

Integrirano upravljanje prometom

Subašić, Elvis

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Istrian University of applied sciences / Istarsko veleučilište - Università Istriana di scienze applicate**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:212:672803>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

[Digital repository of Istrian University of applied sciences](#)



image not found or type unknown



Istarsko veleučilište
Università Istriana
di scienze applicate

Elvis Subašić

INTEGRIRANO UPRAVLJANJE PROMETOM

Specijalistički završni rad

Pula, 2020.



Istarsko veleučilište
Università Istriana
di scienze applicate

Elvis Subašić

INTEGRIRANO UPRAVLJANJE PROMETOM

Specijalistički završni rad

JMBAG: 0171257013, izvanredni student

Studijski smjer: Kreativni menadžment u procesima

Predmet: Inteligentni industrijski sustavi

Mentor: mag. ing. comp. Sanja Grbac Babić, v. pred.

Pula, rujan 2020.

IZJAVA O SAMOSTALNOSTI IZRADE ZAVRŠNOG RADA

Ovom izjavom potvrđujem da sam završni rad pod nazivom “Integrirano upravljanje prometom”, napisao samostalno uz pomoć mentorice Sanja Grbac Babić v.pred., primjenjujući znanje stečeno tijekom studiranja te stručnu literaturu koja je navedena na kraju rada. Završni rad napisan je u duhu hrvatskog jezika.

Student: *Elvis Subašić*

Potpis: _____

ZAHVALA

Ovom prilikom zahvaljujem se profesorima, asistentima, osoblju na Istarskom veleučilištu u Puli te posebno svojoj mentorici i profesorici Sanji Grbac Babić.

Također, posebnu zahvalnost pridajem i svojoj zaručnici Barbari te djelatnicima Ministarstva obrane Republike Hrvatske zbog njihove nesebične podrške i pomoći.

SAŽETAK

Urbanizacija i razvoj tehnologije te pojava sve više vozila, dovodi do zagušenja prometa i smanjene efektivnosti dosadašnje prometne infrastrukture. Pojavom većih gužvi u prometu stvaraju se i veće gužve kao i produženo vrijeme putovanja, samim time se povećava potrošnja goriva i emisija štetnih ispušnih plinova. Sukladno s navedenim dolazi do potrebe boljeg osmišljavanja i rješavanja navedenog problema kroz bolju organiziranost cjelokupnog prometnog sustava upotrebom integriranih sustava upravljanja prometom. Svrha pisanja rada je ukazati i analizirati integrirano upravljanje prometom te analizirati svrhu i način kako poboljšati sigurnost u prometu zbog stvaranja što bolje efikasnosti prometa.

ABSTRACT

Urbanization and development of technology and the emergence of more and more vehicles are causing traffic congestion and reduced efficiency of transport infrastructure so far. The emergence of larger congestion on the roads creates more congestion as well as extended travel time, which in turn increases the fuel consumption and emissions of vehicle-generated exhaust gases. The purpose of writing a paper is to point out and analyze the integrated traffic management systems on the roads, what their purpose is and how they serve to improve traffic safety and to create better traffic efficiency.

KLJUČNE RIJEČI

Integrirani, inteligentni, upravljanje, promet, prometna komunikacija, prometna sigurnost, prometna infrastruktura, održivi razvoj, obalna straža, bespilotne letjelice.

KEYWORDS

Integrated, intelligent, management, traffic communication, traffic safety, transport infrastructure, sustainable development, coast guard, unmanned aerial vehicle.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Opis i definicija problema	2
1.2. Cilj i svrha rada	2
1.4. Struktura rada	3
2. INTEGRIRANI SUSTAVI UPRAVLJANJA PROMETOM	4
3. INTEGRIRANI SUSTAVI UPRAVLJANJA CESTOVNOG PROMETA.....	7
3.1.1. Kooperativni ITS koridor	9
3.1.2. Projekt LENA4ITS.....	10
3.1.3. Projekt Ko-HAF.....	11
3.1.4. Projekt aFAS	13
3.1.5. Projekt IMAGinE	15
3.1.6. Projekt eLISA.....	18
4. INTEGRIRANO UPRAVLJANJE ZRAČNOG PROMETA	22
4.1. SESAR - integrirani sustav upravljanja zračnim prometom	27
4.1.1. i4D upravljanje zračnim prometom	28
4.1.2. Sustav automatskog slijetanja zrakoplova GBAS CAT II / III	29
4.1.3. Sustavi mjerenja vremenskog intervala TBS	31
4.1.4. Sustav usmjeravanja kretanja zrakoplova na aerodromu	32
4.1.5. Sustav komunikacije i prijenosa podatka CPDLC	33
4.1.6. Sustav digitalnog informiranja letenja putem objave NOTAM-a.....	34
4.1.7. SWIM sustav razmjene podataka i informacija	35
4.1.8. Sustav AeroMACS prijenosa podataka na zračnim lukama.....	36
4.1.9. Sustav Iris Precursor komunikacije putem satelita.....	37
5. INTEGRIRANI SUSTAVI UPRAVLJANJA POMORSKOG PROMETA.....	39
5.1. VTS sustav nadzora pomorskog prometa	40
5.2. VTMISSustav za nadzor i upravljanje pomorskim prometom.....	41
5.2.1. Primjena VTMISSustav upravljanja prometom.....	43
5.3. Pomorski obalni sustav automatske identifikacije brodova – AIS.....	45
5.4. Sustav sigurnosti na moru GMDSS.....	45
6. POBOLJŠANJE SUSTAVA NADZORA POMORSKOG PROMETA NA PODRUČJU SJEVERNOG JADRANA.....	47
6.1. Integracija sustava državnih službi za upravljanje pomorskim prometom	49
6.1.1. Implementacija Obalne straže RH u nadzoru pomorskog prometa ...	51

6.1.2. Implementacija bespilotnih letjelica u upravljanju pomorskog prometa	56
6.1.3. Integracija sustava za nadzor pomorskog promet u slučaju nezgode na moru.....	57
5. ZAKLJUČAK.....	59
LITERATURA	64
POPIS SLIKA	68
POPIS TABLICA.....	69

POPIS OZNAKA I KRATICA

OZNAKA	OPIS
<i>ITMS</i>	Intergrated traffic management systems
<i>AIS</i>	Automatic identification system
<i>ISO</i>	International standard organization
<i>RF</i>	Radio frequency
<i>ITS</i>	Intelligent transport system
<i>VX2</i>	Vehicle to vehicle
<i>C- ITS</i>	Cooperative intelligent transport systems
<i>KHF</i>	Kooperatives hochautomatisiertes fahren
<i>TC</i>	Tracking control
<i>aFAS</i>	Automatisch fahrerlos fahrendes absperrfahrzeug
<i>IMAGinE</i>	Intelligente manöver automatisierung kooperative gefahrenvermeidung in echtzeit
<i>ROS</i>	Ros visualization
<i>UTM</i>	Universal time measure
<i>ADS-B</i>	Automated dependent surveillance broadcast
<i>eLISA</i>	Elektrifizierter, innovativer schwerverkehr autobahnen
<i>IATM</i>	Integrated air traffic management
<i>TBO</i>	Trajectory based operations
<i>SESAR</i>	Single european sky ATM research
<i>i4D</i>	Intelligent 4 dimension
<i>CPDLC</i>	Controller pilot datalink communications
<i>GBAS-LS</i>	GBAS landing system
<i>SEAS</i>	Single european airspace system
<i>GBAS</i>	Ground based augmentation system
<i>GNSS</i>	Global navigation satellite system
<i>TBS</i>	Time based separation
<i>NOTAM</i>	Notice to airmen
<i>MSP</i>	Meteorological service providers
<i>EFB</i>	Electronic flight bag
<i>SWIM</i>	System wide information management

<i>AIRM</i>	Aeronautical information reference model
<i>ISRM</i>	Information service reference model
<i>SWIM-TI</i>	SWIM technical infrastructure
<i>AMACS</i>	Aeronautical mobile airport communication system
<i>ASDS</i>	Aviation airport surface datalink system
<i>ANSP</i>	Air navigation service providers
<i>FCI</i>	Future communication infrastructure
<i>GANP</i>	Global air navigation plan
<i>ATS</i>	Air traffic services
<i>SB</i>	Swift Broadband
<i>SOLAS</i>	Safety of life at sea
<i>GMDSS</i>	Global maritime distress and safety system
<i>ROS</i>	Robot operating system
<i>MRCC</i>	Maritime rescue co-ordination centre
<i>MSI</i>	Maritime safety information
<i>GPS</i>	Global positioning system
<i>ECDIS</i>	Electronic chart display information system
<i>CCTV</i>	Close-circuit television
<i>ARPA</i>	Automatic radar plotting aid
<i>VPN</i>	Virtual private network
<i>IMO</i>	International maritime organization
<i>EU</i>	European union
<i>NAVTex</i>	Navigation telex
<i>AIS</i>	Automatic identification system
<i>VTMIS</i>	Vessel traffic management and information system
<i>VTS</i>	Vessel traffic system
<i>OS RH</i>	Obalna straža Republike Hrvatske
<i>POM</i>	Postaja obalnog motrenja
<i>OPRH</i>	Obavještajna pukovnija Republike Hrvatske
<i>Op Sr</i>	Operativno središte
<i>HRM</i>	Hrvatska ratna mornarica
<i>OS RH</i>	Oružane snage Republike Hrvatske

1. UVOD

Primjenom integriranih sustava upravljanja prometom (*eng. Intergrated traffic management systems*) postiže se sigurnije i učinkovitije odvijanje prometa na kopnu, moru i u zraku. Sustavi upravljanja prometom koriste moderne tehnologije kako bi unaprijedili i ubrzali prometne protoke uz povećanje sigurnosti i ostvarili smanjeno štetno djelovanje na okoliš. Unaprijeđenje i ubrzanje složenih procesa u prometu odvija se prikupljanjem podataka i daljnjom obradom kroz sustave koji djeluju na uzroke poteškoća u prometu. S obzirom da je izgradnja prometnica jako skup i složen proces nastoji se na postojeću arhitekturu unaprijediti sustave za upravljanje prometom. U radu su opisani integrirani sustavi upravljanja prometom koji su trenutno koriste u praksi i oni koji bi se trebali koristiti u bližoj budućnosti. Navedeni sustavi prikazani su kroz razne projekte koji su najčešće financirani od strane državnog proračuna iz razloga što su prometni koridori strateški interes država.

