



Universitatea Națională de Științe și
Tehnologie POLITEHNICA București
Școala Doctorală de TRANSPORTURI

Domeniul de Doctorat
INGINERIA TRANSPORTURILOR

Decizie CSUD – UPB nr. 1081 din 8.07.2022

REZUMAT

TEZA DE DOCTORAT

LOGISTIC CHAINS IN LINER MARITIME TRANSPORT (Lanțuri logistice în transportul maritim de linie)

Ing. Alexandru-Ștefan BĂCIOIU

COMISIA DE DOCTORAT

Președinte	Prof.dr.ing. Eugen ROȘCA Universitatea Politehnica din București
Conducător de doctorat	Prof.dr.ing. Mihaela POPA Universitatea Politehnica din București
Referent	Prof.em.dr.ing. Șerban RAICU Universitatea Politehnica din București
Referent	Conf.dr.ing. Teodora-Alexandrina DEAC, de la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Referent	Conf.dr.Col. Cătălin POPA, Academia Navală "Mircea Cel Bătrân", Constanța

București, 2023

CUPRINS

Capitolul 1. INTRODUCERE	3
1.1. Necesitatea temei de cercetare	3
1.1.1. Elemente introductive	3
1.1.2. Viziunea europeană asupra transportului maritim	3
1.1.3. Structura rețelei de servicii în transportul maritim	4
1.2. Recenzia literaturii din domeniul tezei	5
1.3. Obiectivele tezei	5
Capitolul 2. TRANSPORTUL MARITIM DE LINIE	5
2.1. Transportul maritim de linie - concepte și definiții	5
2.1.1. Noțiuni generale asupra transportului de linie	5
2.1.2. Proiectarea flotei în transportul maritim de linie	6
2.1.3. Programul de navigație al navelor în transportul maritim de linie	6
2.1.4. Alocarea mărfurilor/ containerelor pe rute	6
2.2. Eficiență și sustenabilitate în transportul maritim de linie	6
2.2.1. Gestionarea veniturilor în transportul maritim de linie	6
2.2.2. Transformarea digitală în transportul maritim	6
2.2.3. Preocupările de mediu în transportul maritim	6
Capitolul 3. OPTIMIZAREA PROCESELOR ÎN PORT	7
3.1. Noțiuni generale	7
3.2. Terminalul de containere	8
3.2.1. Operații în terminalul de containere	8
3.2.2. Structura unui terminal de containere și tipul de depozitare	8
3.2.3. Fluxul containerelor în terminal și echipamente de manipulare și transfer	8
3.2.4. Echipamente de manipulare a mărfurilor în terminalele de containere	9
3.2.5. Interdependența dintre procesele din port și cele de la bordul navelor	10
3.3. Modele matematice pentru optimizări ale operării containerelor în terminal	10
3.3.1. Modele matematice ale sistemelor de servire în masă	10
3.3.2. Armonizarea capacităților de manipulare cu cele de transfer	11
3.4. Evaluarea performanței operării în terminalul portuar	13
Capitolul 4. OPTIMIZAREA PROCESELOR LA BORDUL NAVEI	14
4.1. Procese logistice și tehnologice la bordul navelor	14
4.1.1. Procese tehnologice simultane	14
4.1.2. Procese tehnologice consecutive	14
4.2. Analiza stabilității navei	14
4.2.1. Noțiuni introductive	14

4.2.2. Condiții elementare pentru stabilitatea navei	14
4.3. Modele matematice pentru determinarea stabilității navei	15
4.3.1. Modele pentru stabilitate statică	15
4.3.2. Modele pentru stabilitate dinamică	15
4.3.3. Modele de stabilitate în stare intactă	15
4.3.4. Modele de stabilitate în caz de avarie	16
4.3.5. Modele și software de stabilitate probabilistică	16
4.4 Elaborarea planului de încărcare	16
Capitolul 5.	16
SOLUȚII DE OPTIMIZARE A OPERĂRII NAVELOR ÎN PORT ÎN TRANSPORTUL MARITIM DE DE LINIE: STUDIU DE CAZ	16
5.1. Context operațional și ipoteze de studiu	17
5.1.1. Linia de navigație	17
5.1.2. Ipoteze referitoare la rută și containere	17
5.1.3. Caracteristicile navei portcontainer	18
5.2. Îmbunătățiri ale operării terminalului fără investiții	18
5.2.1 Scenariul de operare a containerelor cu structură tradițională	18
5.2.2. Scenariul de operare a containerelor cu structură de stocare mixtă și cu zonă rezervată de operare	19
5.3. Îmbunătățirea funcționării terminalelor prin reînnoirea echipamentelor	20
5.4. Proiectarea cargo-planurilor în porturi	21
Capitolul 6. CONCLUZII, CONTRIBUȚII ȘI CERCETĂRI VIITOARE	23
6.1. Concluzii	23
6.2. Contribuții	23
6.3. Direcții de cercetare viitoare	24
ANEXE	24
Anexa A - A1. Algoritm pentru calculul indicatorilor de performanță pentru stocarea tradițională	24
Anexa B - A2. Algoritm pentru calculul indicatorilor de performanță pentru stocarea mixtă și cu spațiu rezervat	24
Anexa C - A3. Algoritm pentru proiectarea planului de încărcare la bord	24
Anexa D - A4. Algoritm pentru calculul diferențelor între greutate a containerului	24
BIBLIOGRAFIE (SELECȚIE)	24

Capitolul 1. INTRODUCERE

1.1. Necesitatea temei de cercetare

1.1.1. Elemente introductive

Transportul maritim de linie pentru mărfuri este parte componentă a comerțului internațional, facilitând transferul bunurilor (de regulă, în containere) prin servicii regulate programate de-a lungul unor rute specificate.

Transportului maritim de linie implică determinarea/proiectarea cel puțin a următoarelor elemente:

- Selecția porturilor vizitate, alegerea navelor și determinarea frecvenței de realizare a transportului, pentru configurarea liniei maritime de transport,
- Proiectarea tehnologiilor de operare din port, inclusiv a proceselor logistice, pentru a asigura operarea fără întreruperi și manipulare eficientă, maximizând utilizarea resurselor (macarale de cheu, macarale portuare, spații de depozitare și depozite, echipamente și vehicule de transport intern etc), inclusiv alocarea echipamentelor/utilajelor de manipulare și transfer.
- planificarea stivuirii/depozitării containerelor, pentru o manipulare minimă a descărcării și încărcării navei, în condiții complete de securitate, și, prin urmare, timp minim de staționare a navei în port.

Optimizarea proceselor tehnologice din transportul maritim de linie conduce la reducerea timpilor de operare în porturi și respectarea duratelor totale de staționare în porturi, la creșterea eficienței operării navelor, la economii de costuri, precum și creșterea satisfacției clienților. Acestea se pot materializa prin coordonare eficace a agenților economici și autorităților din port, integrând metode și tehnologii avansate în condițiile respectării normelor și reglementărilor. Astfel, linia de transport maritim poate răspunde obiectivelor politicilor europene de orientare a mărfurilor de la transportul rutier la celelalte moduri care produc efecte negative asupra mediului, așa cum este transportul maritim, fluvial sau feroviar.

1.1.2. Viziunea europeană asupra transportului maritim

Transportul maritim, alături de cel fluvial și feroviar, reprezintă unul dintre instrumentele utilizate în competiția globală și dezvoltarea economică a Uniunii Europene și în atingerea obiectivelor de dezvoltare sustenabilă.

a. Programul UE „Autostrăzi maritime” europene

„Autostrăzile maritime” reprezintă o direcție de acțiune, parte a programului de dezvoltare a rețelei centrale și coridoarelor prioritare, care vizează o transformare structurală a transportului european prin îmbunătățirea și încurajarea transportului maritim în diverse regiuni și descongestionarea rețelelor de transport terestru (CE, 2008). Regăsim printre acestea cele mai importante rute de transport maritim denumite, pentru rezonanța conceptului, „autostrăzi”, ca de exemplu: Autostrada Mării Baltice, Autostrada Mării Europei de Vest, Autostrada Mării Europei de Sud-Vest (Mediterranean de Vest), dar și extinderea către Marea Neagră și apoi către Dunăre. Conceptul de bază al „autostrăzii maritime” este transportul maritim de linie pe distanțe scurte și medii.

b. Transportul maritim pe distanțe scurte (Short Sea Shipping)

În ciuda eforturilor făcute în majoritatea țărilor UE pentru a promova transferul modal de mărfuri de la modul rutier la cel maritim pe distanțe scurte, rezultatele sunt încă limitate (Vanroye, van Bree & de Bruin, 2015). Chiar și în plan academic, cercetările se dovedesc a fi limitate, transportul de linie oceanic având cea mai mare pondere în studiile și cercetările realizate. Rezolvarea neajunsurilor poate conduce la consolidarea industriei europene de transport maritim (Baindur & Viegas, 2015). Având în vedere că se așteaptă ca transportul maritim intra-european

să crească, trebuie dezvoltate noi infrastructuri și cele existente trebuie modernizate pentru a face **transportul maritim pe distanțe scurte** mai competitiv. Dar mai ales, acest tip de transport trebuie inclus în lanțuri logistice din poartă în poartă, prin integrarea sa, pe de o parte, cu transportul terestru și, pe de cealaltă parte, cu transporturi masive de linie transoceanice (Deep Sea Shipping), contribuind la restabilirea echilibrului dintre diferitele moduri de transport (CE, 2013). Astfel, apare și se evidențiază noțiunea de integrare inter-modală care devine aplicabilă prin operarea navelor de linie, corespunzător unor planificări riguroase în terminalele liniei maritime. *Teza de față prin cercetările teoretice și practice poate conduce la consolidarea de cunoștințe, modele/ metode și soluții pentru dezvoltarea liniilor de transport maritim pe distanțe scurte și medii între porturile europene, integrate lanțurilor logistice terestre, care să conducă la descongestionarea marilor trasee de transport rutier ale Europei.*

1.1.3. Structura rețelei de servicii în transportul maritim

1.1.3.1. Rețele de tip "Hub-and-Spoke" în transportul maritim

Rețeaua cu structură "hub-and-spoke" este regăsită la toate rețelele de servicii de transport și este definită prin intermediul efectelor economice de scară (Popa, 2009). Este constituită din porturi de diferite categorii și liniile maritime corespunzătoare, după cum urmează:

- **Porturi "Hub"** sunt porturi situate pe rutele majore de comerț internațional, funcționează ca mari terminale de acces continental și îndeplinesc funcțiuni de consolidare/ deconsolidare a fluxurilor majore principale de mărfuri containerizate, asigurând transferuri între navele de mare capacitate de linie principală și navele de pe liniile secundare (de "alimentare") (Fig. 1.1).
- **Porturi "Feeder"** sunt "porți" de acces regional care sunt legate de alte porturi maritime prin nave container de tip "feeder", de mică și medie capacitate.
- **Porturi "Trunk"** sunt porturile de mare adâncime și capacitate de operare unde se conectează nave de linie principale de mare capacitate.

1.

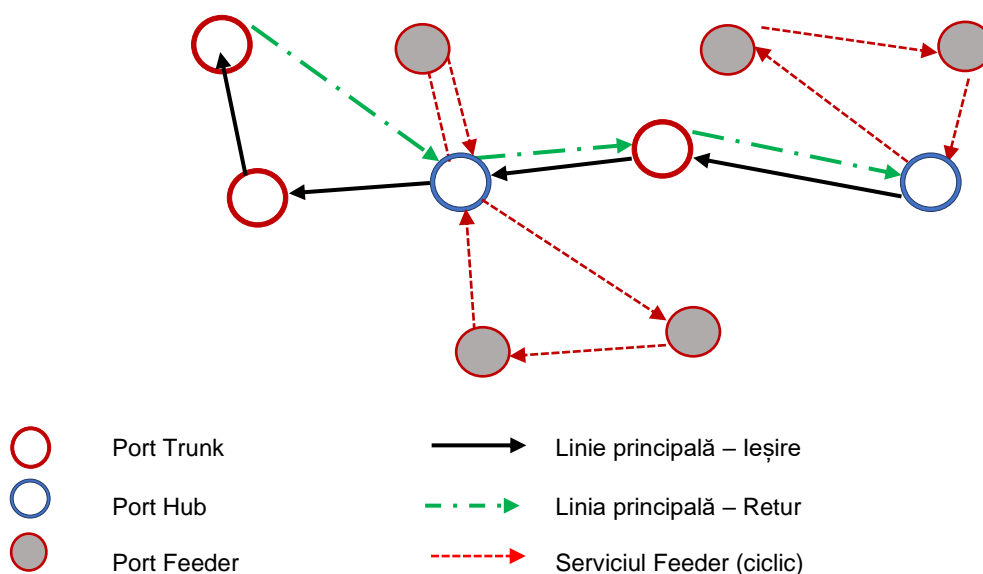


Figura 1.1 Rețea maritimă cu structură "hub-and-spoke"

Sursa: (Adaptat după Styhre, 2010)

1.1.3.2. Transport maritim pe distanțe scurte vs. transport maritim pe distanțe lungi

Transportul maritim pe distanțe scurte (SSS) și transportul maritim pe distanțe lungi (DSS)

sunt două componente esențiale ale rețelei mondiale de transport maritim, fiecare având propriile caracteristici și cerințe operaționale care le departajează. Ambele asigură comerțul internațional, dar la diferite scări geografice, având efecte negative asupra mediului.

