

Analiza različitih vrsta rukovanja teretom

Skorić, Dominik

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:414481>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-06**

Repository / Repozitorij:

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for
permanent storage and preservation of digital
resources of the institution](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

DOMINIK SKORIĆ

**ANALIZA RAZLIČITIH VRSTA
RUKOVANJA TERETOM**

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2023.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA

**ANALIZA RAZLIČITIH VRSTA
RUKOVANJA TERETOM**

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:

doc. dr. sc. Zaloa Sanchez Varela

STUDENT:

Dominik Skorić

(MB: 0171279173)

SPLIT, 2023.

SAŽETAK

Ovaj rad istražuje sinergije multimodalnog transporta, automatizacije, digitalizacije i informacijske tehnologije u području pomorstva, istražujući njihov zajednički utjecaj na različite prakse rukovanja teretom. Integracija različitih načina prijevoza analizira se zbog svoje uloge u racionalizaciji globalne logistike, dok se automatizacija pojavljuje kao transformativna sila koja preoblikuje tradicionalne metode rukovanja teretom. Digitalizacija i informacijska tehnologija doprinose poboljšanoj vidljivosti, kontroli i učinkovitosti tijekom cijelog životnog ciklusa rukovanja teretom. Ispituju se implikacije ovih poboljšanja na različite vrste operacija rukovanja teretom, ističući i prilike i izazove. Dok pomorska industrija upravlja ovim transformativnim putovanjem, zainteresirane strane se pozivaju da prihvate inovacije, pozabave se novonastalim složenostima i iskoriste potencijal ovih tehnologija za učinkovitiju, održiviju i prilagodljiviju budućnost u rukovanju teretom.

Ključne riječi: *multimodalni transport, automatizacija, digitalizacija, informacijska tehnologija*

ABSTRACT

This paper explores the synergies of multimodal transport, automation, digitization, and information technology in the maritime domain, exploring their joint impact on different cargo handling practices. The integration of different modes of transport is analyzed for its role in rationalizing global logistics, while automation emerges as a transformative force reshaping traditional freight handling methods. Digitization and information technology contribute to improved visibility, control, and efficiency throughout the life cycle of cargo handling. The implications of these improvements for different types of cargo handling operations are examined, highlighting both opportunities and challenges. As the maritime industry navigates this transformative journey, stakeholders are urged to embrace innovation, address emerging complexities, and harness the potential of these technologies for a more efficient, sustainable, and adaptable future in cargo handling.

Keywords: *multimodal transport, automation, digitalization, information technology*

SADRŽAJ

1	UVOD	5
2	MULTIMODALNI TRANSPORT	6
2.1.	MULTIMODALNI PRIJEVOZ	7
2.2.	MEĐUNARODNI MULTIMODALNI TRANSPORT	7
2.3.	PREDNOSTI I NEDOSTATCI MULTIMODALNOG PRIJEVOZA	9
2.3.1	Prednosti multimodalnog prijevoza	9
2.3.2	Nedostaci multimodalnog prijevoza	10
2.4.	SUVREMENE TRANSPORTNE TEHNOLOGIJE	10
3	AUTOMATIZACIJA	11
3.1.	POJAM AUTOMATIZACIJA	11
3.2.	AUTOMATIZIRANI SUSTAVI	11
3.3.	AUTOMATIZCIJA LUKA I TERMINALA	12
3.4.	BESPILOTNI BRODOVI I AUTONOMNI TRANSPORT	13
3.5.	PRIMJENE AUTONOMNIH MORSKIH SUSTAVA	15
3.6.	IZAZOVI I SMJER AUTOMATIZACIJE	15
4	DIGITALIZACIJA I INFORMACIJSKA TEHNOLOGIJA	17
4.1.	DIGITALIZACIJA.....	17
4.1.1	Prva generacija (1980-ih): Transformacija u postupke bez papira	17
4.1.2	Druga generacija (1990-ih - 2000-ih): Transformacija prema automatiziranim postupcima	20
4.1.3	Treća generacija (2010-e - danas): Transformacija prema pametnim postupcima	23
4.2.	DIGITALNE TEHNOLOGIJE	25
5	ZAKLJUČAK	27
	LITERATURA	28
	POPIS SLIKA	30
	POPIS TABLICA	31
	POPIS KRATICA	32

1 UVOD

U dinamičnom području pomorskih operacija, spoj multimodalnog prijevoza, automatizacije, digitalizacije i informacijske tehnologije stoji kao svjetionik transformativne promjene. Globalno kretanje robe prolazi kroz duboku evoluciju, što zahtijeva sveobuhvatno ispitivanje međudjelovanja između ovih tehnoloških dostignuća i njihovog utjecaja na različite načine rukovanja teretom.

Ovaj rad istražuje zamršene odnose između multimodalnog transporta, automatizacije, digitalizacije i informacijske tehnologije unutar pomorskog područja, s posebnim naglaskom na njihove različite učinke na rukovanje teretom.

U drugom poglavlju „Multimodalni prijevoz“, obilježen besprijekornom integracijom različitih načina kao što su more, kopno i zrak, saznat ćemo kako je postao okosnica suvremenog logističkog krajolika. Ova integracija ne samo da optimizira učinkovitost kretanja tereta, već također predstavlja izazove i prilike za različite metode rukovanja teretom. Štoviše, kako industrija prihvaća automatizaciju, brodovi, luke i logističke mreže ulaze u novu eru koju karakterizira povećana učinkovitost, sigurnost i ekološka održivost [7].

U trećem poglavlju „Automatizacija“ saznat ćemo kako se vodu luke i terminali i koje su prepreke. Od automatiziranih kontejnerskih terminala do autonomnih plovila, pomorski sektor svjedoči promjeni paradigme koja se proteže na razne operacije rukovanja teretom. Razumijevanje nijansi utjecaja automatizacije na procese rukovanja teretom ključno je za dionike koji žele iskoristiti ova poboljšanja za poboljšane operativne rezultate [5].

U četvrtom poglavlju „Digitalizacija i informacijska tehnologija“ spoznajemo utjecaj i ogromni razvoj u dotičnom sektoru. Digitalna transformacija ne samo da pojednostavljuje procese dokumentiranja, već i potiče vidljivost u stvarnom vremenu i kontrolu nad kretanjem tereta. Utjecaj informacijske tehnologije širi se izvan pojedinačnih segmenata, pletući međusobno povezanu mrežu koja dotiče svaku fazu rukovanja teretom - od utovara i istovara do praćenja i isporuke [10].

2 MULTIMODALNI TRANSPORT

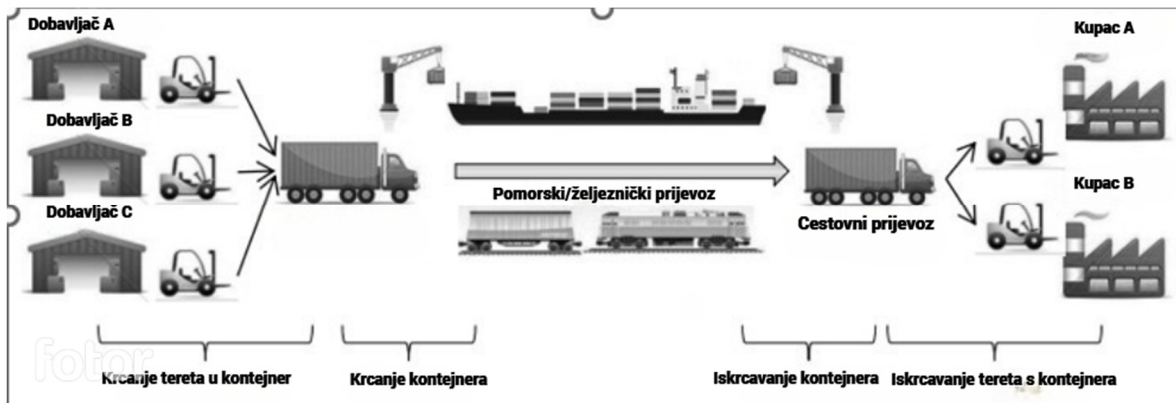
Koncept multimodalnog prijevoza može se opisati kao kretanje tereta korištenjem više od dva različita načina prijevoza, pri čemu se na kraju odredi adresa krajnjeg potrošača u trenutnom procesu prijevoza. Vlasništvo nad pošiljkom ostaje nepromijenjeno. Multimodalni prijevoz predstavlja integraciju različitih načina prijevoza i čvorova u globalnom lancu opskrbe kako bi se obavio prijevoz, s ciljem dostave proizvoda u sve dijelove svijeta po optimalnim troškovima. Njegova ekonomska osnova počiva na postizanju ekonomije obujma i ekonomije opsega u dugim putovanjima.