Složeni sustavi upravljanja prometom implementiraju se na način da sudionicima u prometu budu brzo dostupni i jednostavni za uporabu. Ugradnjom integriranih sustava upravljanja nastoji se smanjiti broj nesreća u prometu. S obzirom da je ljudski faktor najčešći uzročnik nesreća u prometu nastoji se pomoću sustava za upravljanja automatizirati prometne procese i tako svesti ljudske pogreške na minimum. Većom protočnošću prometa smanjiti će se troškovi prijevoza što će se pozitivno reflektirati na smanjenje troškova održavanja prometnica. Manje gužve u prometu postižu smanjenu potrošnju goriva i utjecaj štetnih plinova na okoliš. Očuvanje okoliša i sigurnosti u prometu važno je iz razloga što se povećava broj vozila u prometu. Rastom broja sudionika javlja se potreba za dugoročnim razvojem sustava za upravljanje prometom. Tehnološki razvoj zahtjeva integraciju sustava za upravljanje prometom radi lakšeg, bržeg i jednostavnijeg korištenja. Integrirani sustavi upravljanja su sustavi upravljanja koji integriraju sve komponente procesa u prometu u jedan sustav s ciljem omogućavanja ispunjavanja svoje svrhe i cilja.

1.1. Opis i definicija problema

Prometne gužve, neučinkovitost, spori transport robe i ljudi, povećanje broja nesreća, povećano zagađenje okoliša samo su jedan od problema u odvijanju nesmetanog prometa. Svi navedeni nedostaci troše vrijeme, novac i produktivnost stvarajući ekonomske troškove i gubitke. Slijedom navedenih nedostataka potrebno je integrirati sustave upravljanja sinergijom napredne tehnologije kroz simulaciju, kontrolu u stvarnom vremenu i komunikacijsku mrežu i time poboljšati mobilnost, sigurnost i protok prometa.

1.2. Cilj i svrha rada

Cilj rada je prikazati učinkovitost i korisnost primjene sustava za upravljanje u svim prometnim granama. Sigurnost i kvaliteta prometa glavni su čimbenici uvođenja tehnologija upravljanjem prometom. Time bi se doprinijelo smanjenju broja zastoja u prometu i čekanju, a što je još važnije i smanjenju broja nezgoda i stradanja. Cilj rada je prikazati i dokazati kako integracijom naprednih tehnoloških sustava možemo smanjiti sve navedene nedostatke i povećati funkcionalnost prometa. Opravdanost investicijskih ulaganja prikazuje se kroz mnogobrojne primjere primjena sustava za upravljanje u cestovnom, pomorskom i zračnom prometu. Rad opisuje upotrebe postojećih sustava upravljanja prometom, definicije funkcionalnih područja upravljanja prometom i prikazuje koncept integriranog upravljanja prometnim sustavima. Na kraju rada dati su primjeri primjene sustava za upravljanje prometom državnih službi na moru. Državne službe u funkciji osiguranja i zaštite prometnih procesa uspješno izvršavaju svoje dužnosti i kroz prikazanu integraciju sustava može se prikazati sinergijsko djelovanje. Samim time cilj rada je predstaviti poboljšanja upravljanja sustavima prometa koji su preduvjet efikasnog funkcioniranja prometnog sustava, odnosno prometne mreže, kao i mogućnost njihove integracije na kopnu, moru i u zraku. Svrha rada može se gotovo poistovjetiti s ciljem jer je svrha upoznati čitatelja sa svim nedostacima današnjeg i mogućnosti razvoja budućih planiranih sustava za upravljanje prometom.

1.3. Metoda rada

Za izradu specijalističkog završnog rada koristila se dostupna literatura te istraživački članci najviše na stranim jezicima i internet izvori. Korištene su sljedeće znanstvene metode: promatranja, deskripcije, sređivanja i komparacije. Sve dostupne informacije, spoznaje i podaci obrađeni su primjenom navedenih metoda uz korektno citiranje tuđih opažanja, stavova, zaključaka i spoznaja.

1.4. Struktura rada

Rad se sastoji od šest poglavlja.

U prvom poglavlju, odnosno uvodnom djelu napisan je opis i definicija problema, cilj i svrha rada. Napisane su i metode rada koje su se koristile pri izradi rada te je napisana struktura rada.

U drugom poglavlju opisani su pojmovi integriranog sustava upravljanja u prometu, važnost njihove upotrebe i njihova implementacija u prometne procese. Navedene su prednosti i načini upotrebe u prometu.

U trećem poglavlju opisani je rad sustava za upravljanje cestovnog prometa. Navedena je primjena postojećih i razvoj budućih sustava upravljanja prometom. Kao primjer opisani su mnogobrojnih projekti u svrhu poboljšanja cestovnog prometa.

U četvrtom poglavlju opisani su podsustavi SESAR integriranog sustava za upravljanje zračnog prometa. Opisana je primjena i razvoj sustava u budućnosti prometa.

U petom poglavlju opisani su integrirani sustavi za upravljanje pomorskim prometom, njihova primjena i način rada.

U šestom poglavlju je provedeno istraživanje u svrhu poboljšanja sustava za upravljanje prometom u području eksploatacijskog plinskog polja na sjevernom dijelu Jadrana. Prikazano je sinergijsko djelovanje brodova Obalne straže RH i bespilotnih letjelica Hrvatske vojske u cilju sprječavanja nedozvoljenih aktivnosti brodova i smanjenja nesreća na moru.

Na kraju rada nalazi se prilozi, popis literature, knjiga, izvora sa interneta, popis slika i tablica.

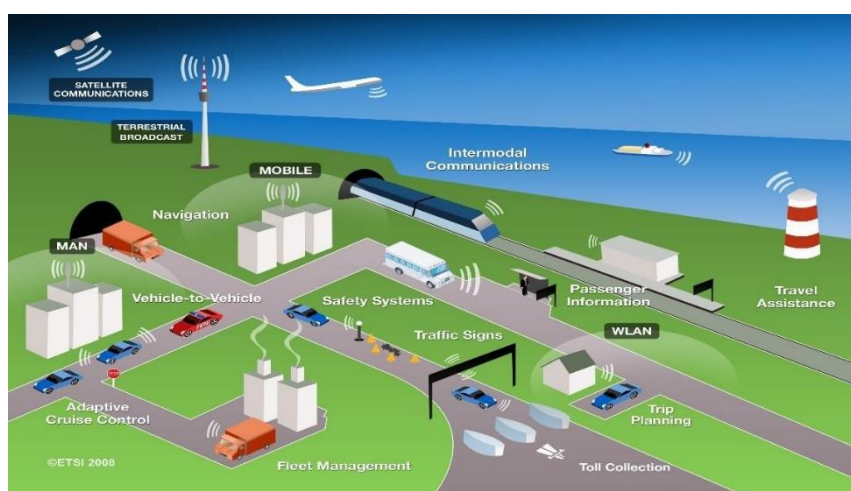
2. INTEGRIRANI SUSTAVI UPRAVLJANJA PROMETOM

Integrirani sustavi upravljanja prometom imaju svrhu strateškog upravljanja kopnenim, morskim i zračnim prometom kako bi se na učinkovit način prevozili ljudi i roba, smanjila zagušenja i onečišćenja okoliša, skratilo vrijeme putovanja te kako bi se povećala sigurnost prijevoza ljudi i robe u prometu. Integrirani sustavi upravljanja prometom koriste napredne informacijske i komunikacijske sustave koji su međusobno povezani. Služe za planiranje, upravljanje, nadziranje i prikupljanje informacija u cilju povećanja prometnih kapaciteta, veće protočnosti, povećane sigurnosti i brže povezanosti. Mjerenje broja sudionika, protočnosti i povezanosti u prometu pokazatelj je učinkovitosti upotrebe kopnenih, pomorskih i zračnih linija. Učinkovito upravljanje prometom na takav način osigurava pozitivan učinak te pridonosi većem gospodarskom, tehnološkom i ekonomskom razvoju područja u kojem se odvija promet. Povećane gužve i zagušenost prometa imaju za posljedicu pad prometa, povećanje zagađenja okoliša i cijene prijevoza ljudi i robe te povećanje troškova održavanja infrastrukture što nepovoljno utječe na socijalni i ekonomski razvoj. Definicija integriranih sustava upravljanja prometom je: „Upravljanje prometom u kojem se koriste moderne tehnologije u stvarnom vremenu pomoću kojih se upravlja prometnim tokovima, kontrolira i prilagođava promet uslijed promjenjivih uvjeta u prometnom sustavu, a u svrhu poboljšanja učinkovitosti, sigurnosti i uvjeta putovanja u cjelokupnoj prometnoj mreži.“ [1]

Integrirano upravljanje prometom otklanja navedene nedostatke s kratkoročnim vremenskim okvirom u kojima uvezani sustavi s ljudskom podrškom brzo otklanjaju eventualne poteškoće u radu. Srednjoročni sustavi za koje je potreban vremenski okvir od nekoliko sati otklanjaju se iznenadni zastoji koji su uzrokovani većim poteškoćama kao što su primjerice prometne nezgode i vremenske nepogode sa većim štetama. Dugoročno upravljanje prometnim sustavima najčešće se veže uz razine upravljanja na strateškim razinama u kojima se nastoji poboljšati prometni sustav pomoću objedinjenih i dinamičkih podataka. Sposobnost prikupljanja navedenih podataka o stanju prometnih tokova rezultirat će u konačnici stvaranju uvjeta za poboljšanjima u prometnim sustavima koje upravljaju promet. [2]

Glavni cilj izgradnje integriranih sustava upravljanja prometom je upravo integracija sustava inteligentnih transportnih sustava u jednu cjelinu. Ta cjelina će poboljšati promet kroz učinkovitije i sigurnije kretanje ljudi i robe uz prikupljanje podataka i informacija koja će rezultirati većom mobilnosti, učinkovitosti goriva uz smanjeno zagađenje okoliša. Također će povećati kapacitete transportnog sustava, mobilnosti ljudi i robe, prevencija i smanjivanje prometnih nezgoda i šteta. [3]

Integrirani sustavi upravljanja prometom prate tehnološki razvoj i njihove mogućnosti korištenja u sustavu planiranja i upravljanja kroz informatička – komunikacijska rješenja. Svaki sudionik u prometu je inteligentni sustav jer je u rukama ljudi i njegova implementacija ne poznaje granice i trenutno je nedovoljno iskorištena. Komunikacija koju može stvoriti prometno vozilo, brod ili letjelica u rukama ljudi predstavlja mogućnosti dosega najmodernijih tehnologija u sustav upravljanja prometom. Samim time osnova u daljnjem razvoju integriranih sustava vidi se u postojećim mrežnim infrastrukturama, prometnim sredstvima, upravljačkim centrima i različitim komunikacijskim – računalskim terminalima. Razvoj prometa klasičnom izgradnjom infrastrukture doveli su do problema efikasnosti i zahtjeva za novim usklađenim rješenjima u cestovnom, pomorskom i zračnom prometu, te njihovim sučeljima s mjestima odredišta kao što su gradovi i mjesta, pomorske luke i aerodromi. Slijedom navedenog u radu će se analizirati i objasniti tehnološke mogućnosti integracije prometnih sustava, primjena i održivi razvoja sustava te optimizacija procesa upravljanja prometa u svim navedenim granama prometa.