Deși SSS și DSS au caracteristici operaționale diferite și îndeplinesc roluri diferite în sistemul global de transport maritim, ambele sunt esențiale pentru funcționarea economiilor naționale, regionale și globale.

1.2. Recenzia literaturii din domeniul tezei

Sinteza literaturii din domeniul tezei (120 referințe) este structurată pe câteva direcții de studiu, după cum urmează: (i) -Transportul maritim de linie și caracteristicile sale; (ii) - modele existente pentru optimizarea operațiilor de manipulare a containerelor în terminalul portuar; (iii) – operații la bordul navei și modele/metode de asigurare a stabilității navei la operațiile de încărcare/descărcare a navei și în timpul navigației; (iv) - integrarea tehnologiilor informaționale în procesele de manipulare și transfer din port.

1.3. Obiectivele tezei

Obiectivul general al tezei este de a proiecta, analiza și evalua soluții de reducere a duratelor de operare a navelor de containere în transportul maritim de linie de tip SSS, în principal a proceselor tehnologice din port și de la bordul navelor, în condiții de siguranță a operării .

Pentru realizarea obiectivului general sunt avute în vedere următoarele obiective specifice:
O1- Identificarea particularităților unei linii de transport maritim prin sinteza literaturii din domeniu,
O2- Studiul proceselor tehnologice în terminalele portuare, cu interes special pentru terminalele de containere și propuneri de soluții pentru optimizarea duratelor de manipulare și transfer,
O3- Examinarea interdependențelor dintre procesele din port și cele de la bordul navelor și proiectarea unor soluții de descărcare/ încărcare a containerelor de la/ la bordul navei cu respectarea condițiilor de stabilitate,
O4- Validarea soluțiilor propuse printr-un studiu de caz.

Metodele de cercetare folosite aparțin domeniului cercetărilor operaționale. În teză sunt utilizate modele analitice ale teoriei șirurilor de așteptare. Pentru calculul indicatorilor de performanță ai sistemelor portuare analizate sunt dezvoltati algoritmi de calcul folosind limbajul C++

Structura tezei este consonantă cu obiectivele stabilite.

Capitolul 2. TRANSPORTUL MARITIM DE LINIE

2.1. Transportul maritim de linie - concepte și definiții

2.1.1. Noțiuni generale asupra transportului de linie

Similar altor moduri, în transportul maritim, se întâlnesc mai multe tipuri de operare, care servesc unor scopuri și nevoi de piață distincte. Printre acestea se distinge transportul "tramp"(la cerere), transportul industrial și transportul maritim de linie.

În timp ce navele de tip "tramp" (la cerere/charter) operează fără un program fix, răspunzând nevoilor de livrare imediate și având costuri bazate pe cotațiile de la momentul respectiv (de cele mai multe ori, ridicate), transportul industrial are drept caracteristică principală controlul exercitat de proprietarii de marfă asupra navei, cu obiectiv principal minimizarea costurilor de transport.

Transportul maritim de linie corespunde unei cereri *periodice cu termen* așa cum este aceasta definită și formalizată în literatură (Raicu, 2009). Navele parcurg o rută predefinită, permanentizată în timp, iar frecvența este cvasi constantă. Containerele reprezintă unitatea de încărcătură cel mai des întâlnită în transportul maritim de linie (Mulder et al., 2014).

În domeniul transportului maritim de linie, deciziile acoperă un spectru variat, de la considerente strategice până la operațiuni de zi cu zi. Aceste procese de luare a deciziilor pot fi în mare măsură separate în trei niveluri distincte: strategic, tactic și operațional (Agarwal & Ergun, 2008).

2.1.2. Proiectarea flotei în transportul maritim de linie

Structura flotei și utilizarea eficientă a acesteia este o problema *strategică* cunoscută sub denumirea de "problema proiectării flotei" (fleet design) unde nu doar numărul de nave trebuie determinat ci și dimensiunile pe categorii de nave.

Cei mai importanți factori care influențează proiectarea flotei sunt costurile: de investiții, de operare, de navigare etc; dimensiunea cererii; rețeaua de rute existente; echilibrul între economiile de scară versus dimensiunea și evoluția costurilor.

2.1.3. Programul de navigație al navelor în transportul maritim de linie

Programul de navigație al navelor reprezintă o decizie tactică și conține mai multe etape: (i) proiectarea rețelei de servicii, prin care se stabilesc porturile vizitate într-un voiaj; (ii) alocarea navelor de diferite capacități pe diferitele rute ale rețelei; (iii) identificarea celei mai adecvate viteze, pentru fiecare rută.

2.1.4. Alocarea mărfurilor/ containerelor pe rute

Pentru deciziile legate de rutarea containerelor (numită și alocarea pe rute) se iau în considerație: tipuri de marfă și condițiile de transport (de exemplu, pentru mărfuri perisabile sunt necesare anumite tipuri de containere); porturile intermediare de transfer; capacitățile de operare pentru fiecare port intermediar al liniei de navigație considerate.

Dificultățile în menținerea unui program de circulație constant sunt generate de: (i)-evenimente neprevăzute, pentru care se caută soluții de ajustări/restabilire a programului; (ii)-nevoia de a alege între o rută directă parcursă cu viteză mai ridicată și costuri mai mari, pe de o parte și utilizarea unei rute de viteză mai redusă, însă implicând costuri mai mici, pe de cealaltă parte (iii)-integrarea operațiilor de manipulare și transfer în porturi cu operații logistice la care sunt supuse containerele (de exemplu, managementul inventarului de mărfuri, servicii de vamă, de verificare pentru securitatea încărcăturii etc.), care nu pot respecta întotdeauna un program fix.

2.2. Eficiență și sustenabilitate în transportul maritim de linie

2.2.1. Gestionarea veniturilor în transportul maritim de linie

Se concentrează pe strategii și tactici pentru a maximiza rentabilitatea financiară a capacităților de transport alocate unei rute, luând în considerare atât fluctuațiile cererii cât și constrângerile operaționale.

Componentele principale ale gestionării veniturilor sunt strategiile de tarifare care pot fi adoptate, capacitățile alocate pentru diferite rute, mărfurile transportate etc. precum și prognoza cererii de transport de mărfuri care este generată în regiunile conectate la serviciile de linie.

Gestionarea veniturilor în transportul maritim de linie vizează luarea deciziilor strategice pentru maximizarea randamentelor prin căutarea unui echilibru între cerere, ofertă și constrângeri operaționale.

2.2.2. Transformarea digitală în transportul maritim

Transportului maritim de linie poate integra tehnologii digitale în multe dintre componentele sale. Cele mai importante inovări digitale deja implementate sunt: platforme digitale; automatizare și robotică în operarea portuară și în navigație; analiza datelor colectate; securitate cibernetică a acestora, utilizarea tehnologiei Block-Chain în diferite segmente ale transportului maritim de linie etc.

2.2.3. Preocupările de mediu în transportul maritim

Cele mai importante probleme de mediu generate de transportul maritim sunt: emisiile de carbon; poluanți atmosferici; apa de balast; gestionarea deșeurilor în circulație și în porturi, iar cercetările din domeniile asociate au identificat soluții a căror eficacitate este deja demonstrată.

Capitolul 3. OPTIMIZAREA PROCESELOR ÎN PORT

3.1. Noțiuni generale

Procesele tehnologice (inclusiv cele logistice) sunt numeroase, iar studiul și analiza lor poate porni de la funcțiunile pe care le îndeplinește un port în cazul unei linii maritime. Cele mai importante procese, prin duratele necesare realizării sunt, după cum urmează:

- planificarea și programarea navelor pentru operare la dane, (Delgado et al., 2012).
- alocarea echipamente de transfer și manipulare (macarale și mijloace de transport intern sau pentru ieșire din port în rețeaua terestră)
- manipularea mărfurilor și/sau a unităților de încărcătură
- depozitarea și stocarea.
- întreținerea infrastructurii și a echipamentelor portuare este esențială pentru desfășurarea neîntreruptă a activităților.

În Figura 3.1 sunt ilustrate principalele operații și duratele asociate în logistica maritimă.

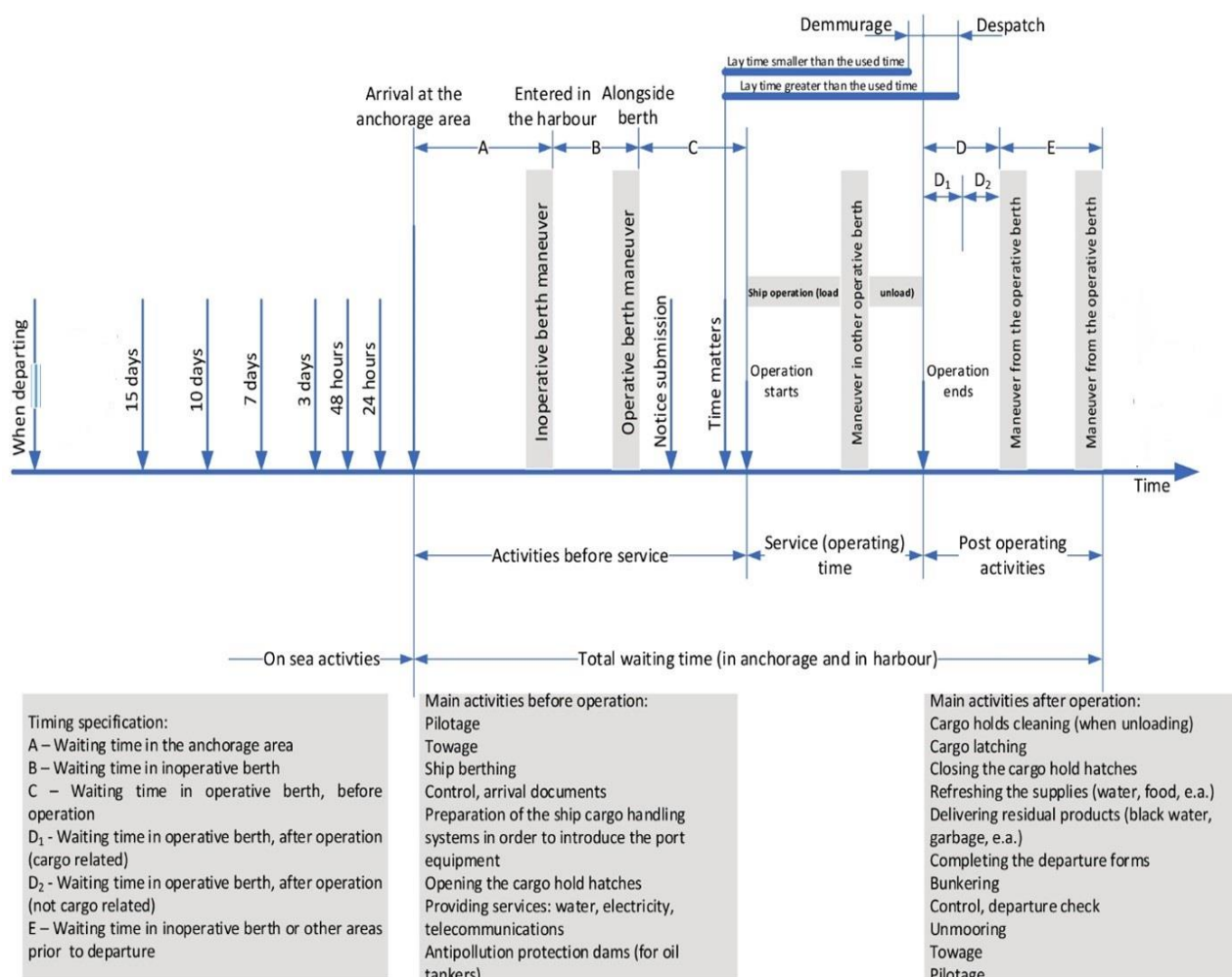


Figura 3.1 – Procese și timpii asociați în logistica maritimă

Sursa: (adaptat după Nicolae et al., 2012)

În transportul maritim, particularitățile proceselor logistice sunt definite și analizate în raport cu mărfurile, nava și porturile vizitate. Legătura și interdependența dintre aceste trei elemente conduce la nevoia de corelare a proceselor tehnologice, incluzându-le pe cele logistice.

