Committee, 83rd session, Agenda item 21 (MSC 83/INF.8), FSA – container vessels, Details of the Formal Safety Assessment, Submitted by Denmark, London.

IMO/MSC, 2007f, MSC.1/Circ.1228, Revised guidance to the master for avoiding dangerous situations in adverse weather and sea conditions, London.

IMO/MSC, 2008, Resolution MSC.281(85), Explanatory Notes to the SOLAS Chapter II-1 Subdivision and Damage Stability Regulations, London.

IMO/MSC, 2008a, Resolution MSC.267(85), Adoption of the international code on intact stability, 2008, (2008 IS CODE), London.

IMO/MSC, 2008b, MSC.1/Circ.1281, Explanatory Notes to the International Code on Intact Stability, 2008, London.

IMO/MSC, 2008c, MSC.1/Circ.1291, Guidelines for flooding detection systems on passenger ships, London.

IMO/MSC, 2008d, Resolution MSC.255(84), Adoption of the code of the international standards and Recommended practices for a safety investigation into a marine casualty or marine incident (Casualty investigation code), London.

IMO/MSC, 2008e, Resolution MSC.268(85), Adoption of the international maritime solid bulk cargoes (IMSBC) code, London.

IMO/MSC, 2008f, Maritime Safety Committee, 85th session, Agenda item 17 (MSC 85/INF.3), FSA – RoPax ships, Details of the Formal Safety Assessment, Submitted by Denmark, London.

IMO/MSC, 2009, MSC.1/Circ.1320, Guidelines for the drainage of fire-fighting water from closed vehicle and ro-ro spaces and special category spaces of passenger and cargo ships, London.

IMO/MSC, 2009b, Maritime Safety Committee, 87th session, Agenda item 18 (MSC 87/INF.2), FSA – Dangerous goods transport with open-top container vessels, Submitted by Denmark, London.

IMO/MSC, 2009a, MSC.1/Circ.1321, Guidelines for measures to prevent fires in engine-rooms and cargo pump-rooms, London.

IMO/MSC, 2010, MSC.1/Circ.1380, Guidance for watertight doors on passenger ships which may be opened during navigation, London.

IMO/MSC, 2010a, Resolution MSC.307(88), Adoption of the International Code for Application of Fire Test Procedures, 2010, (2010 FTP CODE), London.

IMO/MSC, 2010b, MSC.1/Circ.1369, Interim Explanatory Notes for the assessment of passenger ship systems capabilities after a fire or flooding casualty, London.

IMO/MSC, 2011, MSC.1/Circ.1400, Guidelines on operational information for masters of passenger ships for safe return to port by own power or under tow, London.

IMO/MSC, 2011a, Maritime Safety Committee, 89th session, Agenda item 9 (MSC 89/9/5), Concept of a reduced gross tonnage, Submitted by Germany, London.

IMO/MSC, 2012, Maritime Safety Committee, 90th session, Agenda item 132 (MSC 90/INF.3), Short study on the 1969 TM Convention's impacts on crew well-being, vessel safety, limitation on innovation and competition distortion, Submitted by the International Transport Workers' Federation (ITF), London.

IMO/MSC, 2012a, Maritime Safety Committee, 90th session, Agenda item 12 (MSC 90/12/3), Bulk carrier casualties caused by cargo liquefaction, Submitted by INTERCARGO, ICS, BIMCO, P&I Clubs and IUMI, London.

IMO/MSC, 2013, Resolution MSC.354(92), Amendments to the International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code, London.

IMO/MSC, 2014, MSC.1/Circ.1353/Rev.1, Revised guidelines for the preparation of the Cargo Securing Manual, London.

IMO/MSC, 2014a, Maritime Safety Committee, 94th session, Agenda item 21 (MSC 94/21), Report of the Maritime Safety Committee, London.

IMO/MSC, 2014b, MSC.1/Circ.1475, Guidelines regarding the verified gross mass of a container carrying cargo, London.