Riječ "Intermodal" prvi put se pojavila u Kompaktnom Oxfordovom engleskom rječniku iz 1980. godine. Međutim, čak i tada ovaj izraz nije bio nov. Godine 1993. razvio se kao kontejnerski sustav. Prema rječničkom značenju, on definira prijevoz koji koristi više od jednog načina prijevoza, suprotno prethodnoj situaciji u kojoj su različiti načini prijevoza djelovali kao neovisni entiteti. Sada su različiti načini više integrirani i koordinirani. Prijevoz putem različitih načina sada se nudi u konsolidiranom obliku pod nazivom "Multimodalni prijevoz". Na nekim mjestima, multimodalni prijevoz naziva se i "Kombiniranim prijevozom". Intermodalni/multimodalni prijevoz može se smatrati alternativom unimodalnom prijevozu u slučaju dugih putnih udaljenosti i velikih količina.

Pojam "Kombinirani prijevoz" definira se kao "Intermodalni prijevoz u kojem je glavni dio europskog putovanja željeznicom, unutarnjim vodenim putovima ili morem, a početni i/ili završni dijelovi obavljaju se cestom koliko je to moguće kraće"[7].

Multimodalni prijevoz poznat je pod različitim nazivima u industriji i akademiji. U literaturi i industriji kruže različite terminologije, poput Multimodalni, Intermodalni, Komodalni i Sinhro-modalni. Zajednički dio definicije je da se svi oni oslanjaju na više od jednog načina prijevoza (Slika 1.).

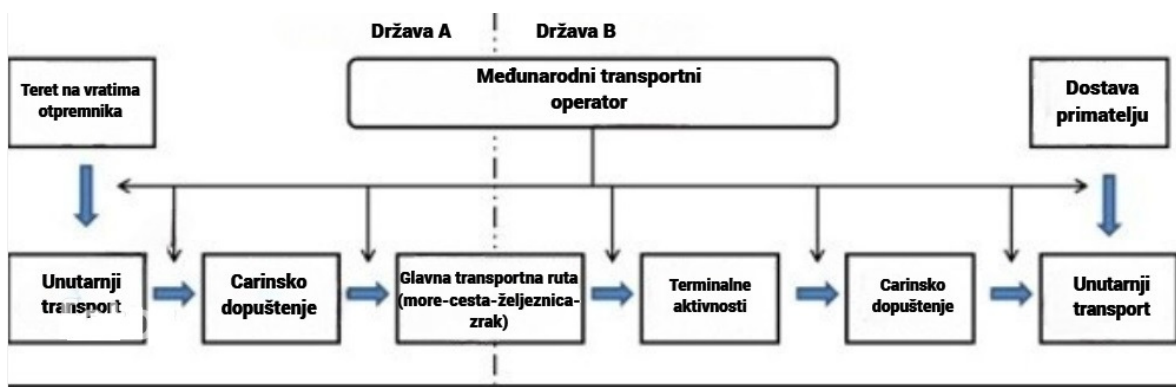
Iako se u gotovo istraživanjima Intermodalni i Multimodalni prijevoz koriste zamjenjivo, u radovima serije radnih dokumenata Sveučilišta Kalifornija za promet, Sveučilišta Kalifornija, riječ "Multimodalni" koristi se kako bi opisala sustav s više od jednog načina prijevoza, dok se "Intermodalni" koristi kako bi opisao povezanost između ova dva elementa [7].



Slika 1. Proces multimodalnog transporta [16]

2.1. MULTIMODALNI PRIJEVOZ

Slika 2. ilustrira cijeli transportni proces u kojem se roba premješta iz zemlje A do konačnog odredišta u zemlji B te sudjelovanje operatora međunarodnog transporta tijekom njihova putovanja. Cilj mu je prenijeti robu u neprekidnom toku kroz cijeli lanac prijevoza kako bi se putovanje učinilo učinkovitijim s financijskog, okolišnog i vremenskog stajališta. S masovnim rastom kontejnerizacije i velikim pomakom u razmišljanju od konvencionalnog unimodalnog prema konceptu sustava multimodalnog transporta, multimodalni je trenutno glavna metoda koja se koristi u međunarodnom transportnom procesu jer omogućuje optimizaciju i organizaciju svih načina prijevoza u integrirani neprekidni sustav kako bi se postigla operativna učinkovitost i isplativa dostava robe u opskrbnom lancu [9].



Slika 2. Uključenost MTO-a u proces [9]

2.2. MEĐUNARODNI MULTIMODALNI TRANSPORT

Zbog svoje kompliciranosti i značaja u međunarodnim te nacionalno gospodarskim sustavima međunarodni multimodalni prijevoz je potrebno promatrati kao kompleksni i nepredvidiv sistem. To je skup povezanih i međusobno utjecajnih prometno-tehnoloških

aktivnosti, direktnih te indirektnih sudionika, i tehničkih pomagalja u njihovom radu kao i drugih elemenata u konstantnoj kretnji, mijenjanju te razvoju (tehničkom, ekonomskom i pravnom smislu) koji omogućuje da se transport i manipulacija robe obavi sigurno, brzo te ekonomično sa najmanje dva različita prijevozna sredstva na temelju jednog jedinstvenog ugovora, a cijeli transport izvršava jedan operator transporta. [9]

Osnovne značajke međunarodnog multimodalnog transporta po konvenciji Ujedinjenih Naroda o međunarodnom multimodalnom transportu robe iz 1980. godine su sljedeća:

- Operator multimodalnog transporta i primatelji robe su smješteni u dvije različite zemlje
- Prijevoz robe uključuje najmanje dva različita prijevozna sredstva, što znači da u takvom transportnom procesu sudjeluju najmanje dvije različite grane prometa
- Sveukupni transportni pothvat odvija se na temelju samo jednog ugovora o prijevozu
- Cijeli proces međunarodnog multimodalnog transporta odrađiva operator multimodalnoga transporta (tkz. Multimodalni transportni operator, MTO). To je često međunarodni špediter koji spaja poslove špeditera i prijevoznika
- Operator multimodalnog transporta izvršava prethodno sklopljeni ugovor s pošiljateljem robe
- Sveobuhvatni pothvat međunarodnog multimodalnog transporta ispostavlja ili pribavlja jedna isprava o prijevozu robe npr. FBL (Negotiable fiata multimodal transport bill of lading) [15].

Multimodalni prijevoz često se koristi zamjenjivo s terminima kao što su intermodalni, ko-modalni i sinkromodalni prijevoz. Međutim, postoje suptilne razlike između tih pojmova; multimodalni se smatra kao vrsta prijevoza koja koristi najmanje dva različita načina prijevoza; intermodalni se može smatrati određenom vrstom multimodalnog prijevoza koji koristi istu jedinicu za utovar (npr. kontejner), ko-modalni dodaje učinkovitu upotrebu različitih načina prijevoza (iskorištavanje resursa), a sinkromodalni naglašava aspekt prijevoza u stvarnom vremenu [7].

Kombinacija različitih značajki svakog načina prijevoza može postaviti dodatna ograničenja za robu tijekom prijevoza, kao što su pakiranje, uvjeti prijevoza i skladištenje. S druge strane, multimodalni prijevoz kombinira specifične prednosti svakog načina prijevoza u jednom putovanju, kao što su fleksibilnost cestovnog prijevoza, relativno veliki

kapacitet željeznice i niži troškovi kratkog/dugog pomorskog prijevoza na najbolji mogući način.