Dacă se consideră, de exemplu, elementul navă, principalele procese tehnologice pentru operare în port sunt: andocare; verificări și întocmiri de documentație la sosire; descărcarea mărfurilor/unităților de încărcătură; activități de pregătire pentru navă; inspecții și verificări vamale, de integritate a mărfurilor, de securitate; încărcarea pe navă a mărfii/unităților de încărcătură pentru expediere; întocmirea documentației la plecare; plecare și dezlegare de la cheu.

3.2. Terminalul de containere

3.2.1. Operații în terminalul de containere

În terminalul de containere din port se efectuează o varietate de operații însă cele predominante sunt cele de manipulare (descărcare /încărcare) și transfer (Fig.3.2). Aceste operații implică utilizarea mai multor tipuri de echipamente, grupate în funcție de natura sarcinilor specifice. În funcție de dimensiunea terminalului, transferul containerelor poate fi:

1. Transfer direct – în care macaralele în aria de stocare/depozitare nu sunt necesare. Echipamentul folosit pentru a ridica sau a coborî containerele din zona lor de depozitare este, de asemenea, folosit pentru a le transporta către sau de la macaraua danei. Acest sistem minimizează nevoia de echipament suplimentar și simplifică procesul de transfer, într-un terminal de mici și medii dimensiuni.

2. Transfer indirect - care implică utilizarea macaralelor pentru a ridica containerele din zona lor de depozitare și a le încărca pe camioane sau alte echipamente de transport intern în terminal, până la macaraua de la dană. Transferul indirect oferă flexibilitate în manipularea containerelor și permite operarea unui număr mai mare de containere, adică asigură o productivitate ridicată.

În studiul de caz, în teză, este considerat transferul indirect al containerelor.

3.2.2. Structura unui terminal de containere și tipul de depozitare

În cadrul unui terminal de containere, sunt determinate diferite sectoare destinate pentru stocare pe termen mai scurt, pe termen mai lung, pentru așteptări sau pentru operații specifice. Astfel de sectoare de stocare în terminal pot fi: sectorul de export/ieșire a containerelor cu nava sau prin intermediul rețelei terestre; sectorul de import/intrare de containere, pe aceleași căi; sectorul de containere goale; zonele specifice de transfer către rețelele terestre feroviară și rutieră; sectorul roll-on/roll-off (dacă există), pentru transporturi combinate, zone rezervate pentru diferite alte scopuri (de exemplu, prelucrări ale mărfurilor din containere) etc.

3.2.3. Fluxul containerelor în terminal și echipamente de manipulare și transfer

De la intrare în terminal, prin rețelele terestre, cu trenul sau camionul, și pe apă, cu nava port-container, până la ieșirea din spațiul terminalului (folosind aceleași trei moduri) containerele pot avea un traseu al operațiilor care ocupă diferite zone din terminal (Figura 3.2).

Alocarea spațiului în terminal poate începe înainte de sosirea unei nave, când se determină dimensiunile și amplasamentele zonelor de depozitare pentru containerele care vor fi încărcate pe navă, sau dimpotrivă, alocarea se face la sosirea navei.

În toate cazurile, înainte de sosirea unei nave, se determină secvența de descărcare și încărcare a containerelor pentru navă și macaralele de cheu care vor fi alocate navei.

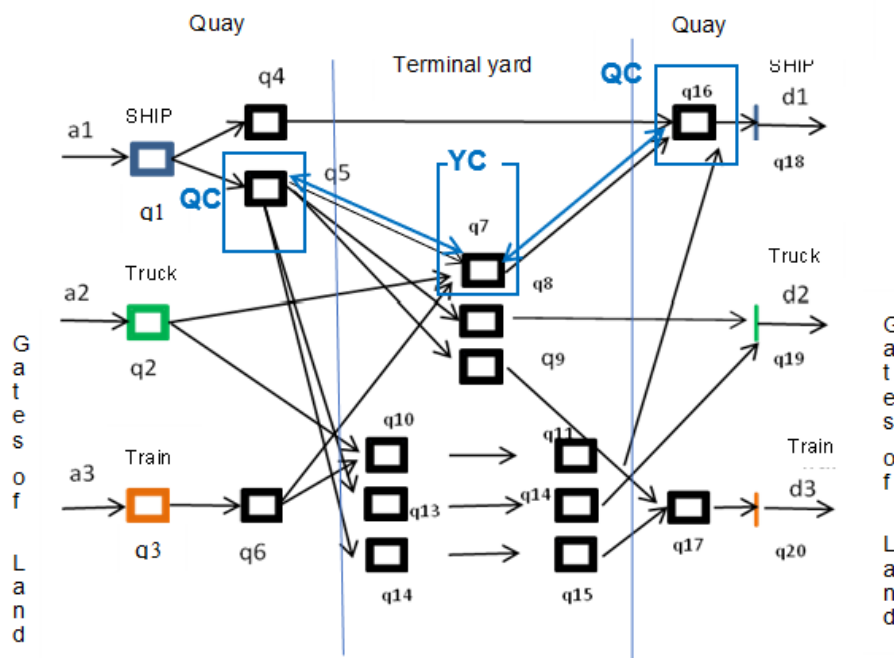


Figura 3.2 Fluxul de containere în terminalul portuar și zonele de operare

Sursa: (adaptare după Mărcineanu, 2012)

Din mulțimea operațiilor la care sunt supuse containere în terminal, în teză, este tratat fluxul containerelor în legătură cu linia maritimă pe care nava o deservește. Acest flux de containere solicită elemente ale infrastructurii terminalului după cum urmează:

- "curtea/parcul" terminalului și YC -macaraua de manipulare în parc,
- dană/cheu și macaraua de manipulare la dană – QC
- infrastructura de artere rutiere din terminal pentru de echipamentele de transfer (linii cu săgeți duble, în Figura 3.2).

3.2.4. Echipamente de manipulare a mărfurilor în terminalele de containere

Echipamentele de manipulare a mărfurilor facilitează mișcarea eficientă a mărfurilor containerizate între navele de containere, depozite și alte moduri de transport. Această secțiune sintetizează în teză, diferitele tipuri de echipamente de manipulare a mărfurilor, care sunt utilizate frecvent în terminalele de containere. Analiza este structurată pe: macarale de cheu; macarale portuare pe roți (RTGs); transportatoare de tip straddle; stivuitoare de mare înălțime; tractoare și remorci de terminal; vehicule ghidate automat (AGVs) atunci când operarea se realizează automat.

Ca exemplu, macaralele RTG sunt macarale tip portal care sunt utilizate în principal pentru a manipula containere parcul de containere din terminal. O astfel de macara folosește anvelope pentru deplasare, ceea ce asigură o flexibilitate în amplasare. Pentru a reduce distanțele de deplasare în terminalele operate cu macarale RTG, structura cea mai întâlnită a curții pentru acest tip de terminale este paralelă cu cheul (Figura 3.3). (Wiese, 2012). În teză, sunt sintetizate rezultatele cercetărilor asupra structurii spațiului terminalului. Acestea evidențiază particularități în schemele de aranjare a grupurilor de containere care sunt dependente de factorii locali și de dimensiunea spațiului disponibil, Diferitele forme de aranjare a grupurilor de containere influențează totuși în mică măsură productivități de operare ale echipamentelor din terminal.

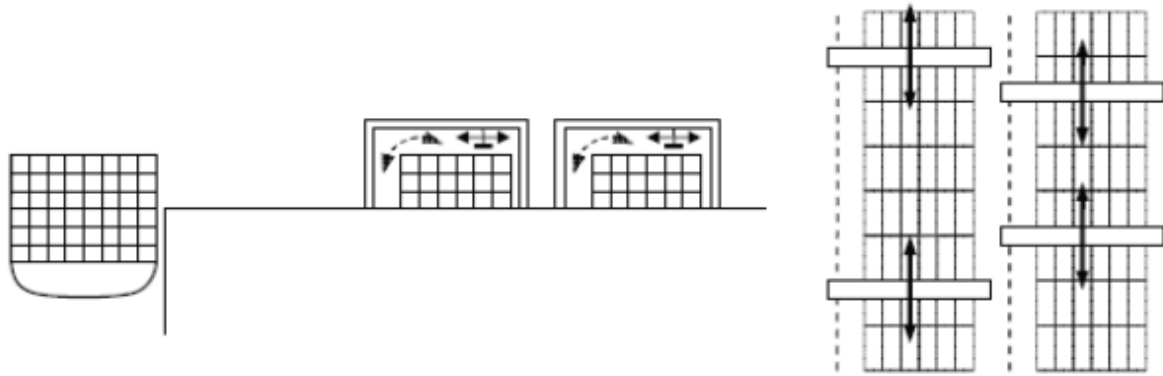


Figura 3.3. Exemplu de amplasare a macaralelor din parcul de containere de tip portal cu pneuri

Sursa: (Mohseni, 2011)

3.2.5. Interdependența dintre procesele din port și cele de la bordul navelor

Operațiuni logistice care conectează terminalul de navă sunt multiple, însă dintre cele mai importante se pot selecta următoarele: transferul containerelor de la consignatari către terminal; verificarea acestora și acceptarea la transport, pregătirea containerelor în terminal; transferul containerelor către navă; încărcarea containerelor la bordul navelor; transferul containerelor în interiorul navei cu sau fără aranjări/manipulări suplimentare; arimarea containerelor în magazii și pe puntea navei.

3.3. Modele matematice pentru optimizări ale operării containerelor în terminal

3.3.1. Modele matematice ale sistemelor de servire în masă

Este cunoscut faptul că funcționarea componentelor complexe din transporturi (așa cum este portul maritim) poate fi reprezentată formal și modelată analitic prin intermediul modelelor de servire în masă (sau sisteme cu șiruri de așteptare).

Stațiile de deservire sunt considerate echipamentele de manipulare, macaralele de parc și respectiv de cheu, respectiv YC și QC. Pentru modelare este folosit un sistem elementar de servire în masă de tip $M/M/c: (\infty/FIFO)$ conform clasificării Kendall-Lee, adică se acceptă ipoteza că sosirile camioanelor la încărcare/ descărcare urmează un proces Poisson process, iar intervalele dintre serviri (manipularea) au o distribuție exponențială. O altă ipoteză simplificatoare este aceea că numărul de locuri de așteptare în sistem este foarte mare la fiecare tip de macara și poate fi considerat infinit. Disciplina de servire este FIFO (first-in-first-out). În terminalul generic considerat se utilizează următoarele variabile și parametri de performanță:

λ - rata sosirii camioanelor la operația de manipulare (camioane sosite pe minut),

μ - rata servirii la una din macarale YC sau QC (camioane servite pe minut),

ρ - coeficientul de solicitare al sistemului egal cu $\frac{\lambda}{c \cdot \mu}$

c - număr de macarale

Pentru modelul $M/M/c$, numărul de camioane care așteaptă în sistem (L), este:

$$L = \frac{\rho^c \cdot c \cdot \rho}{c! \cdot (1-\rho)^2} \cdot P_0 + \frac{\rho}{(1-\rho)} \quad (3.1)$$

unde:

L reprezintă numărul mediu de camioane care așteaptă în șir servirea.

P_0 – probabilitatea ca macaraua să fie fără camioane în șir și să nu aibă nici o sarcină, dată de:

$$P_0 = \left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{(c \cdot \rho)^n}{n!} + \frac{(c \cdot \rho)^c}{(c-1)! \cdot c \cdot (1-\rho)} \right)^{-1} \quad (3.2)$$

Durata medie de așteptare (W) poate fi obținută folosind relația:

$$W = \frac{L}{\lambda} \text{ (minute)} \quad (3.3)$$

Rata de sosiri de camioane la YC este direct legată de productivitatea QC. În mod similar, rata de sosire a camioanelor la QC dependentă de productivitatea YC.

