

Pametne luke

Host, Vittorio

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:126117>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-25**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

VITTORIO HOST

PAMETNE LUKE

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2024.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

PAMETNE LUKE
SMART PORTS
ZAVRŠNI RAD
BACHELOR THESIS

Kolegij: Tehnologija luka i terminala

Mentor: prof. dr. sc. Ines Kolanović

Student: Vittorio Host

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112086478

Rijeka, rujan 2024.

Student/studentica: VITTORIO HOST
Studijski program: LOGISTIKA I MENADŽMENT U PROMETU I
PROMETU
JMBAG: 012086478

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

PAMETNE LUKE
(naslov završnog rada)

izradio/la samostalno pod mentorstvom

INES KOLANOVIĆ
(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc. Ime i Prezime)

te komentorstvom _____ /

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke _____ /

(naziv tvrtke).

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica

Host
(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

VITTORIO HOST

Student/studentica: VITTORIO HOST
Studijski program: LOGISTIKA I MENADŽMENT U POMORSTVU I
PROMETU
JMBAG: 0112086478

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica - autor

(potpis)

Host

SAŽETAK

Kroz povijest pa do današnjeg dana luke su važno središte za prihvatanje, transakciju, prijevoz i skladištenje robe i tereta. Veliki kapaciteti tereta i brodova, velika gustoća prometa te briga za okoliš glavni su razlozi luka da usvoje nove tehnologije i postanu pametne luke. Pametne luke koriste tehnologije koje pomažu kod optimizacije poslovanja, smanjenja gužvi te pomoću automatiziranih terminala povećavaju sigurnost i smanjuju negativan utjecaj na okoliš. Pametne luke su isto tako i konkurentnije na tržištu što im pomaže kod daljnjeg razvoja te prate svjetske trendove i primjenjuju politike održivog razvoja.

Ključne riječi: luke, pametna luka, tehnologije.

SUMMARY

Throughout history and today, ports have been crucial hubs for receiving, transacting, transporting, and storing goods and cargo. The large capacities of cargo and ships, high traffic density, and environmental concerns are the main reasons for ports to adopt new technologies and become smart. Smart ports utilize technologies that help optimize operations, reduce congestion, and increase safety through automated terminals while minimizing negative environmental impacts. Smart ports are also more competitive in the market, which aids in their further development, and they follow global trends and implement sustainable development policies.

Key words: ports, smart ports, technologies.

SADRŽAJ

SAŽETAK/SUMMARY.....	
1. UVOD.....	1
2. OSNOVNE ZNAČAJKE, FUNKCIJE I TREND RAZVOJA PAMETNIH LUKA	2
2.1. LUKE PRVE GENERACIJE.....	2
2.2. LUKE DRUGE GENERACIJE.....	3
2.3. LUKE TREĆE GENERACIJE.....	3
2.4. LUKE ČETVIRTE GENERACIJE - PAMETNE LUKE.....	4
2.5. LUKE PETE GENERACIJE.....	6
2.6. LUKE ŠESTE GENERACIJE.....	8
2.7. PREDNOSTI PAMETNIH LUKA.....	9
3. TEHNIČKI I TEHNOLOŠKI ASPEKTI RAZVOJA PAMETNIH LUKA.....	10
3.1. TEHNOLOGIJE PAMETNIH LUKA.....	10
3.1.1 Internet stvari (IOT – internet of things).....	12
3.1.2. Blockchain tehnologija.....	13
3.1.3. Big data.....	14
3.1.4. Digitalni blizanac (Digital twin).....	14
3.1.5. Umjetna inteligencija – AI (Artificial intelligence).....	15
3.1.6. 5G mreža.....	16
3.2. TEHNOLOGIJE NA KONTEJNERSKOM TERMINALU.....	17
3.2.1. Automatizacija.....	17
3.2.2. Virtualna i proširena stvarnost.....	18
3.2.3. Pametni senzori.....	19
3.2.4. Pametni kontejneri.....	19
3.2.5. RFID i WSN tehnologije.....	21
4. PRIMJERI PAMETNIH LUKA.....	22
4.1. PRIMJERI U SVIJETU.....	22
4.2. PRIMJER U HRVATSKOJ.....	28
5. ZAKLJUČAK.....	29
LITERATURA.....	30
POPIS SLIKA.....	31

1. UVOD

Luke su od davnina bile važna mjesta trgovinske transakcije i bitne karike u logistici. Luke su se uvijek morale kao i njihova okolina prilagođavati nadolazećim promjenama kako bi opstale na konkurentnom tržištu koje je s vremenom samo raslo.

Najbitniji aspekt promjena u luci bio je razvoj industrije i tehnologije. Iako je razvoj industrije i tehnologije bitan u razvoju luka taj aspekt ostavlja i negativan utjecaj na okolinu te se tražilo optimalno rješenje za taj problem. U toku svog razvoja kroz generacije luke su došle do rješenja za taj problem što bi značilo da su se luke angažirale i počele voditi brigu o okolišnim aspektima u sklopu svog poslovanja.

Pametne luke pomoću naprednih tehnologija automatizacije i digitalizacije pospješuju svoje poslovanje, smanjuju zagađenja, zakrčenja te vode brigu o okolišnom i ekološkom aspektu više nego ikada.

Da bi luka postala „pametna“ treba proći implementaciju novih digitalnih tehnologija i automatizacije, što će se u nastavku rada bolje objasniti, te treba prihvatiti uvijete za održivi razvoj. Ovaj rad objasniti će kako su nastale pametne luke i to kroz generacijsko razvijanje luka te kakva poboljšanja svako razdoblje nosi. Nadalje objasniti će se prednosti pametnih luka i kojim trendovima se vode, aspekti razvoja takvih luka te isto tako objasniti će se i koje sve vrste tehnologija koriste pametne luke i njihovi kontejnerski terminali.

Na samom kraju ovoga rada navesti će se nekoliko primjera pametnih luka u svijetu te će se navesti neke od njihovih osnovnih karakteristika. Isto tako navesti će se i primjer za pametnu luku u Hrvatskoj.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE, FUNKCIJE I TREND RAZVOJA PAMETNIH LUKA

Luke su oduvijek bile složeni sustav važan za gospodarstvo i bitne karike u logističkom lancu koji se tokom vremena i generacijski razvijao. Svaka generacija luka prilagodila se i postala odgovor na promjene koje su se dešavale na razini tadašnjeg globalnog gospodarstva.

Kako se brodska industrija u posljednjih pola stoljeća počela intenzivno razvijati i konstantno unaprijeđivati uvođenjem kontejnerizacije, elektroničke razmjene podataka te sve većih plovila sa sve većom nosivošću, luke su se morale prilagoditi takvom načinu rada tako što su počele uvoditi inovacije kako bi se išlo u korak s vremenom, ali i konkurencijom koja se također razvijala i rasla.

Luke se tako u kontekstu njihovog razvitka mogu podjeliti u nekoliko generacija od kojih se svaka generacija luka prilagođavala aktualnim problemima svoga vremena. Takve se generacije luka mogu podjeliti na:¹

1. Prvu generaciju luka - razdoblje prije 1950-ih godina prošloga stoljeća
2. Drugu generaciju luka – razdoblje između 1960-ih i 1980-ih godina prošloga stoljeća
3. Treću generaciju luka – razvijena 1980-ih godina prošloga stoljeća
4. Četvrtu generaciju luka – nastanak pametnih luka
5. Petu generaciju luka – pojavila se 2000-ih godina, a odnosi se na daljnji razvitak pametnih luka
6. Šestu generaciju luka –teoretski nova generacija pametnih luka koja nije još dosegnuta u praksi.

2.1. LUKE PRVE GENERACIJE

Prva generacija luka obuhvaća razdoblje prije 1950-ih godina prošloga stoljeća i ona predstavlja osnovne lučke djelatnosti što podrazumjeva ukrcaj i iskrcaj brodova, prijevoz robe i rasutih tereta te osiguranje veze između kopna i mora. Karakteristično je za ovu generaciju da je luka bila neovisna i djelovala izolirano od komercijalnih aktivnosti kao što

¹ Smart port: a systematic literature review-<https://etrr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-023-00581-6> (Lipanj 2024.)

bi bila promidžba luke i aktivna suradnja između kopnenog i pomorskog prometa. U tom vremenu postojao je nedostatak povezanosti i koordinacije između brojnih lučkih službi.²

2.2. LUKE DRUGE GENERACIJE

Druga generacija luka javlja se između 1960-ih i 1980-ih godina prošloga stoljeća, a karakterizirao ih je početak informatizacije i industrijalizacije izgradnjom industrijskih objekata povezujući na taj način luku sa zaleđem. Na taj način luka postaje uslužni centar koji sada pruža usluge dodane vrijednosti kroz integraciju komercijalne i industrijske funkcije. Iako su se razvili bliski odnosi između luke i njenih transportnih i trgovačkih partnera razne lučke operacije još uvijek nisu bile koordinirane, a početak i razvitak industrijalizacije imao je i negativan utjecaj na okoliš.