Slika 1: Proces odvijanja integriranih sustava za upravljanje prometom [43]

Integrirani sustavi za upravljanje prometom uz sve navedeno nastoje stvoriti optimalne uvjete za nesmetani protok vozila i uštedu na potrošnji goriva u kopnenom, morskom i zračnom prometu. U kopnenom prijevozu uštede se temelje na vožnji bez prevelikog zaustavljanja vozila u prometu. U zračnom prometu koriste se idealni vremenski uvjeti gdje se pojedine zračne struje iskorištavaju za uštedu goriva dok se na moru koriste integrirani sustavi za upravljanjem prometom u svrhu ostvarenja brže protočnosti brodova. Primjerice, na Jadranskom moru gdje integrirani sustavi upravljaju prometom, rješavaju zastoje prilikom neplaniranog i neopravdanog dolaska broda u luku tijekom kojih je rukovanje brodom otežano pa je snimanje i stalna komunikacijska veza sa brodovima potrebna na potencijalno opasnim mjestima. Na monitoru zapovjednog mosta naznačen je broj susreta koji se treba dogoditi određenoj udaljenosti na koju će okretnost broda biti zadovoljena. Integrirani operativni sustavi temelji se na prijenosu podataka koji sadrže identifikacijske oznake i lokacije brodova do obalnih stanica gdje se podaci analiziraju elektroničkim računalom i s kojih se podaci prenose natrag na brodove. [8]

Kritični parametri kao što su gustoća, brzina i protok prikupljaju se sustavima za upravljanje prometom i zahtijevaju procjenu prostorne srednje brzine i gustoće u realnom vremenu kao parametra ulaza za velike prostorne i vremenske pokrivenosti prometnih mreža. Sustavi prikupljaju podatke o položaju i brzini prijevoznih sredstava te prikupljene podatke koriste za optimizaciju upravljanja prometa. Cestovna vozila imaju ugrađene senzore i koriste standardni protokol bežične komunikacije sa upravljačkom jedinicom na cesti. U zračnom i morskom prometu koriste se razni odašiljači koji putem raznih radarskih, radio i satelitskih načina prijenosa šalju podatke u centar za nadzor i upravljanje prometa. U morskom prometu koriste se AIS sustavi (*eng. Automatic identification system*) instalirani u uređaje koji omogućavaju drugim brodovima identificiranje s ciljem poboljšanja sigurnosti na moru. Uređaj prima i odašilje informacije s osnovnim podacima o brodovima u okruženju. Neke od tih informacija su: naziv broda, pozivni znak, duljina, širina, gaz, pozicija, kurs, brzina, vrsta tereta, odredište i vrijeme dolaska. [10] Navedeni sustavi detaljno su objašnjeni u nastavku rada.

3. INTEGRIRANI SUSTAVI UPRAVLJANJA CESTOVNOG PROMETA

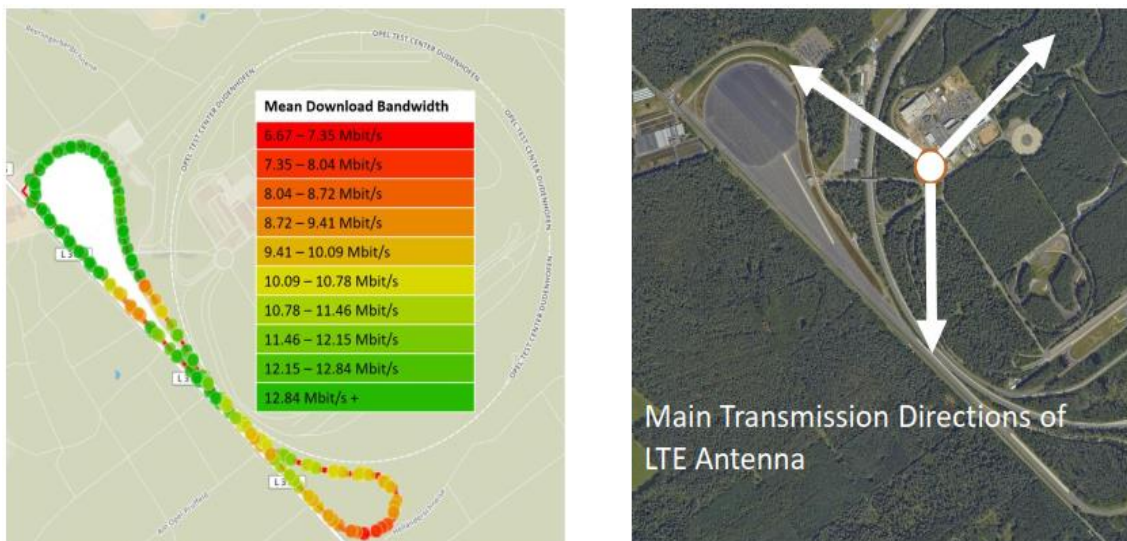
Primjena integriranih sustava u svrhu upravljanja cestovnim prometom ima ekonomske, okolišne i društvene učinke pomoću kojih nastoji stvoriti sinergijsko djelovanje prometnih sredstava u svrhu smanjenja neočekivane gužve u prometu i brža putovanja, povećane sigurnosti na cestama i integraciju cjelokupnog prometa, uključujući i javni prijevoz. Današnja primjena integriranih prometnih sustava sve se više usklađuje s međunarodnom organizacijom za standardizaciju ISO (*eng. International standard organization*) koja je odredila 11 domena njihove uporabe: [4]

1. Mogućnosti elektroničkih plaćanja transportnog prijevoza,
2. Prednost hitnih službi u prometu,
3. Informiranje putnika u prometu,
4. Elektronički pristup uporabe javnih prijevoza,
5. Nadziranje vremenskih uvjeta na prometnicama,
6. Mogućnosti prijevoza tereta,
7. Povećanje sigurnosti ljudi u prometu,
8. Upravljanje nesrećama i vremenskim nepogodama,
9. Održavanje nacionalne sigurnosti,
10. Upravljanje prometom i operacijama u prometu,
11. Uporaba prometnih vozila i sredstava prijevoza.

Svakodnevna upotreba prijevoznih sredstava na cesti zahtjeva od vozača koncentraciju i pozornost na prometne signale koji upravljaju prometom na cesti. Od vozača se zahtjeva pravovremeno zaustavljanje na semaforu, uključenje pokazivača prije skretanja vozila i mnoštvo drugih radnji koje nijedan vozač neće odraditi na isti način i u isto vrijeme. To nam govori da sudionici u prometu bez obzira koliko bili obučeni i spretni ne mogu osigurati potpunu sigurnost na cesti, ali svejedno stavljaju vlastitu sigurnost sebe i svojih putnika u povjerenje prometne signalizacije. Samim time, efikasan način upravljanja prometom kroz prometnu signalizaciju može osigurati veću sigurnost na cesti. S druge strane, neučinkovitost i neefikasan rad prometne signalizacije i raznih drugih sustava negativno utječe na sudionike u prometu jer izazivaju snažne reakcije vozača koje mogu rezultirati pogreškom u prometu i povećanju nesreća na cesti. Neadekvatno upravljanje cestovnim prometom troši

vrijeme, usporava procese u prometu, stvara moguće potencijalne ugroze za nastanak nesreća na cesti i mnoge druge negativne faktore u prometu. Istraživanje kroz primjenu upravljanja u prometu pokazuju učinkovitost u smanjenju kašnjenja, zaustavljanja, potrošnje goriva, emisije zagađivača i nesreća. [5]

Općenito sustavi integriranog upravljanja prometom sastoje se od središnje upravljačke jedinice koja je povezana s mnoštvom udaljenih terminala preko određenog komunikacijskog kanala. Središnja upravljačka jedinica spaja računalo preko sučelja s glavnim primopredajnikom. Glavni primopredajnik spaja računalnu i interfejs opremu s komunikacijskim kanalom. Svaki od udaljenih terminala koji je paralelno spojen na komunikacijski kanal, uključuje daljinski primopredajnik povezan preko sučelja opreme na uređaj za upravljanje prometom, primjerice signalnog svjetla na semaforu. Arhitektura komunikacijskih veza najčešće je u vlasništvu pojedinih mrežnih tvrtki i njihova uporaba može biti skupa, posebno za veće sustave. Shodno navedenom, potreba za integriranim sustavima za upravljanja prometom očituje se kroz ostvarenje komunikacijske veze između udaljenih centra za upravljanje i daljinskih upravljača prometa i detektora vozila. [6]



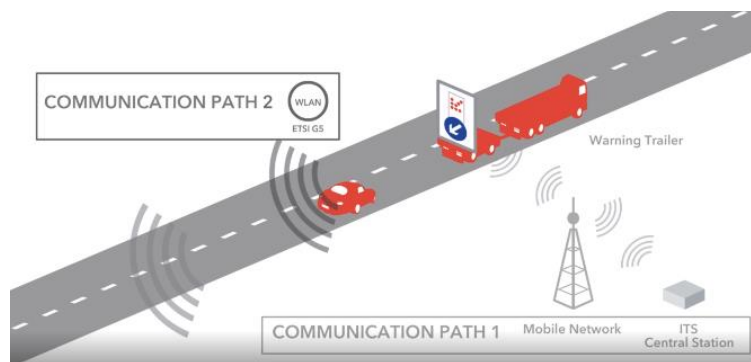
Slika 2: Pokrivenost i jačina signala komunikacijske veze projekta KO – HAF [7]

U cestovnom prometu potrebno je provoditi kontinuirano nadgledanje i kontrolu vozila u stvarnom vremenu i prostoru. Primjerice prilikom prolaska vozila hitne pomoći u prometnoj gužvi nesmetani prolaz se može ostvariti upotrebom RF (*eng. Radio frequency*) odašiljača i prijemnika. Sustav najčešće sadrži IC odašiljače i IR prijemnike koji se postavljaju na obje strane ceste. Cilj odašiljača je kontrolirati gustoću prometa pomoću mikro-upravljača. IR sustav se aktivira kad god neko vozilo prođe na putu između IR odašiljača i IR prijemnika. Mikro-upravljač kontrolira IR sustav i broji količinu vozila koja prolaze na putu. Mikro-kontroleri također pohranjuju broj vozila u svojoj memoriji. U trenutku kad vozilo hitne pomoći stigne, pripadajući semafor za prometnu traku pokazuje zeleno svjetlo, a svi ostali pokazuju crveno svjetlo. Time se promet na putu za vozilo hitne pomoći smanjuje te mu pomaže da brzo stigne do bolnice. Na osnovu različitih brojeva vozila, mikro-kontroler donosi odluku i ažurira kašnjenja na semaforu. Semafor je smješten na određenoj udaljenosti od IR sustava. Prema tome, na osnovu broja vozila, mikro-upravljač definira različite domete zakašnjenja semafora i ažurira ih u skladu s tim. Pomoću koncepta IR-a pruža se prolaz vozilima od izuzetnog prioriteta kao što su VIP i policijski automobili. U trenutku kada dođe unutar vidljivosti odgovarajućeg IR prijemnika instaliranog na udaljenosti od semafora, on će poslati signal mikro-upravljaču i tada će se na semaforu pojaviti zeleno svjetlo. [9]