Timpul total al unui ciclu de servire a unui camion care transferă un container la macara este T și include:

- Durata de deplasare de la macaraua de cheu la parc (T_d) (minute)
- Așteptarea servirii la YC (W) (minute)
- manipularea YC (T_Y) (minute)/ încărcare container.
- Timpul călătoriei de întoarcere în zona de cheu, T_r (minute).

Astfel, timpul total al ciclului (T) (minute) este suma acestor timpi individuali:

$$T = T_d + W + T_Y + T_r \quad (3.4)$$

Modelul are o formalizare similară pentru așteptarea camioanelor la operare (descărcare/încărcare) în parcul terminalului, la QC.

Aplicarea acestor modele la datele empirice de operare în port permit calcularea numărului de camioane în sistem, duratele totale într-un ciclu de deservire precum și durata medie de așteptare a unui camion.

3.3.2. Armonizarea capacităților de manipulare cu cele de transfer

Macaralele de cheu (QC) și cele din parcul de containere (YC) pot efectua atât încărcări cât și descărcări. Containerele sunt descărcate mai întâi din navă, transferate în parcul de containere, de unde echipamentul de transfer, merge să fie încărcat cu un alt container pentru expediere cu nava (Fig. 3.4.). Echipamentul de transfer, de exemplu, camionul, efectuează curse circulare între macaraua de cheu și macaraua din parc, la început pentru descărcarea navei și apoi pentru încărcarea acesteia (punctul A).

Pozițiile containerelor în parcul de stocare pot fi separate, adică cele care sosesc sunt amplasate într-o zonă diferită de zona de expediere a containerelor (aceasta este cunoscută ca structura tradițională de stocare). În cazul în care ambele categorii de containere, cele pentru expediere și cele provenite din descărcările navei sunt amplasate în aceeași zonă, structura de amplasare se numește mixtă.

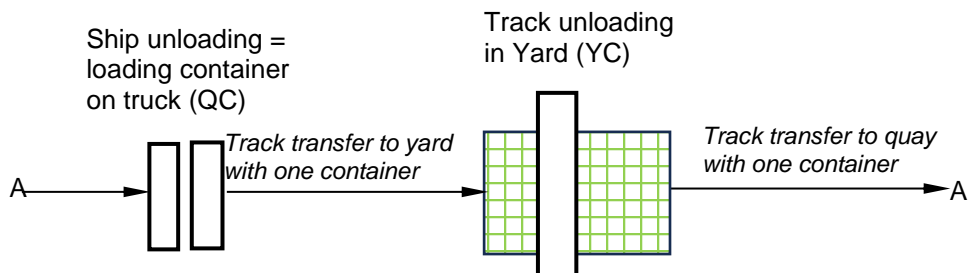


Figura 3.4. Schema manipulărilor și transferurilor circulare între cheu și parcul de containere.

Fiecare dintre cele două macarale, de cheu și respectiv de parc pot fi formalizate ca două

stații de servire în masă la care solicitările de servire sunt reprezentate de camioanele sosite la operații de manipulare iar serviciile sunt reprezentate de însăși manipularea.

În aceste condiții, durata unui ciclu de lucru pentru un camion, T_t , care transfera de la QC la YC un container de la descărcarea navei (incoming), apoi transfera un container pentru expediere cu nava (outcoming) este:

$$T_t = t_Q + t_Y + \frac{d_{in}}{s_{in}} + \frac{d_{out}}{s_{out}} \quad (3.5)$$

unde t_Q este durata operațiilor de manipulare (descărcare/încărcare) la cheu, folosind QC,

t_Y – durata operației de manipulare în parcul de stocare, folosind YC,

d_{in} , d_{out} – distanța medie de circulație a camionului (încărcat) între cheu și parc și respectiv, între parc și cheu,

s_{in} , s_{out} – vitezele medii de deplasare a camionului încărcat de la QC la YC, respectiv, de la YC la QC.

Dacă tot timpul există camioane disponibile, teoretic, între sosirile succesive la o macara de cheu sau de parc pot fi realizate intervale egale, de valoarea:

$$\Delta t_1 = \frac{T_t}{n_1} \quad (3.6)$$

unde n_1 este numărul de camioane care operează între QC și YC pentru o navă de linie dată.

Ca să nu apară discontinuități, ar trebui ca productivitatea de manipulare a macaralelor să fie apropiate. Se pot analiza următoarele cazuri:

1. descărcarea/încărcarea camionului în parc necesită o durată mai mare decât la cheu, $t_Y > t_Q$. Este de fapt situația cea mai frecvent întâlnită. În acest caz, dacă numărul de camioane este redus așa încât durata dintre sosirile succesive să fie mai mare sau egală cu cea mai mare valoare a timpului de descărcare în parc, camioanele nu vor forma un șir de așteptare la descărcare (și apoi la încărcare) cu YC.

Rezultă că intervalul dintre camioane $\Delta t_1 \geq t_Y$, adică, la YC nu ajunge nici un camion până să plece precedentul de la operare. Ca o consecință, capacitatea de transfer între cele două amplasamente reprezentative pentru model, QC și YC, aflate la distanța medie d_{in} , d_{out} ar trebui să crească proporțional cu numărul n_t de camioane folosite.

2. În cazul în care numărul de camioane crește atât de mult, încât intervalul de timp teoretic Δt_1 între sosirile succesive ale camioanelor se reduce până la valoarea $\Delta t_1 < t_Y$, rezultă că situația prezentată la punctul 1. nu mai este valabilă.

Dacă un camion a sosit înaintea terminării operării camionului anterior, el va trebui să aștepte. Aceasta face ca timpul de manipulare a containerului în parc să fie mai mare, atât pentru al doilea, cât și pentru următoarele camioane care vor sosi în parc. Corespunzător, va crește și durata ciclului T_t pentru un camion. În concluzie, indiferent de momentul sosirii, întâzieri tot vor apărea.

Camioanele care pleacă de la parc după operarea de către macaraua YC vor fi, eventual, defazate cu noul interval de timp t'_1 (care include și durata de așteptare a începerii operării la YC).

În ipoteza în care manipularea în parc este mai înceată, $t_Y > t_Q$, rezultă că la cheu nu apare nici o întrerupere datorată timpului de transbordare, toate camioanele fiind operate în intervalul de timp t_Q , în mod constant.

Rezultă că, orice mărire a numărului de camioane, peste valoarea

$$\bar{n}_t = \frac{T_t}{\max(t_Q, t_Y)}, \quad (3.7)$$

nu va conduce la îmbunătățirea capacității de transfer (figura 3.4) ci, din contră, va crea un număr de mijloace de transport neoperative

$$\Delta n_t = n_t - \bar{n}_t. \quad (3.8)$$

Capacitatea efectivă de transfer cu camionul C_t , între cele două sisteme de manipulare, QC și YC pentru toate camioanele descărcate și încărcate în port, $N_C = N_{IN} + N_{OUT}$ este:

$$C_t = \frac{N_c}{T_t} n_t, \text{ pentru } n_t \leq \tilde{n}_t \quad (3.9)$$

$$C_t = \frac{N_c}{T_t} \tilde{n}_t, \text{ pentru } n_t > \tilde{n}_t \quad (3.10)$$

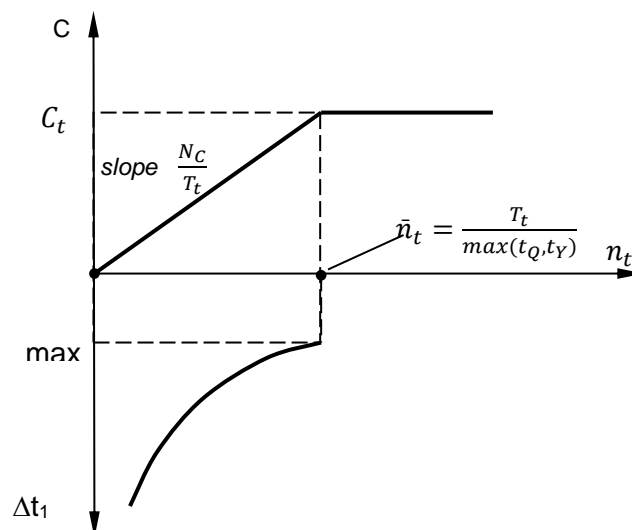


Figura 3.4. Capacitatea de transport a echipamentelor de transfer în funcție de numărul de camioane.

Sursă: (adaptare după Raicu et al., 2022)

Din Figura 3.4. reiese că există un punct, dincolo de care creșterea numărului de camioane duce inevitabil la creșterea unei capacități neoperative și nu la cea a capacității de transfer a camioanelor între amplasamentele celor două macarale. Dacă se urmărește corelarea eficace între capacitatea de manipulare în port (pentru containerele descărcate și încărcate în nava de linie) și cea a sistemului de transfer, este evident că operațiile de manipulare (încărcare/descărcare) condiționează capacitatea rezultantă a sistemelor de transfer intern.

3.4. Evaluarea performanței operării în terminalul portuar

Fiecare dintre scenariile de operare în port este evaluată prin intermediul mai multor indicatori, cum sunt:

- durata totală a unui ciclu complet de utilizare a unui echipament din parcul destinat descărcării/încărcării unei nave de linie într-un port dat,
- numărului total necesar de echipamente de transfer a containerelor de la/ la dană în/dinspre spațiul de depozitare/stocare a containerelor
- duratele totale de așteptare ale macaralelor (fie de la dană, fie din depozitul de containere) care deserveșc nava de linie, într-un port.

Rezultatele evaluărilor indicatorilor de performanță pot sta la baza deciziilor de alegere a soluțiilor de îmbunătățire a operării portuare, cu investiții, sau prin măsuri de management fără investiții.

Capitolul 4. OPTIMIZAREA PROCESELOR LA BORDUL NAVEI

4.1. Procese logistice și tehnologice la bordul navelor

Procesele logistice implică planificarea, coordonarea și executarea activităților legate de mișcarea și aprovizionarea resurselor, echipamentelor și personalului la bordul unei nave. Aceasta include sarcini precum "buncheraj", care reprezintă aprovizionarea navei cu combustibil, precum și furnizarea de alimente, apă și alte materiale consumabile necesare.

Procesele tehnologice de la bordul navelor implică astăzi utilizarea și gestionarea tehnologiilor și sistemelor avansate care contribuie la funcționarea și întreținerea eficientă a navei. Aceste procese cuprind diverse aspecte precum navigația, comunicația, controlul mașinilor, manipularea mărfurilor și sistemele de siguranță. Inovațiile tehnologice, precum sistemele automate și soluțiile digitale, au îmbunătățit semnificativ productivitatea și performanța navelor, au extins capacitățile lor și au redus erorile umane.

4.1.1. Procese tehnologice simultane

Procesele tehnologice simultane la bordul navelor cuprind o gamă largă de activități care pot fi executate în același timp de diferite echipe sau departamente. Aceste procese sunt esențiale pentru funcționarea continuă a unei nave. Cele mai importante sunt: procesele legate de navigație; comunicațiile la bord și cu exteriorul navei; generarea/utilizarea energiei; sisteme de control al mediului; sisteme de siguranță la bord; manipularea mărfurilor.

4.1.2. Procese tehnologice consecutive

Procesele tehnologice consecutive la bordul navelor sunt activități care sunt efectuate într-o ordine sau secvență specifică, în funcție de finalizarea sarcinilor anterioare, de interdependențele dintre activități și de echipele de personal care le efectuează. Aceste procese sunt, după cum urmează: alimentare cu combustibil, aprovizionare; docare uscată; retrofitare și modernizări; întreținere curentă.

Majoritatea proceselor tehnologice de la bordul navei pot fi proiectate și dimensionate prin intermediul metodelor de planificare și coordonare a proiectelor Perth sau Critical Path Method.

4.2. Analiza stabilității navei

4.2.1. Noțiuni introductive

Verificarea stabilității navei în port reprezintă ansamblul de operații de verificare a menținerii navei în condiții de plutire la fiecare operație de descărcare/încărcare a unei unități de încărcătură precum și în timpul navigației dintre porturi, în diferite condiții de stare a navei, de vreme etc.