2.3. LUKE TREĆE GENERACIJE

Treća generacija luka razvila se 1980-ih godina prošloga stoljeća potaknuta razvojem kontejnerizacije i intermodalnog transporta. Luke se pretvaraju u logističke centre karakterizirane razvojem međunarodne trgovine i intermodalnih transportnih platformi gdje su terminal i luka integrirani. Ova generacija luka omogućila je podupiranje i povećanje međunarodne trgovine, a ponuđene usluge predstavljale su široki i raznoliki raspon usluga sa dodanim vrijednostima kao što bi bilo pakiranje, skladištenje, rukovanje i daljnja distribucija robe. Za ovo je razdoblje još karakterističan i brz razvoj informacijskih tehnologija te isto tako pojava sustava elektroničke razmjene podataka što dovodi do elektroničke razmjene podataka sa kupcima. U to doba počinju i mjere zaštite okoliša u lučkom poslovanju. Sve te već navedene promjene pridonjele su povećanju prevezenih količina robe, odnosno ova generacija luka generirala je povećanje obujma transporta. Iz tog su razloga lukama bile potrebne i dodatne cestovne i željezničke veze, veze sa skladištima i optimizacija resursa kako bi se mogao apsorbirati taj dodatni volumen i kako bi se najbolje zadovoljila potreba korisnika. Rezultat implementacije sustava elektroničke razmjene podataka bio je potreba za internetskom komunikacijom i regulativom za sigurno

² Smart port: a systematic literature review-<https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-023-00581-6> (Lipanj 2024.)

poslovanje. Na kraju luke uspostavljaju odnos s okolnim gradom kako bi podržala svoje operacije.

2.4. LUKE ČETVRTE GENERACIJE - PAMETNE LUKE

Nakon prve tri generacije luka pojavila se i četvrta, tehnološki razvijenija generacija luka te potom i peta dok neki spominju i mogućnost nastanka šeste generacije luka. Četvrta generacija označavala je rođenje odnosno nastanak pametnih luka, a peta i šesta njihovu analizu i daljnji razvoj pametnih luka.

U nastavku će se detaljnije opisati što su to pametne luke, odnosno luke četvrte generacije te koje su njihove karakteristike i njihov način rada.

Danas je još važnije nego ikada da se luke razvijaju, moderniziraju i postanu pametne luke zbog promjenjivih zahtjeva globalne trgovine, a neki od parametara promjene su veći brodovi sa većom nosivosti, brže kretanje odnosno transport robe te brojni izazovi za luke uzrokovani aktualnim geopolitičkim situacijama. Takav koncept vrti se oko ideje učinkovitosti te ideje korištenja resursa. Izravan utjecaj na različite vrste usluga i proizvoda na lučkim terminalima ima uključivanje tehnoloških mjera koje zbog svog načina rada olakšavaju i optimiziraju upavljanje samih lukama te povećavaju rad objekata u luci.

Pametne luke su one luke koje radi poboljšanja svoje učinkovitosti i svog rada koriste automatizaciju, digitalizaciju i nove tehnologije, povećavaju efikasnost svog poslovanja, povezuju se sa gradovima te brinu za okoliš i energiju dobivaju iz alternativnih izvora. Ovakav koncept luke podrazumjeva i upotrebu brojnih tehnologija koje različite javne usluge luke pretvaraju u interaktivne sustave. Svrha toga je da se sa većom vrijednosti, učinkovitosti i transparentnosti uspiju zadovoljiti potrebe korisnika luka. Pametne luke mogu se opisati i kao logističke platforme koje u stvarnom vremenu prikupljaju podatke, spremaju ih, analiziraju i prosljeđuju dalje. Još jedna uloga pametnih luka je i uloga regionalne luke ili lučkog čvorišta gdje se roba ili teret prevozi morem do manjih perifernih luka i djeluje kao pristupna točka proizvođačima zbog svoje digitalne povezanosti sa drugim lukama. Takva uloga luke zahtijeva suradnju između privatnih i javnih sektora. Povezivanjem pametnih luka i svih njenih dionika u jednu cjelinu dovodi do raznih koristi za sve sudionike.³

³ Smart port: a systematic literature review-<https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-023-00581-6> (Lipanj 2024.)

Neke od koristi za sve sudionike povezane u takvu cjelinu jesu:⁴

1. unaprjeđenje lučkih operacija u svrhu efikasnog rukovanja teretom,
2. skraćivanje vremena i troškova rukovanja teretom,
3. skraćivanje vremena potrebnog za odgovor korisnicima,
4. smanjenje papirne dokumentacije korištenjem i razmjenu informacija elektroničkim putem,
5. efikasno praćenje i operativna efikasnost,
6. optimizacija ukrcaja, iskrcaja, skladištenja i drugih lučkih procesa,
7. pojednostavljivanje procesa rada,
8. prikaz podataka o statusu tereta prikazani u realnom vremenu,
9. pružanje usluge na zahtjev pomoću Big Data analize,
10. planiranje vezova, uvjeta za skladištenje, rukovanje opremom i slično je poboljšano,
11. pravovremeno uočavanje različitih vrsta rizika u pomorskom prometu,
12. racionalizacija i poboljšavanje unutarnje i vanjske suradnje.

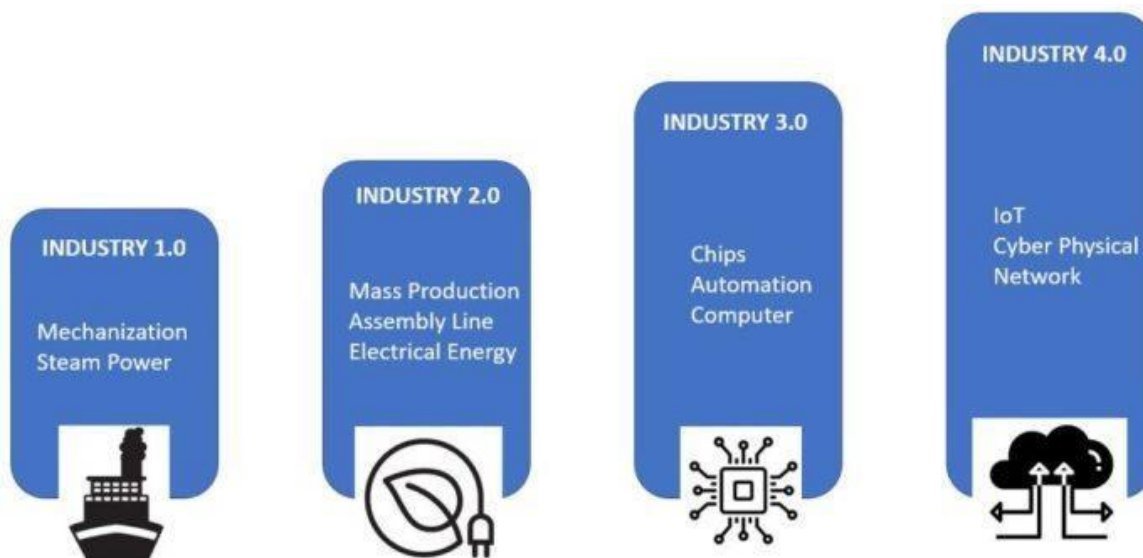
U istom kontekstu neki autori definicija o pametnim lukama povezuju takve luke s pojavom Industrije 4.0, dok drugi tvrde da razmatranje održivog razvoja izdvaja ovu generaciju luka od prethodnih. Industrija 4.0 definira se kao inteligentno umrežavanje strojeva i procesa za industriju uz pomoć informacijske i komunikacijske tehnologije.⁵ Pod pojmom Luka 4.0 smatra se primjena Industrije 4.0 u lučkom okruženju. U praksi se za Luku 4.0 koristi i naziv pametna luka te se ta dva pojma koriste naizmjenično jer između njih ne postoji jasna razlika. Ovdje se pametne luke definiraju kao luke koje su automatizirane, kolaborativne i zelene te se mogu koristiti različitim tehnologijama, a takvih je 4.0 tehnologija identificirano pojedinačno više od 1000. Kada govorimo o Industriji 4.0 i pametnoj logistici, došlo je do velikih promjena. Takve promjene prati i globalni gospodarski rast i razvoj. Tako se stvara potreba za konfiguracijom i dizajnom lanca opskrbe i pojavljivanje izazova održivosti kako bi se sinkronizirao razvoj luke. Ovakav razvoj luke zahtjeva osoblje koje je visokokvalificirano te se pridržava svih sigurnosnih odredbi i

⁴ Koncept pametnih luka- <https://repositorij.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A2874/datastream/PDF/view> (Lipanj 2024.)

⁵ Innovation in Smart Ports: Future Direction of Digitalization in Container Ports- <https://www.mdpi.com/2077-1312/10/12/1925> (Lipanj 2024.)

pravilno rukuje uređajima kako bi se osiguralo ispravno funkcioniranje svih lučkih operacija. Ovako opisani model luke naziva se model luke četvrte generacije.

Na slici 1. prikazan je shematski prikaz razvojnih ciklusa u lukama i to od prve generacije luka do četvrte generacije luka.