IMO/MSC, 2015, MSC.1/Circ.1395/Rev.2, Lists of solid bulk cargoes for which a fixed gas fire-extinguishing system may be exempted or for which a fixed gas fire-extinguishing system is ineffective, London.

IMO/MSC-MEPC, 2002, MSC/Circ.1023, MEPC/Circ.392, Guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process, London.

IMO/MSC-MEPC, 2006, MSC-MEPC.2/Circ.5, Amendments to the Guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process (MSC/Circ.1023 - MEPC/Circ.392), London.

IMO/MSC-MEPC, 2013, MSC-MEPC.2/Circ.12, Revised guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process, London.

IMO/SDC, 2013, Sub-committee on Ship Design and Construction, 1st session, Agenda item 5 (SDC 1/INF.6), Vulnerability assessment for dead-ship stability failure mode, Submitted by Italy and Japan, London.

IMO/SDC, 2013a, Sub-committee on Ship Design and Construction, 1st session, Agenda item 6 (SDC 1/6), Technical consideration for the required subdivision index 'R', Submitted by Japan, London.

IMO/SDC, 2014, Sub-committee on Ship Design and Construction, 2nd session, Agenda item 5 (SDC 2/INF.10), Information collected by the Correspondence Group on Intact Stability, Submitted by Japan, London.

IMO/SDC, 2014a, Sub-committee on Ship Design and Construction, 2nd session, Agenda item 5 (SDC 2/5/4), Comments on Level 2 vulnerability criteria for dead-ship stability failure mode, Submitted by China, London.

IMO/SLF, 1998, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 42nd session, Agenda item 3 (SLF 42/3/2), Report of the intersessional Correspondence Group, Submitted by Sweden, London.

IMO/SLF, 2000, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 43rd session, Agenda item 4 (SLF 43/4/8), Direct method for freeboard and bow height estimation, Submitted by Poland, London.

IMO/SLF, 2000a, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 43rd session, Agenda item 4 (SLF 43/4/9), Simplified formulae for freeboard and bow height estimation, Submitted by Poland, London.

IMO/SLF, 2001, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 44th session, Agenda item 4 (SLF 44/4/4), Analyses and suggestions for reserve buoyancy of forward parts of bulk carriers, Submitted by China, London.

IMO/SLF, 2002, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 45th session, Agenda item 3 (SLF 45/3/5), Investigations and proposed formulations for the factors p , r and v : the probability of damage to a particular compartment or compartments, Report from the research project HARDER, Submitted by Norway and the United Kingdom, London

IMO/SLF, 2002a, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 45th session, Agenda item 4 (SLF 45/4/9), Influence of reduced freeboard on bulk carrier safety, Submitted by Germany, London.

IMO/SLF, 2002b, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 45th session, Agenda item 4 (SLF 45/4/3), Status of reserve buoyancy of forward parts of existing bulk carriers, Submitted by China, London.

IMO/SLF, 2003, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 46th session, Agenda item 6 (SLF 46/INF.13), Review of the Intact Stability Code, Information on a proposal of making the intact stability criteria mandatory, Submitted by Germany, London.

IMO/SLF, 2003a, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 46th session, Agenda item 3 (SLF 46/INF.5), Evaluation of Required Subdivision Index R for Passenger and Dry Cargo Ships, Report from the research project HARDER, Submitted by Norway and the United Kingdom, London.

IMO/SLF, 2004, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 47th session, Agenda item 3 (SLF 47/3/2), Report of the intersessional Correspondence Group, Submitted by Sweden, London.

IMO/SLF, 2004a, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 47th session, Agenda item 3 (SLF 47/3/4), Proposal for revised draft SOLAS regulation II-1/9 and 9-1 based on available statistics, Submitted by Germany and Norway, London.