Analiza stabilității navei se realizează în diferite etape, începând de la proiectarea navei, trecând prin etapa de optimizări ale formei și design-ului, până la verificări ale respectării standardelor și reglementărilor. Dar mai ales, analizele de stabilitate se realizează operațional pentru: gestionarea încărcăturii, siguranța navigației, planificarea unor situații de urgență, precum și operațiile de întreținere și reamenajări ale navei.

4.2.2. Condiții elementare pentru stabilitatea navei

În analiza stabilității navei se ia în considerație deplasamentul navei care reprezintă greutatea apei dislocate de volumul scufundat al carenei (sub linia de plutire W_0L_0 din reprezentarea transversală, Fig.4.1.) atunci când nava se află pe apă.

La acțiunea unei forțe externe nava poate avea translații de-a lungul celor trei axe de coordonate precum dar și rotații în jurul aceluiași axe de coordonate.

Nava se găsește într-un *echilibru stabil*, dacă atunci când este scoasă din poziția de echilibru de o cauza externă, revine la poziția inițială imediat ce se îndepărtează cauza. În caz contrar, adică atunci când nu mai este posibilă revenirea la stabilitatea inițială însă sunt totuși îndeplinite

condiții de echilibru, după îndepărtarea cauzei, se spune că nava ajunge în *echilibru instabil*.

Se demonstrează că la aceeași mărime a unghiului de inclinare, momentul de stabilitate longitudinală este mult mai mare decât momentul de stabilitate transversală. Acesta este motivul pentru care se studiază mai ales stabilitatea transversală, și aceasta pentru două cazuri: pentru unghiuri de inclinare mici – între 7° și 10° și apoi pentru unghiuri mai mari de inclinare transversală.

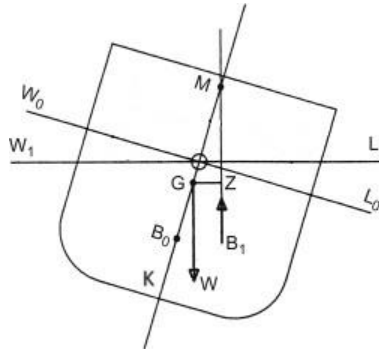


Figura 4.1. Condiții elementare pentru stabilitatea transversală a navei

Sursa: (Adaptat după Tupper, 2013)

În figura 4.1. Se disting cele mai importante repere elementare de stabilitate transversală, după cum urmează:

W_0L_0 - Linia "de apă" inițială înainte ca nava să fie înclinată.

W_1L_1 - Linia "de apă" după ce nava a fost înclinată printr-un unghi mic (max $7^\circ - 10^\circ$).

G- Centrul de greutate al navei.

B_0 - Centrul de flotabilitate în poziția verticală inițială.

B_1 - Centrul de flotabilitate după ce nava a fost înclinată.

M- metacentrul transversal (sau simplu, metacentrul navei), definit ca punctul unde forța ascendentă de flotabilitate (prin B_1) intersectează linia verticală originală.

GZ- brațul de redresare, definit ca perpendiculara trasată de la centrul de greutate al navei, G, la direcția B_1M , verticala prin metacentru.

Nava prezintă stabilitate în cazul în care metacentrul transversal se situează deasupra centrului de greutate al navei (Tupper, 2013).

4.3. Modele matematice pentru determinarea stabilității navei

4.3.1. Modele pentru stabilitate statică

Sunt utilizate pentru evaluarea stabilității unei nave în condiții statice sau în stare stabilă. Prin intermediul acestor modele se determină comportamentul navei atunci când nu este supusă unor forțe externe suplimentare, luând în considerare factori precum designul carenei, distribuția greutatei și centrul de greutate.

4.3.2. Modele pentru stabilitate dinamică

Aceste modele sunt utilizate pentru evaluarea stabilității dinamice, pentru analiza comportării în timpul navigării pe mare, pentru analiza stabilității în cazul apariției unei avarii sau pentru analiza și simularea unor manevre ale vasului sau ale operațiilor de încărcare/descărcare.

4.3.3. Modele de stabilitate în stare intactă

Sunt folosite pentru a evalua stabilitatea navei în stare intactă, fără nicio deteriorare a carenei sau suprastructurii. Aceste modele necesare în faza de proiectare a navei dar și în timpul

operațiunilor curente fără evenimente, pentru a verifica condițiile de încărcare, verificarea conformității, pentru simulări.

4.3.4. Modele de stabilitate în caz de avarie

Sunt folosite pentru evaluarea stabilității în cazul în care se constată avarii (de exemplu, o spărtură a carenei din cauza unei coliziuni sau eșuări). Evaluarea este necesară pentru a garanta siguranța navei, a echipajului și a mărfii și pentru a respecta cerințele de reglementare, sau pentru a simula alte incidente care pot afecta integritatea navei.

4.3.5. Modele și software de stabilitate probabilistică

Sunt modele de analiză a stabilității care aplică metode probabilistice pentru a evalua stabilitatea unei nave într-o varietate de scenarii. În loc să se considere un scenariu de risc maxim, ca în cazul modelelor deterministe, stabilitatea probabilistică examinează o gamă largă de situații potențiale, prin intermediul probabilității lor de apariție. Analiza care poate fi valoroasă mai ales în situații care pot apărea cu o mare incertitudine.

4.4 Elaborarea planului de încărcare

Elaborarea planului de încărcare la bordul navei (numit în limba română și cargo-plan) este un proces în două etape.

Prima etapă a elaborării cargo-planului este realizată de coordonatorii liniei de navigație. Planul de încărcare al liniei de navigație este proiectat pentru toate porturile liniei la plecarea navei din primul port.

Planificarea încărcării la nivelul liniei de navigație, de obicei, nu se referă la containere identificate concret, ci la categorii de containere, grupate după diferite atribute (de exemplu, tipul de container -20ft sau 40ft, refrigerent, nivelul de încărcare – complet încărcat sau complet gol, sau niveluri intermediare de încărcare, portul de destinație). Grupul de containerele cu anumite caracteristici sunt atribuite unei zone de poziții în cadrul navei.

Obiectivul optimizării din punctul de vedere al liniei de navigație este *minimizarea duratelor de operare în porturi și utilizare maximă a capacității de încărcare permise de reglementări, în condiții de stabilitate a navei.*

În a doua etapă a elaborării cargo-planului se realizează ajustări concrete la planul elaborat la plecare, în fiecare port, ținând cont de situația întâlnită, unde containerele pot varia ca număr, ca masă, sau ca destinație finală (reorientări către alte porturi). În a doua etapă apar manipulări suplimentare față de cele identificate în cargo-planul inițial.

Aceste manipulări suplimentare pot fi făcute la bord sau (în cazul unui număr mare de containere mutate) folosind dana pentru depozitare temporară. Realizarea unor cargo-planuri precise are influență atât asupra gradului de utilizare a capacității de încărcare a navei dar și asupra performanței portului (a utilizării spațiului danei, a productivității macaralelor de la dana, dar și a echipamentelor de transfer de la/la zona de stocare a containerelor la/de la dana).

În capitolul 5, este furnizat un exemplu de cargo-plan inițial la (la plecare) pentru fiecare dintre porturi, pentru nava aleasă în studiul de caz, folosind o metodă practică, eficace mai ales în cazul liniilor de navigație scurte (SSS) și nave de capacitate mică și medie.

Capitolul 5.

SOLUȚII DE OPTIMIZARE A OPERĂRII NAVELOR ÎN PORT ÎN TRANSPORTUL MARITIM DE DE LINIE: STUDIU DE CAZ

În studiul de caz, sunt realizate următoarele determinări pentru validarea unor soluții îmbunătățite a operării în porturi și la bordul navei:

— se calculează indicatorii de operare pentru fiecare soluție propusă de structurare a

- spațiului de stocare a containerelor în porturi, mai întâi fără investiții și apoi prin înlocuirea echipamentelor de manipulare și transfer,
- se determină avantajele relative ale scenariilor de analiză propuse în raport cu operarea tradițională,
 - se proiectează câte un cargo-plan pentru fiecare port, printr-o metodă practică propusă de aranjare a containerelor în straturi pentru fiecare port de destinație (numită generic în cuprinsul tezei – "aranjare pe verticală" a containerelor pentru un port de destinație),
 - se validează metoda de aranjare a containerelor la bord și se verifică planurile de încărcare din fiecare port prin calcule specifice de stabilitate.

5.1. Context operațional și ipoteze de studiu

5.1.1. Linia de navigație

Linia de navigație este considerată cunoscută, identificată într-o etapă anterioară de planificare strategică care nu intră în sfera acestei teze.

Se presupune o linie de navigație generică, unde porturile au echipamente de transfer și manipulare cunoscute, spații de depozitare, iar nava de linie are o capacitate transport de 2000 de containere. Frecvența de navigație este deja stabilită.

Obiectivul studiului de caz este acela de a proiecta și evalua soluții pentru optimizarea proceselor de manipulare și transfer în terminal și la bordul navei a containerelor pentru reducerea duratelor totale de staționare a navelor în porturile liniei, în condiții de stabilitate a navei.

Alte ipoteze ale studiului sunt:

H1-Linia de navigație include cinci porturi: portul de origine (P0) și patru porturi ulterioare (P1, P2, P3 și P4).

H2-Nava încarcă containere în portul de origine (P0) pentru următoarele patru porturi intermediare (P1, P2, P3, P4). Containerele încărcate în porturile intermediare P1, P2 și P3 au ca destinație toate porturile ulterioare (Tabelul 5.1. și Tabelul 5.2).

Tabel 5.1 Ordinele de voiaj ale liniei de transport maritim de linie pentru încărcare/descărcare containere pline(F)/goale(E)

	Descărcate în P1	Descărcate în P2	Descărcate în P3	Descărcate în P4
Încărcate din P0	380F/70E	360F/90E	340F/50E	380F/30E
Încărcate din P1	-	150F/40E	130F/30E	140F/20E
Încărcate din P2	-	-	260F/70E	150F/50E
Încărcate din P3	-	-	-	750F/190E
Încărcate din P4	-	-	-	-

Tabel 5.2 Containere încărcate/descărcate în porturile P0 până la P4

Port	Containere pline ce vor fi descărcate	Containere goale ce vor fi descărcate	Containere pline ce vor fi încărcate	Containere goale ce vor fi încărcate	Total la bord după operare	Procent de utilizare a navei
P0	-	-	1460	240	1700	85%
P1	380	70	420	90	1760	88%
P2	510	130	410	120	1650	83%
P3	730	150	750	190	1710	86%
P4	1420	290	-	-	-	N/A

5.1.2. Ipoteze referitoare la rută și containere

Fluxul de containere de la P0 la P4 este reprezentat în Fig.5.1, unde săgețile pline

sugerează containerele încărcate la greutate maximă, iar în celelalte cazuri, săgețile reprezintă containere goale. În același timp, săgeata îndreptată în sus semnifică încărcarea containerelor pe navă, iar săgeata îndreptată în jos înseamnă descărcarea containerelor de pe navă.

În figura 5.1, cel mai mare număr de containere este transportat între porturile P1 și P2 (1760 F+E), ceea ce înseamnă un procent de utilizare a capacității navei de aproximativ 90%.

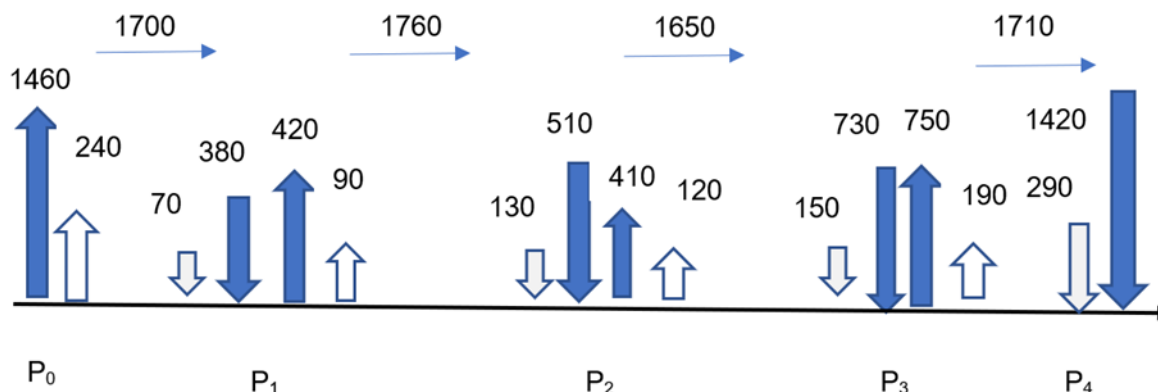


Figura 5.1. Diagrama fluxului de containere transportate între P0 și P4

H3 - Toate containerele considerate în studiu de caz sunt containere de 20ft cu o greutate brută de 2,3 tone, o capacitate de încărcare de 25 de tone și o capacitate volumetrică de 33 m3.