Osim toga, u usporedbi s cestovnim prijevozom, koji igra relativno dominantnu ulogu u tradicionalnoj industriji prijevoza tereta u Velikoj Britaniji, različiti alternativni načini prijevoza, poput željeznice, unutarnje plovne puteve i prijevoza kratkim pomorskim putem, općenito su prepoznati kao manje štetni za okoliš u smislu emisije CO₂. Stoga, zbog prednosti multimodalnog prijevoza i rastućeg pritiska za djelovanje protiv klimatskih promjena smanjenjem emisija ugljikovog dioksida, vladine studije sve više naglašavaju promjene u načinima prijevoza i razvoj multimodalnih sustava prijevoza. Na primjer, Europska komisija predlaže nekoliko mjera usmjerenih na razvoj europskog sustava prijevoza sposobnog promijeniti ravnotežu između načina prijevoza i poticanje korištenja multimodalnog prijevoza [9].

2.3. PREDNOSTI I NEDOSTATCI MULTIMODALNOG PRIJEVOZA

2.3.1 Prednosti multimodalnog prijevoza

Učinkovitost i brzina: Glavna prednost multimodalnog prijevoza je njegova sposobnost skraćivanja vremena isporuke. Korištenjem različitih načina prijevoza u istoj operaciji mogu se prevladati geografske prepreke i smanjiti vrijeme tranzita.

Fleksibilnost i prilagodljivost: Kombiniranje različitih načina prijevoza omogućuje tvrtkama prilagodbu specifičnim potrebama svake pošiljke. Moguće je odabrati najprikladniju kombinaciju prema vrsti tereta, udaljenosti i vremenskim zahtjevima, pružajući visoku razinu fleksibilnosti.

Optimizacija troškova: Multimodalni prijevoz može biti ekonomičniji u usporedbi s korištenjem samo jednog načina prijevoza. Iskorištavanjem prednosti svakog načina prijevoza mogu se smanjiti troškovi prijevoza i poboljšati profitabilnost.

Sigurnost i smanjenje rizika: Distribucijom tereta između različitih načina prijevoza smanjuje se rizik od značajnog gubitka ili oštećenja tereta. Osim toga, povećava se mogućnost praćenja i nadzora, što poboljšava sigurnost robe tijekom prijevoza.

Pristup globalnim tržištima: Multimodalni prijevoz omogućuje tvrtkama da dosegnu odredišta diljem svijeta, proširujući svoje tržišne mogućnosti i omogućujući im konkurenciju na međunarodnom nivou. [11]

2.3.2 Nedostatci multimodalnog prijevoza

Administrativna složenost: Koordiniranje više načina prijevoza i različitih operatera može biti komplicirano s administrativnog i logističkog stajališta. Potrebno je učinkovito upravljanje kako bi se izbjegli zastoji i problemi.

Dodatni troškovi: Iako može biti ukupno jeftiniji, multimodalni prijevoz ponekad uključuje dodatne troškove povezane s koordinacijom, pretovarom i tarifama različitih operatera.

Ovisnost o trećim stranama: Uspjeh multimodalnog prijevoza često ovisi o suradnji različitih aktera, poput prijevoznih tvrtki, carinskih posrednika i operatera logistike. Bilo kakve pogreške ili zastoji u lancu opskrbe mogu imati negativan utjecaj na isporuku robe.

Dulje vrijeme transporta u nekim slučajevima: Unatoč sposobnosti skraćivanja vremena isporuke, u određenim slučajevima, kao što su prijevozi na velike udaljenosti, multimodalni prijevoz može zahtijevati više vremena zbog pretovara i potrebne koordinacije [11].

2.4. SUVREMENE TRANSPORTNE TEHNOLOGIJE

Suvremene globalne tendencije tržišno-robne razmjene, koje su u posljednje vrijeme znatno povećane, odražavaju se u primjeni suvremenih transportnih sustava, uključujući integralne, multimodalne i kombinirane sustave koji povezuju različita prijevozna sredstva (Slika 3.). Nove tehnologije transporta u cijelom transportnom lancu, od proizvođača do potrošača, postavljaju nužnost racionalizacije u cjelokupnom gospodarstvu i izravno utječu na konkurentne sposobnosti za integraciju nacionalnog gospodarstva u međunarodnu podjelu rada [4].



Slika 3. Multimodalni transport [17]

3 AUTOMATIZACIJA

3.1. POJAM AUTOMATIZACIJA

Automatizacija je upotreba tehnologije za obavljanje zadataka s minimalnim ljudskim ulogom. Odnosi se na kontrolu strojeva, procesa ili sustava pomoću mehaničkih i elektroničkih uređaja koji zamjenjuju ljudski rad.

Ova zamjena obuhvaća nadzor i donošenje odluka u poslovima koji su za ljude previše složeni, opasni ili iscrpljujući. U kontekstu industrijskog razvoja, automatizacija predstavlja evolucijski korak nakon mehanizacije. (Slika 4.)

Dok mehanizacija rada omogućava poboljšane uvjete za rad osoblja, automatizacija smanjuje potrebu za ljudskom intervencijom u izvođenju određenih aktivnosti [2].



Slika 4. Automatizacija [3]

3.2. AUTOMATIZIRANI SUSTAVI

Automatizirani sustavi mogu obavljati raznolike zadatke poput rukovanja teretom, premještanja kontejnera pa čak i osiguranja luka, značajno smanjujući vrijeme potrebno za ove procese. Automatizacija omogućuje veći izlazni nivo s većom točnošću, sve to uz manje troškove dugoročno [13].

3.3. AUTOMATIZICIJA LUKA I TERMINALA

Automatizacija luka i terminala započela je početkom 1990-ih. Glavne operacije terminala u luci uključuju privremeni prijem i skladištenje tereta te utovar ili istovar tereta s brodova. Osim toga, terminali se bave i putničkim prometom te povezanim uslugama poput održavanja brodova, putničkih usluga itd.

Automatizirane luke predstavljaju revolucionaran pomak u domeni pomorske logistike na kojem su najsuvremenije tehnologije temeljito integrirane kako bi optimizirale operacije terminala. Ovi terminali koriste napredne sustave za automatsko rukovanje kontejnerima, uključujući robotske dizalice i vođena vozila koja zajedno poboljšavaju učinkovitost procesa utovara i istovara brodova. (Slika 5.)

Pristanište i otvoreni prostor kontejnerskog terminala predstavljaju glavna žarišta aktivnosti.

Potpuno automatizirani kontejnerski terminal zahtijevao bi automatizaciju počevši od terminalnih vrata do trenutka kada teret ili kontejner sigurno bude smješten na palubu broda ili obratno.

Ove operacije trebale bi se daljinski kontrolirati iz središnje kontrolne sobe.

Terminalna vrata luke, gdje vozači predaju svoju dokumentaciju prilikom isporuke ili preuzimanja kontejnera, moraju biti prva koja će biti automatizirana. To može uključivati sigurnosne funkcije, mjerenje težine kontejnera, carinsku dokumentaciju itd.

Planiranje prostora za teret koji slijedi ove operacije bolje je obavljati računalima nego ljudima [13].



Slika 5. Automatizirani terminal [14]

Što se tiče dizalica, pristanišne dizalice i dizalice za skladištenje glavna su oprema koja pomaže u horizontalnom kretanju tereta između kontejnerskog prostora i broda ili obratno.

Dizalice sa obale prema brodu (eng. *shore-to-ship*, STS i automatizirane dizalice za skladištenje (eng. *automated-storage-cranes*, ASC) glavna su oprema koja se koristi za premještanje kontejnera.

STS dizalice koriste se za premještanje kontejnera između pristaništa i broda ili obratno, dok se ASC dizalice, poput nosivih i prijenosnih dizalica, koriste za gusto slaganje kontejnera.

Danas su uobičajene ASC-ovi koji mogu gusto slagati kontejnere do šest redova visoko i deset do četrnaest kontejnera široko. Ostala automatizirana vozila s vođenjem (eng. *automated guided vehicles*, AGV) i manja automatizirana vozila za skladištenje upotpunjuju aktivnosti dvorišta.