IMO/SLF, 2004b, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 47th session, Agenda item 3 (SLF 47/INF.4), Bottom damage statistics for draft regulation 9, Submitted by Germany and Norway, London.

IMO/SLF, 2004c, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 47th session, Agenda item 6 (SLF 47/INF.5), Recordings of head sea parametric rolling on a PCTC, Submitted by Sweden, London.

IMO/SLF, 2004d, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 47th session, Agenda item 3 (SLF 47/3/18), Comments on documents SLF 47/3/1 and SLF 47/3/3, Submitted by China, London.

IMO/SLF, 2004e, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 47th session, Agenda item 3 (SLF 47/3/14), Evaluating the impact on passenger ship design of the draft new damage stability regulations, Submitted by France, London.

IMO/SLF, 2005, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 48th session, Agenda item 21 (SLF 48/21), Report to the Maritime Safety Committee, Submitted by the Secretariat, London.

IMO/SLF, 2005a, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 48th session, Agenda item 12 (SLF 48/12/2), Open-top containerships admeasurements in accordance with the 1969 TM Convention, Submitted by Germany, London.

IMO/SLF, 2007, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 50th session, Agenda item 4 (SLF 50/4/4), Framework for the development of new generation criteria for intact stability, Submitted by Japan, the Netherlands and the United States, London.

IMO/SLF, 2010, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 53rd session, Agenda item 7 (SLF 53/7/1), Operational information for masters of passenger ships for safe return to port by own power or under tow, Report of the SDS Correspondence Group, Submitted by the United Kingdom, London.

IMO/SLF, 2010a, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 53rd session, Agenda item 3 (SLF 53/INF.10), Information collected by the Correspondence Group on Intact Stability, Submitted by Japan, London.

IMO/SLF, 2010b, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 53rd session, Agenda item 3 (SLF 53/3/9), Comments on documents SLF 53/3/1 and SLF 53/INF.10, Submitted by Italy, London.

IMO/SLF, 2011, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 54th session, Agenda item 3 (SLF 54/3/1), Report of the Working Group at SLF 53 (part 2), Submitted by the Chairman of the Working Group, London.

IMO/SLF, 2011a, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 53rd session, Agenda item 19 (SLF 53/19), Report to the Maritime Safety Committee, Submitted by the Secretariat, London.

IMO/SLF, 2011b, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 54th session, Agenda item 9 (SLF 54/9/3), Comments on document MSC 89/9/5, Submitted by the International Association of Classification Societies (IACS), London.

IMO/SLF, 2012, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 55th session, Agenda item 3 (SLF 55/3/6), Proposal for calculation method of roll moment of inertia for parametric rolling criteria, Submitted by China, London.

IMO/SLF, 2012a, Sub-committee on Stability and Load Lines and on Fishing Vessels Safety, 55th session, Agenda item 9 (SLF 55/9/3), Reduced gross tonnage for accommodation spaces, Submitted by Germany, India, the United States and the International Transport Workers' Federation (ITF), London.

IMO/TM, 1993, TM.5/Circ.4, Provisional formula to calculate a reduced gross tonnage of open-top container ships, 1969, London.

IMO/TM, 2005, TM/Circ.91, Novel types of craft under regulation 1(3), Submitted by the Bahamas, London.

IMO/TM, 2014, TM.5/Circ.6, Unified interpretations relating to the International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969, London.

Iqbal, K.S., Bulian, G., Hasegawa, K., Karim, M.M., Awal, Z.I., 2008a, A rational analysis of intact stability hazards involving small inland passenger ferries in Bangladesh, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 13, Issue 3, pp. 270-281.

Iqbal, K.S., Bulian, G., Hasegawa, K., Karim, M.M., Awal, Z.I., 2008b, Possible remedies for intact stability hazards involving contemporary small inland passenger ferries in Bangladesh, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 13, Issue 3, pp. 282-290.

Isbester, J., 1993, Bulk carrier practice, The Nautical Insitute, London.