H4.1 - Se presupune că fiecare container este fie complet încărcat, fie complet gol, fără stări intermediare de încărcare. Această presupunere nu este destinată să limiteze generalitatea modelului, ci să simplifice contextul problemei.

H4.2 - Containerele pline cântăresc diferit după cum urmează: 40% dintre containerele pline cântăresc 25 de tone, 30% dintre containerele pline cântăresc 20 de tone, 20% dintre containerele pline cântăresc 15 tone, 10% dintre containerele pline cântăresc 10 tone.

5.1.3. Caracteristicile navei portcontainer

Nava portcontainer aleasă este asociată unei linii de navigație de tip SSS are o capacitate de 2000 de containere de 20ft (TEUs) (a se vedea Figura 5.15 de mai jos). Structura zonelor de stocare a containerelor la bordul navei considerate este: Bay 1C (Bay central) - capacitate de 200 TEU: Bay 1C: 4 bay-uri (pe axa Ox- longitudinală), 5 rânduri (pe axa Oy- transversală), 10 straturi (pe axa Oz-verticală). În fiecare din Bay-uri laterale de la babord și tribord (2P, 2S, 3P, 3S, 4P, 4S) - capacitate de stocare este de 300 TEU fiecare, cu structura: 4 bay-uri, 5 rânduri, 15 straturi. Diferența dintre bay-ul central și toate celelalte constă în numărul de straturi.

5.2. Îmbunătățiri ale operării terminalului fără investiții

5.2.1 Scenariul de operare a containerelor cu structură tradițională

Algoritmul proiectat (in limbaj C++) calculează indicatori de performanță ai operării: numărul mediu de camioane în sistem, lungimea cozii, timpul lor mediu de așteptare în sistem și timpul total al unui ciclu de deservire.

Datele de intrare consideră rata de sosire a echipamentelor de transfer (camioane) la macaraua de la dană (QC) și la macaraua din parcul de depozitare (YC), rata de serviciu a macaralelor de dană și a celor din parcul de depozitare și numărul de YCs și QCs (A1 din Anexa A).

Tabel 5.8 Indicatori de performanță pentru cazul structurii tradiționale a parcului de containere

Indicatori	P0
Rata de sosire a camioanelor (λ) (trucks/min)	0.25

Rata de serviciu a unei singure YC (μ) (trucks/min)	0.33
Numărul de YC (c)	4
Timpul de călătorie de la parcare (T_d) (min)	5
Timpul de operare YC (T_y) (min)	3
Timpul de călătorie de întoarcere (min)	5
Numărul mediu de camioane în sistem (L)	0.23
Timpul mediu de așteptare (W) (min)	0.9
Timpul total al unui ciclu (T) (min)	13.9

5.2.2. Scenariul de operare a containerelor cu structură de stocare mixtă și cu zonă rezervată de operare

Sunt calculați indicatori similari, ceea ce permite o analiză comparativă a performanței operaționale a celor trei structuri de organizare a spațiului de stocare.

Tabel 5.9 Indicatori de performanță ai operării cu structură de stocare mixtă

Indicatori	P0
Rata de sosire a camioanelor (λ) (camioane/min)	0.25
Rata de serviciu a unei YC (μ) (camioane/min)	0.5
Numărul de servere (YCs) (c)	4
Timpul de deplasare de la zona de parcare (T_d) (min)	4
Timpul de operare YC (T_y) (min)	2
Timpul de retur către zona de parcare (min)	4
Numărul mediu de camioane în sistem (L)	0.52
Timpul mediu de așteptare (W) (min)	2.08
Timp total de ciclu (T) pentru Strategia de Depozitare Mixtă (min)	10.6

Tabel 5.11 Indicatori de performanță ai operării cu zonă rezervată

Indicatori	P0
Rata de sosire a camioanelor (λ) (camioane/min)	0.25
Rata de serviciu a unei YC (μ) (camioane/min)	0.33
Numărul de servere (YCs) (c)	4
Timpul de deplasare de la zona de parcare (T_d) (min)	5
Timpul de operare YC (T_y) (min)	3
Timpul de retur către zona de parcare (min)	0.23
Numărul mediu de camioane în sistem (L)	0.9
Timpul mediu de așteptare (W) (min)	8.9
Timp total de ciclu (T) pentru structura de stocare cu spațiu rezervat (min)	0.25

Tabel 5.12 Analiză comparativă a timpului total de ciclu pentru diferite structuri de stocare în parc

	P0
Timpul total de ciclu (T) pentru stocarea tradițională	13.9
Timpul total de ciclu (T) pentru stocarea mixtă	10.6
Timpul total de ciclu (T) pentru structura de stocare cu spațiu rezervat	8.9
Reducerea timpului de la stocarea tradițională la stocarea mixtă	23.7%
Reducerea timpului de la stocarea tradițională la cazul de stocare cu spațiu rezervat	36.0%

5.3. Îmbunătățirea funcționării terminalelor prin reînnoirea echipamentelor

Înlocuirea macaralei din parcul de containere se realizează prin investiții. Soluția propusă de a înlocui macaraua din parc inițială pentru fiecare port este prezentată în tabelul 5.15. Recomandările vizează introducerea de echipamente cu un grad mai mare de automatizate și cu o productivitate mai ridicată.

Rezultatele calculelor sunt sintetizate în tabelul următor, unde se compară indicatori de performanță ai fiecărui port pentru fiecare scenariu de îmbunătățire analizat. În raport cu structura de stocare în parc și tipul de echipament de manipulare în parc (YC) se distinge câte un scenariu de analiză, în total șase (S0-S6), S1 - stocare tradițională; S2 - stocare mixtă; S3 - stocare cu spațiu rezervat; S4 - stocare tradițională după reînnoirea echipamentelor; S5 - stocare mixtă după reînnoirea echipamentelor; S6 - stocare cu spațiu rezervat după reînnoirea echipamentelor.

Cum era de așteptat, în cazul asocierii unor structuri de stocare în parc cu modernizări de echipamente (S4-S6) se obțin cele mai bune rezultate în raport cu timpului mediu de așteptare și a timpului total de ciclu.

În plus stocarea tradițională (S1 și S4) în toate porturile are timpi totali de ciclu mai mari în comparație cu stocarea mixtă (S2 și S5) dar și cu stocarea containerelor pentru expediție cu zonă rezervată navei (S3 și S6).

Stocarea mixtă după reînnoirea echipamentelor (S5) oferă în mod constant cele mai bune performanțe în porturile analizate.

Tabel 5.15 Compararea indicatorilor de performanță pentru strategiile considerate

Port	Strategie	Rata de sosire a camioanelor (λ) (camioane/min)	Rata de servire a YC (μ) (camioane/min)	Nu măr de YC (c)	Timp de deplasare (Td) (min)	Timp de servire YC (Ty) (min)	Timp cursă de întoarcere (min)	Numărul mediu de camioane care așteaptă în sistem (L)	Timp mediu de așteptare (W) (min)	Timp total al unui ciclu (T) (min)
P0	S1	0.25	0.33	4	5	3	5	0.23	0.9	13.9
	S2	0.25	0.5	4	4	2	4	0.52	2.08	10.6
	S3	0.25	0.33	4	5	4	5	0.23	0.9	8.9
	S4	0.25	0.41	4	4.3	2.4	4.2	0.21	0.8	12.7
	S5	0.25	0.55	4	3.6	1.8	3.6	0.12	0.48	9.0
	S6	0.25	0.38	4	5	2.8	5	0.2	0.8	8.6
P1	S1	0.17	0.25	3	6	4	6	0.29	1.7	17.7
	S2	0.25	0.4	3	4	2.5	4	0.37	1.5	11.6
	S3	0.17	0.25	3	6	4	6	0.29	1.7	12.7
	S4	0.17	0.31	3	5.1	3.2	5.1	0.26	1.5	16.4
	S5	0.25	0.44	3	3.6	2.25	3.6	0.21	0.85	9.45
	S6	0.17	0.28	3	6	3.7	6	0.25	1.5	12.2
P2	S1	0.17	0.20	3	6	4	7	0.39	2.3	19.3
	S2	0.24	0.52	3	4	2	4	0.24	0.98	10.5
	S3	0.17	0.20	3	6	4	6	0.39	2.3	12.3
	S4	0.17	0.25	3	5.1	3.2	5.95	0.36	2.1	18.3
	S5	0.24	0.57	3	3.6	1.8	3.6	0.14	0.61	9.0
	S6	0.17	0.23	3	6	3.7	6	0.35	2.1	12.0
P3	S1	0.14	0.25	3	6	5	6	0.24	1.7	18.7
	S2	0.24	0.51	3	4	2	4	0.25	1.0	10.8
	S3	0.14	0.25	3	6	5	6	0.24	1.7	12.7
	S4	0.14	0.31	3	5.1	4	5.1	0.22	1.5	17.7
	S5	0.24	0.56	3	3.6	1.8	3.6	0.15	0.62	9.0
	S6	0.14	0.28	3	6	4.6	6	0.22	1.6	12.2

Port	Strategie	Rata de sosire a camioanelor (λ) (camioane/min)	Rata de servire a YC (μ) (camioane/min)	Nu \ddot{m} ăr de YC (c)	Timp de deplasare (Td) (min)	Timp de servire YC (Ty) (min)	Timp cursă de întoarcere (min)	Numărul mediu de camioane care așteaptă în sistem (L)	Timp mediu de așteptare (W) (min)	Timp total al unui ciclu (T) (min)
P4	S1	0.14	0.25	4	6	4	6	0.17	1.2	17.2
	S2	0.14	0.4	4	5	3	5	0.15	1.1	13.7
	S3	0.14	0.25	4	6	4	6	0.17	1.2	11.2
	S4	0.14	0.31	4	5.1	3.2	5.1	0.15	1.0	16.4
	S5	0.14	0.44	4	4.5	2.7	4.5	0.08	0.57	11.7
	S6	0.14	0.28	4	6	3.7	6	0.16	1.1	10.8

5.4. Proiectarea cargo-planurilor în porturi

Algoritmul proiectat (A3 din Anexa C) conduce la o soluție de manipulare a containerelor pe navă, respectând condițiile de stabilitate.

Într-o descriere sintetică, algoritmul alege portul de plecare compartimentul de pe navă pentru plasarea pe verticală a unei stive de containere selectate (în funcție de portul destinație și nivelul de încărcare al containerelor). Stivele de containere, verticale, dedicate unui port, sunt împărțite egal (din punctul de vedere al masei) între bay-urile de la babord și tribord (în oglindă), simetric față de planul vertical prin axa longitudinală a navei.

Se verifică iterativ nivelul de încărcare a compartimentelor și se actualizează în fiecare port al liniei. În tabelul următor este sintetizat rezultatul obținut, planul de stivuire, după operațiunile din porturile P0, P1, P2 și P3. Algoritmul conduce la soluția de manipulare a containerelor la bord în fiecare port, prin identificarea compartimentelor disponibile și nivelul de încărcare existent din fiecare. După alocarea containerelor (descărcare/încărcare) în compartimentul asociat unui port de destinație, se verifică dacă capacitățile compartimentelor nu sunt depășite și dacă condițiile de stabilitate sunt îndeplinite.

Implementând algoritmul de calcul pe ordinele de voiaj prezentate în Secțiunea 5.1, se generează un plan de stivuire pentru fiecare dintre cele cinci porturi.

În tabelul de mai jos este prezentat planul de încărcare al navei în portul de origine unde, pentru fiecare port de destinație, sunt alocate stive de containere distribuite în cele șapte compartimente ale navei, după descărcarea aferentă portului.