Rastuća veličina brodova i njihova sposobnost držanja kontejnera postavljaju izazove pred kontejnerske terminale.

Uspješni kontejnerski terminali moraju se prilagoditi tehnološkim promjenama s konstantnim prilagodbama automatiziranim procesima. Podaci prikupljeni iz strojeva i opreme trebaju se analizirati i djelovati kako bi se postiglo ovo [13].

3.4. BESPILOTNI BRODOVI I AUTONOMNI TRANSPORT

Koncept bespilotnih brodova pruža potencijalne prednosti u vezi s dizajnom i konstrukcijom plovila, kao i smanjenje operativnih troškova poput goriva, radne snage i ekološkog utjecaja u odnosu na tradicionalne brodove s ljudskom posadom. Nedavno je zabilježen značajan interes za razvojem takvih sustava. Primjene uključuju prijevoz tereta na kratkim plovnim putovima, prijevoz tereta na dugim udaljenostima te trajekte. U trenutačnom stanju razvoja još uvijek se smatra nužnim da ljudski operator bude odgovoran i u zapovjedništvu nad bespilotnim brodom. To obično dovodi do ključne potrebe za komunikacijskim vezom između broda i obalnog operativnog centra, gdje su piratstvo, sigurno manevriranje, situacijska svijest i tolerancija na kvarove primarni izazovi.

Autonomni rad površinskog vozila zahtijeva visoku pouzdanost, otpornost na kvarove i sigurnost u provedbi vođenja, navigacije i kontrole. To uključuje stvarno vrijeme percepcije okoline broda kako bi se izbjeglo nasukanje i sudaranje s drugim brodovima, plovilima, ljudima, morskim sisavcima ili drugim preprekama koje se mogu pojaviti. Kako

bi se moglo detektirati širok raspon potencijalnih prepreka i pružiti automatsko izbjegavanje sudara te situacijska svijest, na brodu se mogu koristiti senzori poput radara, svjetlosnog otkrivanja i određivanja udaljenosti (eng. *light detection and ranging*, LIDAR) te kamere kako bi skenirali okolinu broda.

Globalna strategija e-navigacije namijenjena je zadovoljenju trenutnih i budućih potreba korisnika putem usklađivanja sistema morske navigacije i pružanja obalnih usluga podrške. Buduće potrebe korisnika također moraju biti usmjerene na autonomne operacije, kao i na to kako se brodovi s posadom integriraju s bespilotnim plovilima te ulogu centara za promet koji operiraju bespilotnim plovilima.

Propisi i standardizacija također su pitanja od interesa. Međunarodna pomorska organizacija (eng. *International maritime organization*, IMO) definira e-navigaciju kao "usklađeno prikupljanje, integraciju, razmjenu, prezentaciju i analizu pomorskih informacija na brodu i na kopnu putem elektroničkih sredstava radi poboljšanja navigacije od pristana do pristana i pripadajućih usluga za sigurnost i zaštitu morskog okoliša". U studenom 2014. godine odobren je plan provedbe strategije e-navigacije, gdje je jedan od ciljeva bio učinkovita i robusna metoda komunikacije za pomorske operacije [1].

Današnji brodovi s posadom opremljeni su između 400 i nekoliko tisuća senzora koji na neki način prijavljuju podatke ili se koriste u operacijama. Broj senzora neće se smanjiti kada brod postane autonomni, također se vidi potreba za prijavom nekih podataka u kontrolni centar na kopnu kako bi se pratilo stanje broda. Rolls Royce je najavio početak razvoja daljinskog kontrolnog centra za upravljanje flotom, također u vezi s operacijama bespilotnih brodova. Daljinska kontrola i autonomija su prioriteti. To rezultira visokim zahtjevima za komunikacijsku infrastrukturu, kao i za sigurnost i integritet podataka koji se razmjenjuju između broda i kopnenog centra.

Od 2015. godine, tvrtka Rolls-Royce predvodi zajednički istraživački projekt industrije i akademije pod nazivom Inicijativa za napredne autonomne vodene aplikacije (eng. *Autonomous Waterborne Applications Initiative*, AAWA). Ovaj projekt predstavlja koncept flote bespilotnih brodova koji se kontroliraju od strane ograničene posade iz kontrolnog centra na kopnu. Ovaj koncept uključuje viziju futurističkog mosta opremljenog najmodernijim tehnologijama automatizacije, koje se vjeruje da će biti dio modernih brodova do 2025. godine. Trenutno su planirani niz testova koristeći trajekt „Stella“ duljine 65 metara u Finskoj (Slika 6.). Ti će testovi odgovoriti na pitanje kako kombinirati postojeće tehnologije komunikacije i upotrebu bespilotnih vozila na način koji omogućava autonomnu kontrolu broda.

Slične inicijative autonomnih brodova također su predstavljene od strane Pomorske autonomne navigacije putem inteligencije u mrežama (eng. *Maritime unmmanned navigation trough intellingence in networks*, MUNIN) - gdje se brodovi uglavnom vode automatiziranim sustavom odlučivanja na brodu i kontroliraju s kopna [1].

3.5. PRIMJENE AUTONOMNIH MORSKIH SUSTAVA

Autonomni sustavi u morskome području obuhvaćaju usidrene bove, plutajuće uređaje, autonomna podvodna vozila (eng. *autonomous underwater vehicles*, AUV), bespilotne brodove (eng. *unmanned surface vehicles*, USV), bespilotne zrakoplove (eng. *unmanned aerial vehicles*, UAV) i konvencionalna vozila koja upravljaju ljudi, kao i dugotrajnu infrastrukturu poput satelita u svemiru, podvodnih odašiljača na morskome dnu te obalnih i kopnenih komunikacijskih sredstava.

Koordinirana uporaba različitih heterogenih bespilotnih vozila može biti korisna iz nekoliko razloga. Ne samo da se različita vozila mogu koristiti za prikupljanje podataka u različitim medijima (npr. pod vodom, na površini i u zraku), već mogu poboljšati i ukupnu učinkovitost komunikacije. Međutim, područje operacije također treba uzeti u obzir prilikom odabira bespilotnih vozila koja mogu poboljšati prikupljanje podataka [1].



Slika 6. Autonomni brod trajekt Stella [1]

3.6. IZAZOVI I SMJER AUTOMATIZACIJE

Iako su prednosti automatizacije nesporne, postoje izazovi koje treba riješiti. Implementacija ovih tehnologija zahtijeva značajna ulaganja u infrastrukturu, opremu i

obuku radne snage. Dodatno, javljaju se zabrinutosti u vezi s gubitkom poslova i potrebom za prekvalifikacijom radne snage s rastućom automatizacijom. Svjetski ekonomski forum procjenjuje da će biti ukinuto 85 milijuna radnih mjesta. U većini industrija, preko 80% poslovnih izvršitelja ubrzava svoje napore u digitalizaciji radnih procesa i implementaciji novih tehnologija. Također, oko polovice poslodavaca očekuje ubrzanje automatizacije određenih radnih uloga unutar svojih organizacija. S druge strane, očekuje se stvaranje 97 milijuna novih radnih mjesta. Usklađivanje prednosti automatizacije s društvenim utjecajem na zapošljavanje ključni je aspekt koji zahtijeva pažljivo razmatranje.

Za prevladavanje tih izazova, nužna je suradnja između javnog i privatnog sektora. Vlade mogu pružiti poticaje i podršku lukama i operatorima za ulaganje u automatizaciju i robotiku. Partnerstva s obrazovnim institucijama mogu olakšati razvoj programa obuke kako bi radna snaga stekla potrebne vještine prilagodbe promjenama u industriji [5].

4 DIGITALIZACIJA I INFORMACIJSKA TEHNOLOGIJA

4.1. DIGITALIZACIJA

Izraz "digitalizacija" osnovno se odnosi na integraciju digitalnih tehnologija u ustaljene poslovne postupke, što može povećati produktivnost i učinkovitost (Slika 7.). Iako se pomorski sektor povijesno snažno oslanjao na papir, ovaj rastući trend omogućava mu razna operativna poboljšanja.