JAIC, 1997, Joint Accident Investigation Commission, Final report on the MV ESTONIA disaster of 28 September 1994, The Government of the Republic of Estonia, Tallinn.

Journée, J.M.J., de Kat, J.O., Vermeer, H., 1997-2001, Comparative load line calculations, Parts I – VII, Faculty of Mechanical Engineering and Marine Technology, Ship Hydromechanics Laboratory, Delft University of Technology, Delft.

Journée, J.M.J., Yonge, Z., de Kat, J.O., Vermeer, H., 2001, Joint development of a bow height formula by China and the Netherlands based on probabilistic deck wetness analysis, Faculty of Mechanical Engineering and Marine Technology, Ship Hydromechanics Laboratory, Delft University of Technology, Delft.

Kanerva, M., 2006, Risk-based design and engineering application, RORO 2006, Ghent.

Kapsenberg, G.K., de Kat, J.O., 2000, Effects of freeboard and bow height on green water loads for a general purpose cargo ship, In: Proceedings of the 4th Osaka Colloquium on Seakeeping Performance of Ships, Osaka.

Kobylnski, L., 2006, New Load Line rules – Success or Failure? In: Fourth International Scientific Technical Conference EXPLO-SHIP 2006, Scientific Papers of Maritime University of Szczecin, pp. 141-150.

Kobylnski, L.K., Kastner, S., 2003, Stability and Safety of Ships, Volume I: Regulation and Operation, Elsevier, Oxford.

Koelman, H.J., 2006, A new method for probabilistic damage stability, Ship Technology Research, Vol. 53, Issue 4, pp. 183-193.

Koelman, H.J., 2013, A proposal for the probabilistic assessment of container ship stability, CCNR Round Table on stability of container vessels, Bonn.

Koelman, H.J., Pinkster, J., 2003, Rationalizing the practice of probabilistic damage stability calculations, International Shipbuilding Progress, Vol. 50, no. 3, pp. 239-253.

Kontovas, Ch., Psaraftis, H., 2009, Formal Safety Assessment: A Critical Review, Marine Technology, Vol. 46, No. 1, pp. 45–59.

Kuo, Ch., 2007, Safety Management and its Maritime Application, The Nautical Institute, London.

Lamb, T., (Editor), 2003, Ship Design and Construction, The Society of Naval Architect and Marine Engineers, Jersey City.

Levadou, M., van 't Veer, R., 2006, Parametric roll and ship design, In: Proceedings of the 9th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Rio de Janeiro.

Levander, O., 2008, New safe return to port rules for passenger vessels, Wärtsilä technical journal indetail, Issue 2, <http://www.indetailmagazine.com/>

LR, 2012, Lloyd's Register & The Standard P&I Club, A Master's guide to: container securing, 2nd edition, London.

Lützen, M., 2002, Damage Distributions, Technical Report 2-22-D-01-4, Harmonisation of Rules and Design Rationale (HARDER), Kongens Lyngby.

Määtänen, J., Mattsson, J., 2008, Grain Stability Calculations, NAPA User Meeting.

MAIB, 2003, Marine Accident Investigation Branch, Timber deck cargo study, Southampton.

Marten, B., 2014, Port State Jurisdiction and the Regulation of International Merchant Shipping, Springer, Cham Heidelberg New York Dordrecht London.

MCIB, 2013, Marine Casualty Investigation Body, Cruise Ship COSTA CONCORDIA Marine casualty on January 13, 2012, Report on the safety technical investigation, Ministry of Infrastructure and Transport, Rome.

Mikkonen, I., 2001, Case study on static equivalent method (SEM), In: Proceedings of the 5th International Ship Stability Workshop, Trieste.

NA, 2012, Raising the standard, The Naval Architect, May Issue, pp. 58-61.

NA, 2015, Modern materials fight fires better, The Naval Architect, October Issue, pp. 56.