Slika 1: Prikaz razvojnog ciklusa luka od prve do četvrte generacije

Izvor: <https://dailylogistic.com/smart-port/>

Na slici 1. se vidi razvoj luka kroz četiri generacije te glavne karakteristike svake generacije luka. Tako je kod prve generacije karakteristično obavljanje osnovnih lučkih djelatnosti te korištenje strojeva, karakteristika druge generacije je korištenje električne energije te industrijalizacija i informatizacija, za treću generaciju karakterističan je brzi razvoj informacijskih tehnologija dok četvrtu generaciju karakteriziraju digitalne i nove tehnologije koje rad luka dižu na višu razinu.

2.5. LUKE PETE GENERACIJE

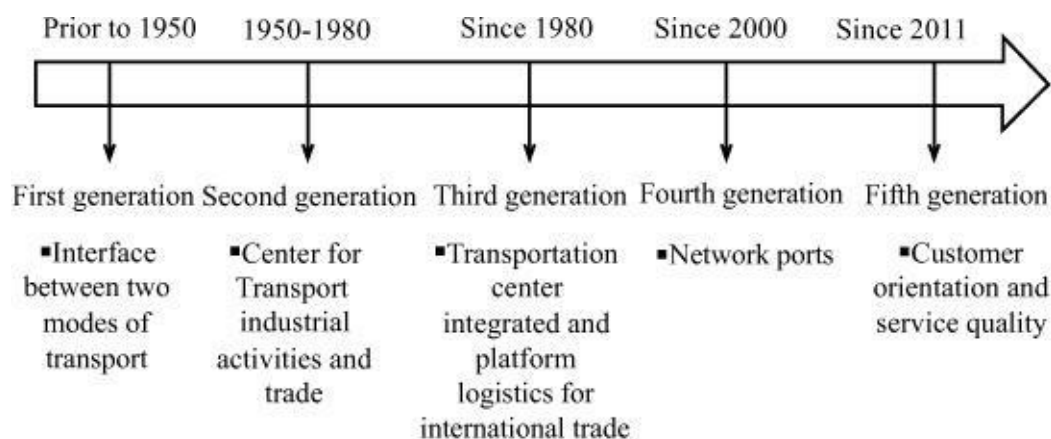
Neki smatraju da prijašnji opisi luke ne odražavaju dovoljno suvremenu funkciju i najnoviji razvoj luke i da zbog toga postoji potreba za novom, petom generacijom luka koja dalje unaprjeđuje način rada pametnih luka koristeći se neprestano inovativnim i naprednim tehnologijama. Prvobitna definicija ove generacije pametnih luka opisivala je luku kao luku

koja je usmjerena na potpuno zadovoljstvo korisnika kroz izvedbu lučkih operacija, ali je promjenjena jer se smatralo da takva promjena nije značajna i strateška već organizacijska. Definicija ovakve luke se promjenila i opisana je kao korisnička luka, odnosno luka koja gradi partnerstva kroz zajedničko planiranje i donošenje odluka, a ne samo luka koja isključivo naglašava zadovoljstvo korisnika. Ovakve luke moraju osim usmjerenja na korisnike biti i u stanju strukturno upravljati i planirati probleme u lokalnoj i regionalnoj zajednici.⁶

Mjerenje performansi i kriterija za procjenu luka pete generacije sastoji se od nekoliko aspekata koji omogućuju pregled ovog modela luke i naglašavaju razlike između pete i prethodne, četvrte generacije ovih pametnih luka. S aspekta usluge peta generacija pametnih luka naglašava zadovoljstvo kupca i učinkovito upravljanje dionicima. Tehnološki aspekt naglašava otpornost sustava i napredne infrastrukture kao što bi bili SWS i RFID odnosno radiofrekvencijska identifikacija koji postaju još važniji nego u predhodnoj generaciji. Kod aspekta održivosti važno je da bude usklađen sa novim globalnim propisima i zahtjevima u pomorskom sektoru kao i sa interesima mjesta i grada koji luku okružuju. Ovakve su luke logistička središta u obliku platforme koja radi razmjene podataka u stvarnom vremenu te pružanja učinkovitih usluga rukovanja povezuje sve dionike tog sustava. Uz to luka se oslanja na održive i pametne tehnologije i opremu za razmjenu podataka i suradnju sa mnogim drugim lukama. Ovaj model luka u svijetu je zasad doseglo samo nekolicina luka.

Slika 2. prikazuje vremenski slijed razvoja pet generacija luka te poslovnu usmjerenost u svakoj od pet generacija luka.

⁶ Smart port: a systematic literature review-<https://etrn.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-023-00581-6> (Lipanj 2024.)



Slika 2: Razvojni ciklus luka od prve do pete generacije

Izvor: <https://opentransportationjournal.com/VOLUME/11/PAGE/120/FULLTEXT/>

Na slici 2. se vidi kako su luke u razdoblju između 1950.g i 2011.g u svrhu poboljšanja svojeg poslovanja mijenjale svoja usmjerenja prema trendovima svojeg vremena. Tako je prva generacija bila usmjerena na ukrcaj, iskrcaj i transport tereta, druga generacija bila je usmjerena na uslužni centar i pružanje dodatnih usluga u luci, treća generacija se usmjerila na međunarodnu trgovinu i intermodalni transport, četvrta na umrežavanje luke strojeva i procesa u lukama, dok se peta generacija usmjerava na lupce i korisnike lučkih usluga.

2.6. LUKE ŠESTE GENERACIJE

Prema prediktivnoj studiji postoji mogućnost šeste generacije luka koja bi se temeljila na tri karakteristike od kojih je prva postizanje kapaciteta za rukovanje 50 000 TEU jedinica kod kontejnerskih brodova s gazom od 20 metara, druga karakteristika bi bila potpuna automatizacija terminala i treća karakteristika bi se odnosila na upravljanje intermodalnom vezom sa zaleđem.⁷ Na ove karakteristike bi se nadodalo još i povećanje skladišnih površina uz pomoć novih i inovativnih tehnologija. Treba napomenuti da model ove generacije nije dosegla još niti jedna luka.⁸

⁷ Smart port: a systematic literature review-<https://etrr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-023-00581-6> (Lipanj 2024.)

⁸ Smart port: a systematic literature review-<https://etrr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-023-00581-6> (Lipanj 2024.)

2.7. PREDNOSTI PAMETNIH LUKA

Pametne luke koriste koncepte od kojih postoji izravna korist za sve korisnike i sudionike na području lučkih terminala i luke općenito. Postoje isto tako i dodatne koristi odnosno prednosti ovakvog tipa luka tj. pametnih luka u odnosu na klasične luke i to u smislu bolje interakcije s vanjskim tvrtkama s većom otvorenosti, transparentnosti, poboljšanim odnosima i kvalitetnijom poslovnom učinkovitosti. Nadalje postiže se napredak u kvaliteti opreme i objekata potrebnih za rad. Pametne luke za razliku od klasičnih luka imaju povećani komercijalni povrat koji utječe na konačnu cijenu usluga i proizvoda, zatim se može dodati i institucijsko transformiranje koje pruža jednostavnije upravljanje lukama preko različitih uprava koje svoje poslovanje automatiziraju i pojednostavljaju te općenita digitalizacija sustava koja pospješuje sve radnje u lukama te može na vrijeme detektirati grešku ili kvar koji bi inače mogao dovesti do štete u luci ili na brodu. Pruža se i cjelovito rješenje koje se fokusira na pitanje učinkovitosti, održivosti, produktivnosti, komunikacijama itd. Zbog programa održivog razvoja kojim se luke služe dolazi do smanjenja štetnih emisija i tako pametne luke postaju ekološki prihvatljivije od klasičnih luka.

Kako bi se pametne luke razlikovale od klasičnih luka i bile učinkovitije i prihvatljivije što u poslovnom, a što u ekološkom smislu one se služe određenim trendovima.

Trendovi kojima se vode pametne luke su⁹:

1. Digitalizacija – upravljanje informacijama digitalnim putem bez fizičke papirologije te uspostava digitalnih platformi
2. Automatizacija i robotizacija – generiranje višeg stupnja produktivnosti i bolje upravljanje resursima kroz kibernetičko-fizički sustav
3. Novi modeli poslovanja – temeljeni na upotrebi tehnologija za dijeljenje informacija i resursi kao što je blockchain tehnologija
4. Sigurnost – optimalni fizički i virtualni sigurnosni sustavi za luke i plovila
5. Energija i briga za okoliš – smanjenje potrošnje energije i negativnog utjecaja na okoliš kako bi luke postale učinkovite i održive središta.

⁹ Koncept pametnih luka- <https://repozitorij.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A2874/datastream/PDF/view> (Lipanj 2024.)

3. TEHNIČKI I TEHNOLOŠKI ASPEKTI RAZVOJA PAMETNIH LUKA

Sve veće i sve brže promjene u globalnom gospodarstvu utječu na industriju pomorskog prometa na način da brodovi postaju veći, a broj stanovnika raste što dovodi do prenatrpanih luka koje ne izvršavaju svoje obaveze u onoj mjeri u kojoj bi trebale, a time dolazi do gužvi i zastoja. Luke se pod takvim utjecajem moraju prilagoditi i konstantno stremiti daljnjem razvoju i to prema što većem stupnju digitalizacije, održivosti i implementacije suvremenih tehnologija s ciljem produktivne, učinkovite i konkurentske luke jer prijelaz sa luke na pametnu luku više nije izbor ili opcija već postaje nužnost kako bi ona opstala na konstantno rastućem tržištu te isto tako kako bi se zadovoljili zahtjevi i potrebe korisnika luke te mogli ispuniti zadani ciljevi održivosti luke.

