UNIVERSITATEA ``POLITEHNICA`` DIN BUCUREŞTI

FACULTATEA DE ANTREPRENORIAT, INGINERIA
ŞI MANAGEMENTUL AFACERILOR

TEZĂ DE DOCTORAT
REZUMAT

IMPLEMENTAREA CONCEPTULUI DE PROIECTARE BAZATĂ PE RISC ÎN PROCESUL DE RETROFITARE A NAVELOR MARITIME

RISK BASED DESIGN CONCEPT IMPLEMENTATION IN SHIP RETROFITTING PROCESS

Nr. Decizie Senat ..... din .....

CONDUCĂTOR ŞTIINŢIFIC Prof. Univ. Dr. Ing. Adrian GHEORGHE
AUTOR Drd. Ing. Dan IOACHIM

Preşedinte	Prof. Univ. Dr. Ing. Sorin IONESCU	de la	Universitatea ``Politehnica`` din Bucureşti
Conducător doctorat	Prof. Univ. Dr. Ing. Adrian GHEORGHE	de la	Universitatea ``Politehnica`` din Bucureşti
Referent	Prof. Univ. Dr. Corneliu Victor RADU	de la	Universitatea ``Politehnica`` din Bucureşti
Referent	Prof. Univ. Dr. Ing. Doina BANCIU	de la	Universitatea din Bucureşti
Referent	Prof. Univ. Dr. Gabriela PRELIPCEAN	de la	Universitatea ``Ştefan cel Mare`` din Suceava

Bucureşti, 2017

Acronime

AHP – Analytic Hierarchy Process (Proces analitic de ierarhizare)
BWTS – Ballast Water Treatment System (Instalaţie de tratare a apei de balast)
DBP – Disinfection Byproducts (Compuşi secundari rezultaţi din reacţia substanţelor chimice cu apa de mare)
Ex-Proof – standard de protecţie împotriva exploziilor
FMEA – Failure Modes and Effects Analisys (Analiza modurilor de defectare şi a efectelor defectării)
FTA – Failure tree analysis Arbori de defecţiuni
HiP-HOPS - Hierarchically Performed Hazard Origin & Propagation Studies (Analiza prin ierarhizare a propagării şi originii hazardelor)
IMO – International Maritime Organization (Organizaţia Maritimă internaţională)
LNG / LPG – Liquefied natural gas / Liquefied petroleum gas (Gaz natual lichefiat / Gaz petrol lichefiat)
PHA – Preliminary Hazard Analysis (Analiza preliminară a hazardelor)
PSI – Prevenirea şi stingerea incendiilor
PSS - Product – Service – System (Sistem ce pune în valoare produsul finit prin oferirea de servicii conexe)
RBD – Risk Based Design (Proiectare bazată pe analiza riscului)
SSM- Securitate şi Sănătate în muncă
TDW – Tone deadwight (unităţi de volum ce reprezintă capacitatea de încărcare a navei)
TEU – Twenty foot equivalent unit (descrie capacitatea de incarcare cu containere a unei nave)
TRO – Total residual oxidants (oxidanţi reziduali)
USCG- United States Coast Guard (Garda de Coastă a SUA)
UV - radiaţii ultraviolete

Cuvinte cheie

Analiză de risc, Proiectare navală, Sistem de tratare a apei de balast, Proiectare bazată pe analiza riscului, Ierarhizare multicriterială, Compatibilitatea asocierii navă – sistem de tratare, Reproiectare eco-inovativă

CUPRINS

INTRODUCERE 3
I ANALIZA STADIULUI ACTUAL A METODELOR DE ANALIZĂ A RISCURILOR ÎN PROIECTAREA ŞI REPROIECTAREA NAVELOR. 5
II MODALITĂŢI DE ABORDARE A CONCEPTULUI DE PROIECTARE PRIN ASUMAREA RISCURILOR (RISK BASED DESIGN) 6
2.1 Prezentarea conceptului de Risk Based Design. 6
2.2 Procesul de proiectare a navei. 6
2.3 Modul de implementare a conceptului RBD. 7
2.4 Metode şi instrumente folosite în aplicarea Risk Based Design. 7
III CERINŢELE IMPUSE ÎN PREZENT PENTRU SISTEMELE DE TRATARE 9
3.1 Selecţia în cadrul analizei a unor modele de sisteme reprezentative. 9
3.2 Selecţia în cadrul analizei a unor tipuri de nave reprezentative. 9
3.3 Abordarea ecoinovativă a tratării apei de balast. 10
3.3.1 Crearea unor baze de tratare la cheu 10
3.3.2 Furnizarea de apă dulce în zonele aride. 11
IV COMPATIBILITATEA SISTEMELOR CU NAVELE ŞI IERARHIZAREA ACESTORA 12
4.1 Compatibilitatea din punctul de vedere al alimentării cu energie electrică. 12
4.2 Compatibilitatea din punctul de vedere al duratei procesului de tratare. 12
4.3 Ierarhizarea instalațiilor de tratare funcție de consumul de carburanți. 12
4.4 Ierarhizarea instalațiilor de tratare funcție de gabarit. 13
4.5 Ierarhizarea instalațiilor funcție de costul de operare. 14
4.6 Ierarhizarea instalațiilor funcție de costul de achiziție. 14
V METODOLOGIA DE ANALIZĂ A VALORII / INGINERIA VALORII PENTRU CREŞTEREA PERFORMANŢEI SISTEMELOR. 14
5.1 Întocmirea ierarhizărilor multicriteriale. 14
5.2 Atribuirea de ponderi. 15
VI IDENTIFICAREA RISCURILOR PE ÎNTREG CICLUL DE VIAŢĂ AL SISTEMULUI DE TRATARE. 16
6.1. Riscuri specifice selecţiei şi achiziţiei instalaţiei. 16
6.2. Riscuri specifice montării la bord. 16
6.3. Riscuri specifice exploatării instalaţiei. 17
VII REPROIECTAREA PRIN ASUMAREA RISCURILOR A UNEI INSTALAŢII DE TRATARE A APEI DE BALAST (RISK BASED DESIGN) 17
7.1 Îmbunătățiri ce se pot aduce sistemelor de tratare a apei de balast. 17
7.2 Reanalizarea fezabilităţii sistemului şi ierarhizarea acestuia utilizând Analiza Valorii 17
VIII MODELAREA REPROIECTĂRII PRIN ANALIZA RISCURILOR FOLOSIND INSTRUMENTELE PHA, FMEA ŞI MODELUL SOFTWARE HiP-HOPS 20
8.1 Analiza preliminară a hazardelor (PHA) pentru alegerea și achiziția unor filtre adiţionale 20
8.2 Evaluarea riscurilor utilizând analiza FMEA (Failure Modes and Effects analisys) 20
8.3 Analiza riscurilor utilizând instrumentul de modelare software HiP-HOPS 20
Contribuţii personale şi recomandări. 25
Anexe. 26
Bibliografie Selectivă. 32

INTRODUCERE

Tema tezei de doctorat “ Implementarea conceptului de Proiectare bazată pe risc în procesul de retrofitare a navelor maritime”, se încadrează în vastul domeniu al ingineriei industriale având un caracter multidisciplinar. Sunt prezentate aspecte tehnice, procedurale, manageriale.

Motivul alegerii acestei tematici se bazează pe următoarele argumente:
În primul rând: au fost făcute studii sumare în acest domeniu în atât la nivel naţional, cât şi în transportul naval internaţional, putându-se astfel oferi un sprijin de mare importanţă prin realizarea unei metodologii care să traseze repere de urmat.

S-a avut în vedere şi faptul că, pe fondul crizei financiare, construcţia de noi nave care să fie înzestrate încă din proiectare cu tehnologie de ultimă generaţie (răspunzând astfel problemelor menţionate) a urmat in ultimii ani o direcţie descendentă. De aceea, răspunsul ar fi dat de menţinerea în exploatare a navelor vechi (cu uzură morală) pentru încă o perioadă de timp.

Apare astfel, necesitatea efectuării unei modernizări, numită retrofitare sau reconversie a navelor cu uzură morală. Însă, utilizarea unor materiale și tehnologii inovative, care nu au mai fost până în prezent probate la nave, poate determina apariția anumitor riscuri în procesul de exploatare, conform conceptului Risk based Design.

Obiectivul final şi totodată elementul de noutate al acestor studii este reprezentat de metodologia care să permită dezvoltarea de noi soluţii pentru adaptarea navelor în exploatare (cu uzură morală) astfel încât să răspundă cerinţelor noilor standarde ce vor fi impuse de Organizaţia Maritimă Internaţională, concomitent cu menţinerea eficienţei economice a activităţii desfăşurate şi păstrarea siguranţei de exploatare.

Pentru ca metodologia dezvoltată să nu aibă un caracter local, restrictiv, s-a convenit selectarea unui număr acoperitor de cazuri. Astfel, la Capitolul III şi IV, este realizată descrierea a zece modele de sisteme de tratare a apei de balast, precum şi zece tipuri de nave.

Crieriile de analiză, centralizate în cadrul Anexei IV, urmăresc costurile de achiziţie, instalare la bord şi operare, consumul de combustibil şi implicit nivelul de poluare atmosferică etc.

Prealabil ierarhizării, se analizează compatibilitatea sistemelor cu navele considerate, din punctul de vedere al debitului de apă tratată, al consumului de energie electrică, al duratei de tratare etc. În cazul în care un anumit sistem are, spre exemplu, un consum energetic mai mare decât rezerva de putere electrică a unei nave, asocierea dintre cele două este eliminată, ca urmare a incompatibilităţii, nefiind luată în considerare în cadrul analizei de ierarhizare ulterioară.

În urma ierarhizării şi a considerării incompatibilităţilor, a fost ilustrat faptul că pentru majoritatea navelor, doar un număr de 2-3 instalaţii pot fi avute în vedere în scopul instalării la bord, existând şi situaţia în care nici o variantă de sistem de tratare nu corespunde navei analizate.

În acest sens, în cadrul Capitolului VII, a fost derulat un studiu de reproiectare prin asumarea riscurilor (Risk Based Design), urmărind a se găsi o serie de îmbunătăţiri ce pot fi aduse sistemelor de tratare: o îmbunătăţire a procesului de tratare, o diminuare a duratei procesului de tratare, încadrarea în standardul Ex-Proof; acoperirea necesarului de energie electrică a instalaţiei.

În urma dezvoltării soluţiilor, în cadrul Capitolului VII a fost reiniţializată metoda de ierarhizare criterială pentru a se determina dacă potenţialele îmbunătăţiri au şi rezultate vizibile. Valorile obţinute pot fi vizualizate la Anexa IX.

Întrucât orice modificare adusă funcţionării uzuale a unui sistem, naval sau terestru, implică o serie de necunoscute, a fost derulată analiza de risc pentru a se stabili dacă îmbunătăţirile propuse nu vor avea şi efecte secundare nefavorabile. Metoda folosită în cadrul Capitolului VIII, se bazează pe instrumentele PHA, FMEA şi modelul Software HiP-HOPS.

CAP. I ANALIZA STADIULUI ACTUAL A METODELOR DE ANALIZĂ A RISCURILOR ÎN PROIECTAREA ŞI REPROIECTAREA NAVELOR

Managementul riscului reprezintă procesul de colectare a datelor şi sintetizarea informaţiilor cu scopul dezvoltării unei înţelegeri clare asupra riscului prezent într-un anumit sistem.
El presupune maximizarea probabilităţilor şi consecinţelor evenimentelor pozitive şi minimizarea probabilităţilor şi consecinţelor evenimentelor opuse obiectivelor proiectului.

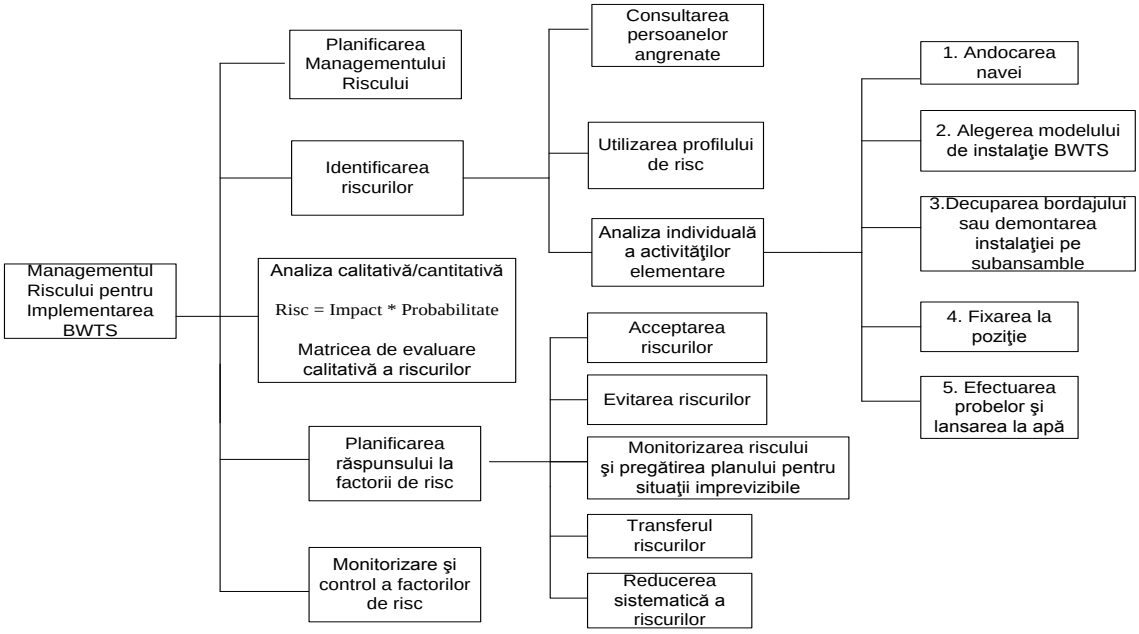


Fig. 1.1 Aplicarea Managementului Riscurilor pentru un Sistem de tratare a apei de balast

Procesul de analiză a riscurilor în domeniul naval şi aero-spaţial este dezvoltat la cel mai înalt nivel ca urmare a costurilor uraşe implicate în cadrul respectivelor sisteme. Unele dintre cele mai uzuale analize folosite sunt: PHA, FTA şi FMEA.

Arborele defecţiunilor este un model grafic care detaliază conexiunile logice dintre evenimentele care conduc la defecţiuni şi erorile umane concomitente, care pot avea loc în sistem.