U doba razvoja digitalne transformacije u morskim lukama razlikujemo više glavnih generacija:

- Bezpapirni postupci
- Postupci automatizacije
- „Pametni“ postupci [10].



Slika 7. Digitalizacija i IT [12]

4.1.1 Prva generacija (1980-ih): Transformacija u postupke bez papira

Već od 1960-ih, i intermodalni prijevoz i kontejnerizacija duboko su izmijenili postojeće transportne sustave u integrirane transportne sustave. Zbog ključne uloge luka kao intermodalnih logističkih čvorišta, nije bilo dovoljno usredotočiti se samo na tokove tereta, već osigurati učinkovite tokove informacija. Razvoj sustava elektroničke razmjene podataka (eng. *electronic data interchange*, EDI) tijekom 1960-ih i 1970-ih stvorio je put za prvu

digitalnu transformaciju u pomorskoj industriji. Međutim, dugotrajan proces standardizacije trebao se odvijati prije nego što bi lučke zajednice potpuno mogle iskoristiti velike mogućnosti EDI-a.

Razvoj prvog EDI temeljenog sustava za zajednicu luka (eng. *port community system*, PCS) predstavljao je prekretnicu u ovoj transformaciji, a počeo je 1983. Tijekom istog razdoblja, razvijeni su industrijski specifični UN/EDI-FACT (eng. *the United Nations rules for Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport*) standardi poruka, dodatno potičući digitalni napredak. Krajem 1980-ih, ključni pomorski dokumenti poput teretnice prelazili su iz papirnate forme u elektronički oblik, označavajući važan korak prema potpunoj digitalizaciji [6].

Osim toga, razvoj prvih komercijalnih sustava za rad terminala TOS (eng. *Terminal operating system*) omogućio je temelje za daljnje planiranje vođeno podacima i automatizaciju u terminalima za kontejnere. Prva generacija označila je početak transformacije prema postupcima bez papira, čime je omogućila efikasniju razmjenu informacija i olakšala koordinaciju između različitih aktera u lučkim operacijama [10].

Analizom prvih razdoblja dramatičnih promjena u lukama primjećujemo da se digitalna transformacija morala odvijati na različitim razinama. U kontekstu lanaca logistike i luka, također uočavamo da su poslovni procesi prirodno ovisni o učinkovitim tokovima informacija unutar cjelokupne poslovne mreže. Veliki akteri u lukama, posebice operatori terminala, prvenstveno su implementirali uglavnom izolirane IT (eng. *information technology*) sustave i aplikacije kako bi pružili barem osnovne funkcionalnosti informacijske tehnologije.

Integracija različitih internih sustava i aplikacija bila je ključna kako bi se podržale pojedinačne operacije terminala, poput aktivnosti vezanih uz pristanište i skladište. Shvatili su da je povezivanje tih internih sustava od nezanemarive važnosti kako bi se osigurala koordinacija i učinkovitost operacija. Na taj način, prva razdoblja digitalne transformacije u lukama istaknula su nužnost integracije informacijskih sustava kako bi se postigla sinergija između različitih aspekata poslovanja te olakšala dinamična prilagodba promjenama u industriji.

Imajući integrirani pogled na poslovne procese, bilo je nužno usklađivanje ukupnih procesa kako bi unaprijedili koordinaciju aktivnosti, opće planiranje i upravljanje. Ova funkcionalna integracija omogućena informacijskom tehnologijom doprinijela je efikasnijem rukovanju kontejnerima i tako bila ključna u postizanju prednosti u konkurenciji.

Razvoj gotovih TOS-ova krajem 1980-ih možda je umanjio konkurentske prednosti pojedinih operatera terminala, ali time se došlo do značajnih napredaka u radu terminala za kontejnere.

S obzirom na to da su učinkoviti postupci u lukama visoko ovisni o učinkovitosti svih uključenih organizacija te razmjeni kontejnera između njih, brzo je postala očita potreba za međuorganizacijskim sustavima. Kako je naznačeno, razvoj takvih sustava snažno je ovisio o zajedničkim tehničkim standardima. Uvođenje EDI-a temeljenog na UN/EDIFACT-u snažno je utjecalo na cjelokupnu učinkovitost lanaca logistike ubrzavanjem komunikacija, poboljšavanje suradnje, smanjenjem uporabe papira te smanjenje troškova. Razvoj EDI sustava u obliku sustava za zajednicu luka (PCS) počevši od ranih 1980-ih fokusirao se na potrebe glavnih lučkih zajednica. Kvaliteta i dostupnost sustava za zajednicu luka smatraju se ključnim faktorom za konkurentnost i rast luka [6].

Uvođenje EDI sustava zahtijevalo je od sudionika u zajednici da ulože značajna sredstva u odgovarajuću IT infrastrukturu i postavke, dijele informacije te promijene poslovne procese prema tim standardima. Stoga je razvoj poslovnih mreža zahtijevao od sudionika da prvo transformiraju unutrašnje IT sustave da bi se uskladili s tim standardima. Kao rezultat toga, sudionici su ponovno mogli ostvariti konkurentske prednosti na lokalnoj razini luke usvajanjem potrebna IT funkcionalnosti i integracijom potrebnih podataka iz internih sustava.

Akteri luka, koji su bili sposobni zadovoljiti zahtjeve i adekvatno prilagoditi svoje procese, tek tada su mogli dodatno profitirati od konkurentske prednosti na globalnoj razini. Uspjeh digitalne transformacije bio je snažno ovisan o volji luka da sudjeluju u tom procesu [10].

Tablica 1. Opis prve generacije [10]

Pojam	Opis
Događaji	Kontejnerizacija je dovela do visokih zahtjeva za učinkovitim tokovima tereta i informacija kako bi uspješno obavljali novu ulogu luka kao integriranih sustava prijevoza i logističkih čvorišta. Ova transformacija zahtijeva značajna ulaganja u infrastrukturu, nadogradnju i opremu.
IT/IS	EDI, PCS, UN/EDIFACT standardi, TOS

Doseg	<p>Razina 1: Podrška pojedinačnim aktivnostima putem implementacije osnovnih, obično već dostupnih, izoliranih IT funkcionalnosti (npr. rezervacija, fakturiranje, računovodstvo), stvaranje osnovnih uvjeta za podršku međuorganizacijskoj razmjeni informacija korištenjem EDI standarda.</p> <p>Razina 2: Integrirani pogled na ključne poslovne procese unutar terminala putem razvoja TOS-a; integracija izvora podataka potrebnih za podršku suradnji s vanjskim sudionicima.</p> <p>Razina 3: Integracija omogućuje planiranje, upravljanje i koordinaciju međusobno ovisnih aktivnosti unutar terminala.</p> <p>Razina 4: Bezpapirna interakcija između surađujućih sudionika u međuorganizacijskim poslovnim procesima.</p>
Utjecaj	<p>Digitalizacija je postavila temelje za učinkovito operiranje terminala i automatizaciju, kao i za proširenje tradicionalnog poslovanja. Međuorganizacijske platforme u obliku sustava za upravljanje teretnim prometom (PCS) smanjile su obradu papirnatih dokumenata, ali ovise o spremnosti luka da se odgovarajuće uključe; međutim, u njihovoj trenutnoj formi, ograničene su na pasivnu razmjenu statičkih dokumenata umjesto podrške aktivnim interakcijama među dionicima.</p>

4.1.2 Druga generacija (1990-ih - 2000-ih): Transformacija prema automatiziranim postupcima

Tijekom 1990-ih i 2000-ih godina, uspostavljena i nova rješenja informacijske tehnologije pružila su ključnu osnovu za značajnu automatizaciju postupaka rukovanja kontejnerima, posebno u terminalima za kontejnere. U ranim 1990-ima, laserske tehnologije su se počele koristiti u operacijama terminala, obuhvaćajući funkcije poput lociranja, profiliranja, detekcije udaljenosti, sprječavanja sudara i detekcije oštećenja. Pružajući ovakve funkcije, laserske tehnologije smatraju se ključnom tehnologijom za ublažavanje automatiziranih i rješenja sigurnijih za rukovanje kontejnerima u automatiziranim terminalima.