3.1.1. Kooperativni ITS koridor

U cestovnom prometu jedan od pokazatelja primjene sustava za integrirano upravljanje prometom je austrijsko-njemačko-nizozemski projekt „Kooperativni ITS koridor“. Upravljanje prometom vrši se integriranim kooperativnim sustavom (*eng. ECo-AT*) čiji je cilj zajedničko stvaranje usklađenih i standardiziranih ITS (*eng. Intelligent transport system*) aplikacija s partnerima u Njemačkoj i Nizozemskoj. Njemački dio projekta koridora fokusiran je na usklađivanje službi upozoravanja na radove na cestama putem TPEG-a i ETSI G5 mreže. U Nizozemskoj se projekt usredotočuje na pružanja usluga kao što su upozorenja o radovima na cestama i prikupljanju podataka o lokaciji vozila, ostvarene maksimalne brzine i vremenu za rješavanje prometnih nesreća. Procesi planiranja upravljanja prometom na taj način temelje se na preuzimanju podataka s kontrolera semafora u svrhu stvaranja plavog vala semafora. Na takav način otkrivaju se prometne prepreke prije nego što ih sudionici uoče i oni postanu prijetnja. Takvo upravljanje tehnički se postiže kroz

integrirane sustave upravljanja prometom koji omogućuju komunikaciju između vozila i cestovne infrastrukture. Za prijam i predaju signala koristi se V2X komunikacija od vozila do vozila i od vozila do infrastrukture (*eng. Vehicle to vehicle*) pomoću C-ITS kooperativnih inteligentnih transportnih sustava (*eng. Cooperative intelligent transport systems*). Poboljšani protok informacija može značajno pridonijeti prevenciji nesreća i stradavanja na cestama. Primjerice, vozila koja se približavaju pokretnim radovima na cesti prije vremena se upozoravaju putem sustava i prikazuju točna mjesta radova na cesti koja se dalje prenose u centar za kontrolu prometa. [11]



Slika 3: Komunikacija između vozila i centra na ITS koridoru [11]

C-ITS infrastruktura prikuplja podatke od vozila i prenosi ih u centar za kontrolu prometa. Na takav način izbjegava se zagušenje optimiziranom kontrolom rute i mreže, poboljšava se upravljanje prometnim nesrećama i pristup podacima o vozilu ostvaruje izravno prikupljanje podataka na cesti. Upotrebom C-ITS tehnologije u upravljanju prometom postiže se integrirani način upravljanja prometom.

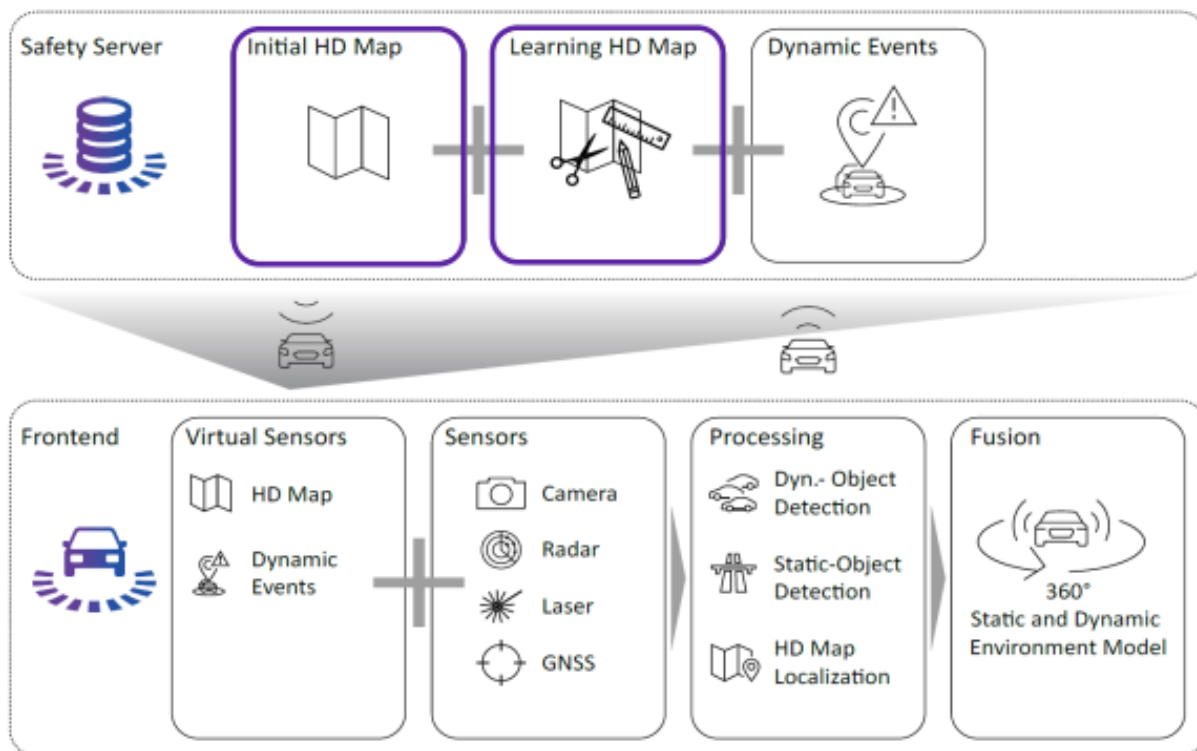
3.1.2. Projekt LENA4ITS

Projekt LENA4ITS provodi se u Njemačkoj i pruža interoperabilnost između javnog upravljanja prometom i pojedinačnih navigacijskih usluga na usmjeravanje sudionika u prometu. Projekt dugoročno pomaže u upravljanju gradskim prometom pružajući informacije za smjer kretanja vozila u gužvama. Cilj projekta je pružiti prometnim čvorovima širom Njemačke alat za jednostavan prijenos strategija na programe usmjeravanja i navigacije sudionika u prometu kako bi se poboljšala informacijska povezanost za usmjeravanje i na taj način održala mobilnost. Sustav NAVIGAR koji

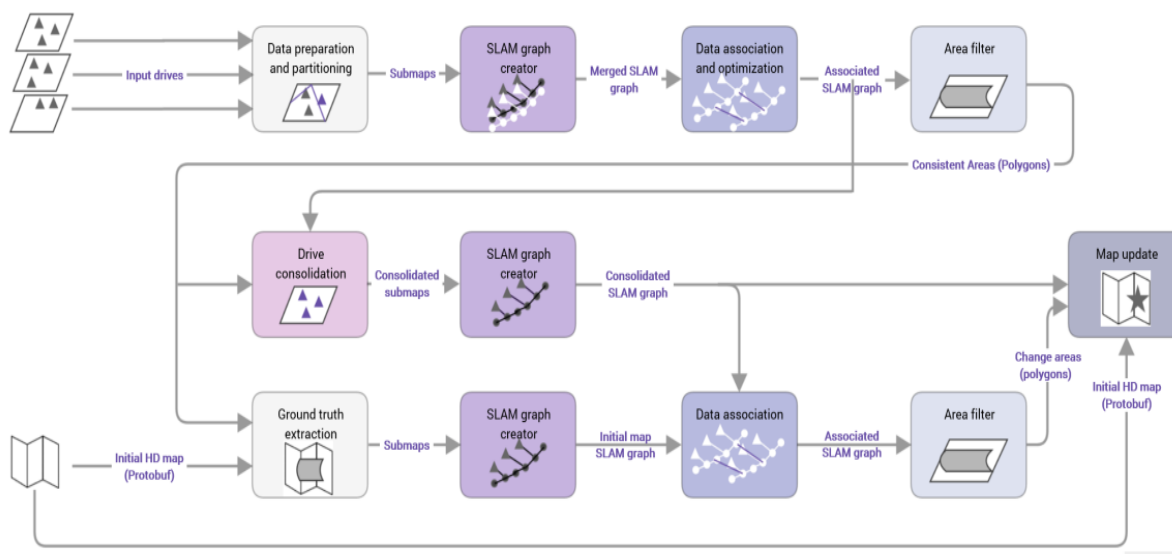
koristi LENA4ITS javni sektor u Stuttgartu ostvario je s privatnim pružateljem navigacije tvrtke Garmin strategijsku razmjenu podataka. Prijenos informacija na takav način pruža temelje za strategijski pristup prijenosa podataka javnog sektora prema sudionicima u prometu i kroz provedena testiranja ostvareni su pozitivni učinci. Kroz projekt LENA4ITS ispitane su mogućnosti za prijenos dinamičkih ruta koje mogu doći izravno do sudionika u vozilu dok se u sustavu koridora C-ITS prenosi dinamičko upozorenje radova na cesti što predstavlja veliki iskorak u tehnologiji integracije sustava za upravljanje prometom. Suradnja između javnih i privatnih tijela bitna je zbog ostvarenja sigurnosti na prometnicama posebice kod pojave klizavih cesta, prepreka, nezaštićenih mjesta nezgoda, loše vidljivosti i ekstremnih vremenskih uvjeta kroz prikupljanje informacija u bazi podataka. [11]

3.1.3. Projekt Ko-HAF

Projekt kooperativne visoko automatizirane vožnje (*njem. Kooperatives Hochautomatisiertes Fahren*) provodi se upotrebom sustava za upravljanje prometom koji pružaju visoko automatiziranu vožnju pri većim brzinama. Sustave karakterizira činjenica da vozač ne mora stalno upravljati vozilom ali mora biti u mogućnosti preuzeti kontrolu kad je to potrebno s određenom rezervom vremena. Dok se prva generacija sustava za visoko automatiziranu vožnju temeljila na najnižim rasponima brzine u jednostavnim prometnim situacijama poput zastoja na autocesti, druga generacija sustava savladava veći raspon brzina na dobro razvijenim prometnim infrastrukturama s ciljem poboljšanja sigurnosti, prometne učinkovitosti i udobnosti na cestama. Projekt Ko-HAF istražuje pozadinsko rješenje s takozvanim sigurnosnim poslužiteljem. Vozila ostvaruju komunikaciju putem mobilnog radija i vlastitih ugrađenih senzora u vozila čiji je cilj praćenje prometne trake na prometnicama (*eng. Tracking control*). Podaci dobiveni sa senzora prate liniju prometnica, kvalitetu oznaka traka ili predmeta na cesti. Na sigurnosnom poslužitelju, ovi se podaci prikupljaju, filtriraju, pohranjuju i prikazuju kroz digitalne mape koje određuju udaljenost potrebnu za sigurnu visoko automatiziranu vožnju. Komunikacija vozila se osigurava sigurnosnim serverom. [7]