Evaluând probabilităţile de defectare a fiecărei componente în parte este posibil calculul probabilităţii producerii a factorului iniţial.[4]

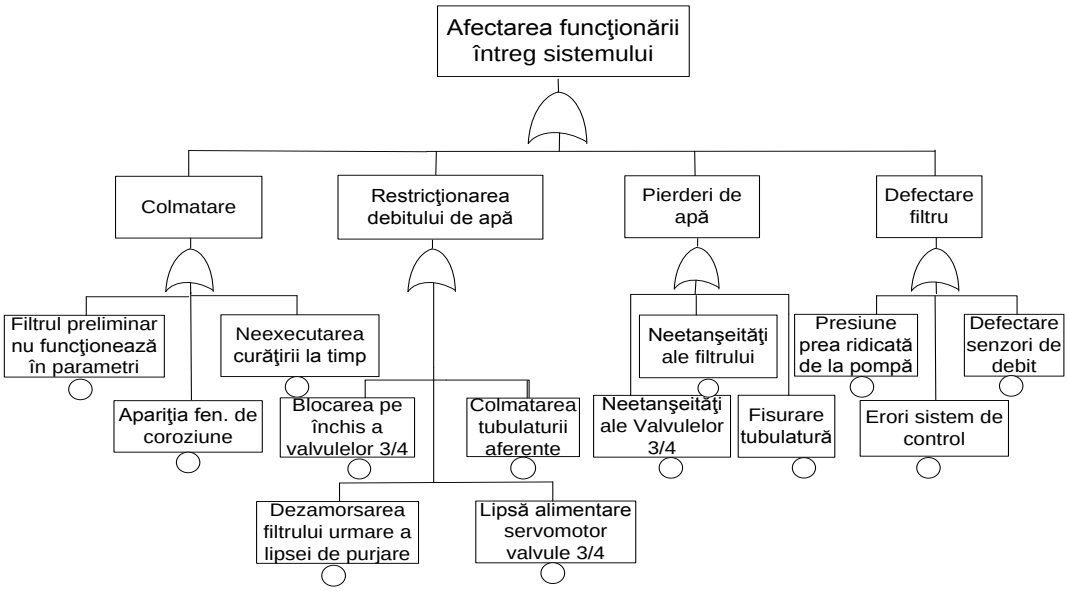


Fig. 1.2 Arborele de defecţiuni (FTA) al funcţionării instalaţiei cu un filtru suplimentar

CAP. II MODALITĂŢI DE ABORDARE A CONCEPTULUI DE PROIECTARE PRIN ASUMAREA RISCURILOR (RISK BASED DESIGN)

2.1 Prezentarea conceptului de Risk Based Design

Integrarea managementului riscului şi metodele de analiză a siguranţei în cadrul procesului de proiectare conduc la noţiunea de "Risk Based Design".

Progresele de natură ştiinţifică şi tehnologică au dus la apariţia de inovaţii în domeniul maritim pentru a răspunde la nevoia de nave tot mai mari, care sa fie tot mai eficiente din punct de vedere economic, să genereze un nivel tot mai redus de poluare iar echipajul să fie redus la minim. Însă, odată cu apariţia acestor schimbări de ordin tehnologic, nivelul riscului potenţial creşte. Astfel că, urmărirea doar ca nava să se încadreze în reglementările şi standardele deja existente în domeniul maritim nu mai este suficient. De aceea este necesară adoptarea unor analize predictive asupra potenţialelor riscuri care sa fie integrate în procesul de proiectare, analiză a riscurilor căreia să i se atribuie acelaşi nivel de importanţă ca şi rentabilitaţii sau nivelului de poluare.

O **definiţie a RBD** este: integrarea managementului riscului în cadrul procesului de proiectare, în scopul atingerii atât unui nivel ridicat de performanţă prin implementarea de tehnologie inovativă (care se poate referi la capacitate ridicată de transport, viteză ridicată, confort, grad redus de poluare), cât şi a unui nivel de cost redus, cu menţinerea siguranţei de exploatare în limitele impuse. [10]

2.2 Procesul de proiectare a navei

Rolul instrumentelor specifice folosite

La acest moment, în proiectarea navelor, ţinându-se cont de faptul că se urmăreşte menţinerea bugetului cât mai redus, se poate observa faptul că în domeniul siguranţei, se va urmări stricta atingere şi respectare a reglementărilor şi standardelor existente. O suplimentare a bugetului şi analiza mai în profunzime a riscurilor posibile şi a nivelului de siguranţă necesar, ar stimula implementarea de scheme inovative. [11]

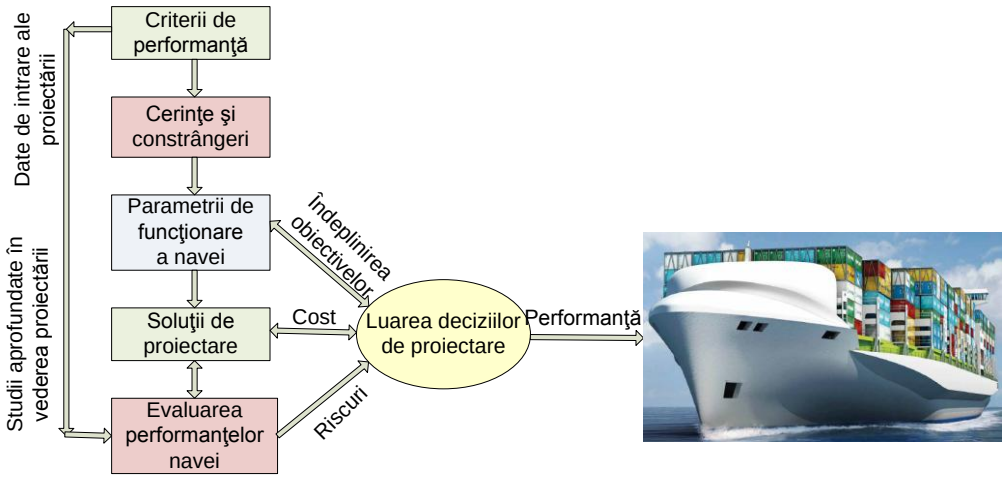


Fig. 2.1 Procesul de proiectare [12]

Conceptul de "nivel de siguranţă în proiectare"se bazează pe posibilitatea analizării (evaluării) riscurilor existente pe durata de exploatare a navei, cu luarea în considerare a tuturor măsurilor de siguranţă pasive (parte de construcţie) şi active (activităţile desfăşurate) care pot fi aplicate.

Această evaluare trebuie să se desfăşoare pe parcursul etapei de proiectare. Deşi reprezintă un obiectiv amplu, beneficiile oferite sunt pe măsură, justificându-se investiţiile în acest domeniu.

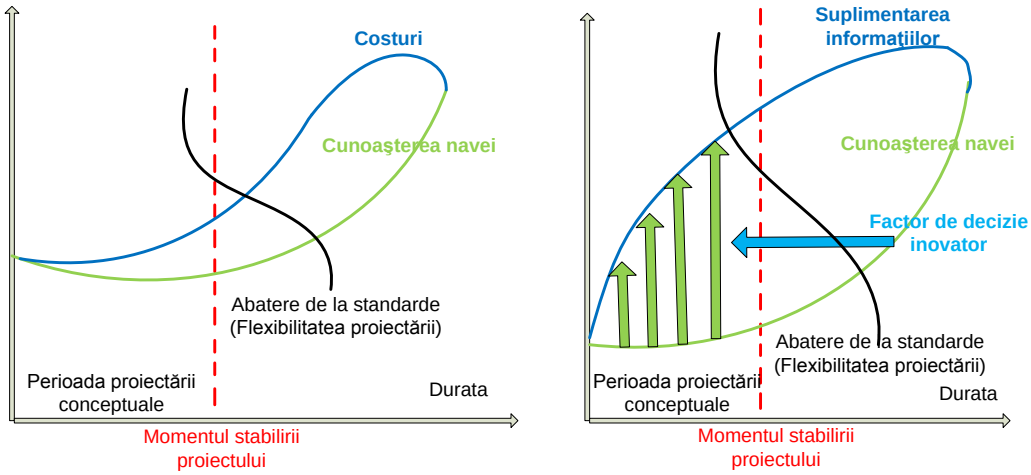


Fig. 2.2 Proiectarea clasică - Proiectarea bazată pe analiza riscului

Unul dintre cele mai importante caracteristici ale RBD este implementarea măsurilor de siguranţă la un nivel ridicat şi cu un cost cât mai redus.

În scopul analizei şi asigurării nivelului de siguranţă este necesară implementarea unor proceduri pentru măsurarea acesteia (analiza de risc). Însă, ca urmare a complexităţii acestei analize, trebuiesc urmăriţi anumiţi indici (repere), cum ar fi informaţiile acumulate de la accidentele majore anterioare, părerile avizate ale experţilor, simulări software. Aceste repere (instrumente) trebuiesc integrate în procesul de proiectare pentru a permite realizarea unor conexiuni între factorul siguranţă şi alţi factori precum performanţă, cost de producţie, nivel de protecţie a mediului etc.

2.3 Modul de implementare a conceptului RBD

Managementul siguranţei sau managementul riscului este un proces care poate fi realizat printr-o multitudine de modalităţi. Etapele urmărite sunt descrise în Fig. 2.3

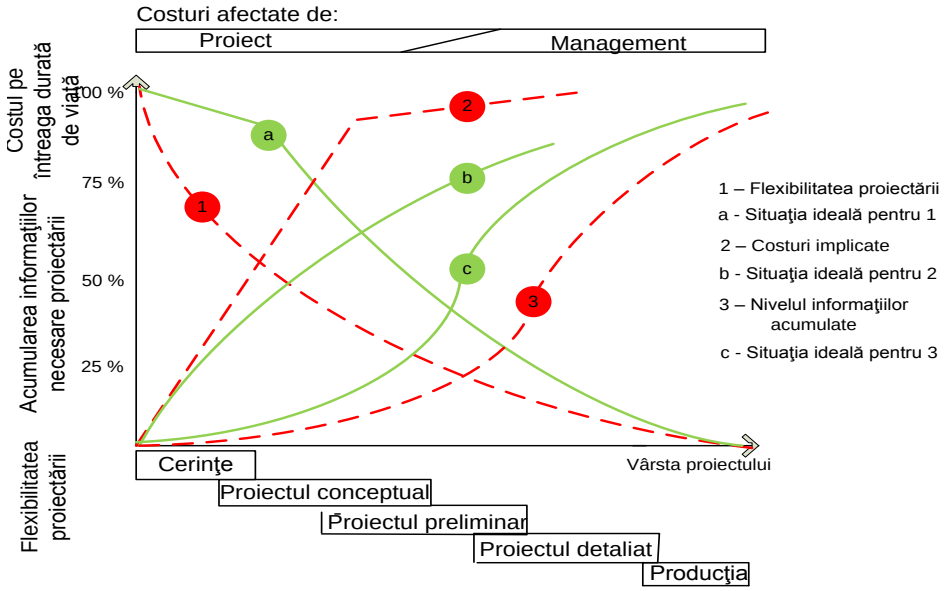


Fig. 2.3 Factorii procesului de proiectare [15]

2.4 Metode şi instrumente folosite în aplicarea Risk Based Design

Metoda RBD necesită folosirea de instrumente avansate pentru a se putea derula analiza de management al riscului în cazul unui anumit proiect. Aceste instrumente şi metode facilitează analiza iniţierii şi a consecinţelor unei varietăţi de hazarde: defecţiuni ale tehnicii, incendii, inundări de compartimente, pierderea stabilităţii etc.

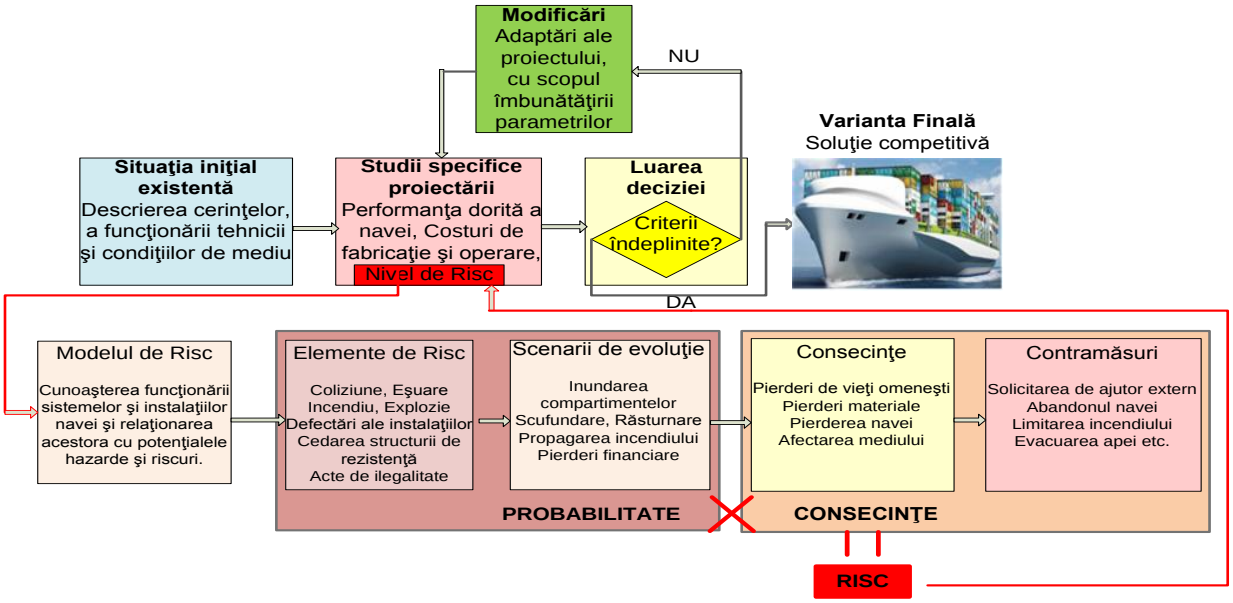


Fig. 2.4 Algoritmul de aplicare a conceptului RBD

După cum se poate observa în diagrama din figura 2.4, sunt menţionate cele mai importante elemente de risc, a căror considerare este vitală în cadrul procesului de RBD. Două dintre cele mai utilizate metode, aflate la baza analizei predictive pentru acest tip de riscuri, sunt FTA şi FMEA.

Recent a fost implementat şi un alt model de instrument software, care extinde aria de interes, de la predicţia riscului la optimizarea schemei de proiectare.

Modelul HiP-HOPS are trei faze principale: 1. Modelarea sistemului şi enumerarea potenţialelor defecţiuni, 2. Analiza Arborilor de defecţiuni, 3. Analiza FMEA

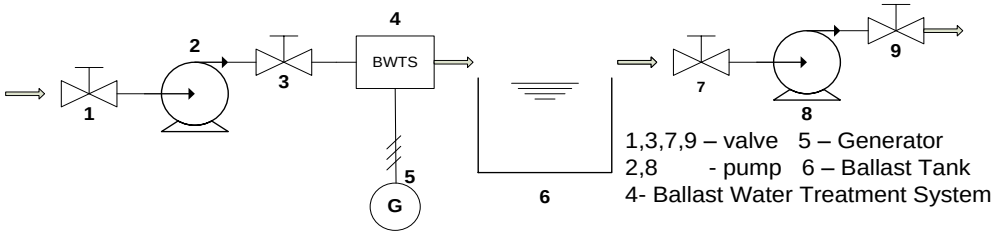


Fig. 2.5 Schema bloc a sistemului de analizat

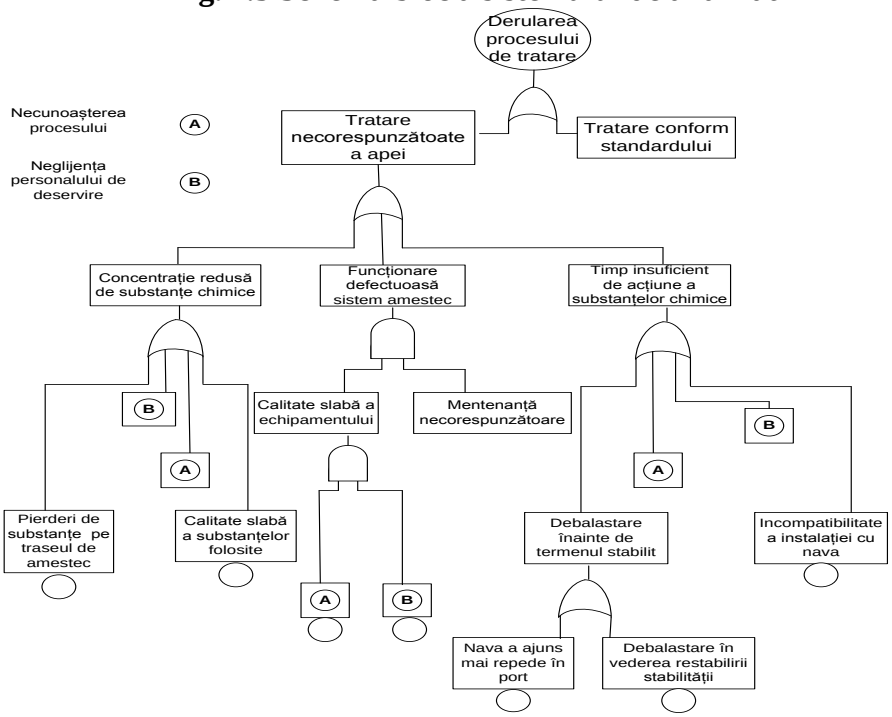


Fig. 2.6 Arborele de defecţiuni corespunzător sistemului din schema 2.5

CAP. III CERINŢELE IMPUSE ÎN PREZENT PENTRU SISTEMELE DE TRATARE A APEI DE BALAST

3.1 Selecţia în cadrul analizei a unor modele de sisteme reprezentative

Consumul de energie electrică din fişa producătorului

Pentru cele mai reprezentative modele de instalații, se va face asocierea cu tipurile uzuale de nave la care se preconizează instalarea. La finalul analizei se va preciza cea mai favorabilă asociere dintre nava în cauză și modelul de instalație.