Nagel, R., 2009, Research for the Parameters of the Damage Stability Rules including the Calculation of Water on Deck of Ro-Ro Passenger Vessels, for the amendment of the Directives 2003/25/EC and 98/18/EC – FSG Report, Flensburger Schiffbau-Gesellschaft, Flensburg.

Neves, M.A.S., Belenky, V., de Kat, J.O., Spyrou, K., Umeda, N., (Editors), 2011, Contemporary Ideas on Ship Stability and Capsizing in Waves, Springer, Dordrecht Heidelberg London New York.

Nilsen, O.V., 2005, FSA for Cruise Ships – Subproject 4.1, Task 4.1.1 – Hazard identification, SAFEDOR – Design, Operation and Regulation for Safety, Høvik.

NKK, 2012, Nippon Kaiji Kyokai, Guidelines for the safe carriage of nickel ore, Tokyo.

NKK, 2014, Nippon Kaiji Kyokai, Guidelines for container stowage and securing arrangements (2nd edition), Tokyo.

NMD, 2004, Norwegian Maritime Directorate, Rapport fra arbeidsgruppe for vurdering av skipstekniske forhold i forbindelse med forliset til Rocknes – V2PU3 – Antigua og Barbuda 19. januar 2004 i Vatllestraumen utenfor Bergen, Oslo.

NOR, 1991, Norwegian Official Reports, The Scandinavian Star disaster of 7 April 1990, Oslo.

Noury, P., 2014, Fire risk assessment of FRP composite hatch cover for panamax bulk carrier, E-LÄSS Seminar, Papenburg, www.e-lass.eu.

NTSB, 2009, National Transportation Safety Board, Marine Accident Report: Allision of Hong Kong-registered containership M/V Cosco Busan with the Delta Tower of the San Francisco–Oakland Bay Bridge San Francisco, California November 7, 2007, Washington, DC.

Ochi, M., 2005, Ocean waves: the stochastic approach, Cambridge University Press, Cambridge.

Ogawa, Y., 2003, Long-term prediction method for the green water load and volume for an assessment of the load line, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 7, Issue 3, pp. 137–144.

Ogawa, Y., Taguchi, H., Watanabe, I., Shigesuke, I., 2001, Long term prediction method of shipping water load for assessment of the bow height, In: Proceedings of the 8th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures, Shanghai.

Olufsen, O., 1997, Deck load and stability requirements, Gard Insight 145, www.gard.no.

Papanikolaou, A. (Ed.), 2009, Risk-based ship design: methods, tools and applications, Springer Verlag, Berlin Heidelberg.

Papanikolaou, A., 2007, Review of damage stability of ships – recent developments and trends, In: Proceedings of the 10th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures (PRADS), Houston.

Papanikolaou, A., 2014, Ship design: Methodologies of preliminary design, Springer, Dordrecht.

Papanikolaou, A., Bitha, K., Eliopoulou, E., Ventikos, N., 2014, Statistical analysis of ship accidents occurred in the period 1990–2012 and assessment of safety level of ship types, Proceedings of the 2nd International Conference on Maritime Technology and Engineering (MARTECH), Lisbon.