Slika 4. Prijenos podataka između vozila i sigurnosnog servera [7]



Slika 5. Operacije prijensa i prikaza podataka na dinamičkoj virtualnoj mapi [7]

3.1.4. Projekt aFAS

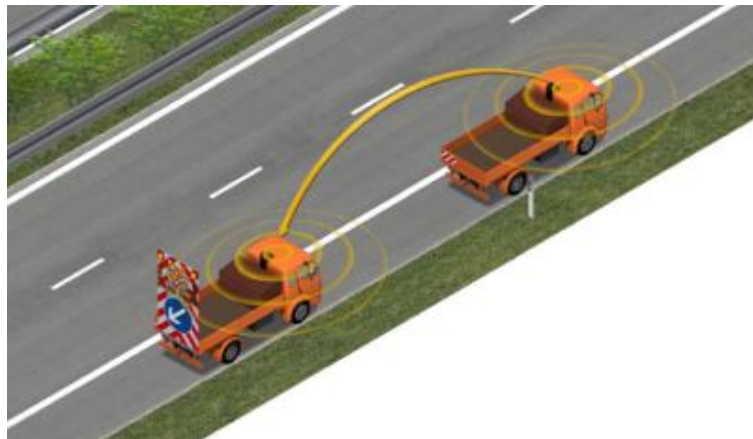
Projekt aFAS (njem. *Automatisch fahrerlos fahrendes absperrfahrzeug*) razvija automatske sustave upravljanja vozila za održavanje prometnica bez vozača i s pokretnom barijerom. Premještanje vozila za održavanje prometnica na autocestama predstavlja veliki rizik za osoblje koje izvodi radove na cesti jer se često događaju ozbiljni sudari vozila na prometnicama sa stražnjim dijelovima vozila koje održavaju prometnice.



Slika 6. Sudar neautomatiziranog vozila za održavanje prometnica [12]

Stoga je fokus projekta aFAS na automatizaciji kamiona koji upravlja samostalno, bez vozača te koristi tablu upozorenja za radove na cesti. Budući da nijedan zaposlenik ne mora biti na vozilu za održavanje, povećana je sigurnost osoblja na gradilištu. Prototip je testiran na pojedinim autocestama i pokazao je odlične rezultate. Za razvoj vozila namijenjena je široka upotreba serijskih komponenata, kako za redovnu kontrolu, tako i za provedbu aspekata funkcionalne sigurnosti. Također, ugrađeni su okolišni senzori s visokom razinom sigurnosti koji pouzdano prepoznaju objekte, prometne trake i prikupljaju podatke o karakteristikama sigurnih ruta u navedenoj prometnoj situaciji. Sustav senzora prati prijenos relevantnih informacija između radnog vozila koji se nalazi s prednje strane i sigurnosnog vozila koji se nalazi sa stražnje strane putem bežične veze. Radno vozilo ima tri načina kojim se putem WLAN mreže povezuje na ITS-G5 sustav. Radno vozilo slijedi bočnu liniju autoceste pri maloj brzini te na određenoj udaljenosti od pokretne radne stanice ispred vozila. Kada je sustav u operativnoj upotrebi, sigurnosno vozilo prati radno vozilo koje vozi naprijed pri maloj

brzini i na vrlo kratkoj udaljenosti, primjerice za prelazak traka za ubrzanje ili usporavanje. U načinu sigurnog zaustavljanja vozilo se parkira na definiranom položaju kako bi se osiguralo stacionarno radno mjesto. Takozvana aFA logika, koja se izvršava na računalu umreženom s vozilom, koordinira prijelaze između načina rada i preuzima vozni zadatak ovisno o radnom statusu. Za provedbu manevra vožnje putem aFA logike, vozilo ima ugrađen elektro - hidraulični pogon upravljanja marke Bosch, elektronički sustav kočenja marke WABCO i povezano sučelje motora s automatiziranim mjenjačem. Senzori praćenja prometne trake su tipa ZF-TRW, a radio veza i sustav upravljanja osigurava sustav MANdrive. Sustavi senzora dostupni su standardnoj verziji i čine ih kamera LGS i sigurnosni sustavi kao što su AEBS koji služe kao zamjenska razina za aFA sustav u svrhu povećanja sigurnosti na cesti. Strukturu vozila za integraciju svih ugrađenih komponenata, razvoj upravljačkih sustava za automatizirano uzdužno i bočno navođenje vozila kao i primjenu AFA logike provodi tvrtka MAN Truck & Bus AG. [12]



Slika 7. Način rada automatiziranog sustava aFAS [12]

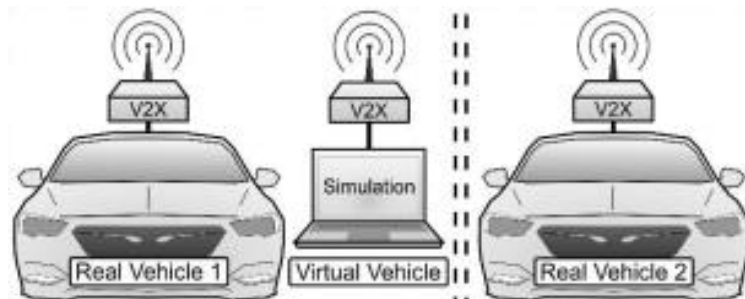
3.1.5. Projekt IMAGinE

Projekt IMAGinE (njem. *Intelligente manöver automatisierung kooperative gefahrenvermeidung in echtzeit*) predstavlja inteligentni sustav automatizacije manevriranja i izbjegavanje opasnosti na prometnicama u stvarnom remenu. Sustav razvija nove i inovativne sustave pomoću kojih se provodi automatizirana i združena vožnja vozila na prometnicama. Kooperativna vožnja znači da su vozila i prometna infrastruktura sposobni međusobno komunicirati automatiziranom razmjenu podataka. Navedenim načinom kritične se situacije na prometnicama smanjuju, a vožnja postaje sigurnija. Projekt predstavlja nove standarde za automatiziranu razmjenu podatak između vozila i prometne infrastrukture, kao i prilagodbu odlučivanja između inteligentnih sustava i ljudi. Kooperativna i automatizirana vožnja primarno se oslanja na komunikaciju V2X u kojoj se ostvaruje prijenos podataka i provođenje koordiniranih manevarskih radnji između vozila razmjenom poruka u obliku radio signala. Kako bi ove poruke bile dostupne, ne samo u svrhu obrade podataka u računalnim sustavima, već i razumljive programerima, izrađen je koncept grafičke vizualizacije. Vizualizacija je implementirana kroz sustav ROS (eng. *Robot operating system*) korištenjem alata RViz (eng. *Ros visualization*). V2X komunikacija i prijenos poruke fizički se razmjenjuju putem radija i tijekom izvršavanja združene vožnje razmjena informacija u procesu sustava V2X komunikacije koji se temelji na unaprijed definiranim porukama. Pojedine poruke su standardizirane i pripremljene za slanje. Primjer takve V2X poruke je zajednička poruka o stanju na prometnicama (eng. *CAM*), koja sadrži statističke dimenzije i dinamičke podatke prostorne pozicije i brzine vozila. Prikupljene poruke u sustavu pomažu povećanju svijesti vozača o ostalim sudionicima u prometu i situacijama u kojima je potrebno otkrivanje pojedinačnim sensorima kao što su kamere i radari. Za procesuiranje CAM poruka koristi se komunikacijski hardver waveBEE. [13]

Vizualizacija IMAGinE sustava prenosi se preko ROS sustava platforme za implementaciju softvera u svrhu ostvarenja percepcije i provedbe funkcija koordinacije i manevara vozila na prometnici. ROS sustav je poznat po svojoj visokoj modularnosti i nudi brojne pakete otvorenog koda, uključujući alate za dijagnostiku i vizualizaciju poput RViz-a i MapViz-a. Navedeni programi pružaju mogućnost za grafički prikaz

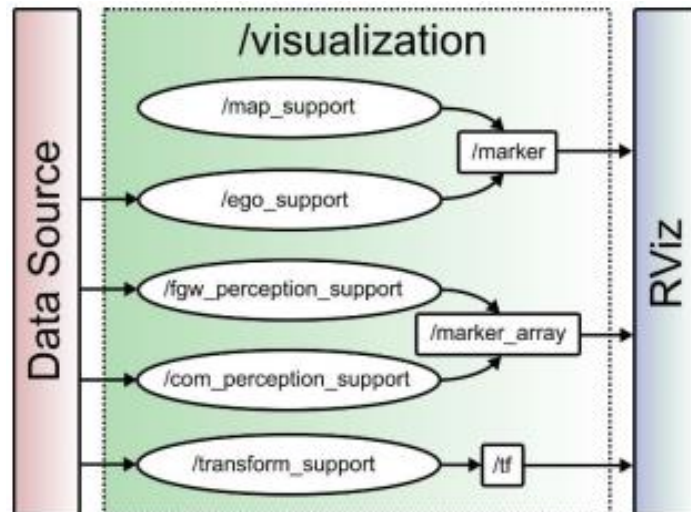
zadanih ROS poruka u obliku markera koji se mogu prikazati kao osnovni geometrijski oblici ili čak kao složene poligonalne mreže u 3D ili 2D prostoru na zaslonu. [13]

Paket RViz pokazao se kroz primjenu kao odličan alat za vizualizaciju podataka unutar ROS okvira, pružajući robusnu i jednostavnu 3D sliku za vrijeme vožnje. RViz se također pokazao kao odličan alat za sposobnost integriranja sustava u vozilo, pružajući tako jednostavan pregled sustava i podataka koji dolaze u komunikacijski sustav waveBEE. IMAGinE sustav koristi softver za simulaciju dinamike vozila pomoću alata CarMaker s proširenjem ROS sučelja [14], koji se mogu povezati na waveBEE hardver s uređajem, generirajući V2X poruke kao što su CAM-ovi. Kao rezultat toga, ova postavka pruža virtualnim vozilima iz simulacije mogućnost sudjelovanja na fizički stvarnoj V2X komunikaciji. Softver mora biti u mogućnosti grafički prikazati podatke V2X poruka koji dolaze iz drugih vozila. Stoga, vizualizacija djeluje kao jedinica kombiniranja poruka iz vozila i stvara 3D grafičko okruženje. Navedene mogućnosti otvaraju nove perspektive za inovativna ispitivanja metodologije upotrebe automatiziranih vrsta vozila. [15]