Tab. 3.1 Calculul consumului de energie electrică a sistemelor funcție de debit

Debit / Model	Aquarius EC	HiBallast	Aquarius UV	Balpure	Ecochlor	Crystal Ballast	Hyde Guardian	Mitsui	NK O3	Hitachi
500	56	126	106	46	26	99	66	22	76	56
1000	102	232	142	92	51	197	107	42	132	112
1500	157	331		136	74	296	160	62	190	166
2000	214	434		184	100	394	214	84	254	229
2500	265	539		230	124	495	270	106	320	289
3000	316	626		276	146	596	331		386	346
3500	373	713		323	170		393		463	415

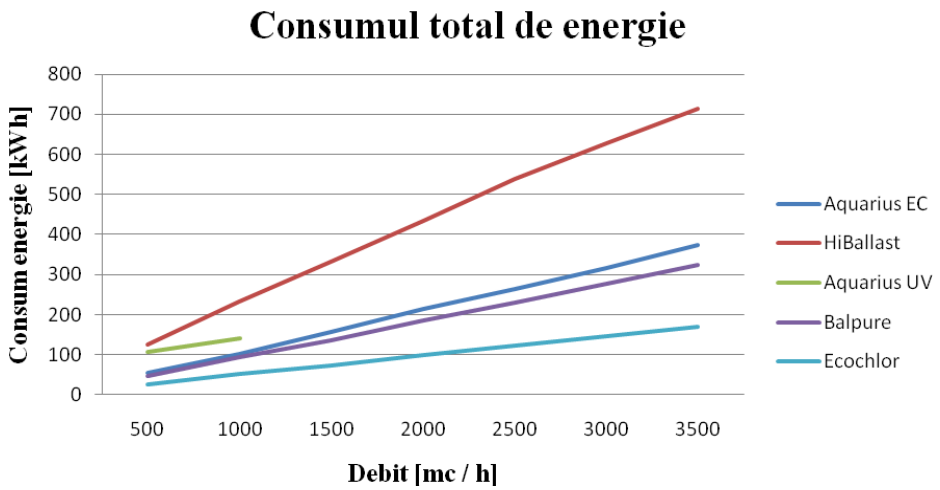


Fig. 3.1 Graficul consumului total al instalațiilor

3.2 Selecţia în cadrul analizei a unor tipuri de nave reprezentative

De menționat faptul că navele care vor fi luate în considerare pentru efectuarea studiului sunt cele a căror durată de viață depășește 5 ani, întrucât navele mai noi au încă din faza de proiect montată instalație de tratare a apei de balast.[36]

Din informațiile mai sus amintite s-au selectat următoarele exemple ilustrative:[37]

Tab. 3.2 Identificarea caracteristicilor de bază ale navelor considerate în studiu

Tipul navei	Deplasament [TDW]	Capacitate Tk de Balast [m^3]	Debit pompe de balast [m^3 / h]	Diesel Generatoare [kW]
Tanc petrolier	9200	2620	2 x 250	3 x 780
	24 000	11 900	2 x 750	3 x 850
	40 700	19 500	2 x 1000	3 x 900
	65 000	26 100	2 x 1500	4 x 950
	95 000	37 570	3 x 1500	4 x 1200

	125 000	42 700	4 x 1000	4 x 1170
	166 000	52 300	4 x 1500	4 x 1630
Vrachier	41 000	14 000	2 x 1500	4 x 740
	60 000	20 000	2 x 2000	3 x 1150
Portcontainer	2420TEU	12 000	2 x 500	3 x 800

3.3 Abordarea ecoinovativă a tratării apei de balast [23]

Ca soluţii propuse pentru atingerea acestui deziderat pot fi amintite: Crearea unor baze de tratare la cheu, Furnizarea de apă dulce în zonele aride sau Circularea continuă a apei în tanc.

3.3.1 Crearea unor baze de tratare la cheu

Companiile de mici dimensiuni sau navele mai vechi, care nu își permit investiția într-o instalație de tratare *(costul implementării posibil a nu mai putea fi amortizat pe durata de viață rămasă)* au ca soluție balastarea (contra cost) din stația de tratare de la cheu sau existentă pe o navă bază cu rol de tratare, aflată în radă. De asemeni, există varianta ca nava să preia apă netratată pe care o va transporta până la portul de destinaţie, unde se va realiza tratarea la cheu.

Un mare dezavantaj al variantei de tratare la cheu, îl constituie dificultatea asigurării tuturor porturilor cu astfel de sisteme, avându-se în vedere o serie de aspecte. Un prim aspect este costul mult mai ridicat decât al unei instalaţii de bord. Un alt element de avut în vedere este nivelul de interes şi politica dusă de investitorii locali şi alţi factori decizionali. De asemeni, poate cel mai dificil aspect este dat de specificul locaţiei de amplasare, de condiţiile care se impun pentru corecta funcţionare a unui astfel de sistem.

Principalele avantaje ale instalării sistemului de tratare la cheu (sau pe barje plutitoare):
- economisirea sumelor necesare achiziţiei, montajului la bord şi a mentenanţei sistemului,
- diminuarea riscurilor privitoare la funcţionarea instalaţiei (amintite anterior),
- folosirea rezervei de putere a navei pentru alte scopuri decât alimentarea sistemului,
- creşterea rentabilităţii funcţionării.

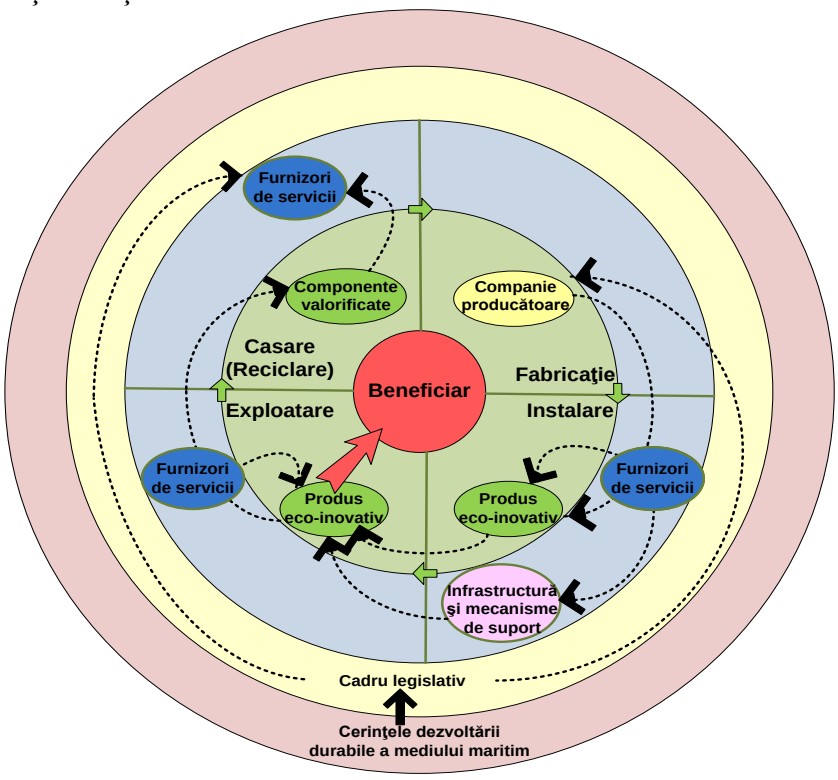


Fig 3.2 Algoritmul implementării sistemelor de tratare la cheu ca tehnologie eco-inovativă

3.3.2 Furnizarea de apă dulce în zonele aride [24] [25]

Această metodă se referă la o serie de cazuri particulare, neputând fi aplicată în orice context. Mai exact, este vorba despre zonele cu aridite ridicată, unde apa folosită în agricultură este obţinută la costuri foarte ridicate.

Mai exact, navele care vin să ambarce produse petroliere, sau / şi de alte naturi, va trebui să debalasteze conţinutul tancurilor de balast. Dacă, în loc de a se folosi apă de mare, care va trebui tratată prin intermediul sistemului de la bord, sau a unui eventual sistem de tratare portuar, se va ambarca apă dulce, aceasta va putea fi furnizată sistemului de irigare.

Referitor la provenienţa apei dulci, se poate avea în vedere gurile de vărsare a fluviilor în mare, în zonele care permit intrarea navelor.

O a doua soluţie, prea puţin analizată, este aceea a preluării apelor uzate, provenite de la staţiile de epurare. Acestea, după finalizarea procesului de tratare, sunt deversate în apele curgătoare. Un al treilea avantaj obţinut, este cel al diminuării în acest fel, a fenomenului de eutrofizare a apelor în care se face deversarea. Nutrienţii conţinuţi de apele reziduale, vor fi în schimb, foarte utili plantaţiilor ce urmează a fi astfel irigate.

Marea problemă în acest caz o reprezintă planificarea voiajului, astfel încât să se realizeze legătura directă între portul care exportă apa dulce şi cel situat într-o zonă aridă. Este posibil ca oricare două porturi consecutive să aibă acelaşi specific al zonei (fie cu un surplus de apă dulce, fie cu deficit). Este ştiut totodată şi faptul că o navă, de multe nu îşi goleşte întreaga cantitate de marfă într-un singur port, ci fracţionat, funcţie de cerinţele pieţei. Din acest motiv, nici cantitatea de apă balastată nu va avea un volum egal cu maximul de stocare al tancurilor de balast.

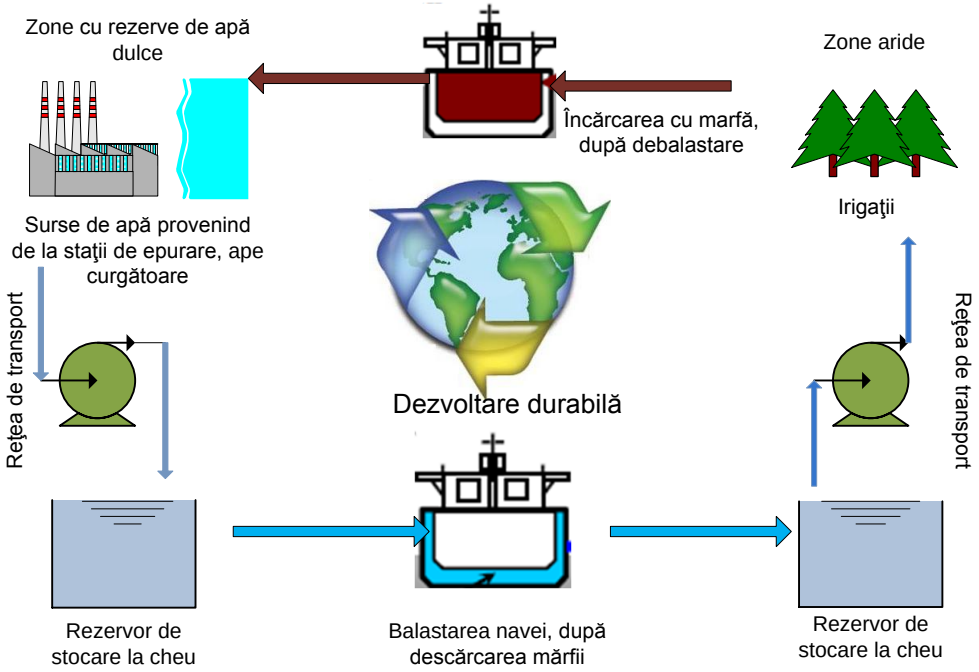


Fig. 3.3 Managementului Apei de Balast şi transferul de apă dulce către zonele aride

CAP. IV COMPATIBILITATEA SISTEMELOR CU NAVELE SELECTATE ŞI IERARHIZAREA ACESTORA

4.1 Compatibilitatea din punctul de vedere al alimentării cu energie electrică

Pentru a se verifica compatibilitatea oricărei instalații cu fiecare din navele enumerate, se va avea în vedere procentul pe care îl reprezintă consumul cumulat al instalației cu cel necesar acoperirii căderii de presiune, din puterea Diesel Generatoarelor existente, funcționând în paralel.

Un criteriu de eliminare din lista de opțiuni a unei instalații, sau înlocuirea DG-urilor (cel mai defavorabil) îl constituie depășirea valorii de 10% pentru puterea mai sus considerată.

Pentru a se realiza toate asocierile posibile între instalațiile și navele selectate, câte 10 modele din fiecare, se va realiza matricea reprezentată în Tab. 4.1.

Tab. 4.1 Matricea asocierilor posibile, în fază preliminară, între instalațiile și navele selectate

Inst Tratare / Tip Navă	Debit pentru Tratare [mc/h]	Aquarius EC [kWh]	HiBallast [kWh]	Aquarius UV [kWh]	Balpure [kWh]	Ecochlor [kWh]	Crystal Ballast [kWh]	Hyde Guard [kWh]	Mitsui [kWh]	NK O3 [kWh]	Hitachi [kWh]
T 9200	500	56	126	106	46	26	99	66	22	76	56
T 24 000	1500	157	331	248	136	74	296	160	62	190	166
T 40 700	2000	214	434	284	184	100	394	214	84	254	229
T 65 000	3000	316	626	-	276	146	596	331	128	386	346
T 95 000	4500 (3500 + 1000)	475	945	-	415	221	892	500	190	598	527
T 125 000	4000 (2x2000)	428	868	-	398	200	788	428	168	508	458
T 166 000	6000 (2x3000)	632	1252	-	552	192	1192	662	-	772	692
V 41 000	3000	316	626	-	276	146	596	331	128	386	346
V 60 000	4000 (2x2000)	428	868	-	398	200	788	428	168	508	458
2420TEU	1000	102	232	142	92	51	197	107	42	132	112

Pe baza matricei de mai sus se va analiza fiecare model de navă din punctul de vedere al capabilității de a susține oricare din instalațiile de tratare. Se va calcula procentul pe care îl reprezintă consumul instalației în cauză din puterea electrică instalată la bordul navei. Rezultatele sunt ilustrate în cadrul Anexei II din lucrare.