Tabel 5.20 Planul de încărcare al navei în P0

Locație Bay	Port de origine	Portul de destinație	Număr containere	Procentajul utilizării bay-ului
1 Central	P0(169F,31E)	P1(55F,10E); P2(52F,13E); P3(49F,8E); P4(13F)	200	100%
2 Babord	P0(218F,32E)	P1(55F,10E); P2(52F,13E); P3(49F,7E); P4(62F,2E)	250	83%
2 Tribord	P0(217F,33E)	P1(54F,10E); P2(52F,13E); P3(49F,7E); P4(62F,3E)	250	83%
3 Babord	P0(215F+35E)	(P1-54F,10E; P2-51F,13E; P3-49F,7E; P4-61F,5E)	250	83%
3 Tribord	P0(214F+36E)	(P1-54F,10E; P2-51F,13E; P3-48F,7E; P4-61F,6E)	250	83%
4 Babord	P0(214F+36E)	(P1-54F,10E; P2-51F,13E; P3-48F,7E; P4-61F,6E)	250	83%
4 Tribord	P0(214F+36E)	(P1-54F,10E; P2-51F,12E; P3-48F,7E; P4-61F,7E)	250	83%

În figura de mai jos este reprezentată grafic structura planului de încărcare în portul P0, unde se pot identifica, containerele goale, amplasate deasupra celor încărcate, coloanele verticale cu containere încărcate pentru fiecare port (care are asociată o culoare), repartizate în fiecare din cele șapte compartimente pentru a fi respectate condițiile stabilității.

Modelul practic de alocare a containerelor la bordul navei este adecvat navelor de mică-medie capacitate pentru volume medii de containere pentru linii de navigație scurte de tip "feeder", deserving porturi ale "centurii" europene de navigație.

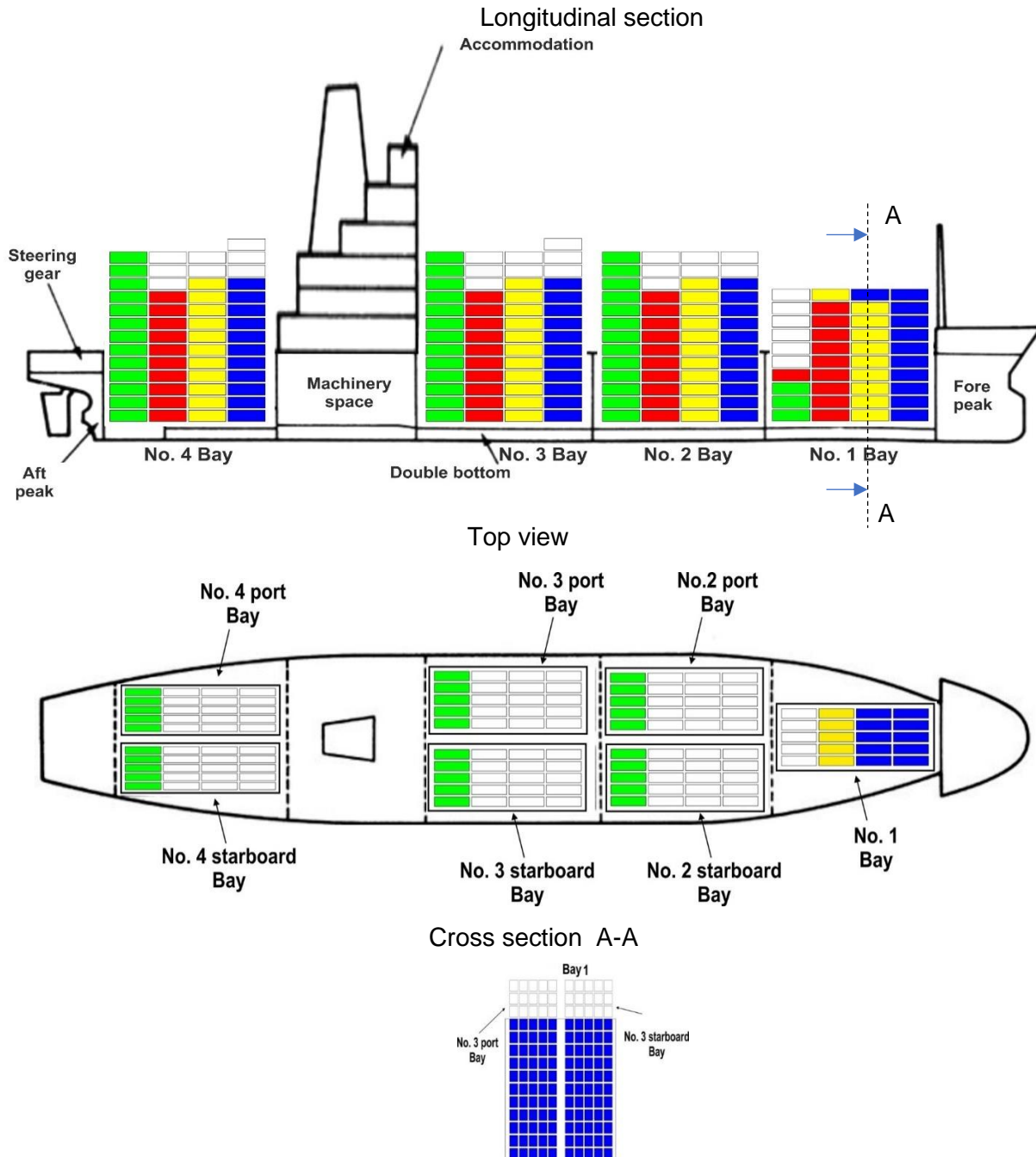


Figura 5.15 Reprezentarea planului de stocare după operațiunile din portul P0

Capitolul 6. CONCLUZII, CONTRIBUȚII ȘI CERCETĂRI VIITOARE

6.1. Concluzii

Sinteza literaturii din domeniul tezei și a studiilor și analizelor documentelor strategice și politice privitoare la transportul maritim european au condus la nevoia fundamentării unor soluții pentru îmbunătățirea performanțelor în transportul maritim de linie pe distanțe scurte, și totodată, la stabilirea obiectivelor de cercetare.

Principalele concluzii ale cercetărilor întreprinse sunt:

1. Transportul maritim de linie scurtă și elementele logistice asociate, în special pentru transportul containerizat, prezintă atât caracteristici diferite de transportul maritim de linie transoceanice (Deep Sea Liner Shipping) dar și asemănări (privitoare, mai ales, la alegerea navelor, programarea și rutarea navelor, stabilirea frecvenței de circulație),
2. Transportul maritim de linie are efecte negative asupra mediului însă literatura sintetizată evidențiază cercetări importante legate de identificarea de soluții alternative pentru propulsie, prietenoase cu mediul,
3. Totodată, progresul digital în navigație dar și în operațiile logistice și tehnologice din terminale este accelerat, producând efecte pozitive mai ales asupra siguranței și securității transportului,
4. Pentru operare eficace a containerelor în port este necesară armonizarea nivelurilor de performanță a echipamentelor de manipulare și transfer, asigurându-se ca nici portul și nici nava nu devin un obstacol în lanțul logistic.
5. Structura de aranjare a containerelor stocate împreună cu performanța echipamentelor de manipulare și transfer influențează productivitatea ansamblului procesului de operare a navelor în port și prin aceasta influențează durata de staționare în port și respectarea programului și frecvenței liniei de navigație.
6. Procesele logistice de la bordul navei, dintre care planul de încărcare și condițiile de stabilitate a navei, influențează de asemenea duratele de staționare în porturi.
7. În transportul de linie pe distanțe scurte de containere cu nave portcontainer de mici și medii dimensiuni pot fi identificate soluții practice de încărcare la bord care să nu implice manipulări suplimentare pentru rearanjare (pentru îndeplinirea criteriilor de stabilitate).

6.2. Contribuții

Pot fi evidențiate următoarele contribuții:

- Sinteza literaturii transportului maritim de linie, cu selectarea elementelor particulare a transportului containerizat de linie pentru distanțe scurte cu nave de mici și medii dimensiuni prin comparația cu transportul de linie containerizat de mari dimensiuni și distanțe,
- Analiza și structurarea celor mai importante inovații din domeniul tehnologiei informaționale cu aplicații în transportul maritim,
- Examinarea interdependențelor dintre procesele din port și cele de la bordul navelor și justificarea teoretică și practică (prin studiul de caz) a nevoii de armonizare a productivității echipamentelor de manipulare și transfer din parcul de containere și de la bordul navelor,
- Propunerea unor soluții de creștere a performanței operării containerelor în terminal referitoare la structura stocării containerelor în parc și dezvoltarea unor algoritmi de calcul (în limbaj C++) a indicatorilor de performanță,
- Fundamentarea unei soluții practice de încărcare a containerelor la bordul navei

care, pe de o parte, minimizează numărul de operații suplimentare de re-aranjare (pentru accesul la containerele destinate unui anumit port) și pe de altă parte garantează stabilitatea navei,

- Validarea soluției practice de încărcare a containerelor la bord prin calcule de verificare a respectării stabilității navei, în studiul de caz dezvoltat.

6.3. Direcții de cercetare viitoare

- Analiza manipulării simultane a mai multor nave la cheu.
- Soluții pentru un transfer direct de la navă la navă cu implicarea operării terminal-navă.
- Studiu privind utilizarea metodei propuse încărcare la bord pentru nave de dimensiuni mari.

ANEXE

Anexa A - A1. Algoritm pentru calculul indicatorilor de performanță pentru stocarea tradițională

Anexa B - A2. Algoritm pentru calculul indicatorilor de performanță pentru stocarea mixtă și cu spațiu rezervat

Anexa C - A3. Algoritm pentru proiectarea planului de încărcare la bord

Anexa D – A4. Algoritm pentru calculul diferențelor între greutate a containerului

BIBLIOGRAFIE (SELECȚIE)

1. Agarwal, R., and Ergun, Ö. (2008) *Ship Scheduling and Network Design for Cargo Routing in Liner Shipping*. *Transportation Science*, 42, 175-196. <http://dx.doi.org/10.1287/trsc.1070.0205>
2. Ambrosino, D., Sciomachen, A., & Tanfani, E. (2004), *Stowing a Containership: The Master Bay Plan Problem*, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 38 (2), 81–99.
3. Ambrosino, D., Paolucci, M., & Sciomachen, A. (2013), *Experimental Evaluation of Mixed Integer Programming Models for the Multi-Port Master Bay Plan Problem*, *Flexible Services and Manufacturing Journal* 27 (2–3): 263–284.
4. Ambrosino, D., Paolucci, M., & Sciomachen, A. (2015). *A MIP Heuristic for Multi-Port Stowage Planning*. *Transportation Research Procedia*, 10, 725-734. ISSN 2352-1465. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.026>.
5. Ambrosino, D., Paolucci, M., and Sciomachen, A.. (2017), *Computational Evaluation of a MIP Model for Multi-port Stowage Planning Problems*, *Soft Computing* 21 (7): 1753–1763
6. Aldona Jarasuniene (2016), *Optimisation of technological processes in terminals*, *Transport*, 19:5, 207-213
7. Andersson Karin, Brynolf, *Shipping and the Environment*, Springer, 2016, ISBN:9783662490433.
8. Avriel, M., Michal, P., Naomi, S., & Smadar, W., *Stowage Planning for Container Ships to Reduce the Number of Shifts*. *Annals of Operations Research - Annals OR*. 76. 55-71, 1998, 10.1023/A:1018956823693
9. Bacioiu Alexandru Ștefan, Goia Ionela, *On adjustment of stowage plan with minimum resources*, *20th International Conference on Transport Science ICTS 2022 23rd and 24th*