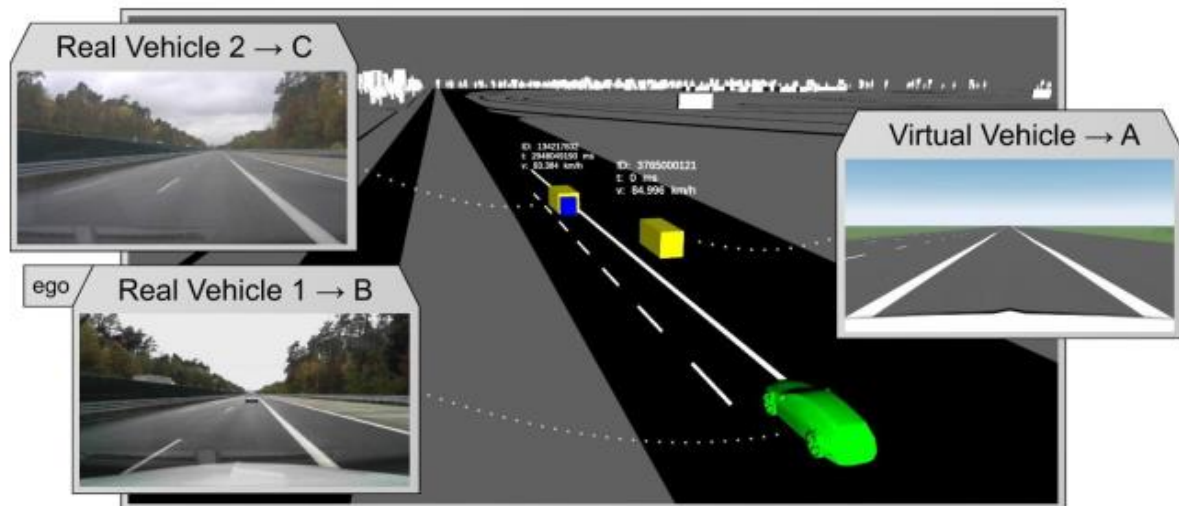
Slika 8. V2X komunikacija između vozila i hardware-a [16]

ROS čvorovi služe za vizualizaciju vozila i predmeta koje prepoznaju vanjski senzori kamera i radara na vozilu. Vizualizacija je ostvarena prikupljanjem podataka o pozicioniranju vozila prenoseći signal CAM-ovima i označavajući ih kao markere vizualizacije u RViz-u. Softver za vizualizaciju sastoji se od nekoliko generičkih komponenta - čvorova za podršku vizualizaciji. Njegov glavni zadatak je izvršiti pretvorbu poruka iz izvora podataka ROS vizualizacije poruke (*eng. visualization_msgs*), koje se preko RViz-a prenose kao 3D objekti na zaslonu. RViz prikazan na slici 10. je mrežni prolaz vozila s V2X hardverom.



Slika 9. ROS graf čvora i softver između izvora podataka i RViz-a [17]

Na slici 11. RViz slika prikazuje statično okruženje podijeljeno na prohodne površine poput prometne trake označene crnom bojom i neprohodne objekte, kao što su zgrade i drveće označene bijelom bojom. Glavno vozilo broj 1 prikazano je kao 3D model vozila, označeno je zelenom bojom i pozicionirano je na UTM koordinatama. Tako 3D prikaz RViz-a može ostati stalno usredotočen na glavno vozilo. Nadalje, ilustracija sadrži dva žuta bloka koji predstavljaju V2X objekte što olakšava komunikaciju između čvorišta. Informacije sa sadržajem prikazane su u tekstualnom obrascu iznad svakog objekta: identifikacija pošiljatelja, poruka, vremenska oznaka i brzina vozila. Dodatni objekt prikazan je kao plavi blok gdje se primjećuje preklapanje s CAM markerom vozila broj 2 i njegovo odsustvo na CAM markeru drugog vozila. Ovo je objašnjeno činjenicom da virtualno vozilo nije vidljivo za senzor kamere stvarnog vozila 1. Samim time, ostvaren je izravan grafički prikaz scenarija na poligonu, stvarajući tako vizualizaciju podataka lako razumljivom i primjenjivom za sustave upravljanja vozilom. Slika također prikazuje položaj i usmjerenja drugih vozila na cesti. Prikaz takve 3D slike ostvaren je pomoću razmjene podataka upotrebom V2X unutar ROS-a. [18]



Slika 10. Prikaz vizualizacije prikupljenih podataka na RViz sučelju [18]

3.1.6. Projekt eLISA

Projekt eLISA (njem. *Elektrifizierter, innovativer schwerverkehr auf autobahne*) predstavlja inovativno rješenje za gust promet na autocestama upotrebom električnih gospodarskih vozila. Zbog zaštite okoliša i smanjenja štetnih ispušnih plinova projekt je prihvaćen od strane država Europske unije. Planovi su temeljeni projektima ENUBA i ENUBA2 [19] u okviru kojih se financirao istraživački i razvojni rad na cjelokupnom sustavu, u područjima javnog prometa za nadzemni električni pogon teških gospodarskih vozila za teretni promet. Projekt eLISA nastoji osigurati prvi njemački električni autoput, a time i novu dimenziju u elektro-mobilnosti: ekološki prihvatljiv prijevoz kamiona duž najsuvremenije prometnice kao važne komponente za elektrifikaciju prometa teške robe. eLISA pokazuje način na koji prometni sektor može značajno doprinijeti postizanju nacionalnih ciljeva u svrhu zaštite okoliša smanjenjem ispušnih plinova. U prvom dijelu projekt eLISA je izgrađen na autocesti Hessen između čvorova Langen / Mörfelden i Weiterstadt u Njemačkoj. Uz pomoć tehničkog sveučilišta u Darmstadt, tvrtka Hessen Mobil je u roku od dvije godine izgradila sustav nadzemnih kontaktnih vodova koje koriste hibridni kamioni upotrebom nadzemnih vodova za opskrbu kamiona električnom energijom.

U drugoj fazi projekta eLISA, sustav eHighway bit će ispitan na vozilima i postojećoj infrastrukturi do kraja 2022. godine. U tu svrhu, federalno ministarstvo za okoliš, zaštitu prirode i nuklearnu sigurnost Njemačke, u početnoj će fazi testirati pet hibridnih kamiona za terensko ispitivanje. Dionica rute povezuje regionalna središta Frankfurt na Majni i Darmstadt unutar gradske regije Rajna-Majna i dio je važne veze sjever-jug u europskoj prometnoj mreži. Za teretni promet ruta je posebno važna kao veza s Cargo City South u zračnoj luci Frankfurt i industrijskom zonom Darmstadt-Nord / Weiterstadt. Odabrani ispitni put ima velik potencijal za upotrebu teških gospodarskih vozila s nadzemnim kontaktnim vodovima. S tehnološke strane sustav funkcionira na način da senzori na krovu kamiona otkrivaju postoji li nadzemni vod iznad hibridnog kamiona. Kada ih senzori prepoznaju, preklopi ugrađeni u krov s vozačeve kabine podižu se na električne vodove i opskrbljuju električni motor kamiona električnom energijom preko kojih se istovremeno pune i baterije. Sustav spajanja na električne vodove zove se pantograf i preuzet je iz željezničkog prometa. Međutim postoji razlika ako se nadzemni vod završi ili kamion pokuša prestići vozilo ispred sebe, aktivira dizel generator u kamionu. Kamioni su stoga opremljeni hibridnim načinom pogona i u bilo kojoj situaciji mogu se voziti pomoću električne energije ili na dizel gorivo. Veza s nadzemnim vodovima može se automatski uspostaviti ili osloboditi u protočnom prometu bez potrebe za smanjenjem brzine kamiona.



Slika 11. Prikaz spajanja hibridnog kamiona na električne vodove sustavom eLISA [20]

Zahtjev za ugradnjom električnog tipa prometnica proizlazi iz potražnje dostupnih ruta na mnogim područjima diljem Njemačke. Prema studiji provedenoj u federalnom ministarstvu prometa i digitalne infrastrukture Njemačke, oko 30 posto njemačke mreže autocesta može potencijalno biti opremljeno nadzemnom infrastrukturom, dok bi oko 80 posto teških kamiona registriranih u Njemačkoj moglo voziti elektrificirano s ovom tehnologijom. Također, studija koju je naručila federalna agencija za okoliš pokazuje da se do 2050. godine, prijevozne performanse željeznica mogu povećati za više od dva i pol puta u odnosu na danas. Čak i tada, 2050. godine, 60% izvedbe teretnog prijevoza i dalje bi bilo na cesti. Stoga, upotreba nadzemnih kamiona nije konkurencija željezničkom prijevozu nego je nužna nadopuna koja osigurava električni prijevoz u svrhu zaštite okoliš i smanjenja potrošnje goriva. Stoga, projekt eLISA - eHighway Hessen povezan je s ambicioznim ciljevima državne vlade. Projekt daje presudan doprinos ostvarenju vizije cestovnog teretnog prijevoza bez emisija štetnih plinova u bliskoj budućnosti. Tvrтка Hessen Mobil koja upravlja cestama i prometom, kao viša državna vlast, odgovorna je za planiranje, izgradnju i rad preko 16 000 kilometara sveobuhvatne cestovne mreže u Hessen.

Na području Rajne-Majne, njemačkog prometnog čvorišta, Hessen Mobil već dugi niz godina razvija i testira rješenja za mobilnost budućnosti te ima dugogodišnje iskustvo u provedbi velikih projekata za razvoj, ispitivanje i uvođenje inovativnih transportnih tehnologija, poput implikacije navedenog sustava kroz priloženi projekt ITS koridor Rotterdam - Frankfurt - Beč. Mjesto ispitne rute između regionalnih centara u Frankfurtu na Majni i Darmstadt također je važan čimbenik u odabiru probne rute gdje postoji velik potencijal za upotrebu hibridnih kamiona u postojećim transportnim procesima. Uz to, planirana eLISA pilot ruta nalazi se na testnom polju DRIVE u kojem Hessen Mobil već duži niz godina istražuje umreženu i automatiziranu vožnju zajedno s partnerima iz industrije i znanosti. Pilot ruta eLISA tako nudi izvrsne mogućnosti za testiranje integracije u mrežu prikazanih združenih sustava za infrastrukturu eHighwaya i testna vozila.