Važni koraci za budućnost razvoja pametnih luka jesu uvođenje novih tehnologija i inovacija u lučke procese. Pažnja se treba obratiti na usklađivanje svih aplikacija koje su temeljene na Industriji 4.0 sa postojećim sustavom kod digitaliziranog lučkog poslovanja. Također važno je za luku da uvede tehnologije kao što su blockchain, AI odnosno umjetna inteligencija, Big Data, različiti primjeri robotike te prikupljanje podataka na najučinkovitiji način. Takvom modernizacijom luke najmanje negativno utječu na okoliš i to strategijama koje minimiziraju emisije štetnih plinova, poboljšavaju kvalitetu zraka te se bave sa održivim načinom rukovanja otpadom. Kako bi na kraju kompletni opskrbeni lanac bio povezan sa ostalim lučkim aktivnostima i operacijama koje se tamo odvijaju treba se omogućiti i dobra logistika. Nove tehnologije i inovacije ključne su u ostvarenju ciljeva koje postavljaju pametne luke.

3.1. TEHNOLOGIJE PAMETNIH LUKA

Tehnologije su u bilo kojem obliku potrebne u lukama kako bi one mogle obavljati svoje predviđene poslove. Kada luke i općenito pomorska industrija žele početi koristiti nove tehnologije moraju biti spremne na pripremu plovila i objekata na uključivanje novih tehnologija u njihov razvoj, a isto tako je važno da se luke vode pravilnim odabirom. Nemaju sve luke iste potrebe pa zato luke zasebno trebaju odrediti svoje potrebe i prema tome prilagoditi svoju tehnologiju. Kada govorimo o tehnologijama koje koriste pametne luke

možemo reći da se one mogu primjenjivati na razne načine i to za kompletan razvoj infrastrukture, razvoj prijevoznih sredstava i objekata za manipulaciju i rukovanje teretom, za kompletno upravljanje sa prometom, kao način za uspostavu općenite sigurnosti luke, lučkog područja i plovila te kao sredstvo kojim se prati korištenje energije, energetska učinkovitost itd.

Trenutačne tržišne uvjete karakteriziraju sve veća globalizacija i međunarodna trgovina s brodovima koji rastu i robom koja se kreće dosad neviđenim brzinama uz nepredvidljive izazove koje donose geopolitička pitanja u svijetu sada je važnije nego ikada da pomorska industrija prihvati progresivan tehnološki razvoj i nove tehnologije.

Tehnologije kojima se koriste pametne luke su:

1. Internet stvari (IoT – Internet of Things)
2. Blockchain tehnologija
3. Big Data
4. Digitalni bliznac (digital twin)
5. Umijetna inteligencija (AI – artificial intelligence)
6. 5G mreža



Slika 3: Slikovit prikaz tehnologija pametnih luka

Izvor: <https://www.loydslist.com/-/media/loyds-list/images/special-reports/smart-ports/smart-port.jpg?rev=49ac34700b34469588e702862f50c63c>

Na slici 3. je na slikovit način prikazano koliko različitih tehnologija luke koriste u svakodnevnom radu i komunikaciji unutar luke, komunikaciji s brodovima i lučkim partnerima i sve to u svrhu poboljšanja poslovanja i pružanja vrhunske usluge.

3.1.1. Internet stvari (IOT – internet of things)

Internet stvari je pojam koji se koristi kod sustava umreženog povezivanja uređaja, objekata i senzora koji putem interneta prikupljaju i razmjenjuju podatke. To omogućuje takvim uređajima da međusobno komuniciraju i dijele podatke i informacije te na taj način donose odluke koje se temelje na podacima i to bez potrebe za ljudskim nadgledanjem. Na taj se način može eliminirati faktor ljudske pogreške i time omogućiti lukama povećanje operativne učinkovitosti, lakše upravljanje i bolju sigurnost.¹⁰

Danas možemo smatrati internet stvari kao jedan vrlo važan dio tehnološke revolucije povezan sa pametnim gradovima, dronovima, pametnim tvornicama i pametnim lukama. Prisutnost pametnih senzorskih sustava u lukama postaje sve veća pa tako različita radna područja rade u automatiziranom načinu rada.

Takve prednosti se primjenjuju i u brodskoj industriji i to na način instalacije senzora za nadzor broda i upavljanje rizikom gdje senzori nadziru nekoliko operativnih aspekata kao što su performanse motora, potrošnja goriva, temperatura, tlak, vibracije i integritet trupa. Dobiveni podaci tako daju mogućnost praćenja stanja brodova i analizu mehaničkih podataka te njihove telematike kako bi se omogućilo njihovo prediktivno održavanje na daljinu. To olakšava i smanjuje razdoblje zastoja brodova te isto tako smanjuje i novčane troškove te promiče održive prakse. Korištenjem pametnih mreža luke imaju bolji uvid u svoju potrošnju energije i na taj način dolaze do rješenja za stvaranje ušteda preko upravljanja potrošnje energije. To pruža opciju za proizvodnju vlastite energije iz obnovljivih izvora čime se mogu smanjiti troškovi i optimizirati prihodi. Internet stvari još može omogućiti lakše upravljanje lukama u svrhu poboljšanja učinkovitosti i ograničenja zagušenja i vremena okretaja plovila koje se postiže praćenjem kretanja brodova i kontejnera skupa sa ostalom imovinom oko područja luke putem interneta stvari. Takvi sustavi povećavaju sigurnost luke i smanjuju rizike od krađa.¹¹

Kako bi se sve gore navedene karakteristike mogle realizirati te biti u stanju propisno funkcionirati, Internet stvari mora imati određena rješenja kod kojih je bitno da su:

1. Orjentirana na korisnike – gdje se koriste metode za umreživanje svih uređaja, a da sam postupak pritom nije složen ili zahtjevan.

¹⁰ What is a smart port?- <https://www.porttechnology.org/news/what-is-a-smart-port-2/>(Lipanj 2024.)

¹¹ What is a smart port?- <https://www.porttechnology.org/news/what-is-a-smart-port-2/>(Lipanj 2024.)

2. Modularna, proširiva ili skalabilna – gdje je omogućeno spajanje velikog broja uređaja bez greški i zastoja.
3. Mobilna – gdje se postiže postavljanje mreže na neku drugu lokaciju.
4. Potpuno sigurna za upotrebu – gdje se provodi odgovarajuća razina identifikacije i autorizacije kod pristupa podacima.

Kod interneta stvari olakšan je razvoj mnoštva aplikacija koje se usmjeravaju prema korisniku i industriji te se pruža fizička povezanost i puža se interakcija između uređaja te uređaja i čovjeka. Internet stvari za svoj rad koristi velik broj tehnologija od kojih se mogu izdvojiti radiofrekvencijska identifikacija – RFID i bežične senzorske mreže – WSN, a koje će biti opisane kasnije u sklopu ovog rada.

3.1.2. Blockchain tehnologija

Blockchain je povezana baza podataka ili podatkovnih blokova u jednosmjernom lancu gdje svaki novi blok ovisi o vrijednosti prijašnjeg. To je distribuirana i decentralizirana tehnologija digitalne knjige koja omogućuje sigurnu provjeru i bilježenje transakcija za više strana unutar opskrbnog lanca.¹²

Blockchain tehnologija pruža pogled u kretanju robe u opskrbnom lancu te njeno praćenje u stvarnom vremenu. Na taj način se može pristupiti podacima te ih provjeriti i na taj način ograničiti pojavu kašnjenja, a smanjuje se i mogućnost prevare. Sigurnost blockchaina dodatno upotpunjava njegova decentralizirana priroda i kriptografski algoritmi kojima se dodaju slojevi zaštite kojima se štiti proces otpreme.

Blockchain također osigurava pametne ugovore odnosno sporazume koji se sami izvršavaju sa nekim unaprijed postavljenim uvjetima. Tako se mogu automatizirati različiti procesi u otpremi čime se onda smanjuje papirologija i ljudski resursi. Time se može otkriti neučinkovitost i uska grla koja se potom mogu optimizirati i poboljšati učinak. Njegov je glavni cilj povećanje produktivnosti i pouzdanosti, smanjenje troškova i poticanje dogovora između pružatelja usluge i kupca.

¹² Internet stvari i pametne luke-
<https://repozitorij.pfst.unist.hr/islandora/object/pfst:1589/datastream/PDF/view>(Lipanj 2024.)