Ovaj značajni korak prema automatizaciji u terminalima tražio je besprijeckornu integraciju između automatizirane opreme za rukovanje i sustava za rad terminala (TOS) koji sadrži potrebne informacije, kao i radne naloge. Trend korištenja informacijske tehnologije kao osnove za nastavak automatizacije postupaka i povećanje vidljivosti operacija u lukama nastavio se tokom sredine i kasnih 1990-ih. Posebno su se u srednjim

1990-ima uvele tehnologije automatskog identifikacije i pozicioniranja kako bi se poboljšala sigurnost i učinkovitost luka.

Drugi informacijski sustavi, poput usluga vođenja prometa brodova (eng. *vessel tracking system*, VTS), imale su koristi od primjene sustava za automatsku identifikaciju (eng. *automatic identification system*, AIS) krajem 1990-ih, omogućujući praćenja plovila kao sredstvo sprječavanja sudara.

Da bi bolje bio iskorišten kapacitet znatno povećavajućih veličina brodova uz održavanje kvalitete usluge u prijevozu kontejnera, prve strateške globalne savezničke pomorske alijanse formirane su sredinom 1990-ih. Ovo je zahtijevalo usklađivanje usluga, kao i integraciju informacijske tehnologije među sudionicima. Istovremeno, neprekidan rast prijevoza kontejnera prvi put je izgledao kao da doseže granice infrastrukture nekih glavnih luka, što je rezultiralo ozbiljnim problemima u prometu i okolišu.

Ova nova era u pomorskoj industriji, označena formiranjem globalnih savezničkih pomorskih alijansi, imala je za cilj bolje upravljanje kapacitetom velikih brodova i održavanje kvalitete usluga. Postizanje tog cilja zahtijevalo je harmonizaciju usluga među saveznicima i integraciju informacijske tehnologije među sudionicima kako bi se osigurala učinkovita komunikacija i suradnja [10].

Međutim, istovremeni porast u prijevozu kontejnera izazvao je probleme za neke glavne luke čija je infrastruktura došla do svojih granica, rezultirajući ozbiljnim problemima u prometu i okolišu. Ovi izazovi naglašavaju potrebu za kontinuiranim prilagodbama i inovacijama u pomorskoj industriji kako bi se uspješno suočila s rastućim zahtjevima.

Početni pristupi rješavanja ozbiljnih problema u prometu uveli su se početkom 21. stoljeća. Na lukama Long Beach/Los Angeles-a, razvoj prvog sustava za zakazivanje kamiona (eng. *truck appointment system*, TAS) počeo je 2002. godine kao odgovor na zakonodavstvo države s ciljem smanjenja redova kamiona na terminalskim ulazima zbog smanjenja emisija vozila. Ponovno su bile potrebni novi informacijski sustavi kako bi se omogućila transformacija operacija prijevoza tereta. Operatori terminala dodatno su tražili od tvrtki za prijevoz tereta da opreme svoje kamione RFID (eng. *radio-frequency identification*) oznakama kako bi, na primjer, omogućili provjere prethodne identifikacije.

U smislu digitalne transformacije, fokus druge generacije bio je jasno usmjeren na integraciju terminalne opreme kao i IT infrastrukture terminala kako bi se podržala automatizacija u terminalima.

U prvom koraku, operatori terminala su usvojili novije tehnologije rukovanja opremljene sensorima i laserskim tehnologijama, time omogućujući autonomno rukovanje

teretom. Ipak, produktivnost automatiziranih terminala bila je snažno ovisna o razvoju i dizajnu kontrolnog softvera.

Konačni korak bio je integracija kontrolnog softvera s TOS-om terminala. Time primjećujemo da je prošla generacija izgradila potrebnu osovinu i konkurentske prednosti da bi podržala širenje mogućnosti terminala sa automatiziranom terminalnom opremom. Za uspješno korištenje tih novih tehnologija, automatizacija je podrazumijevala temeljne promjene u pogođenim procesima.

Velika promjena bila je prikupljanje i dodjela internih informacija, što je zahtijevalo usklađivanje IT-a s tim procesima i upravljanje informacijama. Osim toga, potrebno je implementirati dodatne provjere i kontrolne mehanizme da bi se osigurala izvedba i sigurnost u tim poluautomatiziranim procesima, pogotovo kada su uključeni ljudi.

Dok je automatizacija dovela do smanjenja radne snage, visok stupanj stručnosti bio je potreban za upravljanje aktivnostima. Općenito, primjećujemo da je ova generacija dovela do gotovo potpune ovisnosti o IT-u u terminalima za kontejnere [8].

Tablica 2. Opis druge generacije [10]

Pojam	Opis
Događaji	Digitalizacija je omogućila visok stupanj automatizacije u operacijama terminala (npr. kontejnerski terminal Altenwerder u luci Hamburg). Prve globalne strateške saveze brodara formirane su sredinom 1990-ih. Po prvi put, kontinuirani rast kontejnerskog prijevoza činio se dosegnuti granice nekih glavnih luka, što je dovelo do ozbiljnih problema s prometom i okolišnim utjecajima sredinom 1990-ih. U kasnim 1990-ima porastao je interes za sustavima e-trgovine. Globalna ekonomska kriza 2008.-2009. godine dovela je do strože evaluacije i odabira luka.
IT/IS	Npr. Laset, VTS, AIS, TAS, RFID
Doseg	Razina 1: Uvođenje novih tehnologija za rukovanje opremljenih senzorima i laserskim tehnologijama; uvođenje tehnologija automatske identifikacije, primjerice, radi ubrzanja provjera autorizacije. Razina 2: Integracija softvera za upravljanje automatiziranom opremom (TOS); integracija vanjskih sustava, na primjer, za upravljanje terminalnim terminima

	<p>Razina 3: Automatizacija određenih procesa zahtijevala je potpunu redizajniranje organizacijskih struktura, politika i aktivnosti poslovnih procesa, kao i učinkovito upravljanje informacijama.</p> <p>Razina 4: Uspostava e-tržišta koje podržava trgovinu i suradnju u pomorskoj industriji, koordinacija operacija teretnih kamiona s upotrebom sustava za upravljanje kamionskim prijevozom (TAS) kako bi se ublažili prometni i okolišni problemi.</p> <p>Razina 5: Globalni savezi zahtijevali su usklađivanje usluga i integraciju informacijskih sustava.</p>
Utjecaj	<p>Nakon usmjerenosti na povećanje učinkovitosti terminala putem automatizacije, mjere za poboljšanje tokova tereta unutar luka postaju sve važnije zbog povećanja veličina brodova i istovremenih vrhunskih količina tereta.</p> <p>Platforme orijentirane prema luci, poput TAS-a, imaju utjecaj na donošenje odluka sudionika (npr. prijevoznih tvrtki).</p> <p>Još uvijek se doživljavaju ograničenja statičnih informacija; veća vidljivost i različite vrste podrške odlučivanju temeljene na točnim podacima postaju sve važnije radi poboljšanja odzivnosti tijekom operacija.</p>

4.1.3 Treća generacija (2010-e - danas): Transformacija prema pametnim postupcima

Dok većina sudionika u pomorskoj industriji još uvijek razglaba o pojmovima poput interneta, velikih podataka, analitike, mobilnog računarstva i računarstva u oblaku, primjećujemo prve primjene tih vrsta koncepata u lukama. Na primjer, u luci Hamburg (eng. *Hamburg Port Authority*, HPA) pokrenuo je projekt smartPORT logistike (SPL) 2010. godine sa ciljem poboljšanja prometa i protoka tereta unutar luka ulaganjem u moderne informacijske sustave i infrastrukturu luke.

Glavna ideja je integrirati više vrsta centara za kontrolu prometa (cestovni, morski, željeznički) u glavni prometni centar luke koji omogućava donošenje odluka i neprekidnu interakciju s sudionicima koji aktivno sudjeluju u transportnim aktivnostima na temelju podataka u stvarnom vremenu. To uključuje integraciju upravljanja prometom i infrastrukturom, omogućujući usmjeravanje protoka prometa ovisno o trenutačnoj situaciji u luci.