- Papanikolaou, A., Boulougouris, E., Spanos, D., 1996, On the specification of the roll radius of gyration for ro-ro passenger ships in view of the implementation of SOLAS95 Res. 14 equivalent model test method, National Technical University of Athens, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Laboratory of Ship Design.
- Papanikolaou, A., Bulian, G., Mains, C., 2011, GOALDS – Goal Based Damaged Stability: collision and grounding damages, In: Proceedings of the 12th International Ship Stability Workshop, Washington (D.C.).
- Papanikolaou, A., Eliopoulou, E., 2008, On the development of the new harmonised damage stability regulations for dry cargo and passenger ships, Reliability Engineering and System Safety, Vol. 93, pp. 1305–1316.
- Papanikolaou, A., Hamann, R., Lee, B.S., Mains, C., Olufsen, O., Vassalos, D., Zaraphonitis, G., 2013, GOALDS—Goal Based Damage Ship Stability and safety standards, Accident Analysis and Prevention, Vol. 60, pp. 353–365.
- Papanikolaou, A., Spanos, D., Boulougouris, E., Eliopoulou, E., Alissafaki, A., 2004, Investigation into the sinking of the ro-ro passenger ferry Express Samina, International Shipbuilding Progress 51 (2/3), pp. 95–120.
- PCA, 2015, Panama Canal Authority, Regulation on navigation in Panama Canal waters, www.pancanal.com.
- Person, J., 2011, Impact of watertight door regulations on ship survivability, In: Proceedings of the 12th International Ship Stability Workshop, Washington (D.C.).
- Peters, W., Belenky, V., Bassler C., Spyrou, K., Umeda, N., Bulian, G., Altmayer, B., 2011, The second generation of intact stability criteria: an overview of development, SNAME Transactions, Vol. 119.
- PMA, 2006, Panama Maritime Authority, General Directorate of Merchant Marine Casualty Investigation Branch, Preliminary investigation report on the sinking of M/V al Salam Boccaccio 98, Panama.
- PRC, 2005, Policy Research Corporation, Consequences of the gross tonnage measurement, Antwerp/Rotterdam.
- Radojčić, D., 2005, Danube intermodal ships: Container vs. Ro-Ro, In: Proceedings of the 26th Duisburg Colloquium – The Ship in Intermodal Transport, Duisburg.
- Rahola, J., 1939, The judging of the stability of ships and the determination of the minimum amount of stability especially considering the vessels navigating Finnish waters, Thesis for the degree of Doctor of technology, Technical University of Finland, Helsinki.

- Rathje, H., Abt, D., Wolf, V., Schellin, T.E., 2013, Route-Specific Container Stowage, In: Proceedings of the 12th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures (PRADS2013), Changwon City.
- Ravn, E.S., 2003, Probabilistic damage stability of Ro-Ro ships, PhD Thesis, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby.
- Ribar, B., 1963, Studija o stabilitetu rečnih brodova i uslova koje brod u pogledu stabiliteta treba da ispuni, Mašinski institut SANU „Vladimir Farmakovski“, Odeljenje za brodogradnju, Beograd.
- RINA, 2010, The Royal Institution of Naval Architects, Safety Guidance for Naval Architects, London.
- RVIR, 1995, Rhine Vessel Inspection Regulations, Central Commission for the Navigation on the Rhine, Strasbourg.
- Sames, P., 2008, Fire safety research for container vessels, DSNAME & IDA Conference on Prevention of fire on board ships, Copenhagen.
- Sandberg, A.M., 2013, Dangers of power operated watertight doors, Gard Conference, Arendal.
- Sárközi, S., 2010, Solutions for supplying meteorological information to inland waterways, In: Proceedings of the 6th European Inland Waterway Navigation Conference, Baja.
- Schneekluth, H., Bertram, V., 1998, Ship design for efficiency and economy, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Schweighofer, J., 2014, The impact of extreme weather and climate change on inland waterway transport, Natural Hazards, Volume 72, Issue 1, pp. 23-40.
- Scott, A.L., 2010, Damage stability of Ro-Pax ships with water-on-deck, In: Proceedings of the 11th International Ship Stability Workshop, Wageningen.
- Shangchun, Zh., 2000, Fire protection onboard: Enhance fire safety by design, M.Sc. Thesis, World Maritime University, Malmö.
- Shigunov, V., 2009, Operational guidance for prevention of container loss, In: Proceedings of the 10th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, St. Petersburg.
- Shigunov, V., Rathje, H., El Moctar, B., 2013, Towards safer container shipping, Ship Technology Research (Schiffstechnik), Vol. 60, No. 1, pp. 34-40.
- Shigunov, V., Rathje, H., El Moctar, O., 2010, Research towards Goal-Based Standards for container shipping, In: Proceedings of the 11th International Ship Stability Workshop, Wageningen.