Na početku projekta razmotreno je nekoliko potencijalnih opasnosti koje bi mogle nastati uporabom nadzemne kontaktne linije na autocesti. Poduzimaju se razne mjere protiv opasnosti koje proizlaze iz električne struje. Kontaktne žice vode se oko jedan metar iznad dopuštene visine vozila od četiri metra. Uz to, sigurnost se osigurava upotrebom zaštitnih mjera koje su preuzete iz sustava željezničkih nadzemnih pruga. Kako bi se spriječilo da električno provodljivi dijelovi izlaze u prometno područje ako je

kontaktna žica prekinuta, instaliran je sustav koji otkriva prekid kontaktne žice i automatski isključuje pilot sustav. Također, sustav nadzemnih vodova konstruiran je tako da prekinuta kontaktna žica ne može viriti u prometno područje. Uz to, pilot sustav cjelodnevno nadzire centar za kontrolu prometa i u slučaju nužde može se ručno odspojiti i uzemljiti. Pri kočenju ili vožnji nizbrdo, električni motor unutar vozila može se koristiti kao generator za proizvodnju energije. Dobivena energija prvenstveno se koristi za punjenje baterija. Ukoliko baterija više ne može apsorbirati energiju, moguće je dovoditi energiju u sustav preko zračnih vodova. Postrojenje uključuje dvije ispravljačke stanice koje crpe energiju iz srednje naponske mreže i pretvaraju je u istosmjernu struju od 670V. Ispravljačke stanice nalaze se na parkiralištima uz prometnicu, a sustav se opskrbljuje pomoću električne energije putem podzemnih kabela. Utjecaj leda ili snijega na nadzemne vodove uklanja se sustavom za odleđivanje koji je instaliran na pilot sustavu. [20]



Slika 12. Prometna čvorišta na relaciji autoceste na kojem se koristi sustav eLISA [20]

4. INTEGRIRANO UPRAVLJANJE ZRAČNOG PROMETA

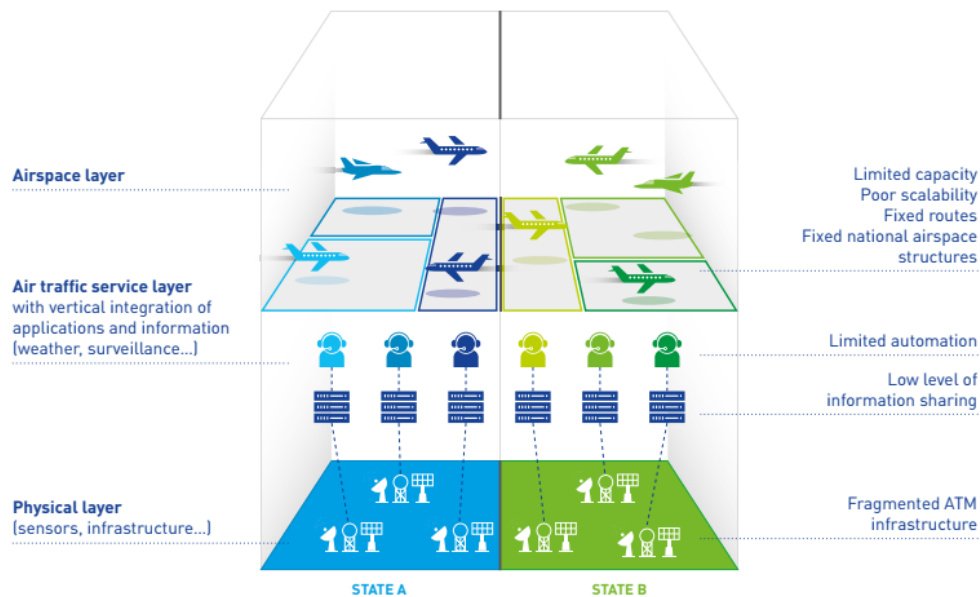
Tehnološkim napretkom u posljednjem desetljeću kroz modernizaciju infrastrukture integriranih sustava za upravljanja zračnim prometom (*eng. Integrated air traffic management*) smanjeno je 10% ispuštanja emisija CO₂. Uslijed pandemije COVID 19 virusa, zračni prijevoz je među najteže pogođenim sektorima prometa. Navedena situacija stvara pritisak na aviokompanije za uvođenje isplativijeg, elastičnijeg i prilagodljivijeg načina prijevoza ljudi. Kompanije su uvidjele strateške prednosti kroz ugradnju integriranih sustava za upravljanje zračnim prometom pomoću kojih bi se otklonili svi navedeni nedostaci te bi se postigle velike uštede na eksploataciji zračnog prometa. Potencijalni razvoj pruža se i u širem spektru primjene integriranih sustava upravljanja prometom kroz upotrebu dronova u cilju povećanja sigurnost zračnog prostora. Navedeni načini primjene integriranih sustava zračnog upravljanja prometa biti će prikazani kroz istraživački rad i primjenu takvih sustava u RH.

Koncept integriranog upravljanja zračnim prometom zahtjeva zajedničko i koordinirano djelovanje sudionika u zračnom prometu i zemaljskih postaja u svrhu ostvarenja ciljeva. Neki od njih su:

- Povećanje sigurnosti, protočnosti i uvezanosti letova u zračnom prostoru,
- Povećanje konkurentnosti prijevoza zračnim putem kroz primjenu sustava upravljanja prometom,
- Uspostavljanje učinkovitijeg i ekološki prihvatljivijeg korištenja zračnog prostora,
- Smanjene troškova pružanja usluga u zračnom prometu,
- Povećanje kapaciteta zračnih luka kroz veću protočnost aviona na stazama za polijetanje i slijetanje,
- Povećanje kapaciteta prilaznih ruta i manje čekanja u okolici zračnih luka posebice u manevarskim područjima terminala,
- Smanjene potrošnje goriva i emisija ispušnih plinova. [22]

Uvođenjem integriranih sustava za upravljanje zračnim prometom uz sve navedeno, moderniziran je način komunikacije s glasovnog načina na elektronsku razmjenu podataka između kontrolnog tornja na terminalu i pilota u zrakoplovu. Stari konvencionalni način komunikacije temelji se na prijenosu informacija glasovnim

putem i razgovorom, putem radio frekvencija. Rezultat tome je nedovoljno prihvaćanje digitalizacije od strane davatelja usluga zbog velikih troškova izgradnje sustava. Stari način komunikacije i razmjene podataka dovodi do zagušenosti komunikacijske veze, uzrokovano porastom broja zrakoplova i bespilotnih letjelica. Navedene nedostatke europska komisija za zračni program uvrstila je u program SESAR (*eng. Single European Sky ATM Research*) i nastoji ih otkloniti uvođenjem integriranih sustava upravljanja zračnim prometom što će biti objašnjeno u nastavku rada. [23]



Slika 13. Postojeći sustav upravljanja zračnim prometom u Europi [25]

Slika 14. prikazuje trenutno stanje upravljanja zračnim prometom. Područni kontrolni centri čvorišta su u globalnoj mreži određene arhitekture i koriste resurse za pohranu i razmjenu podataka, vrše isporuku usluga u upravljanju prometom i nisu integrirano povezani da mogu autonomno funkcionirati bez ljudske podrške. Ovo u osnovi utječe na razvoj mreže što znači da ako jedan čvor ima problem u protočnosti, taj problem će se i dalje širiti pa mreža djeluje s vrlo malo slobodnog prostora za pohranu. Za rješavanje navedenih nedostataka potrebno je postići optimalniji protok podataka.

U RH implementacijom sustava nadzora zračnog prometa nastoji se poboljšati učinkovitost i interoperabilnost zračnog prometa u skladu sa svim tehnološkim rješenjima za nadzor zračnog prometa koji se trenutno koriste i koji se planiraju koristiti unutar projekta SESAR. Projektom je planirano opremanje 6 zrakoplova tipa Dash-8 i 6 zrakoplova Airbus iz flote Croatia Airlinesa s navigacijskom tehnologijom, pomoću koje zrakoplovi mogu određivati svoju poziciju putem satelitske navigacije, ADS-B

prijemnikom (*eng. Automated dependent surveillance broadcast*) u svrhu poboljšanja učinkovitosti letenja, sigurnosti, smanjenja zagađenja te optimizacije i razvoja projekta SESAR. [27] Uvođenjem navedenih sustava moglo bi se doprinijeti razvoju gospodarstva, tehnološkog razvitka, zapošljavanju obrazovnog kadra i izgradnje raznih infrastruktura na zračnim lukama u RH. Kroz nacionalni program razvojem navedenih sustava može se s lokalne razine riješavati problematika na Europskoj razini i potaknuti domaće inovatore na suradnju.

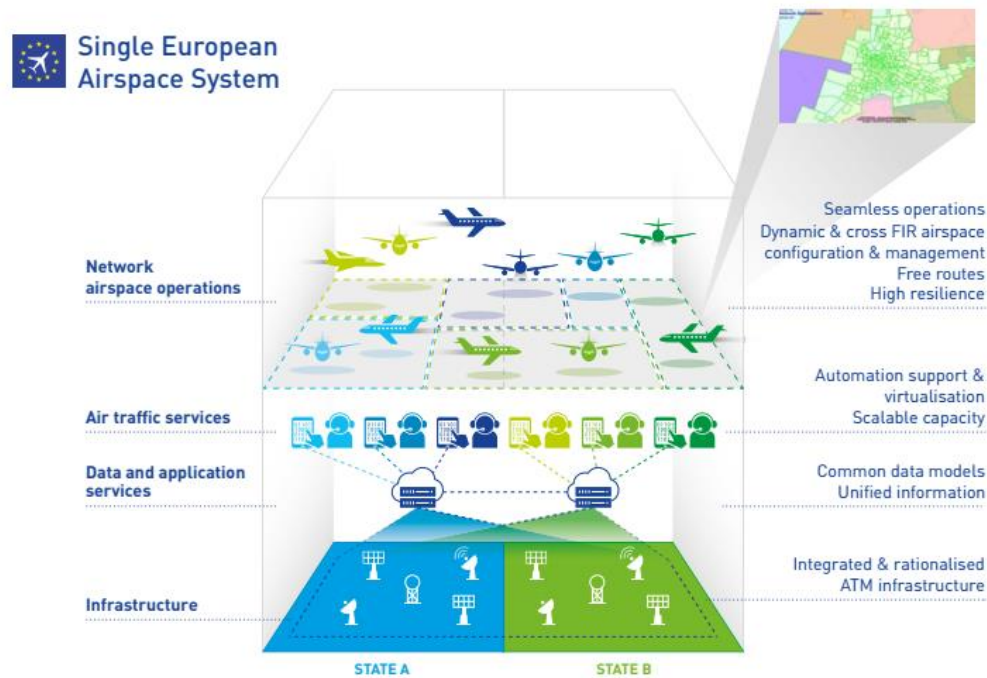
Preko 23.000 dnevnih letova koji prevoze milijardu putnika godišnje povezuju se europski gradovi, tvrtke, zajednice i kulture. [24] Stoga je zračni promet u Europi dosta zasićen i dostiže gornje granice protočnosti u zraku i na zemlji, što rezultira sve većim kašnjenjima i ispuštanjem štetnih emisija u atmosferu. Uz to, mnoštvo novih vrsta zračnih letjelica, poput dronova i putničkih mlažnjaka, uskoro će tražiti pristup zračnom prostoru što će stvoriti dodatna zagušenja u zračnom prometu. U 2018. godini udvostručeno je kašnjenje u zračnom prometu koje se može pripisati nedostacima uvođenja integriranih sustava upravljanja zračnim prostorom. Uz dugotrajnu održivost predviđa se rast zračnog prometa za sljedećih 17 godina, što će rezultirati ukupnim porastom prometa od 50%. To predstavlja rizik porasta kašnjenja dolazaka aviona od 15 puta. Slika 15. predstavlja razinu kašnjenja do 2035. godine ako se ne budu uveli integrirani sustavi za upravljanje prometom.