3.1.3. Big data

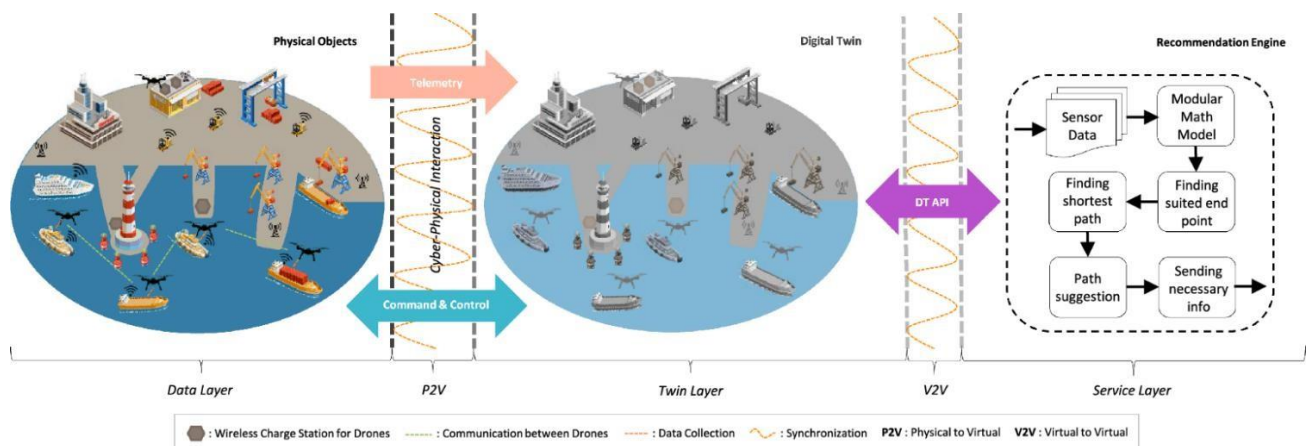
Svijet i društvo na globalnoj razini postaju vođeni podacima pa tako ni luke nisu iznimka. Ovdje govorimo o izuzetno velikoj količini podataka. Big data ili tehnologija velikih podataka je tehnologija koja pruža korištenje, prikupljanje, obradu i analiziranje izrazito velike odnosno ogromne količine podataka koji mogu biti iz netradicionalnih izvora odnosno vremenski osjetljivih inputa koji se koriste za optimizaciju industrija i luka. Big data pridonosi i tehnologiji predviđanja te sustavima za procjenjivanje vremena dolaska koji su od velike koristi luci i pomorskoj industriji. Takvi se senzori nalaze na brodovima i daju informacije u stvarnom vremenu. Big data koristi ove informacije u svrhu praćenja brodova i tereta na njemu isto kao i ostalih podataka koji se dobivaju u stvarnom vremenu. Precizne i pouzdane informacije dovode luke do vrhunca učinkovitosti, performansi i rada.¹³

3.1.4. Digitalni bliznac (Digital twin)

Digitalni bliznac je digitalna kopija lučkog područja odnosno virtualni prikaz objekta, sustava ili procesa koji koristi naprednu analitiku koja oponaša način rada i karakteristike izvornog fizičkog entiteta i koristi podatke u stvarnom vremenu. Ovaj sustav omogućuje praćenje, testiranje i analiziranje izvornog fizičkog entiteta u svrhu optimizacije njegove izvedbe. Pripremanje digitalnog blizanca nekog plovila ili opreme može omogućiti prikupljanje podataka koji pokazuju različite vrste performansi kao što su rad motora, potrošnja goriva i ispravnost opreme. Analizom tih podataka mogu se predvidjeti razne potrebe za popravcima i održavanjem što dovodi do učinkovitijih operativnih procesa. Isto tako uvid u potrošnju goriva može pomoći u povećanju optimalnog iskorištenja goriva što smanjuje troškove i pridonosi smanjenju štetnih emisija. Digitalni bliznac se može primjeniti i na različite elemente unutar opskrbnog lanca što bi uključivalo luke, skladišta i logističke procese kako bi se na taj način simulirali različiti scenariji koji dovode do optimizacije operacija opskrbnog lanca. Ova tehnologija pomaže zaposlenicima luke da obavljaju svoj posao učinkovitije i ugodnije što doprinosi sigurnosti i nesmetanom toku prometa u luci.

¹³ What is a Smart Port? Smart Port 101-<https://sinay.ai/en/smart-port-101-what-is-a-smart-port/>(Lipanj 2024.)

Slika 4. prikazuje način rada Digitalnog blizanca



Slika 4: Prikaz rada Digitalnog blizanca

Izvor: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-39366-1/figures/1>

Na slici se vidi kako Digitalni blizanac stvara digitalnu kopiju luke te pomoću raznih senzora sakuplja podatke koji se dalje obrađuju i na taj način se stvaraju optimalni uvjeti za rad. Takvi se podaci nadalje šalju zaposlenicima luke koji te podatke primjenjuju u svome radu.

3.1.5. Umjetna inteligencija – AI (Artificial intelligence)

Umjetna inteligencija ili strojno učenje se odnosi na računalne sustave koji simuliraju procese ljudske inteligencije upotrebom različitih tehnika kao što su obrada prirodnog jezika, robotika itd. Umjetna inteligencija ima za cilj osigurati sustave koji mogu obavljati zadatke i rješavati probleme koji bi inače zahtjevali ljudsku inteligenciju. Umjetna inteligencija može automatizirati podatke koji se ponavljaju te poboljšati učinkovitost onoga za što se koristi te tako poboljšati poslovanje i njegovu učinkovitost, smanjiti broj operacija koje se izvršavaju te umanjiti troškove i emisije štetnih plinova.¹⁴

Također se velike količine podataka mogu obraditi i usmjeriti putem algoritama umjetne inteligencije kako bi se pružila prediktivna analitika koja može pomoći kod predviđanja budućih događaja i trendova na tržištu. Još jedna od koristi umjetne inteligencije

¹⁴ What is a Smart Port? Smart Port 101-<https://sinay.ai/en/smart-port-101-what-is-a-smart-port/>(Lipanj 2024.)

je i njena sposobnost pomaganja kod donošenja odluka te pružanja uvida i preporuka kod takvih odluka.

U lučkoj industriji umjetna inteligencija može se upotrijebiti u mnogo svrha i na više načina. Putem umjetne inteligencije luke mogu optimizirati kompletni proces otpreme i to od upravljanja narudžbama pa do logistike i upravljanja zalihama. Umjetna inteligencija se može koristiti za optimizaciju rada i upravljanje flotama na način da pruža učinkovitije i optimalnije otpremne rute i to putem analize podataka o vremenu, prometu i GPS podataka. Isto se tako umjetna inteligencija može primijeniti i kod razvoja autonomnih brodova koji su sposobni za samostalno upravljanje, pristajanje i donošenje odluka. Isto tako umjetna inteligencija doprinosi stvaranju sigurnijeg radnog okruženja smanjenjem pogrešaka koje dovode do nesreća te pomažući sveukupnoj sigurnosti na radu.

3.1.6. 5G mreža

Postoji nekoliko generacija mobilnih mreža i to su 1G, 2G, 3G, 4G i 5G mreže. Kod prve generacije – 1G uspostavljen je prijenos analognog glasa, kod druge generacije – 2G uspostavljen je prijenos digitalnog glasa, poruka i podataka, kod treće generacije – 3G uspostavljen je prijenos mobilnih podataka i to brzinom do tri megabita u sekundi. Četvrta generacija – 4G uspostavlja prijenos podataka putem LTE standarda sa teoretskom brzinom do 100 megabita u sekundi. Kako ovakva 4G mreža ne može u potpunosti zadovoljiti zahtjevima Interneta stvari i Cloud tehnologije uspostavila se 5G mreža koja će moći zadovoljiti potrebe svojih korisnika.¹⁵

5G mreža je najnovija i najnaprednija mrežna infrastruktura i komunikacijska tehnologija koja kroz rad na višim frekvencijama pruža poboljšanu brzinu podataka, kapacitet i pouzdanost te ograničava kašnjenja. Ova mreža uvelike koristi pomorskoj industriji i ključna je za tranziciju luka na inteligentni sustav. 5G omogućuje lukama da zahvaljujući velikim brzinama podataka mogu brzo dohvatiti podatke u stvarnom vremenu potrebne za vremenski osjetljiva pitanja kao što bi bili npr. logistički podaci i praćenje pošiljaka. Isto tako povećanje kapaciteta 5G mreže potiče učinkovitu primjenu Interneta

¹⁵ Internet stvari i pametne luke-
<https://repozitorij.pfst.unist.hr/islandora/object/pfst:1589/datastream/PDF/view>(Lipanj 2024.)

stvari jer na taj način broderske tvrtke mogu razviti veliku i pouzdanu mrežu senzora i povezanih uređaja za cijeli opskrbeni lanac.¹⁶

Može se reći da 5G mreža i Internet stvari rade skupa te se nadopunjuju u svojim naporima da optimiziraju lance opskrbe zato što je poboljšano donošenje odluka omogućeno poboljšanim uvidom i vidljivošću u razine zaliha, uvjetima otpreme i statusu isporuka te istovremeno smanjenjem kašnjenja pošiljki. Osim poboljšanih dostavnih operacija 5G mreža pruža također i besplatnu platformu za druga već spomenuta digitalna rješenja za rad u najpovoljnijim uvjetima. Takvim radom većih kapaciteta i brzine podataka poboljšava se komunikacija između vozila i centraliziranih sustava, omogućuje se praćenje vozila u stvarnom vremenu te optimizacija prijevoznih ruta.