4.2 Compatibilitatea din punctul de vedere al duratei procesului de tratare

Trebuie avut în vedere faptul că durata procesului de tratare variază de la un model de instalație la alta, după cum se va putea vedea și tabelul alăturat. În general, în cazul navelor de mici dimensiuni (T 9400, T 24000, portcontainer 2420 TEU) distanța între două porturi consecutive este mică, implicit și durata voiajului respectiv a duratei de tratare. Așadar, trebuie analizat, care model de instalație oferă eficacitate la o durată redusă a procesului.

4.3 Ierarhizarea instalațiilor de tratare funcție de consumul de carburanți

Pe baza valorilor consumurilor de energie obținute se va estima și consumul corespunzător de carburanți, implicit și cantitatea de poluanți emiși în atmosferă.

În tabelul 4.4 se indică consumul specific de combustibil pentru fiecare instalație tip de navă considerată. [44] [45] [46]

Tab. 4.2 Centralizarea consumurilor specifice diesel-generatoarelor navelor considerate

Tip Navă	Diesel Generatoare [kW]	Tipul și modelul Diesel-Generatorului	Consum specific de combustibil [g / kWh]
T 9200	3 x 780	BAUDOUIN 12M26C1100-18	209
T 24 000	3 x 850	MAN 9L16/24 – HFO	198
T 40 700	3 x 900	CATERPILLAR 3512B	211
T 65 000	4 x 950	MAN 5L21/31 - HFO	205
T 95 000	4 x 1200	CATERPILLAR3516B - HFO	195
T 125 000	4 x 1170	CATERPILLAR M20C - HFO	201
T 166 000	4 x 1630	MAN 8L21/31 - HFO	193
V 41 000	4 x 740	BAUDOUIN 12M26C1100-18	209
V 60 000	3 x 1150	CATERPILLAR M20C - HFO	201
2420TEU	3 x 800	MAN 9L16/24 - HFO	198

Pe baza tabelului 4.2, a duratei procesului de tratare pe parcursul unui voiaj, a numărului de voiaje realizate anual (toate calculele regăsindu-se în lucrare, se va calcula consumul anual de combustibil corespunzător consumului de energie a instalațiilor de tratare a apei de balast.

Tab. 4.3 Matricea consumului anual de combustibil necesar alimentării sistemelor de tratare

Inst Tratare / Tip Navă	Aquarius EC [kg]	HiBallast [kg]	Aquarius UV [kg]	Balpure [kg]	Ecochlor [kg]	Crystal Ballast [kg]	Hyde Guard [kg]	Mitsui [kg]	NK O3 [kg]	Hitachi [kg]
T 9200	9828	22120	37212	8072	4561	17381	23170	3864	13342	9828
T 24 000	20515	-	12832	17774	9669	-	41818	8096	24827	21692
T 40 700	13545	-	-	11646	6330	-	27090	5315	16077	14495
T 65 000	19434	-	-	16975	8979	-	40710	7872	-	21280
T 95 000	27786	-	-	24276	12927	-	-	11115	-	-
T 125 000	20647	-	-	26628	9264	-	41924	8104	-	22094
T 166 000	29273	-	-	25576	8892	-	-	-	-	-
V 41 000	-	-	-	13843	7322	-	-	6420	-	-
V 60 000	-	-	-	-	9648	-	-	8104	-	-
2420TEU	23018	52360	64090	20759	11514	44460	48336	9473	29792	25270

4.4 Ierarhizarea instalațiilor de tratare funcție de gabarit

Această clasificare are rolul de a departaja instalațiile mici ca dimensiuni de cele care necesită un spațiu ridicat, determinând, într-o oarecare măsură, afectarea activităților de la bordul navei.

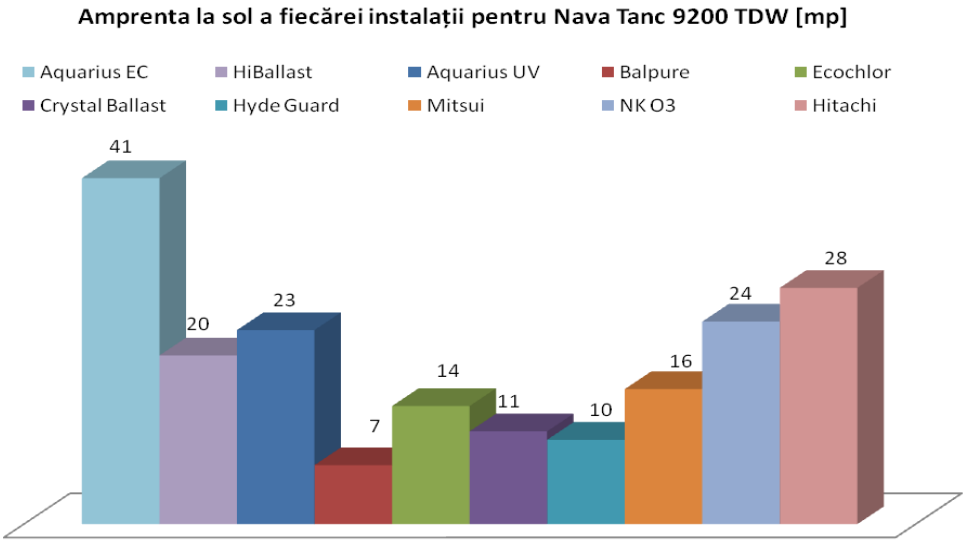


Fig. 4.1 Ierarhizarea instalațiilor asociate navei Tanc 9200, funcție de dimensiune

4.5 Ierarhizarea instalațiilor funcție de costul de operare

În cadrul costului anual de operare sunt incluse consumabilele, mentenanța ca și consumul de combustibil, care reprezintă cel mai ridicat cost.

Tab. 4.4 Matricea costurilor de operare specifice fiecărui sistem, funcție de debitul cerut la fiecare din navele considerate

Inst Tratare		Aquarius EC [$x1000]	HiBallast [$x1000]	Aquarius UV [$x1000]	Balpure [$x1000]	Ecochlor [$x1000]	Crystal Ballast [$x1000]	Hyde Guard [$x1000]	Mitsui $x1000	NK O3 $x1000	Hitachi [$x1000]
Tip Navă	Debit										
T 9200	500	15	15	9	14	14	9	9	7		
T 24 000	1500	18	-	12	17	17	13,5	14	9		
T 40 700	2000	18	-	-	17	17	-	14	9		
T 65 000	3000	20	-	-	19	19	-	15,5	11	-	
T 95 000	4500	20	-	-	19	19	-	-	11	-	-
T 125 000	4000	20	-	-	19	19	-	15,5	-	-	
T 166 000	6000	23	-	-	22	22	-	-	-	-	-
V 41 000	3000	-	-	-	19	19	-	-	11	-	-
V 60 000	4000	-	-	-	-		-	-		-	-
2420TEU	1000	18	18	12	17	17	13,5	14	9		

4.6 Ierarhizarea instalațiilor funcție de costul de achiziție

În privința costului de achiziție trebuiesc enumerate mai multe surse de informații regăsibile în bibliografie: ofertele companiilor Severn Trent De Nora[58] pentru instalația BALPURE[56] precum și de AURAMARINE[59]. Aceste oferte au fost adresate Șantierului Naval din Constanța în anul 2014, în cadrul proiectului de implementare a instalațiilor de tratare a apei de balast la bordul Navelor Tanc chimic 38 000 TDW. Am avut acces la ofertele în cauză datorită participării la activitatea de proiectare a activității de alegere și instalare la bord.

CAP. V METODOLOGIA DE ANALIZĂ A VALORII / INGINERIA VALORII PENTRU CREŞTEREA PERFORMANŢEI SISTEMELOR

5.1 Întocmirea ierarhizărilor multicriteriale

În cele ce urmează se va urmări o selecție a instalațiilor astfel încât să se cunoască care modele sunt compatibile pentru fiecare din cele zece nave considerate. Întrucât diferențele valorice ale: consumului de combustibil, costurilor de operare, de achiziție, suprafață de amplasare etc. sunt reduse, teoretic, aproape oricare din instalații poate fi instalată la bordul oricărei nave. Din acest motiv va fi necesară o ierarhizare, bazată pe analiză criterială, criteriile în acest caz fiind reprezentate de parametrii anterior calculați.

În cele ce urmează voi menționa parametrii (criteriile) care se vor urmări în cadrul analizei criteriale, alții decât cei cuantificați anterior.

Aceasta analiză vizează fiecare navă în parte, urmând a se identifica care este cea mai avantajoasă instalație care poate fi instalată la bord. Ea se bazează pe o serie de criterii, ilustrate în Fig.5.1:

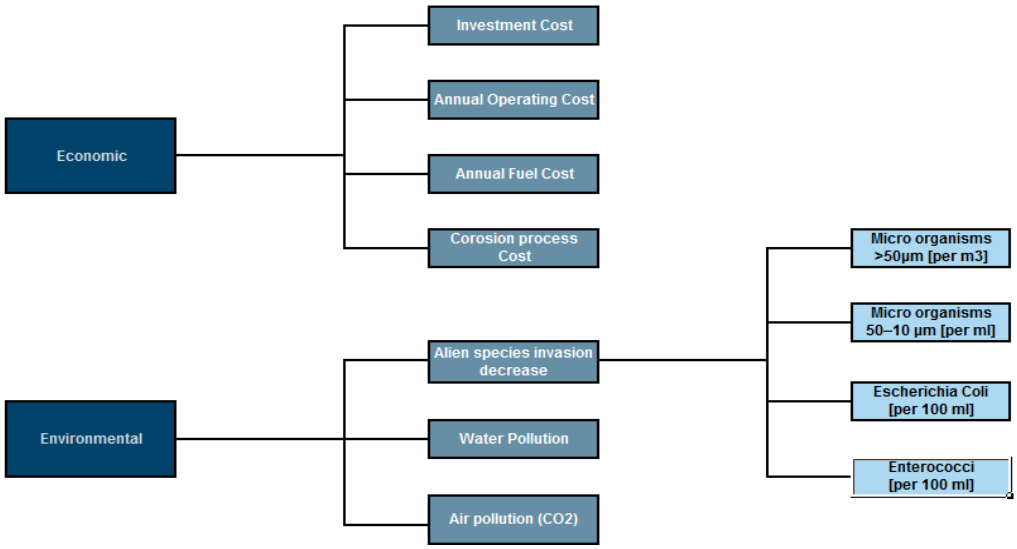


Fig. 5.1 Încadrarea parametrilor pe Criterii

5.2 Atribuirea de ponderi

În figurile care urmează sunt prezentate ierarhizările, inițial a celor patru criterii, având la bază studiile în literatura de specialitate. [72] [73]

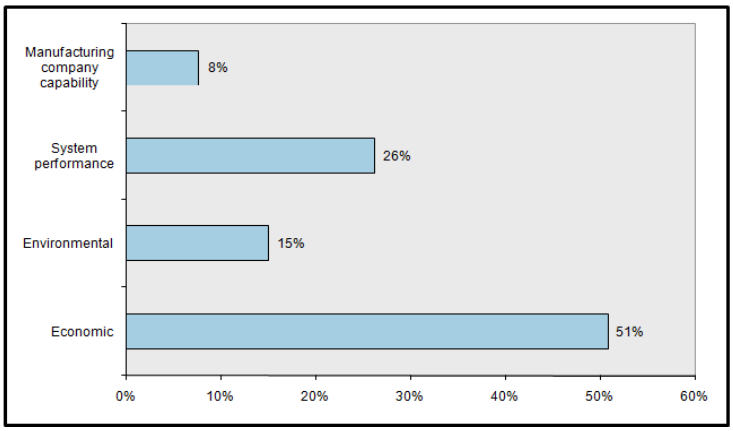


Fig. 5.2 Ierarhizarea criteriilor proprii instalațiilor

În figura 5.3 este prezentată ierarhizarea parametrilor specifici criteriului economic. [74]

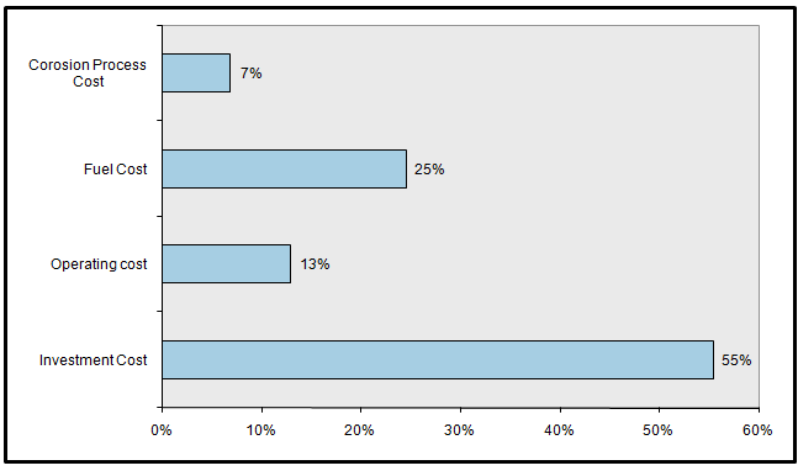


Fig. 5.3 Ierarhizarea Parametrilor caracteristici Criteriului Economic

În anexele prezentate la finalul lucrării, sunt centralizate valorile corespunzătoare parametrilor tehnici ai: sistemelor de tratare precum și ai navelor la care urmează a fi instalate sistemele. Parametrii corespunzători sistemelor funcție de debitul cerut la fiecare navă nu au mai fost prezentați, putând fi extrași din capitolele precedente.

CAP. VI IDENTIFICAREA RISCURILOR PE ÎNTREG CICLUL DE VIAŢĂ AL SISTEMULUI DE TRATARE

6.1. Riscuri specifice selecţiei şi achiziţiei instalației

Există riscul ca șantierele să fie suprasaturate, neputând executa operațiunile de instalare la bord în timp util, rezultând astfel o importantă pierdere de profit. De asemeni, este de așteptat o majorare a tarifelor atât a instalațiilor cât și a operațiunilor de montare. Ca ultim argument se susține faptul că o politică greoaie în ceea ce privește aplicarea măsurilor de protecție a mediului va pune într-o lumină defavorabilă întreaga companie.[76]

1. Lipsa unor metodologii bazate pe date reale acumulate în timp[78]

Există o evidentă divergență între producătorii de instalații de tratare și beneficiari. Dacă primii consideră nejustificată o tărăgănare a aplicării unor măsuri inevitabile, cei din urmă nu știu cui să se adreseze pentru a obține o serie de răspunsuri competente.

2. Porturile și apele tranzitate

Trebuie avut în vedere faptul că proprietățile fizico-chimice ale apei variază de la un port la altul într-un spectru foarte larg. Nu doar faptul că puține instalații pot trata atât apă de mare cât și apă dulce, dar chiar și turbulența apei sau conținutul de suspensii solide poate crea serioase probleme instalațiilor care nu sunt prevăzute pentru respectivele condiții.

3. Tipul navei, 4. Mentenanța

6.2. Riscuri specifice montării la bord

Etapele descrise la acest subcapitol în cadrul lucrării sunt preluate din "Eco innovative refitting technologies and processes for shipbuilding industry promoted by European Repair Shipyards" în cadrul Proiectului EcoREFITEC-D-4.1-2012-12-01-SSA, realizat în colaborare cu Șantierul Naval din Constanța.

Urmează descrierea operațiunilor, care pot fi văzută în pașii anterior enumerați ca și în Graficul Gant din figura 6.2.