- Spandonidis, Ch., Spyrou, K., 2012, Use of granular material dynamics simulation for the study of cargo shift of ships, In: Proceedings of the 12th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Athens.
- Spanos, D., Papanikolaou, A., 2014, On the time for the abandonment of flooded passenger ships due to collision damages, Journal of Marine Science and Technology, Volume 19, Issue 3, pp. 327-337.
- Spyrou, K.J., 2002, A basis for a developing a rational alternative to the Weather Criterion: problems and capabilities, In: Proceedings of the 6th International Ship Stability Workshop, New York.
- Spyrou, K.J., 2005, Design criteria for parametric rolling, Oceanic Engineering International, Vol. 9, No. 1, pp. 11-27.
- Spyrou, K.J., 2006, Asymmetric surging of ships in following seas and its repercussions for safety, Nonlinear Dynamics, Vol. 43, Issue 1-2, pp. 149-172.
- SSPA, 2008, Final report – Research study on the sinking sequence of MV Estonia, Göteborg.
- Storhaug, G., 2009, IACS URS11 defines the dimensioning wave load for ship design - but what does it mean from a statistical point of view? Interdisciplinary workshop on effects of climate change: coastal systems, policy implications, and the role of statistics, Sliema.
- Stroo, J.D., Hekkenberg, R.G., 2007, Development of next generation chemical tankers, In: Proceedings of the 5th European Inland Waterway Navigation Conference, Visegrád.
- Tagg, R., 2014, Comparison of survivability between SOLAS 90/95 and SOLAS 2009 ships - A retrospective view 10 years on from project HARDER, In: Proceedings of the 14th International Ship Stability Workshop, Kuala Lumpur.
- ter Bekke, E.C.A., Willeboordse, E.J., van Daalen, E.F.G., Boonstra, H., Kiezer, E.F.G., Ale, B., 2006, Integrated safety assessment of small container ships, In: Proceedings of the 8th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, New Orleans.
- Themelis, N., Spyrou, K., 2010, An efficient methodology for defining probabilistic design fires, In: Proceedings of the 4th International maritime Conference on Design for Safety, Trieste.
- Tosseviken, A., Bergmann, J., 2003, DNV technical paper, Cargo fires on container carriers, Høvik and Hamburg.
- Turk, A., 2012, Coupled nonlinear parametric resonance model for container ships, Doctoral dissertation, University of Rijeka, Faculty of Engineering, Rijeka.

- Umeda, N., 2013, Current status of Second Generation Intact Stability Criteria development and some recent efforts, In: Proceedings of the 13th International Ship Stability Workshop, Brest.
- Umeda, N., Hashimoto, H., Minegaki, Sh., Matsuda, A., 2008, An investigation of different methods for the prevention of parametric rolling, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 13, Issue 1, pp. 16-23.
- Umeda, N., Maki, A., Izawa, S., Sano, H., Sogawa, Y., Maeda, E., Tsukamoto, I., 2009, New generation intact stability criteria: a step forward, In: Proceedings of the 10th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles, St. Petersburg.
- UNECE, 2006, Resolution No. 61, Recommendations on Europe-Wide Technical Requirements for Inland Navigation Vessels, United Nations Economic Commission for Europe, New York and Geneva.
- UNECE, 2015, Resolution No. 24, European Code for Inland Waterways (CEVNI), United Nations Economic Commission for Europe, New York and Geneva.
- Vanem, E., Skjong, R., 2004, Collision and grounding of passenger ships – risk assessment and emergency evacuations, International Congress on Collision and Grounding of Ships, ICCGS 2004, Izu.
- Vassalos, D., 1986, A critical look into the development of ship stability criteria based on work/energy balance, *Transactions of the Royal Institution of Naval Architects*, Vol. 128, pp. 217-234.
- Vassalos, D., 2004, A risk-based approach to probabilistic damage stability, In: Proceedings of the 7th International Ship Stability Workshop, Shanghai.
- Vassalos, D., Guarin, L., Jasionowski, A., Zheng, Y., 2003, A risk-based first-principles approach to assessing green seas loading on the hatch covers of bulk carriers in extreme weather conditions, *Marine Structures*, Vol. 16., Issue 8, pp. 659-685.
- Vassalos, D., Jasionowski, A., 2008, SOLAS 2009 – raising the alarm, In: Proceedings of the 10th International Ship Stability Workshop, Daejeon.
- Vassalos, D., Jasionowski, A., Cichowicz, J., 2004, Issues related to the Weather Criterion, *International Shipbuilding Progress*, Vol. 51, no. 2/3, pp. 251-271.
- Vassalos, D., Papanikolaou, A., 2002a, Stockholm Agreement – Past, Present & Future (Part I), *Marine Technology*, Volume 39, Number 3, pp. 137-158..