3.2. TEHNOLOGIJE NA KONTEJNERSKOM TERMINALU

Kako pametne luke koriste pametne i nove tehnologije za svoj daljnji napredak i razvoj tako i kontejnerski terminali koji su i sami dio takvih luka koriste pametne tehnologije i sustave za svoj rad i razvoj. Važno je kod ovih tehnologija da budu povezane i da međusobno komuniciraju kako bi uspješno obavljale svoje zadatke. Ovdje će se navesti neke od pametnih tehnologija i sustava koje se koriste na kontejnerskim terminalima.

Tehnologije kojima se koriste kontejnerski terminali su:

1. Automatizacija
2. Virtualna i proširena stvarnost
3. Pametni senzori
4. Pametni kontejneri
5. RFID i WSN tehnologije

3.2.1. Automatizacija

Automatizacija se smatra jednim od glavnih načina povećanja produktivnosti u lukama i na terminalima. Usvajanje novih automatiziranih i analitičkih rješenja pomaže lukama poboljšati učinkovitost operacija na terminalima te olakšati promet prema zaleđu.

¹⁶ What is a Smart Port? Smart Port 101-<https://sinay.ai/en/smart-port-101-what-is-a-smart-port/>(Lipanj 2024.)

Glavni cilj svih inovacija u operacijama terminala je poboljšanje učinkovitosti kao što su povećanje učestalosti kretanja ili smanjenje neželjenog rukovanja teretom. Tipični primjeri su automatizacija opreme na terminalu i analitika za optimizaciju rukovanja kontejnerima u dvorištu terminala.¹⁷ Automatizirana oprema se koristi u lukama u operacijama brod-obala, kopnenom prijevozu itd. Takva oprema omogućuje dosljednije odvijanje operacija i smanjuje zastoje. Danas u svijetu radi više desetaka poluautomatiziranih ili potpuno automatiziranih kontejnerskih terminala te to postaje rastući trend. Automatizacija čini rad lakšim i pruža više informacija za donošenje odluka te se u kombinaciji sa stručnosti osoblja pokazuje kao ključ za bolju produktivnost, sigurnost, zaštitu i performanse kao i za utjecaj na okoliš te očekivanja kupca. Primjeri automatizacije jesu daljinski upravljane dizalice iz Šangaja kojima se može upravljati daljinski iz centra udaljenog sto kilometara od same luke. Još jedan primjer je predviđanje vremena zadržavanja kontejnera odnosno strojno učenje koje se primjenjuje za prepoznavanje obrazaca iz podataka o pomicanju kontejnera te takav automatizirani operativni sustav u stvarnom vremenu predviđa podatke za izlazni način transporta kontejnera te poboljšava predviđanje vremena zadržavanja kontejnera što pospješuje i olakšava daljni rad i organizaciju.

3.2.2. Virtualna i proširena stvarnost

Virtualna i proširena stvarnost su tehnologije koje se u svom radu koriste kombinacijom slika u stvarnom vremenu. Na taj način virtualna i proširena stvarnost korisnika uključuje u virtualne informacije te nadopunjuje postojeće informacije.

Lučki kontejnerski terminali važna su središta u globalnim prometnim mrežama zahvaljujući napretku kontejnerske logistike te se konkurentska prednost ovih terminala veže uz upravljanje informacijama u svrhu učinkovitosti. Strategija upravljanja informacijama možda je funkcionalna, ali nije dobro odrađena. Provođenje informacija o lučkim operacijama odvija se tradicionalno pomoću dijagramskih i numeričkih formata, a radi poboljšanja učinkovitosti lučke logistike potrebno je prvenstveno primjeniti najnovije tehnologije odnosno virtualnu stvarnost (VR) i geografski informacijski sustav (GIS). Tako je istražena infrastruktura za razmjenu informacija koja se temelji na virtualnoj stvarnosti te

¹⁷ Innovation in Smart Ports: Future Direction of Digitalization in Container Ports-
<https://www.mdpi.com/2077-1312/10/12/1925> (Lipanj 2024.)

se može učinkovito primjeniti u radu kontejnerskih terminala, pojednostavniti mu logističke procese i olakšati kontrolu terminala.

Spomenut će se još jedna prednost virtualne stvarnosti, a to je sigurnost i sigurno radno okruženje što je prioritet svake luke. Važno je da zaposleni u luci prođu sigurnosnu obuku jer je rad u luci zahtjevan te može dovesti do nesreća. Obuke se uglavnom temelje na predavanjima te polaznici mogu imati problema kod razumjevanja sigurnosti u luci. Pomoću virtualne stvarnosti polaznici mogu steći bolji dojam o sigurnosti u luci i to putem platforme za obuku koja spaja PDF dokumente, slike i videozapise sa tehnologijom virtualne stvarnosti te daje bolji uvid i doživljaj virtualne scene. Time se smanjuje broj nesreća i poboljšavaju sigurnosni standardi.

3.2.3. Pametni senzori

Pametni senzori se postavljaju u lukama u svrhu praćenja stanja terminala, njegove infrastrukture, pomaganju operaterima u izvršenju njihovih zadataka te olakšanju pregleda i inspekcija. Podaci se putem raznih aplikacija pružaju operaterima u luci. Jedan je primjer aplikacija nadzorne ploče koja prikuplja podatke o vremenu, vodi i komunikacijama u stvarnome vremenu, a koristi se za optimizaciju i smanjenje vremena čekanja, za određivanje vremena pristajanja i ulaska brodova u luku te utovara i istovara brodova. Senzori na kontejnerskom terminalu pružaju lakše rukovanje teretom. Oni prikupljaju niz podataka kao što su lokacija kontejnera i tereta za lakše snalaženje te manipulaciju teretom, većom učinkovitosti, manjom potrošnjom energije i smanjenjem praznog hoda. Isto tako kontejneri se opremaju velikim brojem pametnih senzora što i njih same čini pametnim. Više o pametnim kontejnerima govoriti će se u nastavku ovog rada.

3.2.4. Pametni kontejneri

Cilj kontejnerskih terminala u pametnim lukama je poboljšanje i napredak kontejnerskog sustava i to uvođenjem pametnih kontejnera. Glavna zadaća takvih kontejnerskih sustava je postati pametan, odnosno omogućiti kontejneru da u stvarnom vremenu šalje korisne, bitne i tražene informacije. Na taj se način svim dionicima pružaju informacije o smještaju, prijevozu i statusu robe koja se prevozi. Na temelju tih informacija usluge prijevoza se poboljšavaju isto kao i upravljanje cijelim dobavnim lancem. Zbog svoje sposobnosti djeljenja podataka pametni kontejneri su jedan od ključnih parametara za

koordinaciju transporta u intermodalnom prijevozu i upravljanj sa procesima. Prijenos informacija u stvarnom vremenu pomaže kod poboljšanja logističkih procesa.

Kako su kontejneri na terminalima relativno gusto raspoređeni uvijek postoji mogućnost zamijene, teškog pronalaska te se podaci ne mogu efikasno prenjeti. Efekt ljudske greške uvijek je prisutan i iz tog razloga u svrhu zaštite robe i tereta od bilo kakve vrste oštećenja i krive manipulacije luke koriste bežične senzore te RFID i WSN tehnologije. RFID oznake se koriste u svrhu praćenja kontejnera na putu do svog odredišta, dok WSN bežična mreža služi za komunikaciju izvan, unutar te između kontejnera.¹⁸

U nastavku ovog teksta pokazati će se primjer pametnog kontejnera, točnije najpametnijeg kontejnera na svijetu – Kontejner 42

Kontejner 42 kontinuirano bilježi svoju lokaciju i status što uključuje klimatske uvijete unutar i izvan kontejnera, otvaranje i zatvaranje kontejnera, vibracije, nagib, položaj, zvuk i onečišćenje zraka. Ovaj kontejner sadrži razne kamere koje snimaju time-laps slike ili snimaju tokom određenih događaja. Ovaj kontejner sa sobom ne nosi teret već mini Teslu (Tesla 42) koja je opremljena sensorima za mjerenje kretanja unutar kontejnera tijekom putovanja i ukoliko postoji kretanje pokazuje i zašto.¹⁹

Kontejner 42 posjeduje pametnu SBS bravu koja pruža podatke o tome tko je, kada i gdje otvorio kontejner. Isto tako brava omogućuje personalizaciju ili blokiranje pristupa kontejneru te je čak moguće bravu otvoriti samo na određenim mjestima.

Ovaj kontejner ima spuštenu krov opremljen solarnim panelima, a odobren je i certificiran te se može prevoziti bilo gdje u svijetu kao i svako drugi kontejner. Kako bi kontejner bio energetske neutralan opremljen je sa solarnim panelima, baterijama te energetske učinkovitim sensorima.²⁰

¹⁸ Koncept pametnih luka- <https://repozitorij.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A2874/datastream/PDF/view> (Lipanj 2024.)

¹⁹ We are 42-<https://weare42.io/technology/>(Lipanj 2024.)

²⁰ We are 42-<https://weare42.io/technology/>(Lipanj 2024.)