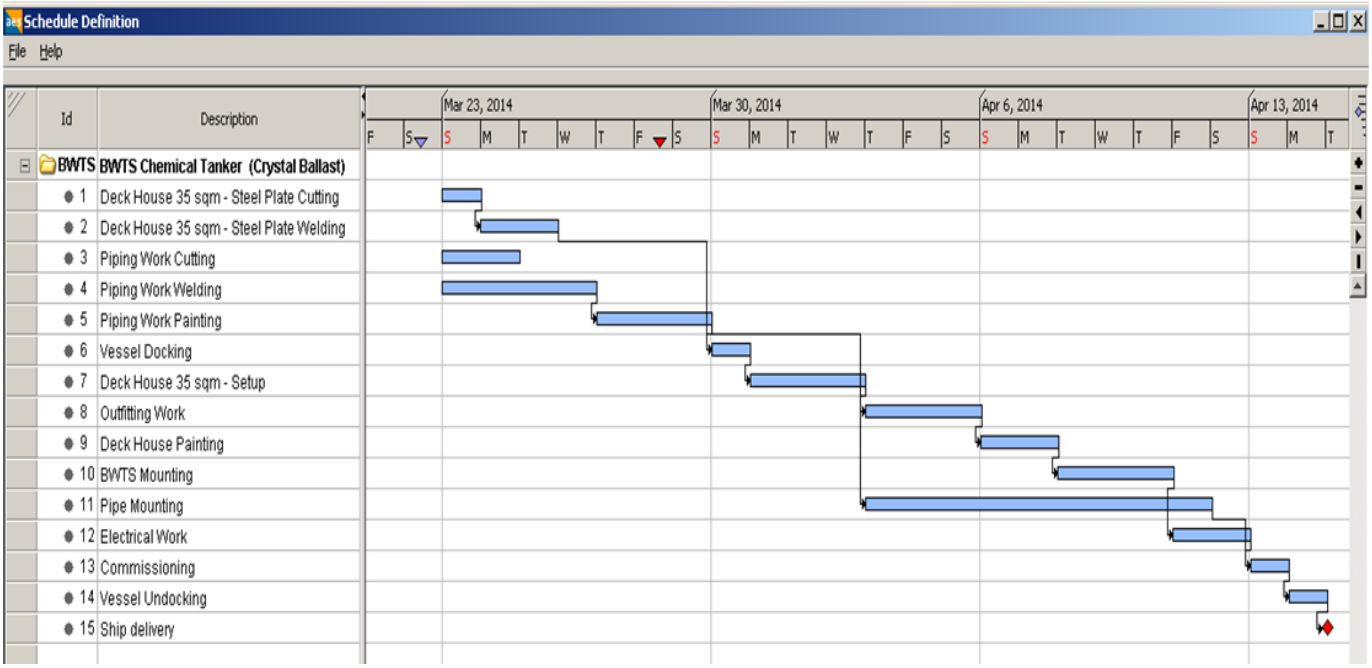


Figura 6.2 Graficul Gant al activităților

6.3. Riscuri specifice exploatării instalației

Riscuri ale tratării chimice [88]

Hazardele chimice asociate BWTS se împart în două categorii: cele cu acțiune pe termen scurt – ca urmare a acțiunii oxidanților puternici deversați în mare odată cu apa de balast pentru a cărei tratare au fost foosiți și cele cu acțiune pe termen lung – ca urmare a acțiunii produșilor de sinteză.

Riscuri ale tratării prin ozonare

Tratarea cu ozon reprezintă o modalitate eficientă de neutralizare a organismelor marine atât în apa de mare cât și în apa dulce. În apa dulce ozonul se descompune formând radicali liberi care reprezintă un oxidant puternic pentru organismele vii. În apa de mare, ozonul inițiază reacții chimice asemănătoare clorurării, ducând la apariția unui puternic acid hipobromic.

Riscuri ale tratării cu UV

Tratamentul cu UV neutralizează organismele acvatice prin distrugerea membranei celulare sau determină incapacitatea de înmulțire. Eficacitatea tratamentului depinde de turbulența apei și conținutul de suspensii în apă, care împiedică propagarea eficientă a radiațiilor.

Riscuri ale tratării prin deoxigenare

Managementul sedimentelor

Trebuie menționat faptul că deversarea peste bord a sedimentelor rămase în urma procesului de tratare a apei este nerecomandată, pe viitor posibil a se impune și sancțiuni. Din acest motiv este necesar ca toate instalațiile de tratare să fie echipate cu filtru de materii grosiere. În general organismele reținute de filtru sunt de peste 50 μm, existând însă și modele mai performante care reușesc să rețină particule de până la 10 μm.

CAP. VII REPROIECTAREA PRIN ASUMAREA RISCURILOR A UNEI INSTALAŢII DE TRATARE A APEI DE BALAST (RISK BASED DESIGN)

7.1 Îmbunătățiri ce se pot aduce sistemelor de tratare a apei de balast [80]

Acest capitol tratează problematica incompatibilității anumitor instalații cu navele luate în considerare prin prisma metodei cunoscută în literatură ca Risk Based Design sau Proiectare bazată pe analiza riscului.

Sunt propuse o serie de metode, unele puse în practică și dezvoltate la scară largă (montarea unui ruf pe puntea exterioară pentru adăpostirea instalațiilor), altele nici măcar în fază de proiect. Acestea se dorește a avea rol de evitare sau diminuare atât a riscurilor cât și inconvenientelor care apar la montarea unei instalații compatibilă în mică măsură sau deloc cu nava, pentru situația clasică.

La finalul descrierii acestor metode se va analiza în ce măsură punerea lor în aplicare poate aduce beneficii de ordin financiar, ecologic, de siguranță în exploatare, suplimentar față de soluțiile regăsite din analiza anterioară a situației clasice.

7.2 Reanalizarea fezabilităţii sistemului şi ierarhizarea acestuia utilizând Analiza Valorii

Îmbunătățirea filtrării

Inconvenientele care se fac simțite la îmbunătățirea filtrării sunt necesitatea extinderii spațiului de amplasare întrucât vor fi necesare mai multe filtre precum și un consum suplimentar de energie electrică ca urmare a unei căderi de presiune mai ridicată. Un alt inconvenient este majorarea prețului de achiziție.

După introducerea noilor valori specifice sistemului ClearBallast de la Hitachi, din tabelul 7.8, de la subcapitolul 7.2.1 (regăsit în lucrare), în programul AHP, coeficientul de ierarhizare a trecut de la valoarea 3 la 9, ocupând poziția a II-a ca performanță de tratare.

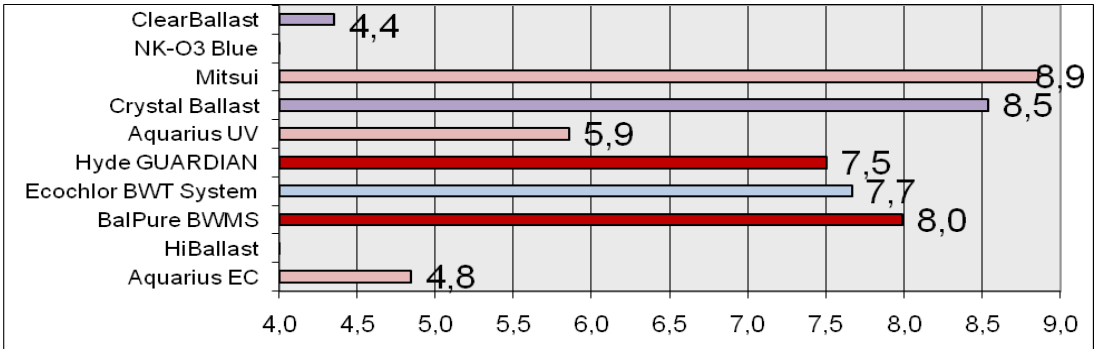


Fig. 7.1 Coeficienții de ierarhizare înainte de îmbunătățire

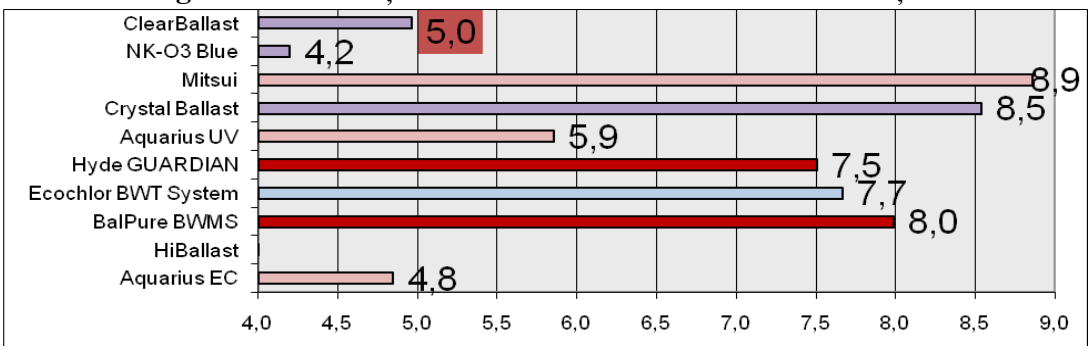


Fig. 7.2 Coeficienții de ierarhizare după îmbunătățire

Eliminarea incompatibilității instalațiilor din punctul de vedere al standardului Ex-Proof [90]

Referitor la sistemele care nu corespund cu standardele Ex-Proof, trebuie menționat că se evită instalarea la bordul navelor Tanc. La navele de alt tip, nu sunt restricții, dacă se urmărește evitarea spațiilor din imediata apropiere a zonelor de lucru cu produse inflamabile.

În acest sens, se poate considera pentru cele trei tipuri de navă (Vrachier 41000 TDW, Vrachier 60000, Portcontainer 2420 TEU) majorarea coeficienților de ierarhizare corespunzători parametrului EX-Proof, de la valoarea 1 la 10.

Așadar, graficele cu clasamentul instalațiilor, înainte și după modificare, vor arăta ca în exemplul de mai jos:

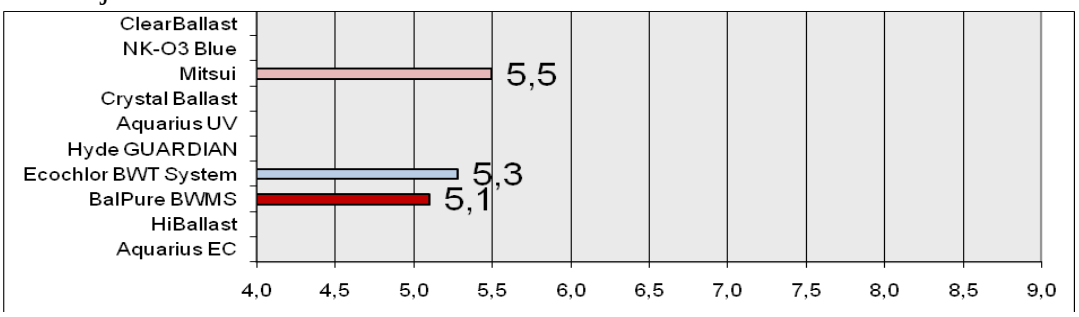


Fig. 7.3 Coeficienții de ierarhizare înainte de îmbunătățire

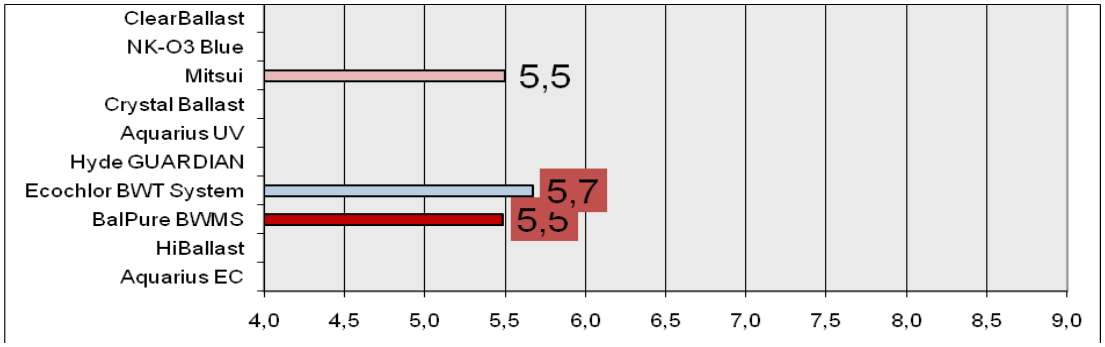


Fig. 7.4 Coeficienții de ierarhizare după îmbunătățire

Exemplul este pentru situația navei Vrachier 41000 TDW, fiind cel mai elocvent schimbarea de clasament a instalațiilor, odată cu modificarea statutului instalației. De la valoarea 5.1, coeficientul de ierarhizare al instalației BalPure a crescut la 5.5, egalând sistemul Mitsui. EcoChlor a crescut de la 5.3 la 5.7, ajungând primul în clasament.

Diminuarea numărului de incompatibilități navă-sistem, raportat la necesarul de putere

Aproximativ 50 % din cele 100 de asocieri navă-sistem posibile, nu pot fi considerate ca fezabile din punctul de vedere al necesarului de energie electrică. Aceasta fiindcă necesarul de energie electrică nu poate fi acoperit de rezerva de putere a centralei electrice a navei. În special pentru sistemele mari consumatoare de energie, acest criteriu nu a putut fi îndeplinit.

În literatură sunt prezentate ca posibile soluții următoarele variante:

1. instalarea unui diesel – generator suplimentar numit Power-Pack care, fie să suplimenteze puterea centralei electrice, fie să alimenteze, de sine-stătător, instalația de tratare
2. alimentarea sistemului de tratare cu ajutorul diesel-generatorului de avarie sau de staționare

Se desfășoară studii , bazate pe conceptul de Risk Based Design, în cadrul diferitelor companii producătoare de instalații de tratare prin care se dorește certificarea acestei metode neconvenționale.

Figura 7.7 corespunde navei Tanc 40700 TDW. Se poate constata faptul că în faza inițială instalația Aquarius UV nu apărea în lista instalațiilor compatibile. După reevaluarea situației prin intermediul metodei Risk Based Design, acesteia îi corespunde un coeficient de ierarhizare cu valoarea 4,1. Deși este situată pe ultimul loc în clasament, reprezintă totuși, o soluție viabilă pentru acele nave care o preferă în detrimentul altor modele.