- Vassalos, D., Papanikolaou, A., 2002a, Stockholm Agreement – Past, Present & Future (Part I), *Marine Technology*, Volume 39, Number 3, pp. 137-158.
- Vassalos, D., Papanikolaou, A., 2002b, Stockholm Agreement – Past, Present & Future (Part II), *Marine Technology*, Volume 39, Number 4, pp. 199-210.
- Vassalos, D., Renilson, M., Damsgaard, A., Francescutto, A., Gao, H.Q., Hamamoto, M., de Kat, J.O., Matusiak, J., Molyneux, D., Papanikolaou, A., 1997, Numerical and physical modelling of ship capsizes in heavy seas: state of the art, In: *Proceedings of the 6th International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles*, Varna.
- Vassalos, D., Spyrou, K., Themelis, N., Galea, E., Grandison, A.J., Henriques, A.M., Dias, C.P., Breuillard, A., Mermiris, G., 2010, Probabilistic framework for onboard fire safety – FIREPROOF, In: *Proceedings of the 4th International maritime Conference on Design for Safety*, Trieste.
- Vassalos, D., Spyrou, K., Themelis, N., Mermiris, G., 2010, Risk-based design for fire safety – a generic framework, In: *Proceedings of the 4th International maritime Conference on Design for Safety*, Trieste.
- Vasudevan, A., 2010, Tonnage measurement of ships: historical evolution, current issues and proposals for the way forward, MSc Thesis, World Maritime University, Malmö.
- Wang, Y., Burgess, I., Wald, F., Gillie, M., 2013, *Performance-based fire engineering of structures*, CRC Press, Boca Raton.
- WSV, 2013, Summary of the Report on the occurrence and causes of the accident involving the TMS Waldhof on 13 January 2011 on the Central Rhine (553.75 km mark), Waterways and Shipping Directorate Southwest, Mainz.
- Yamagata, M., 1959, Standard of stability adopted in Japan, *Transaction of the Institution of Naval Architects*, 101, pp. 417-443.
- Zorn, T., Shigunov, V., 2013, Investigation of stability failure of an inland tanker, In: *Proceedings of the 16th Numerical Towing Tank Symposium*, Mülheim.
- Егоров, Г.В., 2007, Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска, Судостроение, Санкт-Петербург.
- ЈР, 1994, Југословенски регистар бродова, Правила за градњу бродова унутрашње пловидбе, Београд.
- Клајн, И., Шипка, М., 2007, Велики речник страних речи и израза, Прометеј, Нови Сад.

Лесюков, В.А., 1982, Теория и устройство судов внутреннего плавания, Транспорт, Москва.

РРР, 2008, Российский речной регистр, Правила, Москва.

Хофман, М., 2010, Кратка прича из историје бродоградње: да ли је Титаник био непотопив? www.brodogradnja.org