Slika 5: Kontejner 42

Izvor: <https://www.xyht.com/spatial-itgis/container-42-so-smart-it-knows-all-the-answers/>

3.2.5. RFID i WSN tehnologije

RFID tehnologija odnosno radiofrekvencijska identifikacija je tehnologija automatizirane identifikacije i prikupljanja podataka. Ova je tehnologija postala sveprisutna te nudi jedinstvene pogodnosti za praćenje i identifikaciju ljudi, imovine i inventara. Pruža automatiziranu identifikaciju bez linije vida koju zahtjevaju bar kodovi i optika te se može čitati na kratkom i velikom dometu i može se kodirati sa velikim brojem podataka.²¹

Luke i terminali su glavno rastuće tržište za RFID jer se tamo razvio od pasivnog RFID-a za sigurnost do aktivnog RFID-a za dugotrajno praćenje imovine i automatizaciju procesa. Područja rada RFID aplikacija u lukama i terminalima su:

1. Vidljivost mrežne imovine
2. Automatizacija procesa
3. Sigurnost ljudi
4. Sigurnost imovine

WSN tehnologija odnosno bežične senzorske mreže su bežične mreže koje se same konfiguriraju i sastoje se od senzorskih čvorova, a prate različite parametre. Takvi čvorovi rade neovisno te tvore mrežu bez prethodne infrastrukture koja bežično prenosi podatke.

²¹ RFID in ports and terminals: moving towards global acceptance-<https://www.porttechnology.org/technical-papers/rfid-in-ports-and-terminals-moving-towards-global-acceptance/>(Lipanj2024.)

Raspoređeni su nasumično za praćenje različitih uvjeta kao što su okolišni ili fizički parametri unutar sustava. Podaci koje prikupe senzorski čvorovi šalju se u središnji čvor odnosno baznu stanicu WSN sustava. Bazna stgаница je mjesto gdje se podaci cijele mreže prikupljaju i šalju putem interneta.²² WSN tehnologija se primjenjuje:

1. Unutar interneta stvari
2. Kod nadzora za sigurnost i otkrivanja prijetnji
3. Mjerenja temperature, vlažnosti i tlaka zraka te okoliša
4. Mjerenja razine buke.

4. PRIMJERI PAMETNIH LUKA

Nakon što se objasnilo u ovome radu što su to pametne luke i koje su sve tehnologije i sustavi koji se u takvim lukama koriste vrijeme je i da se ovaj rad potkrijepi i konkretnim primjerima pametnih luka.

U nastavku ovog rada opisati će se nekoliko primjera pametnih luka u svijetu i njihove karakteristike te isto tako i primjer pametne luke u Hrvatskoj.

4.1. PRIMJERI U SVIJETU

Neki od primjera pametnih luka u svijetu su: luka Rotterdam, luka Hamburg, luka Singapur, luka Šangaj, luka Le Havre HAROPA, luka Los Angeles, luka Kopenhagen Malmö, luka Valencija, luka u Barceloni.

Luka Rotterdam je najveća europska luka te koristi pametne tehnologije i rješenja u svom radu. Jedna je od najsigurnijih luka na svijetu s mobilnom stanicom za otplinjavanje koja ne ispušta benzinske pare u zrak.

Luka koristi tehnologiju Digitalnog blizanca (Digital Twin) te tako ima svoju potpuno digitalnu verziju što omogućuje uvid u to kako oprema u luci radi jedna sa drugom, a to pomaže u praćenju svih operacija u stvarnom vremenu. U luci postoje IoT senzori kojima se mjeri kretanje vode, zamućenost i pritisak kako bi se osiguralo da su njihove aktivnosti u skladu sa ekološkim standardima.

²² What is Wireless Sensor Network (WSN)?- <https://www.shiksha.com/online-courses/articles/what-is-a-wireless-sensor-network-wsn-blogId-144627> (Lipanj 2024.)

Luka radi na prijelazu na obnovljive i zelene izore energije te zbog njene digitalizacije u mogućnosti je primati autonomne brodove.



Slika 6.: Luka Rotterdam

Izvor: <https://www.marinelink.com/news/port-rotterdam-freight-volumes-improve-q-482596>

Luka Hamburg najveća je luka u Njemačkoj, a druga u Europi. Univerzalna je luka za sve vrste pošiljaka i vodeća je luka za trgovinu sa Kinom.

Luka ima ovlašten IoT projekt za praćenje različitih vrsta zagađenja te vlastitu filozofiju i projekte pametne luke. Zamjenjuju vozila u luci sa vozilima sa niskim emisijama, a u poslovanje su implementirali inteligentna rješenja za sigurnost, navigaciju u stvarom vremenu i zelenu električnu energiju.

Oko luke su postavljeni vremenski senzori, a luka ima IT sustave za kompletno održavanje i zajedničko nadgledanje luke tako da se lučke operacije uvijek mogu vidjeti i nadzirati.



Slika 7: Luka Hamburg

Izvor: <https://www.hafen-hamburg.de/en/press/news/port-of-hamburg-boosts-container-throughput-market-share/>

Luka Singapur je druga najprometnija luka na svijetu po tonaži, najprometnija je pretovarna luka na svijetu te vrši pretovar polovice svjetske ponude sirove nafte. Radi na projektu kojim bi do 2040. godine postala najveća svjetska potpuno automatizirana luka.

Automatizacija bi obuhvatila mnogo razina kao što su dizalice i kontejneri, postojati će inteligentni kontrolni sustavi i održiva tehnologija, a automatizirane dizalice i vozila bez vozača pomoći će u održanju sigurnosti i učinkovitosti te smanjiti gužve.

Biti će poboljšana cjelokupna sigurnost i osiguranje zahvaljujući tehnologijama i međusobno povezanim sustavima.



Slika 8: Luka Singapur

Izvor: <https://maritime-executive.com/article/singapore-surpasses-three-billion-gross-tons-for-annual-ship-arrivals>

Luka Šangaj je najprometnija i najveća kontejnerska luka na svijetu te je kategorizirana kao veliki lučki megagrađ zbog svojeg velikog prometa i guste naseljenosti.

Sastoji se od mnogo različitih povezanih luka, deep see luka i riječnih luka. Ova luka koristi razne tehnologije za svoj daljnji razvoj te koristi i 5G mrežu. Smatra se jednom od tehnološki najnaprednijih luka i ima za cilj stvoriti zelene i visokotehnološke terminale.²³

²³ Top 10 Smart Ports Around the World-<https://sinay.ai/en/top-10-smart-ports-around-the-world/> (Lipanj 2024.)



Slika 9: Luka Šangaj

Izvor: [https://www.lloydslist.com/LL1142313/Shanghai-port-geared-up-to-build-\\$7bn-new-terminal](https://www.lloydslist.com/LL1142313/Shanghai-port-geared-up-to-build-$7bn-new-terminal)

Luka Le Havre HAROPA je vodeća luka za vanjsku trgovinu i najveći lučki kompleks u Francuskoj te je mjesto UNESCO-ve svjetske baštine. Uz pametnu luku radi se na tome da postane i pametni lučki grad. Ova luka sebe naziva inteligentnom, povezanom, visokoučinkovitom, održivom, kolaborativnom i inovativnom lukom koja se temelji na informacijskoj i digitalnoj tehnologiji.

Luka teži razvoju novog modela urbanog i industrijskog lučkog prostora integriranog kroz inovacije i ima za cilj povećati svoj gospodarski kapacitet uz smanjenje utjecaja na okoliš.



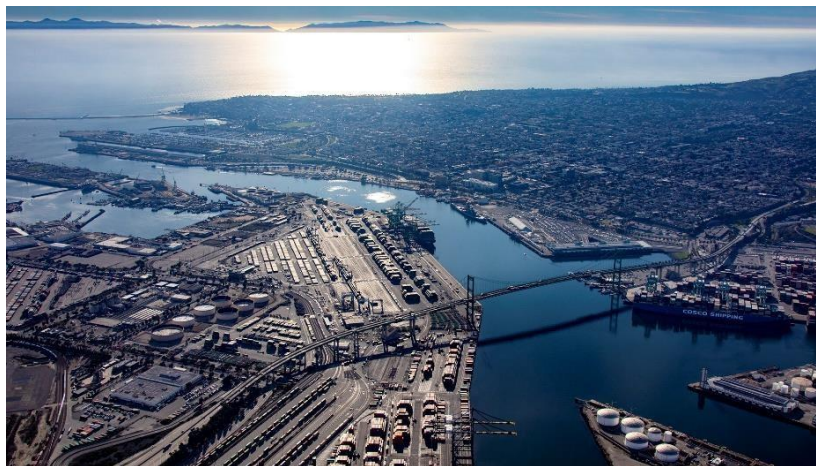
Slika 10: Luka Le Havre HAROPA

Izvor: <https://container-news.com/haropa-port-surpasses-3-million-teus-in-2022/>

Luka Los Angeles je najveća kontejnerska luka u Sjevernoj Americi. Luka se bavi održavanjem i poboljšanjem održivog lanca opskrbe te ima nadzornu ploču za operacije sa

teretom kako bi se u stvarnom vremenu promatrale operacije u luci, plovila u luci i na sidru te praćenje tereta u stvarnom vremenu.