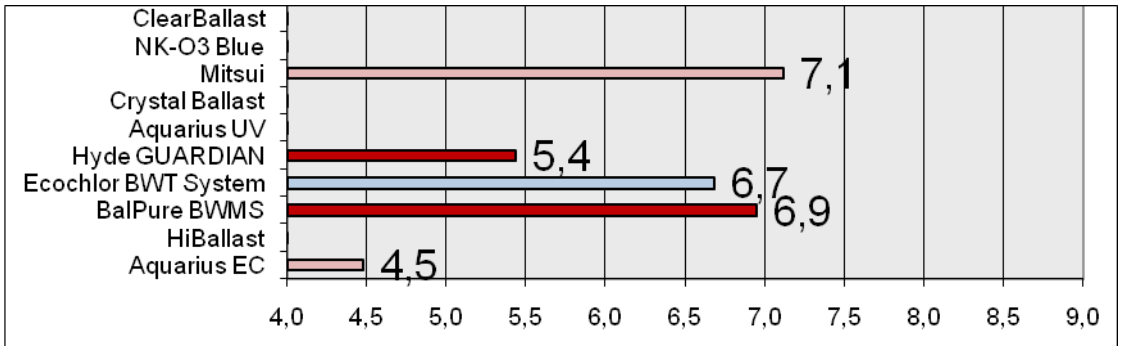


Fig. 7.5 Coeficienții de ierarhizare înainte de îmbunătățire

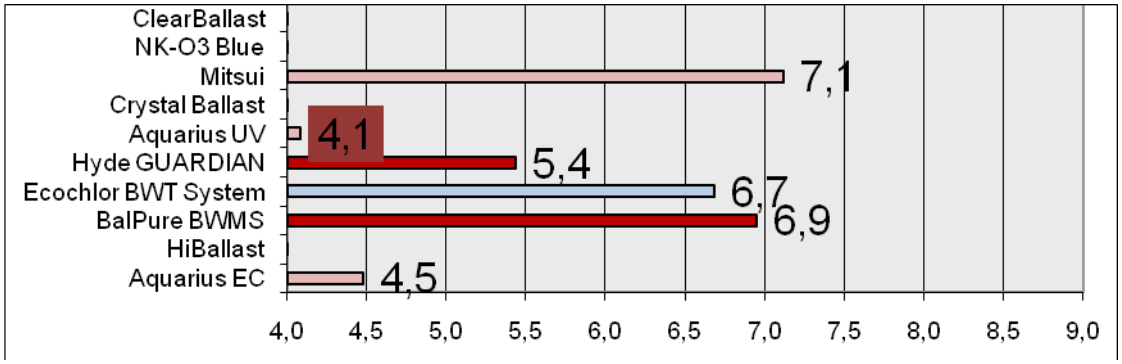


Fig. 7.6 Coeficienții de ierarhizare pentru nava T 40700 după îmbunătățire

CAP. VIII MODELAREA REPROIECTĂRII PRIN ANALIZA RISCURILOR FOLOSIND INSTRUMENTELE PHA, FMEA ŞI MODELUL SOFTWARE HiP-HOPS

8.1 Analiza preliminară a hazardelor (PHA) pentru alegerea și achiziția unor filtre adiţionale

Această metodă de analiză este folosită pentru identificarea acelor ameninţări care ar putea fi subiectul unor analize de risc ulterioare. S-a ales acest tip de analiză în cadrul etapei preliminare întrucât poate fi aplicată în orice moment de existenţă al unui echipament, fie el încă în stadiu de proiect, fie către finalul exploatării.

Tab. 8.1 Extras din analiza PHA a implementării BWTS

Nr. Crt.	Cauza	Consecinţa	Măsuri care se impun
1.	Costul de achiziţie al filtrelor adiţionale nu se justifică în raport cu performanţa obţinută.	1. Investiţia nu se va amortiza integral. 2. Compania maritimă va fi pusă în dificultate financiară.	1. Alegerea unui raport preţ – calitate optim 2. Renunţarea la achiziţie
2. ... ...8.	Existent în lucrare		

8.2 Evaluarea riscurilor utilizând analiza modurilor de defectare şi a efectelor defectării (FMEA – Failure Modes and Effects analisys)

Modul de evaluare a celor trei elemente: severitate, probabilitate, detecţie a fost prezentat în cadrul capitolului I. Pe baza reperelor trasate s-au întocmit trei tabele de analiză FMEA, în acest rezumat al lucrării fiind ilustrat doar Tab. 8.2.

În cadrul acestora au fost analizate riscurile rămase după aplicarea soluţiilor de îmbunătăţire a sistemelor de tratare. Pentru simplificare au fost alese doar trei stadii: cel al alegerii şi achiziţiei unor filtre adiţionale cu scopul creşterii performanţei de tratare, cel al montajului la bord a acestor filtre precum şi cel al funcţionării sistemului având alimentarea cu energie electrică de la diesel-generatorul de avarie.

8.3 Analiza riscurilor utilizând instrumentul de modelare software HiP-HOPS

În scopul stabilirii dacă soluţiile de îmbunătăţire a sistemului de tratare sunt viabile (pot fi puse în aplicare fără apariţia unor riscuri majore) s-a apelat la instrumentul de modelare software HiP-HOPS. Acesta a fost dezvoltat de un grup de cercetători ai Universităţii din Hull, coordonaţi de Prof. Yianis Papadopoulos.

Una dintre cele câteva soluţii propuse este reprezentată de Funcţionarea BWTS, având alimentare de la Diesel-Generatorul de avarie.

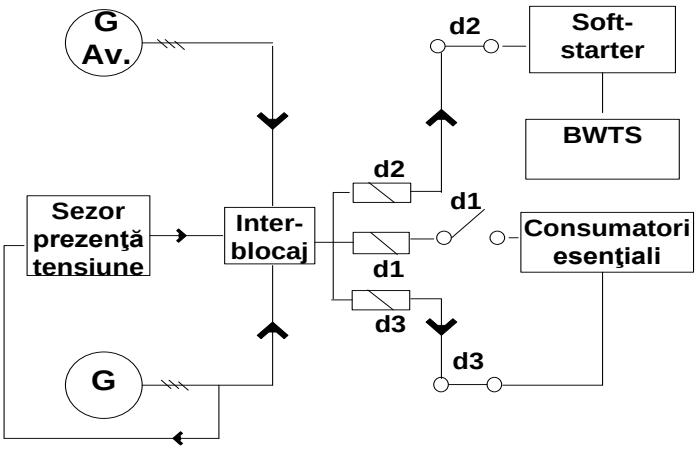


Fig.8.1 Schema instalaţiei de alimentare cu energie electrică a BWTS

Generatorul de avarie (G Av.) alimentează sistemul de tratare a apei de balast BWTS, câtă vreme consumatorii esenţiali ai navei au alimentare de la generatoarele de bază (G). Acest lucru este semnalizat de senzorul prezenţă tensiune. În momentul în care apare un black-out (întreruperea alimentării cu energie de la generatoarele de bază) senzorul transmite către contactorul d2 lipsă tensiune alimentare.

Contactorul are rolul de a transmite semnalul de pornire a generatorului de avarie (dacă acesta nu este în funcţiune) şi totodată de a decupla, prin deschiderea contactului (normal închis) d2, BWTS, în cazul în care acesta este alimentat.

Întreruperea alimentării cu energie a BWTS trebuie efectuată ca urmare a faptului că Generatorul de avarie nu are capacitatea de a alimenta simultan consumatorii esenţiali şi BWTS.

Trebuie menţionat faptul că în momentul în care senzorul detectează lipsa tensiunii de alimentare a consumatorilor esenţiali, acesta transmite un semnal şi către contactorul d1. Contactorul dă comandă contactului d1 (normal deschis), prin închiderea acestuia putându-se realiza alimentarea consumatorilor esenţiali de la Generatorul de avarie.

Totodată se realizează şi deschiderea contactului normal închis d3, preîntâmpinându-se suprapunerea alimentării cu energie, după ce generatorul de bază va fi fost pus în funcţiune.

De asemeni, în privinţa acestui aspect, de a nu se ajunge la situaţia suprapunerii alimentărilor, a fost prevăzut şi un interblocaj, care permite circulaţia dintr-un singur sens a energiei electrice, la un moment dat.

Soft-starter-ul din schemă reprezintă un dispozitiv ce facilitează pornirea electromotoarelor existente în cadrul sistemului de tratare (BWTS), care la pornire absorb un curent de 5 – 10 ori mai mare decât curentul nominal, putând conduce la black-out.

Elementul major de risc în cadrul acestei analize este reprezentat de nealimentarea consumatorilor esenţiali în cazul apariţiei unui black-out. Consecinţele cu efectele cele mai grave sunt reprezentate de: pierderea guvernării şi propulsiei conducând la coliziune, scufundare etc.

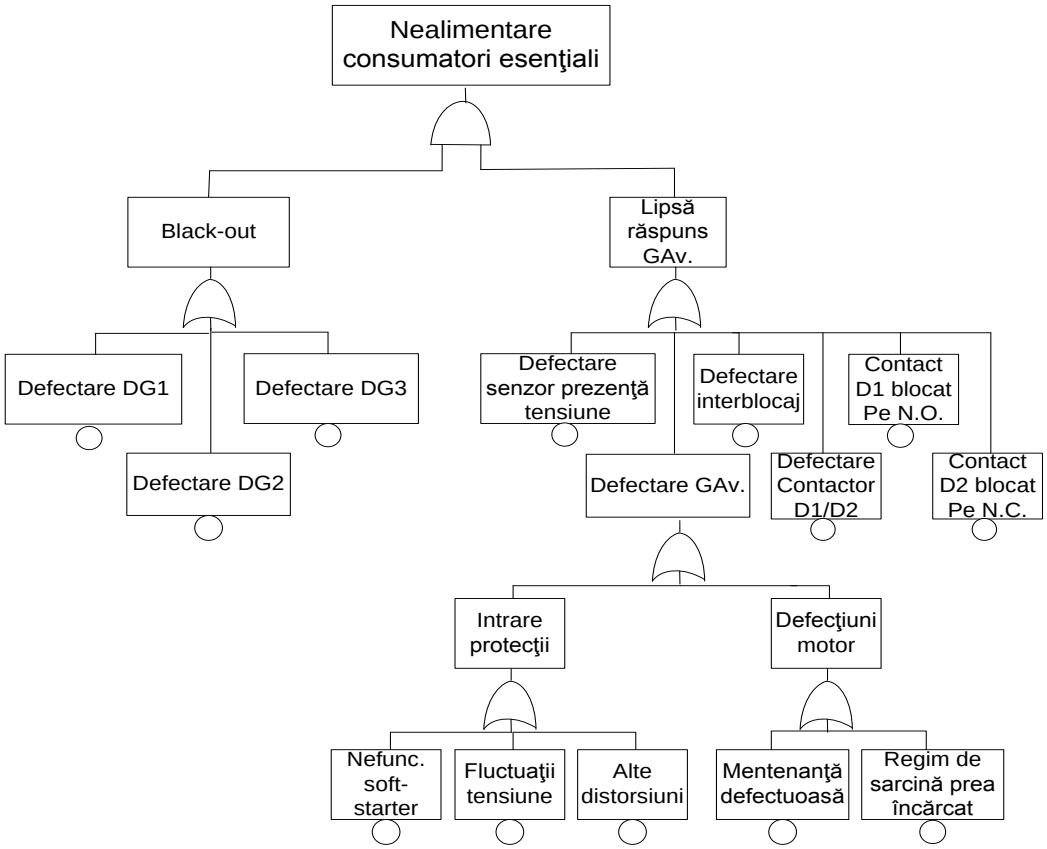


Fig.8.2 Realizarea manuală a Arborelui de riscuri

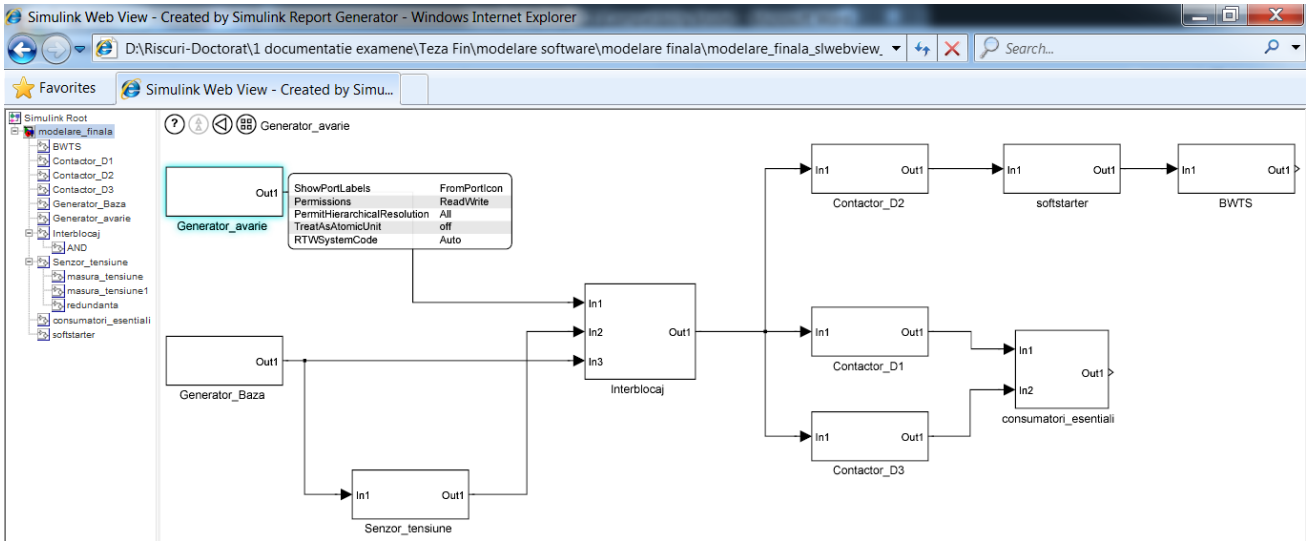


Fig. 8.3 Reprezentarea în Simulink a instalaţiei de alimentare cu energie de la Generatorul de avarie, a BWTS

Pentru a putea rula modelul Software HiP-HOPS, schema instalaţiei trebuie creată în Programul Simulink, care de altfel, reprezintă interfaţa de rulare a acestui model.

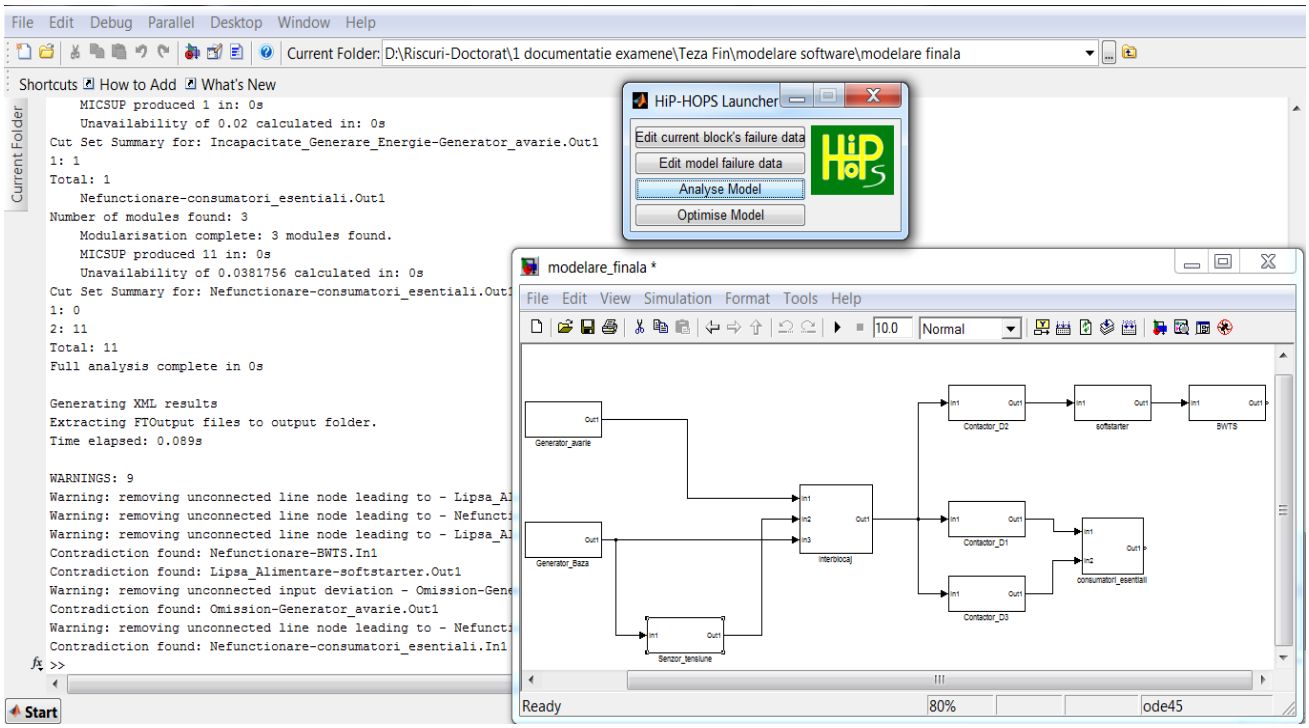


Fig. 8.4 Reprezentarea în Simulink a instalaţiei de alimentare cu energie de la Generatorul de avarie, a BWTS

În figura 8.5 este reprezentat arborele de riscuri rezultat în urma rulării modelului software. Acesta a fost creat pe baza arborelui de riscuri creat manual, reprezentat în figura 8.2.