Osim toga, senzori se koriste za mjerenje stanja infrastrukture kao i utjecaja na okoliš. Podatci koji su prikupljeni obrađuju se u izoliranim sustavima, a zatim se prenose u

centralni informacijski sustav radi istraživanja, agregacije i distribucije informacija putem različitih kanala raznim uključenim sudionicima i donositeljima odluka.

Centralni informacijski sustav temeljen na oblaku trebao bi olakšati integraciju i pružiti potrebne resurse za fleksibilna ispunjavanja računalnih zahtjeva tih aplikacija. Luka također ima cilj poboljšati pristupačnost implementacijom bežičnih mrežnih *hot* spotova.

Još jedan važan korak prema pametnoj kontroli cestovnog prometa jest namjeravano korištenje mobilnih tehnologija. Primarni cilj je aktivno usmjeravanje vozača kamiona za prijevoz tereta kroz luku pružanjem pomoći vozačima na temelju individualnog položaja kamiona u luci.

Općenito, primjećujemo da inicijative i projekti ne naglašavaju samo potrebu za učinkovitijom razmjenom informacija, već i važnost analitike odluka. Ipak, budući izazov leži u analizi podataka kako bi se donosile učinkovitije odluke i dalje automatizirali postupci unutar/između terminala i luka koji se mogu karakterizirati svojom sposobnošću brzog odgovaranja na promjene te pogreške (operativne smetnje). Implementacija ove vizije zahtijeva multidisciplinarna znanja i visoko ovisi o uspješnoj suradnji između pomorske industrije, IT sektora i istraživačkih ustanova. [10]

Dok su se prve dvije generacije digitalne transformacije većinom usredotočile na postavljanje temelja za poboljšane informacijske tokove u terminalima i zajednicama luka, omogućujući i poboljšavajući automatizaciju terminala, trgovinu i interakciju u lokalnom ili globalnom kontekstu, trenutna treća generacija uglavnom se fokusira na aktivno mjerenje, kontrolu i potporu operacijama luka i infrastrukture luka putem poboljšanog iskorištavanja dostupnih izvora podataka i kontinuirane interakcije u zajednici luke.

Tablica 3. Opis treće generacije [10]

Pojam	Opis
Događaji	Trenutni trendovi i nove tehnologije u IT sektoru potiču poboljšano prikupljanje, pohranjivanje, obradu i analizu različitih i velikih izvora podataka. Odlučivanje usmjereno prema luci postalo je ključno za rješavanje neefikasnosti i uskih grla na općoj razini luka. Kupci sve više zahtijevaju usluge informacija s dodanom vrijednošću kako bi dobili bolji uvid u povezane procese. Protokoli informacija između različitih luka postaju sve važniji za uspostavu uspješnih partnerstava.

IT/IS	Npr. Mobilne tehnologije, senzori, aktuatori, računalstvo u „oblaku“, računarstvo raspodijeljenih sustava, strojno učenje
Doseg	<p>Razina 1: Opremanje fizičke infrastrukture i aktera sensorima, aktuatorima i aplikacijama.</p> <p>Razina 2: Integracija izvora stvarnih podataka, aktuatora i vanjskih informacijskih usluga.</p> <p>Razina 3: Poboľjšano iskorištavanje dostupnih (stvarno-vremenskih) izvora podataka radi poboljšanja odzivnosti i donošenja odluka tijekom izvođenja procesa zahtijeva preciznije definicije procesa.</p> <p>Razina 4: Realizacija kontinuirane interakcije s uključenim akterima i kontrolabilnom fizičkom infrastrukturom luke.</p> <p>Razina 5: Luke sve više proširuju svoj tradicionalni opseg djelovanja djelujući kao integrator i pružatelj informacija o luci.</p>
Utjecaj	<p>Prijelaz prema odlučivanju usmjerenom prema luci rezultira prijenosom kontrole nad procesima od pojedinačnih aktera prema centralnim entitetima (npr. lučka vlast, pružatelj treće strane) koji od aktera zahtijevaju djelomično odustajanje od kontrole i sljedbu uputa.</p> <p>Ovo može olakšati pravovremenu i agilnu logistiku boljom koordinacijom i odzivom na promjene/greške temeljene na različitim izvorima stvarnih podataka i rješenjima za donošenje odluka vođenih podacima.</p>

Iz ovoga možemo shvatiti da sa ovom generacijom digitalne transformacije luke ciljaju aktivno utjecati na odluke i ponašanje sudionika kako bi povećale učinkovitost ukupnih lučkih operacija i riješile određene probleme, poput prometnih i ekoloških problema.

Trenutačni inovativni razvoj i prisvajanje modernih IT tehnologija i sustava dodatno nam pokazuju kako luke sve više šire svoj tradicionalni poslovni opseg djelujući kao integrator i pružatelj informacija o luci, što se može svrstati kao redefiniciju opsega poslovanja. [10]

4.2. DIGITALNE TEHNOLOGIJE

Digitalne tehnologije osigurat će kraće vrijeme čekanja brodova i bržu obradu na terminalu. Osim toga, posade brodova moći će prilagoditi navigaciju korištenjem stvarnih

ažuriranja vremenskih uvjeta, vjetra i morskih struja, što uključuje smanjenje potrošnje energije.

Digitalizacija je već dosegla pomorsku logistiku u nekim područjima, a njezin potencijal za promjenu pomorske industrije je ogroman. Automatizacija i digitalizacija napreduju i mijenjaju procese u operacijama brodova i rukovanju lukama. Pametne tehnologije kontejnera (eng. *radio-frequency identification*, RFID) i praćenje tereta u stvarnom vremenu, primjerice, povećavaju transparentnost na transportnoj ruti od pošiljatelja do primatelja.

Pomorske tvrtke već su u mogućnosti koristiti vlastite aplikacije za praćenje u bliskoj budućnosti, gdje se lokacija kontejnera može odrediti putem GPS (eng. *Global Positioning System*) signala. Korištenjem modernih tehnologija senzorskih čipova već se veliki broj podataka bilježi na moru i analizira na kopnu, što omogućuje optimizaciju procesa na brodu kao i u rukovanju lukama.

Osim toga, smanjuje se čekanje i troškovi. Fokus identificiranih radova je na optimizaciji operacija brodova i postupaka pretovara terminala putem GPS-a, informacijskih tehnologija te blisko povezanih dionika. Međutim, područja održivosti, smanjenja emisija, korištenja alternativnih goriva, kao i rizici od kibernetičkog napada nalaze malo pažnje u identificiranoj literaturi. Očekuje se rastući volumen podataka u području optimizacije pomorskog prometa, operacija rukovanja lukama i pametnih tehnologija kontejnera (npr. RFID i senzorske tehnologije). [8]

5 ZAKLJUČAK

Zaključno, ispitivanje multimodalnog prijevoza, automatizacije, digitalizacije i informacijske tehnologije unutar pomorskog sektora naglašava duboku promjenu u pejzažu rukovanja teretom. Integracija različitih načina prijevoza ne samo da je optimizirala kretanje robe, već je također pokrenula niz poboljšanja koja utječu na različite aspekte operacija rukovanja teretom.

Automatizacija, kao pokretačka snaga ove transformacije, redefinirala je metode i procese povezane s rukovanjem teretom u različitim modalitetima. Od automatiziranih kontejnerskih terminala koji pojednostavljuju operacije utovara i istovara do integracije autonomnih tehnologija u upravljanje plovilima, pomorska industrija svjedoči revoluciji koja obećava povećanu učinkovitost, sigurnost i ekološku održivost u praksi rukovanja teretom.