2020. godine luka Los Angeles i IBM dogovorili su stvaranje centra za kibernetičku otpornost luke. Takav sustav pomaže u smanjenju rizika od problema kibernetičke sigurnosti s teretom i dijeljenjem informacija što olakšava protok tereta i čini ga učinkovitijim i sigurnijim.



Slika 11: Luka Los Angeles

Izvor: <https://www.portoflosangeles.org/news/photo-gallery>

Luka Kopenhagen Malmö je najveća luka u Danskoj nakon spajanja luke Kopenhagen i luke Malmö. Ima infrastrukturu potrebnu za prihvatanje svih vrsta plovila, luka je transparentna o svom utjecaju na okoliš i zajednicu te se sve lučke aktivnosti temelje na poštovanju, ambiciji i zajednici.

Luka je usredotočena na smanjenje zagađenja bukom, smanjenje štetnih emisija, otpada, potrošnje energije te prilagodbi klimi. Jedan od ciljeva luke je biti održiva i pridonijeti UN-ovim ciljevima održivog razvoja 2030.



Slika 12: Luka Kopenhagen Malmö

Izvor: <https://safety4sea.com/copenhagen-malmo-port-denies-reports-about-rejecting-shore-power-facility/>

Luka Valencija je peta najprometnija luka u Europi. Njena strategija temelji se na Blockchain tehnologiji. Njen novi lučki sustav povećati će učinkovitost, transparentnost poslovanja i smanjiti otpad. Želi ojačati svoju vezu između luke i grada te svoje aktivnosti usmjerava prema usklađenosti sa UN-ovim ciljevima održivog razvoja 2030. Luka još brine i o utjecaju na kvalitetu vode, zagađenje bukom, za obnovljivu energiju i potrošnju goriva.



Slika 13: Luka Valencija

Izvor: https://sh.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Port_of_Valencia.jpg

Luka Barcelona je deveta najveća kontejnerska luka u Europi. Ova luka brine o svom učinku na okolinu, o kvaliteti zraka i vode te o zagađenju i zagušenju.

Razvija svoju informacijsku tehnologiju kako bi postala konkurentnijau svijetu. Luka ima projekt aplikacije za praćenje kontejnera te je posvećena transparentnosti prema pošiljateljima i planiranju integriranih tehnoloških sustava u svrhu praćenja tereta.



Slika 14: Luka Barcelona

Izvor: <https://www.techtour.com/news/2022/the-port-of-barcelona.html>

4.2. PRIMJER U HRVATSKOJ

Za primjer u Hrvatskoj opisati će se Luka Ploče kao trenutno jedina luka u Hrvatskoj koja će postati pametna luka.

Luka Ploče biti će prva luka u Hrvatskoj koja će putem europskih sredstava primjeniti 5G tehnologije i tako postati pametna luka. Trajanje projekta predviđeno je na 30 mjeseci, a u tom vremenu na području luke uvesti će se sigurna, održiva i zaštićena 5G mreža.

Krajnji cilj je povećanje razine i kvalitete javnih usluga koje pruža luka i to postavljanjem 5G mreže na područje luke Ploče. Na taj način biti će omogućena vrhunska povezanost i obrada velike količine podataka, a isto tako i njihovo dijeljenje.²⁴

Na ovaj način u luci Ploče podaci će se koristiti u svrhu uvođenja sustava lociranja u stvarnom vremenu, za nadzor i manipulaciju teretom, njegovu evidenciju te prevencija mogućih incidenata. Ova tehnologija omogućiti će luci Ploče da svoje poslovne procese obavlja brže, sigurnije i sa što manjim negativnim utjecajem na okoliš.

²⁴ Luka Ploče postaje prva pametna luka u Hrvatskoj-<https://zimo.dnevnik.hr/clanak/luka-ploce-postaje-prva-pametna-luka-u-hrvatskoj---837958.html>(Lipanj 2024.)

5. ZAKLJUČAK

Može se zaključiti da su luke i poslovi koji se unutar nje obavljaju pa i poslovi koji su vezani uz luke uvijek bili važni za gospodarski razvoj. Ključ uspjeha luka je u njihovom konstantnom razvoju i prilagodbi trenutnim trendovima i situacijama u svijetu.

Tako su se luke razvijale kroz nekoliko generacija te došle do svog trenutnog razvojnog statusa, a to bi bile pametne luke. Pametne luke ulažu u svoj razvoj veliki trud da bi kroz sustave informatizacije, digitalizacije i automatizacije unaprijedile svoje poslovanje, postale konkurentnije na tržištu te zadovoljile svjetske standarde održivog razvoja. Lukama u cilju ostvarenja takvih standarda pomaže korištenje brojnih tehnologija.

Neke od tehnologija kojima se koriste pametne luke su tehnologija Interneta stvari, Blockchain tehnologija, Big Data, Digitalni bliznac, Umjetna inteligencija te 5G mreža. Ovakve tehnologije koriste kompleksne načine rada pomoću kojih luke svaka na svoj jedinstven način, jer ne obavlja svaka luka iste zadatke, dolaze do najboljih izvedbi svojih zadataka, najboljih uvjeta poslovanja i sigurnosti radnog okruženja te najboljih uvjeta za ostvarenje ciljeva održivog razvoja.

Kako su se luke i primijenjene tehnologije razvijale, razvijali su se i terminali kao dio takvih luka. Na kontejnerskim terminalima došlo je do brojnih promjena koje su utjecale na njihov rad i to nabolje zahvaljujući novim tehnologijama. Neke od tehnologija koje se koriste na kontejnerskim terminalima su automatizacija, virtualna i proširena stvarnost, pametni senzori, pametni kontejneri te RFID i WSN tehnologije. Ključno je za ove tehnologije da budu povezane te da međusobno komuniciraju i izmjenjuju podatke kako bi se uskladile operacije, smanjile gužve te kako bi se ostvarile najbolje performanse u radu tih terminala.

Može se reći da su pametne luke one luke koje u svom radu koriste nove i pametne tehnologije koje olakšavaju i optimiziraju rad u lukama na način da smanjuju gužve i brinu se o svojoj okolini. Neke od takvih luka u svijetu su luka Rotterdam, luka Hamburg, Singapurska luka, Šangajska luka, luka Le Harve HAROPA, luka Los Angeles, luka Kopenhagen Malmö, luka Valencija te luka u Barceloni dok kod primjera za Hrvatsku može se navesti luka Ploče.

LITERATURA

- Anshuman S. *What is Wireless Sensor Network(WSN)?* (23.4.2024.)- <https://www.shiksha.com/online-courses/articles/what-is-a-wireless-sensor-network-wsn-blogId-144627> (Lipanj 2024.)
- Antonio P. *Koncept pametnih luka* (2022.)- <https://repozitorij.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A2874/datastream/PDF/view> (Lipanj 2024.)
- Basma B., Jean-Francois A., Pascal F. *Smart port: a systematic literature review* (12.5.2023.)- <https://etrr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-023-00581-6> (Lipanj2024.)
- Ivana V. *Internet stvari i pametne luke* (2021.)- <https://repozitorij.pfst.unist.hr/islandora/object/pfst:1589/datastream/PDF/view> (Lipanj 2024.)
- Marikka H., Jouni S., Antti S. *Innovation in Smart Ports: Future Direction of Digitalization in Container Ports* (6.12.2022.)- <https://www.mdpi.com/2077-1312/10/12/1925> (Lipanj 2024.)
- Martina Č. *Luka ploče postaje prva pametna luka u Hrvatskoj* (14.3.2024.)- <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/luka-ploce-postaje-prva-pametna-luka-u-hrvatskoj--837958.html> (Lipanj 2024.)
- Michael D. *RFID in ports and terminals: moving towards global acceptance* (5.1.2012.)- <https://www.porttechnology.org/technical-papers/rfid-in-ports-and-terminals-moving-towards-global-acceptance/> (Lipanj 2024.)
- Rakin R. *What is smart port?* (31.8.20232.)- <https://www.porttechnology.org/news/what-is-a-smart-port-2/> (Lipanj 2024.)
- Sinay Maritime Data Solution. *Top 10 Smart Ports Around the World* (29.6.2021.)- <https://sinay.ai/en/top-10-smart-ports-around-the-world/> (Lipanj 2024.)
- Sinay Maritime Data Solution. *What is a Smart Port? Smart Port 101* (2023.)- <https://sinay.ai/en/smart-port-101-what-is-a-smart-port/> (Lipanj 2024.)
- We are 42. (2019)- <https://weare42.io/technology/> (Lipanj 2024.)

POPIS SLIKA

Slika 1: Prikaz razvojnog ciklusa luka od prve do četvrte generacije	6
Slika 2: Razvojni ciklus luka od prve do pete generacije	8
Slika 3: Slikovit prikaz tehnologija pametnih luka	11
Slika 4: Prikaz rada Digitalnog blizanca	15
Slika 5: Kontejner 42	21
Slika 6: Luka Rotterdam.....	23
Slika 7: Luka Hamburg	23
Slika 8: Luka Singapur.....	24
Slika 9: Luka Šangaj	25
Slika 10: Luka Le Havre HAROPA.....	25
Slika 11: Luka Los Angeles.....	26
Slika 12: Luka Kopenhagen Malmö.....	26
Slika 13: Luka Valencija	27
Slika 14: Luka Barcelona	28