Tot în cadrul acestei figuri se poate identifica valoarea rezultată a probabilităţii de apariţie a defecţiunii (lipsă alimentare consumatori esenţiali), egală cu 0,038. De asemeni, este reprezentată şi valoarea severităţii, egală cu 3, pe o scară de la 1 la 7.

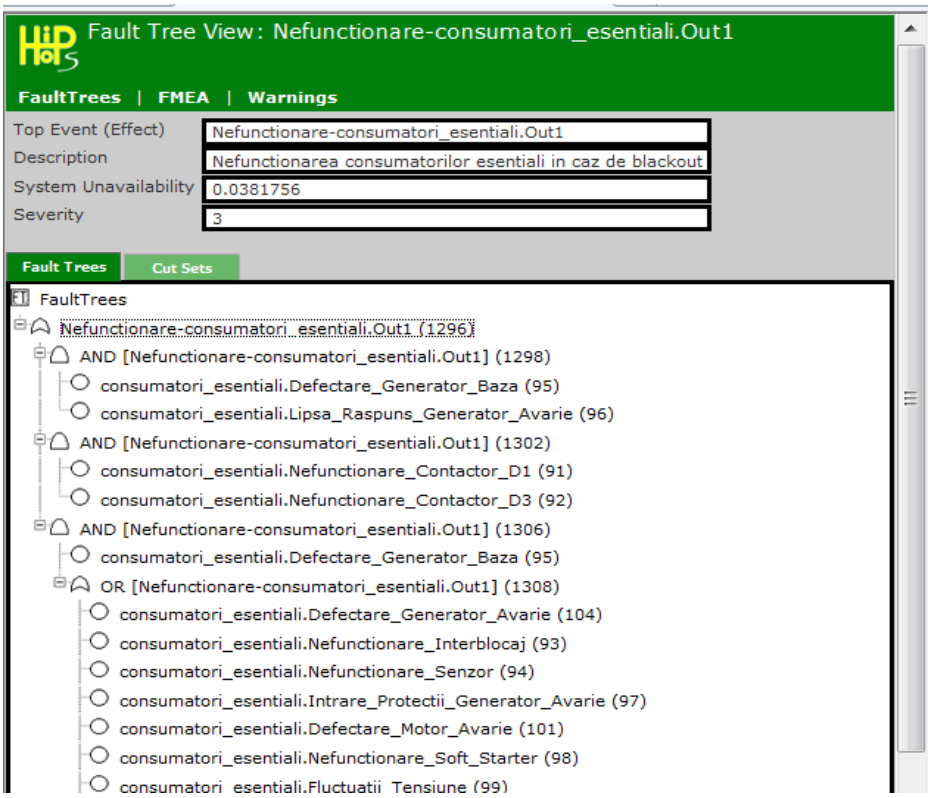
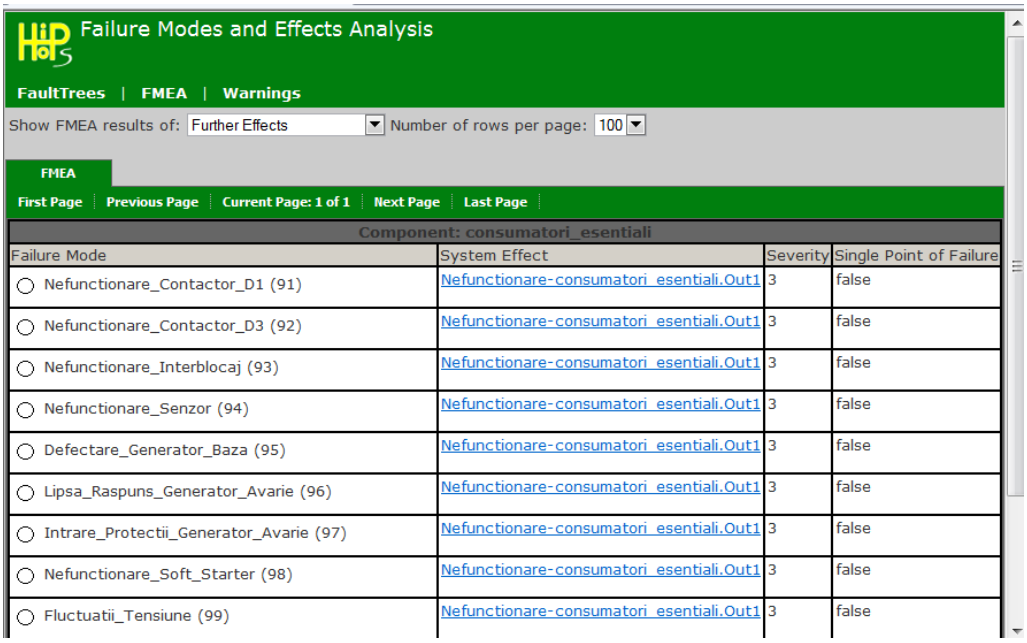


Fig. 8.5 Crearea Arborelui de Risc corespunzător alimentări BWTS de la Gen.Av.



Failure Mode	System Effect	Severity	Single Point of Failure
Nefunctionare_Contactor_D1 (91)	Nefunctionare-consumatori_esentiali.Out1	3	false
Nefunctionare_Contactor_D3 (92)	Nefunctionare-consumatori_esentiali.Out1	3	false
Nefunctionare_Interblocaj (93)	Nefunctionare-consumatori_esentiali.Out1	3	false
Nefunctionare_Senzor (94)	Nefunctionare-consumatori_esentiali.Out1	3	false
Defectare_Generator_Baza (95)	Nefunctionare-consumatori_esentiali.Out1	3	false
Lipsa_Raspuns_Generator_Avarie (96)	Nefunctionare-consumatori_esentiali.Out1	3	false
Intrare_Protectii_Generator_Avarie (97)	Nefunctionare-consumatori_esentiali.Out1	3	false
Nefunctionare_Soft_Starter (98)	Nefunctionare-consumatori_esentiali.Out1	3	false
Fluctuatii_Tensiune (99)	Nefunctionare-consumatori_esentiali.Out1	3	false

Fig.8.6 Reprezentarea elementelor primare ale structurii FMEA

În figura 8.6 este reprezentată structura FMEA, corespunzătoare schemei de alimentare a BWTS, de la Generatorul de avarie. Pentru fiecare element primar al structurii FMEA, alăturat este reprezentat efectul final produs asupra sistemului analizat şi anume – situaţia de nefuncţionare a consumatorilor esenţiali.

Concluzia acestei modelări software, utilizând instrumentul HiP-HOPS, este că, urmare a valorii foarte mici a probabilităţii de apariţie a riscului, egală cu 0,038, corelat cu o valoare a severităţii egală cu 3, indică prezenţa unui risc redus. Aşadar, soluţia de îmbunătăţire a sistemului de tratare a apei de balast, utilizând energia electrică produsă de Diesel-Generatorul de avarie, este una viabilă, potenţialele riscuri generate (scufundarea, eşuarea sau coliziunea navei), având un nivel foarte redus.

Tab. 8.3 Aplicarea metodei FMEA în cazul operării instalației de tratare a apei de balast cu alimentare de la diesel-generatorul de avarie [7] [9]

Proces -------- Cerinţe	Mod de defectare potenţial	Efecte principale ale defectării	S	Cauze potenţiale / Mecanisme de defectare	O	Controlul curent al procesului	D	NPR	Clasa de risc	Acţiuni corective recomandate	Rezultatele acţiunilor corective aplicate					
											Acţiuni corective aplicate	S	O	D	NPR	Clasa de risc
Funcţionarea instalaţiei	Apariţia incidentelor ca urmare a folosirii Diesel-Generatorului de avarie pentru alimentarea sistemului de tratare	Defectarea altor instalaţii ca urmare a distorsiunilor în reţeaua electrică. Punerea navei în pericol în caz de black-out Uzura prematură a generatorului ca urmare a supraîncărc.	6	Supraîncărcarea diesel-generatorului	8	Verificarea prealabilă a caracterist. sistemului	2	96	M	Respectarea specificaţiilor tehnice	Respectarea specificaţiilor tehnice	6	6	2	72	M
			7	Lipsa de răspuns în caz de black-out	5	Verificarea periodică a personalului	6	210	R	Utilizarea sistemului de tratare doar în condiţii de siguranţă	Utilizarea sistemului de tratare doar în condiţii de siguranţă	7	3	6	126	R
			6	Apariţia de distorsiuni în reţeaua electrică	3	Verificarea circuitului de alimentare cu substanţe chimice	8	144	R	Asigurarea unei mentenanţe corespunzătoare	Asigurarea unei mentenanţe corespunzăt.	6	2	8	96	M
			3	Mentenanţă costisitoare a generatorului de avarie	3	Verificarea periodică a stării tehnice	4	63	M	Întreţinerea corespunzătoare a agregatului	Întreţinerea corespunzăt. a agregatului	3	2	4	24	S
			1	Poluare atmosferică peste limite	3	Sistem de monitorizare a noxelor	5	15	S	Utilizarea judicioasă a generatorul ui	Utilizarea judicioasă a generatorul ui	1	3	4	12	S

Contribuţii personale şi recomandări

Prezenta lucrare are la bază activităţile desfăşurate de autor în cadrul Proiectului ECOREFITEC, derulat în perioada Februarie – Aprilie 2014, în colaborare cu Departamentul Ship Design al Şantierului Naval din Constanţa. Proiectul a vizat instalarerea la bordul Navei Tanc Chimic 41000 TDW, a unui sistem de tratare a apei de balast.

Elementul de noutate care se doreşte a fi obţinut este metodologia care să permită dezvoltarea de noi soluţii cu privire la regimul apei de balast, în ceeace priveşte navele în exploatare, astfel încât să se încadreze în noile standarde, concomitent cu menţinerea eficienţei economice a activităţii desfăşurate şi păstrarea siguranţei de exploatare.

Au fost definite şi analizate 10 de variante de sisteme de tratare, posibil a fi instalate la bordul a 10 tipuri diferite de nave, rezultând astfel 100 de potenţiale asocieri. S-a căutat definirea unui număr cât mai mare de variabile cu scopul de a conferi metodologiei un caracter global, care să acopere o arie cât mai largă din domeniul vizat.

A fost derulată analiza de ierarhizare pentru toate sistemele de tratare, folosindu-se programul de ierarhizare multicriterială AHP.

Au fost căutate şi dezvoltate posibile soluţii de răspuns la incompatibilităţile rezultate în urma analizei, cu scopul de a suplimenta opţiunile valabile pentru anumite nave.

Deşi au fost urmărite mai multe direcţii, metoda de reproiectare face referire cu precădere la: o îmbunătăţire a procesului de tratare, implicit a filtrării; o diminuare a duratei procesului de tratare ca şi a poluării mediului marin; încadrarea în standardul Ex-Proof; acoperirea necesarului de energie electrică a instalaţiei. A fost reiniţializată metoda de ierarhizare, cu scopul evidenţierii rezultatelor îmbunătăţirii.

S-a urmărit respectarea cerinţelor conceptului de Risk Based Design (reproiectare pe baza analizei riscurilor). Acest aspect a fost îndeplinit prin derularea metodelor: PHA şi FMEA precum şi a modelului software HiP-HOPS, dezvoltat de universitatea din Hull.

Interesul urmărit prin această analiză finală de risc a fost de a stabili dacă, în urma potenţialelor îmbunătăţiri, nu apar şi o serie de inconveniente majore, care ar periclita întreaga activitate.

Recomandări

- Utilizarea unor instrumente de ierarhizare riguroase, prealabil oricărei achiziţii de sisteme din categoria analizată
- Adoptarea unei proiectări a sistemelor navale care să aibă la bază, pe lângă criteriul economic, tehnologic şi de mediu şi pe cel de risc, evitându-se apariţia unor complexe scenarii de risc sistemic
- Dezvoltarea de soluţii eco-inovative, alternative la varianta convenţională de tratare a apei de balast (Cap. 3.2), ca urmare a multiplelor avantaje de ordin economic şi nu numai.

Anexa IV Detalii Tehnice ale instalațiilor de tratare selectate

BWMS Name	Required minimum holding time	Quantity of treatment chemicals (g/ ton)	Minimum treatment rate (m3/hour)	Overall treatment rate (m3/hour)	Suitable for freshwater?	Working Temperature	Deballasted oxidants quantity	Micro organisms >50µm [per m3]	Micro organisms 50–10 µm [per ml]	Vibrio Cholerae [per 100 ml]
Aquarius EC	24 h	10 g	100	3500	Yes	15-40°C	10 mg/l TRO	3	3	4
HiBallast	24 h	9 g	75	8000	Yes	15-40°C	9 mg/l TRO	<10	<10	<1
BalPure BWMS	12 h	16 g	500	20000	Yes	16-35°C	16 mg/l TRO	4	3	4
Ecochlor BWT System	48 h	14 g	400	10000	Yes	7 -60°C	14 mg/l TRO	3	3	3
Hyde GUARDIAN	instant		60	6000	Yes	No limitation	No oxidants	0	0,002 – 1,18	0
Aquarius UV	instant		50	1000	Yes	No limitation	No oxidants	2	2	2
Crystal Ballast	instant		100	3000	Yes	No limitation	No oxidants	4	4	4
Mitsui	20 h	3 g	100	2500	No	No limitation	3 mg/l TRO	<10	<10	<1
NK-O3 Blue	20 h	2,6 g	250	8000	Yes	No limitation	10 mg/l TRO	5	5	5
ClearBallast	10 h		200	2400	Yes	No limitation	No oxidants	<10	<10	<1

Anexa IV Detalii Tehnice ale instalațiilor de tratare selectate

BWMS Name	Required minimum holding time	pressure drop	Estimated Footprint for a system of						Max height	EX rating of components	Increasing corrosion factor
BWMS Name			500 m3/h	1000 m3/h	1500 m3/h	2000 m3/h	2500 m3/h	3000 m3/h	m		
Aquarius EC	24 h	1	41	59	74	84	91	95	2	Yes	1.33
HiBallast	24 h	1		25					3	No	1.3
BalPure BWMS	12 h	1	7	7.2	9	12	15	18	3	No	1.44
Ecochlor BWT System	48 h	1	14	20	24	28	31	33	2.5	No	1.4
Hyde GUARDIAN	instant	1	10	10	10	10	15	15	2	No	1
Aquarius UV	instant	1		28.5					3	No	1
Crystal Ballast	instant	1	11	14.3	15.4	18	21	24	2.5	No	1
Mitsui	20 h	1	16	20	23	26	28	30	3	Yes	1.05
NK-O3 Blue	20 h	1	24	32	38	42	46	49	2.5	No	1.34
ClearBallast	10 h	1	28	47	56	63	70	76	2	No	1

Anexa VI Valoarea suprafeței ocupate de instalații funcție de nava la care se dorește instalarea