Digitalizacija i informacijska tehnologija pojavile su se kao katalizatori za poboljšanu vidljivost, kontrolu i učinkovitost tijekom životnog ciklusa rukovanja teretom. Prijelaz s tradicionalne papirologije na digitalnu dokumentaciju pojednostavnio je administrativne procese, dok su praćenje i praćenje u stvarnom vremenu postali nezamjenjivi alati za osiguravanje pravovremenog i sigurnog kretanja robe. Međusobno povezana priroda ovih tehnologija isplela je digitalnu nit koja obuhvaća cijeli spektar rukovanja teretom, stvarajući osjetljiviju i međusobno povezanu logističku mrežu.

Implikacije ovih tehnoloških napredaka na različite vrste rukovanja teretom su višestране. Dok se tradicionalne metode unapređuju i optimiziraju, pojavljuju se nove mogućnosti i izazovi.

Dok stojimo na rubu nove ere u pomorskoj logistici, koju karakterizira bespriječna integracija multimodalnog transporta i transformativna moć automatizacije i digitalizacije, industrija je spremna postići neviđene razine učinkovitosti, održivosti i prilagodljivosti u rukovanju teretom. Predstojeće putovanje uključuje kontinuiranu suradnju, inovacije i proaktivan pristup iskorištavanju punog potencijala ovih tehnologija za dobrobit globalne trgovine i evolucije praksi rukovanja teretom u pomorskom području.

LITERATURA

- [1] Artur Zolich; Palma, D.; Kimmo Kansanen; Kay Endre Fjørtoft; Borges, J.; Karl Henrik Johansson; Jiang, Y.; Dong, H.; Tor Arne Johansen.: *Survey on communication and Networks for Autonomous Marine Systems*. Journal of Intelligent and Robotic Systems, 2018
- [2] *Automatizacija*.: URL: <https://www.fer.unizg.hr/zesa/sk/automatizacija> (pristupljeno 23 November 2023).
- [3] *Automation to Transform Global Shipping*.: URL: <https://www.onthemosway.eu/automation-to-transform-global-shipping/> (pristupljeno 25 November 2023).
- [4] Bulatović, M.; *Logistika*, Inženjerska komora Crne Gore, 2013
- [5] Cserhat; Niko.: *Automation and Robotics in Maritime Supply Chains: A Smart Port Perspective* URL: https://medium.com/@niko_81857/automation-and-robotics-in-maritime-supply-chains-a-smart-port-perspective-123352bcd8f (pristupljeno 23 November 2023).
- [6] DockMaster Software.: Key Benefits of Digitalization in the Maritime Industry URL:<https://www.dockmaster.com/blog/key-benefits-of-digitalization-in-the-maritime-industry/?fbclid=IwAR3-sTIXRi9b1JhfSWMv5D7wzJhi3q5-akJkBIKieteZ-SR04LU34QuEGhY> (pristupljeno 19 November 2023).
- [7] Dua, A., Sinha, D.: *The Multimodal Transportation : Research Trend and Literature Review*. Udyog Pragati, 39,4, October - December, 2015. <https://ssrn.com/abstract=2779916>
- [8] Fruth, M. Teuteberg F., *Digitization in maritime logistics — What is there and what is missing*, *Cogent Business & Management*, Cogent Business & Management, 4:1, 2014, <https://doi.org/10.1080/23311975.2017.1411066>
- [9] Harris, I.; Wang, Y.; Wang, H.: *ICT in Multimodal Transport and Technological Trends: Unleashing Potential for the Future*. International Journal of Production Economics, 159, 2015, str. 88-103, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.005>.
- [10] Heilig, L.; Schwarze, S.; Voss, S.: *An Analysis of Digital Transformation in the History and Future of Modern Ports*, 2017, <https://doi.org/10.24251/HICSS.2017.160>.
- [11] Huerga, A.: *What Are the Advantages and Disadvantages of Multimodal Transport?* URL: <https://logisber.com/en/blog/multimodal-transport-advantages-disadvantages> (pristupljeno 19 November 2023)

- [12] *Making Maritime Industries More Sustainable Using Artificial Intelligence Algorithms.*: URL: <https://sinay.ai/en/making-maritime-industries-more-sustainable-using-artificial-intelligence-algorithms/> (pristupljeno 25 November 2023).
- [13] Menon, H.: *What Are Automated Container Terminals?* URL : <https://www.marineinsight.com/ports/what-are-automated-container-terminals/?fbclid=IwAR3L-qkc-hskX8NfOOJ1m6GuReOyTIOxWiisn1J2K25984-DrHvfQF8DrcIE> (pristupljeno 19 November 2023).
- [14] Muldowney, S. *Behind the Scenes at Australia's First Fully Automated International Shipping Container Terminal*, 2019; URL: <https://createdigital.org.au/behind-australias-first-fully-automated-international-shipping-container-terminal/> (pristupljeno 25 November 2023).
- [15] Nikolić G.: *Multimodalni transport – Čimbenik djelotvornog uključivanja hrvatske u europski prometni sustav*, Ekonomski fakultet sveučilišta u Rijeci, 2003
- [16] Rafal B.; Cieśla, M.; Aleksander Sładkowski.; *Cargo Loading and Unloading Efficiency Analysis in Multimodal Transport*, *Promet – Traffic and Transportation*, 26, 4, 2014 <https://doi.org/10.7307/ptt.v26i4.1356>
- [17] *Transportation Industry Mastercam Available* URL: <https://www.mastercam.com/industry-showcase/transportation/> (pristupljeno 19 November 2023)

POPIS SLIKA

Slika 1. Proces multimodalnog transporta [16]	7
Slika 2. Uključenost MTO-a u proces [9]	7
Slika 3. Multimodalni transport [17]	10
Slika 4. Automatizacija [3].....	11
Slika 5. Automatizirani terminal [14].....	12
Slika 6. Autonomni brod trajekt Stella [1]	15
Slika 7. Digitalizacija i IT [12].....	17

POPIS TABLICA

Tablica 1. Opis prve generacije [10]	19
Tablica 2. Opis druge generacije [10]	22
Tablica 3. Opis treće generacije [10].....	24

POPIS KRATICA

AAWA -	Napredne autonomne vodene aplikacije (eng. <i>Autonomous Waterborne Applications Initiative</i>)
AGV -	Automatizirana vozila s vođenjem (eng. <i>automated guided vehicles</i>)
AIS –	Automatsko identifikacijski sustav (eng. <i>Automatic identification system</i>)
ASC -	Automatizirane dizalice za skladištenje (eng. <i>Automated storage cranes</i>)
AUV -	Autonomna podvodna vozila (eng. <i>autonomous underwater vehicles</i>)
EDI -	Elektronička razmjena podataka (eng. <i>electronic data interchange</i>)
FBL –	Teretnica (eng. <i>Fiata bill of lading</i>)
GPS -	Globalni pozicijski sustav (eng. <i>global positioning system</i>)
IMO -	Međunarodna pomorska organizacija (eng. <i>International maritime organization</i>)
IT –	Informacijska tehnologija (eng. <i>information technology</i>)
LIDAR -	Svjetlosno otkrivanje i određivanja udaljenosti (eng. <i>light detection and ranging</i>)
MTO -	Međunarodni transportni operator
MUNIN -	Pomorske autonomne navigacije putem inteligencije u mrežama (eng. <i>Maritime unmaned navigation trough intellingence in netwroks</i>)
PCS	Sustav za zajednicu luka (eng. <i>port community system</i>)
RFID –	Identifikacija radijskom frekvencijom (eng. <i>radio-frequency identification</i>)
SPL –	Logistika pametnih luka (eng. <i>smart port logistics</i>)
STS –	Dizalice sa obale prema brodu (eng. <i>Ship to shore</i>)
TAS -	Sustav za zakazivanje kamiona (eng. <i>truck appointment system</i>)
TOS -	Sustava za rad terminala (eng. <i>Terminal operating system</i>)
UAV -	bespilotni zrakoplovi (eng. <i>unmanned aerial vehicles</i>)
UN/EDI-FACT	Pravila Ujedinjenih naroda za elektroničku razmjenu podataka u upravi, trgovini i transportu (eng. <i>the United Nations rules for Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport</i>)
USV -	Bespilotni brodovi (eng. <i>unmanned surface vehicles</i>)
VTS -	Praćenje prometa brodova (eng. <i>vessel tracking system</i>)