- May 2022, Conference Proceedings, Portoroz, Slovenia
10. Bacioiu Alexandru Ștefan, Goia Ionela, *Stability of the Ship Using Intact Stability Criteria and Empirical Formulas*, WSEAS Transactions on Engineering World, vol. 4, pp. 1-4, 2022
 11. Balaban I. Gh., *Tratat de navigație maritimă*, Editura Leda, București, 1996.
 12. Bichou, Khalid (2009), *Port Operations, Planning And Logistics*, Informa Law from Routledge, ISBN 13: 978-1-843-11805-3
 13. Brooks, M. R., Blunden R. G, Bidgood C. I. (1993), *Strategic Alliances in the Global Container Transport Industry*, R. Culpan, *Multinational Strategic Alliances*, Binghamton, NY: Haworth Press, 221-48.
 14. Brouer, B.D., Desaulniers, G., & Pisinger, D. (2014). A matheuristic for the liner shipping network design problem. *Transportation Research Part E*, 72, 42–59
 15. Caimao T., Junliang H., Hang Y. (2019), *Mathematical modeling of yard template regeneration for multiple container terminals*, *Advanced Engineering Informatics* 40 (2019) 58–68
 16. Carlo, H., Vis, I., & Roodbergen, K. J. (2014). *Transport operations in container terminals: Literature overview, trends, research directions and classification scheme*. *European Journal of Operational Research*, 236, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.11.023>.
 17. Cascetta E. (2001), *Transportation Systems Engineering: Theory and Methods*, Kluwer Academic Publishers, ISBN: 978-0792367925, 722pg.
 18. Chen, L., & Langevin, A. (2011). *Multiple yard cranes scheduling for loading operations in a container terminal*. *Engineering Optimization*, 43, 1205-1221. <https://doi.org/10.1080/0305215X.2010.548865>.
 19. Chen, X., He, S., Zhang, Y., Tong L., Shang, P., Zhou, X., *Yard crane and AGV scheduling in automated container terminal: A multi-robot task allocation framework*, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Volume 114, 2020, Pages 241-271, ISSN 0968-090X, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.02.012>
 20. Chung, S.-H. (2021). *Applications of smart technologies in logistics and transport: A review*. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 153, 102455. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102455>.
 21. Commission of the European Communities, *Towards a future Maritime Policy of the Union: A European vision for the oceans and seas*, 2006.
 22. Committee on the Motorways of the Sea in the Logistics Chain, 2008.
 23. Delgado, A., Jensen, R. M., Janstrup, K., Rose, T. H., & Andersen, K. H. (2012), *A Constraint Programming Model for Fast Optimal Stowage of Container Vessel Bays*, *European Journal of Operational Research* 220 (1), 251–261.
 24. De Juan, M., Benitez, I., Marcos, J. *MOSES Project: Enhancing Short Sea Shipping with Automated Technologies*. *WIT Transactions on The Built Environment*, Vol. 212, *Urban and Maritime Transport XXVIII*, 2022, 173. doi:10.2495/UMT220151.
 25. Di Francesco, Massimo. (2023). *New optimization models for empty container management*.
 26. Ding, D., & Chou, M. C., *Stowage Planning for Container Ships: A Heuristic Algorithm to Reduce the Number of Shifts*. *European Journal of Operational Research* 246 (1), 242–249, 2015, DOI: 10.1016/j.ejor.2015.03.044
 27. Dokkum Klaas (2003), *A modern Encyclopedia*, Dokmar, Enkhuizen, ISBN 90-806330-2-X, 341 pg
 28. European Commission, *Corridor Descriptions*, 2013.
 29. European Commission DG Mobility and Transport (2015), *Analysis of Recent Trends in EU Shipping and Analysis and Policy Support to Improve the Competitiveness of Short Sea Shipping in the EU*.

30. Fazi, S. (2019). A decision-support framework for the stowage of maritime containers in inland shipping. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 131, 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.09.008>.
31. Goia Ionela, Bacioiu Alexandru-Stefan, *The Analysis of Freight Forwarding Services Using the Business Process Modelling Tools. Study Case in Constanta Port*, WSEAS Transactions on Design, Construction, Maintenance, vol. 2, pp. 217-220, 2022
32. Hong, C., Guo, Y., Wang, Y., Li, T. The Integrated Scheduling Optimization for Container Handling by Using Driverless Electric Truck in Automated Container Terminal. *Sustainability*, 2023, 15, 5536. <https://doi.org/10.3390/su15065536>.
33. IMO. *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) 1974*.
34. *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW)*. 1978.
35. Jansson, J. O. & Shneerson, D. (1987) *Liner Shipping Economics*, Chapman and Hall, New York, ISBN 978-94-010-7914-3, 299 pg.
36. Jansson, J. O. & Shneerson, D. (1982) *The Optimal Ship Size*. *Journal of Transport Economics and Policy*, 16(3): 217-238.
37. Kai Yu, Jingcheng Yang (2019), *MILP Model and a Rolling Horizon Algorithm for Crane*, *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2019, Article ID 4739376, 16 pg.
38. Lambert, D.M., Cooper, M.C. and Pagh, J.D. (1998) *Supply Chain Management: implementation Issues and Research Opportunities*, *International Journal of Logistics Management*
39. Lee, D.-H., & Jin, J. G. (2013). *Feeder vessel management at container transshipment terminals*. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 49(1), 201-216. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2012.08.006>.
40. Lee, P. T.-W., Oh, K. K., & Ruan, X. (2019). *Sustainability Challenges in Maritime Transport and Logistics Industry and Its Way Ahead*. *Sustainability*, 11(5), 1331. <https://doi.org/10.3390/su11051331>.
41. Lee Tae-Woo, Cullinane Kevin (2016), *Dynamic Shipping and Port Development in the Globalized Economy. Volume 1. Applying Theory to Practice in Maritime Logistics*. London: Palgrave Macmillan, ISBN: 978-1-137-51421-9.
42. Lee Tae-Woo, Cullinane Kevin (2016), *Dynamic Shipping and Port Development in the Globalized Economy Volume 2 Emerging Trends in Ports*. London: Palgrave Macmillan, ISBN 978-1-137-51427-1.
43. Legato P., Canonaco P., and Mazza R. M. (2009), *Yard crane management by simulation and optimisation*, *Maritime Economics & Logistics*, vol. 11, no. 1, pp. 36–57.
44. Lehnfeld, J., & Knust, S. (2014), *Loading, Unloading and Premarshalling of Stacks in Storage Areas: Survey and Classification*, *European Journal of Operational Research* 239 (2), 297–312.
45. Li, H. A heuristic algorithm for equipment scheduling at an automated container terminal with multi-size containers. *Archives of Transport*, Volume 65, Issue 1, 2023, e-ISSN: 2300-8830, DOI: 10.5604/01.3001.0016.2478.
46. Liu, C. (2020). *Iterative heuristic for simultaneous allocations of berths, quay cranes, and yards under practical situations*. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 133, 101814. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.11.008>.
47. Liu, C.-I., Jula, H., & Ioannou, P. (2002). *Design, Simulation, and Evaluation of Automated Container Terminals*. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 3, 12-26. <https://doi.org/10.1109/6979.994792>.
48. Luna, J. H., Mar-Ortiz, J., Gracia, M., & Morales-Ramirez, D. (2017), *An efficiency analysis of cargo-handling operations at container terminals*, Macmillan.

49. Maracineanu, M., *Cercetari pentru cresterea eficientei si eficacitatii transportului cu nave portcontainer*, 2012.
50. McGeorge H.D., *Marine Auxilliary Machinery*, Elsevier, 2013.
51. Meiswinkel, S. (2018), *On Combinatorial Optimization and Mechanism Design Problems Arising at Container Ports*, Wiesbaden: Springer Gabler.
52. Merk Olaf (2019), *Container Shipping in Europe*, *International Transport Forum*
53. Meyer, N.K. (2018), *A Practical Guide To The Designation Of Ship Corridors In Maritime Spatial Planning*
54. Mohseni, S., *Developing a Tool for Designing a Container Terminal Yard*, 2011
55. Mulder, J., & Dekker, R. (2014). *Methods for strategic liner shipping network design*. *European Journal of Operational Research*, 235(2), 367-377. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.09.041>
56. Naeem, D., Gheith, M., Eltawil, A., *A comprehensive review and directions for future research on the integrated scheduling of quay cranes and automated guided vehicles and yard cranes in automated container terminals*, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 179, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109149>
57. Ng W.C., Mak K.L. (2005), *Yard crane scheduling in port container terminals*, *Applied Mathematical Modelling* 29 (2005) 263–276
58. Nicolae, F.(2012), *Instalații navale și portuare, vol. I și II*, Editura Academiei Navale „Mircea cel Bătrân”, Constanța.
59. Nicolae, F.(2012), *Sisteme navale si portuare de operare Vol. I și II*, Editura Academiei Navale „Mircea cel Bătrân”, Constanța.
60. Nishimura, E., Imai, A., Janssens, G. K., & Papadimitriou, S. (2009). *Container storage and transshipment marine terminals*. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45(5), 771-786. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2009.03.003>.
61. Notteboom, T., Pallis, A., & Rodrigue, J.-P. (2022). *Port Economics, Management and Policy* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429318184>
62. Notteboom, T., & Rodrigue, J.-P. (2009). *The Future of Containerization: Perspectives from Maritime and Inland Freight Distribution*. *GeoJournal*, 74(1), 7-22.
63. Olaf Merk (2019), *Container Shipping in Europe*, *International Transport Forum*
64. Parreño-Torres, C., Çalık, H., Alvarez-Valdes, R., & Ruiz, R. (2021). *Solving the generalized multi-port container stowage planning problem by a matheuristic algorithm*. *Computers & Operations Research*, 133, 105383. ISSN 0305-0548. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2021.105383>.
65. Popa M. (2009) *Economia transporturilor*, Ed. POLITEHNICA PRESS, Bucuresti, ISBN 978- 606-515-036-2, 325 pg
66. Psaraftis, H. N., & Kontovas, C. A. (2010). *Balancing the economic and environmental performance of maritime transportation*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(8), 458-462.
67. Regulation (EU) No 1315/2013 Of The European Parliament And Of The Council.
68. Sacone S., Siri S., *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems: Methods, Tools and Applications in Engineering and Related Sciences*, 15:3, 275-293
69. Saghir, M., (2002) *Packaging Logistics Evaluation in the Swedish Retail Supply Chain*, Lund University, Lund.
70. San Cristobal Mateo Jose Ramon (2015), *Management Science, Operations Research and Project Management*, Gower Publishing, Surrey, ISBN 9781472426437, 221 pg.
71. Sciomachen, A., & Tanfani, E. (2007). *A 3D-BPP approach for optimizing stowage plans and terminal productivity*. *European Journal of Operational Research*, 183, 1433-1446. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.11.067>.

72. Serban P. S., Nedelcu A. T., Pocora A. and Băcioiu Alexandru Stefan, Comparison of CFD determined squat on sailing ship MIRCEA with empirical methods, *Scientific Bulletin of Naval Academy*, Vol. XXII 2019, pg. 247-255.
73. Sha M., Zhang T., Lan Y. et al. (2017), Scheduling optimization of yard cranes with minimal energy consumption at container terminals, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 113, pp. 704–713
74. Stahlbock R., Voß S., Operations research at container terminals: a literature update, *OR Spect.* 30 (1) (2008) 1–52
75. Stavrou, D., Timotheou, S., Panayiotou, C.G., Polycarpou, M.M.. Assignment and Coordination of Autonomous Robots in Container Loading Terminals, *IFAC-PapersOnLine*, Volume 50, Issue 1, 2017, Pages 9712-9717, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2054>
76. Steenken D., Voß S., Stahlbock R., Container terminal operation and operations research- a classification and literature review, *OR Spect.* 26 (1) (2004) 3–49
77. Styhre, Linda. (2010). Capacity utilisation in short sea shipping
78. Sun, P. Z. H., You, J., Qiu, S., Wu, E. Q., Xiong, P., Song, A., Zhang, H., Lu, T. AGV-Based Vehicle Transportation in Automated Container Terminals: A Survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 24, no. 1, pp. 341, January 2023.
79. Tan C.M., He J.L., Wang Y., Storage yard management based on flexible yard template in container terminal, *Adv. Eng. Inform.* 34 (2017) 101–113
80. Toma Alecu, Bacioiu Alexandru Stefan, Chirita Iulian Adrian, Influence of trim and rudder angle on ship handling, *Scientific Bulletin of Naval Academy*, Vol. XXII 2019, pg.228-233.
81. Tupper, E. C. (2013), *Introduction to Naval Architecture (5th ed.)*, Butterworth-Heinemann. ISBN-13: 9780080982373
82. Vis I.F.A., De Koster R., Transshipment of containers at a container terminal: an overview, *Euro. J. Oper. Res.* 147 (1) (2003) 1–16
83. Wang, Z., Zeng, Q., A branch-and-bound approach for AGV dispatching and routing problems in automated container terminals, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 166, 2022, Pages 107-968, ISSN 0360-8352, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.107968>
84. Wei, M., He, J., Tan, C., Yue, J., & Yu, H. Quay crane scheduling with time windows constraints for automated container port. *Ocean & Coastal Management*, Volume 231, 2023, 106401, ISSN 0964-5691, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106401>.
85. Wei-Ying, Z., Yan, L., & Zhuo-Shang, J., Model and Algorithm for Container Ship Stowage Planning Based on Bin-Packing Problem. *Journal of Marine Science and Application* 4 (3): 30–36, 2005, <https://doi.org/10.1007/s11804-005-0018-z>