Ship Type and Dead Weight [DWT] / BWMS Name	Estimated Footprint for Aquarius EC [m2]	Estimated Footprint for HiBallast [m2]	Estimated Footprint for Balpure [m2]	Estimated Footprint for Ecochlor [m2]	Estimated Footprint for HydeGuardian [m2]	Estimated Footprint for Aquarius UV [m2]	Estimated Footprint for Crystal Ballast [m2]	Estimated Footprint for Mitsui [m2]	Estimated Footprint for NKO3 [m2]	Estimated Footprint for Hitachi [m2]
Tanker 9200	41	20	7	14	10	23	11	16	24	28
Tanker 24 000	74	-	9	24	10	29	-	23	38	56
Tanker 40700	84	-	12	28	10	-	-	26	42	63
Tanker 65000	95	-	18	33	15	-	-	30	-	76
Tanker 95 000	169	-	27	57	-	-	-	53	-	-
Tanker 125 000	168	-	24	56	-	-	-	-	-	-
Tanker 166 000	190	-	36	66	-	-	-	-	-	-
Bulk 41 000	-	-	18	33	-	-	-	30	-	-
Bulk 60 000	-	-	-	56	-	-	36	52	-	-
Container 2420TEU	59	25.6	7.2	20	10	27.5	14.3	20	32	47

Anexa VII Calculul de ierarhizare Criterială

Parametrul Valoare de achiziție din cadrul Criteriului Economic

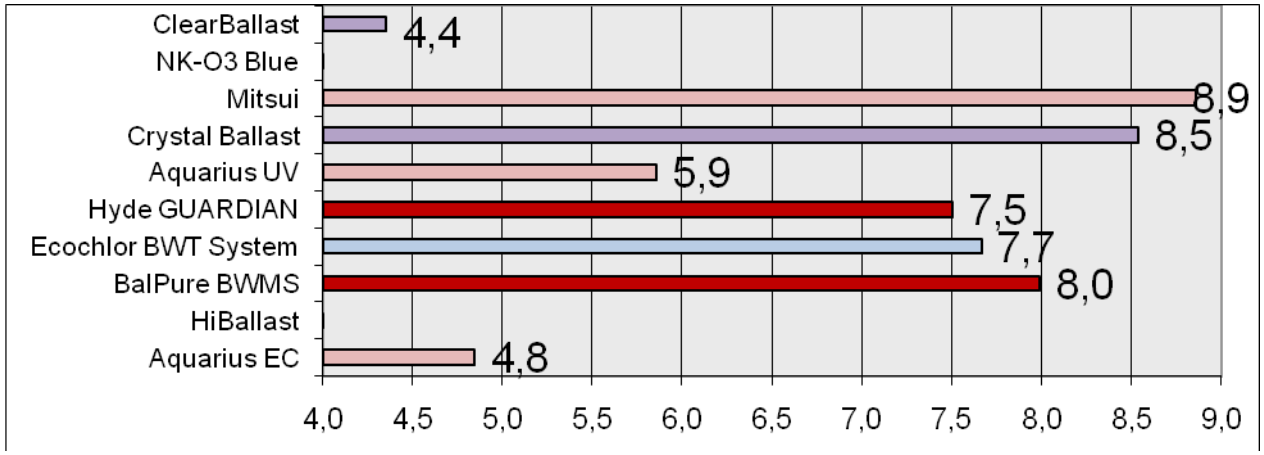
BWMS Name	Tanker 9200 ($x1000)	Rates	Rates	Tanker 24000 ($x1000)	Rates	Rates	Tanker 47000 ($x1000)	Rates	Rates	Tanker 65000 ($x1000)	Rates	Rates	Tanker 95000 ($x1000)	Rates	Rates
Aquarius EC	650	2.03	1	1100	1.69	1	1200	1.85	1	1350	2.08	1	1500	2.31	1
HiBallast	650	2.03	1		0.00			0.00			0.00			0.00	
BalPure BWMS	350	1.09	10	650	1.00	10	816	1.26	7	950	1.46	4	1200	1.85	1
Ecochlor BWT System	350	1.09	10	650	1.00	10	816	1.26	7	950	1.46	4	1200	1.85	1
Hyde GUARDIAN	400	1.25	8	950	1.46	4	1050	1.62	2	1170	1.80	1		0.00	
Aquarius UV	400	1.25	8	950	1.46	4		0.00			0.00			0.00	
Crystal Ballast	350	1.09	10	720	1.11	9		0.00			0.00			0.00	
Mitsui	320	1.00	10	800	1.23	7	950	1.46	4	1100	1.69	1	1200	1.85	1
NK-O3 Blue		0.00			0.00			0.00			0.00			0.00	
ClearBallast		0.00			0.00			0.00			0.00			0.00	

Valorile existente în tabelul de mai sus sunt calculate în cadrul unui document Excel. Pentru exemplificare a fost ales ca parametru de ierarhizare – Valoarea de achiziție. Se poate observa că atribuirea notelor se realizează în ordinea descrescătoare a valorii de achiziție. Așadar, instalației ce necesită cea mai mică cheltuială i se va atribui nota 10. Câmpurile corespunzătoare instalațiilor care nu pot fi instalate la nava care este analizată au fost marcate cu roșu.

Identic exemplului prezentat au fost analizați toți cei 15 parametri corespunzători celor patru criterii de analiză. Nu s-au completat toate cele 10 instalații pentru facilitarea parcurgerii documentului, acestea putând fi regăsite în cadrul programului de analiză criterială.

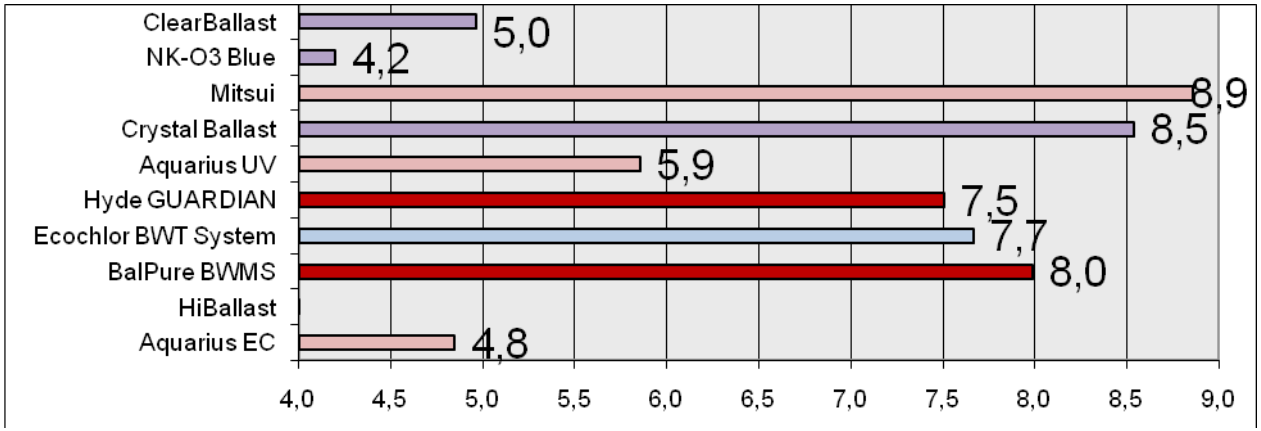
Anexa VIII Analiza Criterială pentru selectarea celei mai bune instalații în cazul Navei Tanc 9200 TDW

BWMS Name	BWMS Process	Capex (installed cost)	Estimated Opex	Fuel cost)	Corosion Process cost	Water Pollution	Air emissions	Alien Species invasion decrease	Process duration	Footprint	Power consumption	Ex-Proof system	Number of Employees	Registration year	Annual incomes	Number of installed systems
Aquarius EC	Filtration + Electrolysis/Electroc hlorination	1	1	9	5	5	9	10	5	1	7	10	9	6	6	9
HiBallast	Filtration + Electrolysis/Electroc hlorination	1	1	5	6	6	5	5	5	7	1	1	8	7	8	1
BalPure BWMS	Filtration + Electrochlorination	10	2	9	3	3	9	10	8	10	8	1	7	9	5	10
Ecochlor BWT System	Filtration + Electrochlorination	10	2	10	2	2	10	8	3	8	10	1	2	4	4	8
Hyde GUARDIAN	Filter + UV Treatment	8	8	5	10	10	5	10	10	10	6	1	2	7	4	7
Aquarius UV	Filter + UV Treatment	8	8	1	10	10	1	9	10	6	2	1	8	6	6	9
Crystal Ballast	Filter + UV Treatment	10	8	10	10	10	10	7	10	9	3	1	4	7	4	7
Mitsui	Ozonation	10	10	10	9	9	10	3	6	8	10	10	7	10	7	6
NK-O3 Blue	Ozonation	-	-	8	5	5	8	6	6	5	5	1	5	6	3	6
ClearBallast	Filtration + pre- coagulant	-	-	9	10	10	9	3	8	4	7	1	10	9	10	6
Ponderea fiecărui parametru la nivel global		28%	7%	13%	4%	5%	9%	9%	4%	10%	7%	4%	1%	1%	2%	4%



Anexa IX Analiza Criterială în urma ameliorării parametrilor instalației ClearBallast în cazul Navei Tanc 9200TDW

BWMS Name	BWMS Process	Capex (installed cost)	Estimated Opex	Fuel cost)	Corosion Process cost	Water Pollution	Air emissions	Alien Species invasion decrease	Process duration	Footprint	Power consumption	Ex-Proof system	Number of Employees	Registration year	Annual incomes	Number of installed systems
Aquarius EC	Filtration + Electrolysis/Electroc hlorination	1	1	9	5	5	9	10	5	1	7	10	9	6	6	9
HiBallast	Filtration + Electrolysis/Electroc hlorination	1	1	5	6	6	5	5	5	7	1	1	8	7	8	1
BalPure BWMS	Filtration + Electrochlorination	10	2	9	3	3	9	10	8	10	8	1	7	9	5	10
Ecochlor BWT System	Filtration + Electrochlorination	10	2	10	2	2	10	8	3	8	10	1	2	4	4	8
Hyde GUARDIAN	Filter + UV Treatment	8	8	5	10	10	5	10	10	10	6	1	2	7	4	7
Aquarius UV	Filter + UV Treatment	8	8	1	10	10	1	9	10	6	2	1	8	6	6	9
Crystal Ballast	Filter + UV Treatment	10	8	10	10	10	10	7	10	9	3	1	4	7	4	7
Mitsui	Ozonation	10	10	10	9	9	10	3	6	8	10	10	7	10	7	6
NK-O3 Blue	Ozonation	1	1	8	5	5	8	6	6	5	5	1	5	6	3	6
ClearBallast	Filtration + pre- coagulant	1	1	9	10	10	9	6	8	4	7	1	10	9	10	6
Ponderea fiecărui parametru la nivel global		28%	7%	13%	4%	5%	9%	9%	4%	10%	7%	4%	1%	1%	2%	4%



Bibliografie Selectivă

4 ASOCIAȚIA DE STANDARDIZARE DIN ROMÂNIA (ASRO), Managementul Riscului.Tehnici de evaluare a riscului. ISO SR EN 31010, CEI/ISO 31010, Martie 2011, https://standardizare.wordpress.com/2011/05/02/sr-en-310102010-managementul-riscului-tehnici-de-evaluare-a-riscurilor-versiunea-romana/comment-page-1/

7 http://quality-one.com/fmea/

9 K.Cicek, M.Celik, Application of failure modes and effects analysis to main engine crankcase explosion failure on-board ship, Safety Science No 51, (2013) page 6–10, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753512001476

10 Dracos Vassalos, Risk-Based Ship Design, Universities of Glasgow and Strathclyde, http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-89042-3_2#page-1

11 Pierre C. Sames, Introduction to Risk-Based Approaches in the Maritime Industry, http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-89042-3_1#page-1

12 Apostolos Papanikolaou, Risk-Based Ship Design. Methods, Tools and Applications, National Technical University of Athens, Athens, Greece, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009, http://www.academia.edu/22888106/Risk-Based_Ship_Design_-_Methods_Tools_and_Applications

15 Dimitris Konovessis, Maritime and Coastguard Agency Lectureship, Final Report, March 2006 http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.619.5568&rep=rep1&type=pdf

23 R Rivas-Hermann, J. Kohler, A.E. Scheepens Innovation in product and services in the shipping retrofit industry: a case study of ballast water treatment systems, Journal of Cleaner Production (2014) 1 - 12, www.elsevier.com/ locate/jclepro

24 A Proposal of a New Supply System of Fresh Water for Afforestation of the Desert in the Middle East, N. SAHO1, S. YOSHIZAKI2, A. MOCHIZUKI, Journal of Arid Land Studies, 19-1, 291- 294 (2009), http://nodaiweb.university.jp/desert/pdf9/Poster%20Session%203%20Soil%20and%20Water%20Technologies%20Combating%20Desertification,%20Remote%20Sensing%20and%20GIS/N.%20SAHO%20pp291-294.pdf

25 Vishal Sharma & Pål Berg Lande, Use of oil tanker return/ballast space for the transportation of freshwater, Norwegian University of Science and Technology, Department of Marine Technology, 14.06.2010, https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/237791

36 Efficacy of BWTS: a Report by the EPA Science Advisory Board, US EPA, EPA-SAB-11-009, 20460, July 2011, https://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/6FFF1BFB6F4E09FD852578CB006E0149/$File/EPA-SAB-11-009-unsigned.pdf

37 Fighting the Fog Surrounding Shipboard Ballast Water Treatment, Surveyor - A Quarterly Magazine from ABS, Houston, June 2012, http://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/publications/2012/Surv-Summer_2012.pdf

44 http://www.weichaihm.com/en/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=78

45 http://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/marine-power-systems.html

46 http://marine.man.eu/gensets/marine-gensets

56 D.M. King, M.Riggio, P.T. Hagan, Preliminary cost analysis of Ballast water treatment systems, MERC Ballast water Economics, Discussion paper No.1, Ref. No. [UMCES] CBL 09-192, Dec 22, 2009, http://www.maritime-enviro.org/Downloads/Reports/Other_Publications/MERC_Preliminary/files/assets/downloads/publication.pdf

58 Model: 1 x BP-2000, Ballast Water Treatment System, TECHNICAL & PRICING PROPOSAL, Prepared for: Santierul Naval Constanta Shipyard SA, Proposal No. - BWT 16579 (Rev 0), Date - 15 Apr 2013, POC Name - Ulf Hallberg, Company - Severn Trent De Nora, Texas, LLC

59 Budgetary Quotation Nr: 20378, Santierul Naval Constanta SA, Auramarine Ltd, Mr Lasse Panttila, 7.10.2013.

72 D. King, P. Hagan, M. Riggio, D. Wright, Preview of global ballast water treatment markets, Journal of Marine Engineering and Technology, Volume 11 No 1 January 2012, http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20464177.2012.11020256

73 Magnus Berntzen, Guidelines for selection of a ship ballast water treatment system, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 14 June 2010, http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:371775/fulltext01

74 J. Allen, A. Kendrick, Assessing the feasibility of BWTS Installation and operation by existing vessels on the great lakes and St.Lawrence seaway system, STX CANADA MARINE, project no: 182

76 www.ballastwatermanagement.co.uk/news/view,us-court-demands-ballast-water-rules-to-be- rewritten_39402.htm

78 Surveyor - A Quarterly Magazine from ABS, Houston, June 2012, www.eagle.org, Fighting the Fog

80 Efficacy of Ballast Water Treatment Systems: a Report by the EPA Science Advisory Board, UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY WASHINGTON D.C. 20460, EPA-SAB-11-009

90 EvangelosBoulougouris, ApostolosPapanikolaou, Risk-based design of naval combatants, Ocean Engineering 65(2013)49–61, www.elsevier.com /locate/oceaneng