Slika 14. Predviđena kašnjenja i razine zagušenja uporabom trenutnih sustava [25]

Navedeni nedostaci zahtijevaju implementaciju projekta SESAR u europski zračni prostor. Kako bi se pravovremeno odgovorilo na izazove navedene u radu predlaže se uvođenje nove arhitekture koja omogućava primjenu europskog zračnog prostora za neometani promet između država članice Europske Unije. Ova nova arhitektura zabilježena je pod pojmom jedinstvenog europskog sustava zračnog prostora SEAS

(eng. *Single European Airspace System*) u kojem su povezani resursi optimizirani kroz mrežu primjene modernih tehnologija putem razmjene podataka u oblacima i cyber-osiguranim povezanim sustavima. Kroz navedeni način rada postiže se međusobna suradnja i djelovanje država kao jedne europske organizacije s zračnim prostorom u kojim bi se razmjenom usluga i podataka optimiziranim putem upravljalo zračnim prometom.



Slika 15. Prikaz načina rada sustava SEAS [25]

Predloženi sustav upravljanja zračnog prometa SEAS dio je projekta SESAR i nastoji optimizirati upotrebu zračnog prostora u mreži koja je podržana operativnim usklađivanjem i razmjenom podataka između država unutar Europe. Kako bi se osigurao rad sustava potrebno je odvojiti nadziranje zračnog prostora od pružanja usluga kako bi se omogućio novi pristup pružanja usluga upravljanja zračnim prometom.

Sustav SEAS djeluje s ciljem da omogući:

- Optimiziranu primjenu zračnog prostora, potpomognutu operativnim usklađivanjem i razmjenom podataka između država EU.
- Usklađivanje rasta kapaciteta zračnog prometa kroz sigurno i učinkovito upravljanje svim zračnim prometima na ruti.

- Usmjeravanju letova po cijelom zračnom prostoru po želji korisnika.
- Povećanje ukupne otpornosti sustava na sve vrste zračnih nezgoda, u smislu očuvanja sigurnosti, učinkovitosti i rasta kapaciteta zračnog prometa.
- Suradnju civilnog i vojnog pristupa europskom zračnom prostoru.

Sva navedena rješenja usklađena su na temelju Europskog master plana uvođenja sustava za upravljanje zračnim prometom. Integracija ciljeva objašnjena su u tablici 1. ispod teksta.

Zračni prostor i Kapacitet korištenja	<ul style="list-style-type: none"> • Optimizacija organizacije zračnog prostora - rješenja koja podržavaju uporabu zračnog prostora od strane korisnika, • Operativno usklađivanje kontrola zračnog prometa od strane terminala i načini rada kroz najbolje prikazane prakse operativnih poboljšanja, • Uporaba alata za automatizaciju i produktivnost - povećanje automatizacije na operacijama temeljene na izboru najbolje rute TBO (<i>eng. Trajectory based operations</i>) kroz kratkoročno, srednjoročno i dugoročno održavanje povećanja kapaciteta i predviđanje leta. 	Operacije temeljene na izboru najbolje rute leta. Provođi se kroz implementaciju SWIM-a i i4D ruta.
Skalabilnost i kooperativnost zračnog prostora	<ul style="list-style-type: none"> • Virtualizacija i upravljanje podacima zračnim prometom kao dio usluge - Prijelaz na virtualna središta i zajednički podatkovni sloj koji sprema podatke u virtualnu memoriju i omogućuje fleksibilnije upravljanje prometom kroz različite vrste usluga, • Dinamičko upravljanje zračnim prostorom - dinamičko grupiranje i razdruživanje sektora i upravljanje upotrebom ljudskih resursa, • Operacije usredotočene na let, gdje se primjenjuje smanjeno upravljanje od strane kontrolera a više od strane sustava, • Sektorski neovisne operacije upravljanja zračnog prometa - podrška za automatizaciju koja omogućuje kontrolerima olakšani pristup upotrebe sustava kroz obuke primjene sustava, • Poboljšanja sustava upravljanja zračnog prometa kroz primjenu infrastrukture i koncept bržeg poroka letova kroz novo komunikacijsko rješenje zrak-zemlja s više veza i nastavak razvoja globalnog satelitskog navigacijskog sustava (<i>eng. Global navigation satellite system</i>). 	

Tablica 1. Prikaz ciljeva primjene integriranih sustava SEAS unutar projekta SESAR [25]

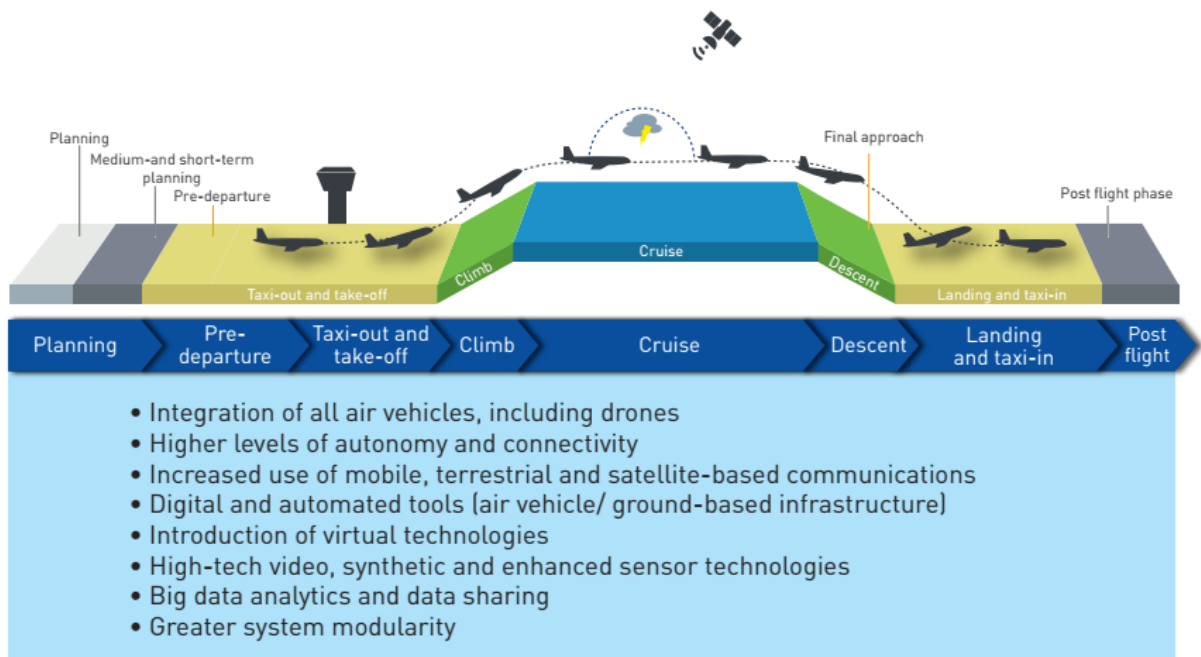
Provedena procjena utjecaja na visokoj razini temeljena je na pristupu upravljanja od vrha prema dnu menadžmenta, oslanjajući se na rezultate simulacije iz mreže virtualnih memorija, ciljeva provjere valjanosti projekta SESAR kao i izvedbe projekta kroz Europski master plan upravljanja zračnim prometom, a sve kako bi se osigurala najviša razina dosljednosti. [23]

4.1. SESAR - integrirani sustav upravljanja zračnim prometom

Projekt SESAR (*eng. Single European sky ATM research*) je najvažnija Europska inicijativa pokrenuta od strane Europske komisije 2004. godine kao dugoročni plan razvoja arhitekture i integriranih uvezanih Europskih sustava za upravljanja zračnim prometom. Projekt se bazira na predviđenim budućim potrebama za kapacitetima prijevoza ljudi i robe kao i za povećanje sigurnosti na Europskoj, ali i na lokalnoj razini razvoja država članica. Upravljanjem zračnim prometom utječe se na vrijeme, koliko, kako visoko, koliko brzo i koliko učinkovito zrakoplovi lete. Navedeni parametri određuju količinu potrošnje goriva i količinu emisija ispušnih plinova. Najbrži način smanjenja emisija ispušnih plinova zrakoplova je kvalitetnije upravljanje zračnim prometom, utvrdila je studija sa Sveučilišta Oxford. [27] Poboljšanjima kroz primjenu sustava za upravljanje zračnim prometom ostvarilo se smanjenje emisije CO₂ tijekom letova zrakoplova u razdoblju od 2008. do 2020.godine s oko 50 milijuna tona. [23]

Optimizirano upravljanje zračnim prometom dovodi do uštede emisija ispušnih plinova u svim fazama leta. Koordinacijom između zračnih luka može se odvijati kontinuirano kretanje zrakoplova i minimizirati vrijeme operacija. Stalne staze uspona i spuštanja omogućuju pilotu korištenje samo onoliko potiska koliko je potrebno, što znači sagorijevanje manje goriva za isto vrijeme leta. Danas, kada je zračni prostor zagušen, zrakoplovi su često prisiljeni da čekaju u zraku ili pri kontrolnoj brzini što dovodi do sagorijevanja dodatne količine goriva. Kroz optimizaciju, smanjit će se čekanje zrakoplova na slijetanje zbog zagušenog zračnog prostora i uštedjet će se gorivo. Visina, brzina i put zrakoplova tijekom krstarenja također utječu na učinkovitost goriva i emisije CO₂. Izbor optimalne rute leta uključuje iskorištavanje maksimalnih koristi od npr. vjetra u uvjetima kada se optimalna nadmorska visina mijenja kroz let, penjanjem ili spuštanjem do razina visine leta smanjenom potrošnjom goriva.

Zrakoplovi polijeću s punim spremnikom, što znači da moraju sagorjeti više goriva za penjanje na određenu nadmorsku visinu. Povećanjem zračnog prometa postoji potreba za penjanjem u odvojenim etapama zbog ekološki prihvatljivog načina letenja. Kada je zrakoplov dostigao određenu nadmorsku visinu odvija se krstarenje koje ovisi o raznim čimbenicima kao što su težina, domet, isplativost, vremenske prilike i zračni prostor koji se pruža do mjesta odredišta. Upravljanjem zračnim prometom može se odrediti najučinkovitija visina i brzina krstarenja do točke odredišta optimiziranim načinom sagorijevanja goriva.

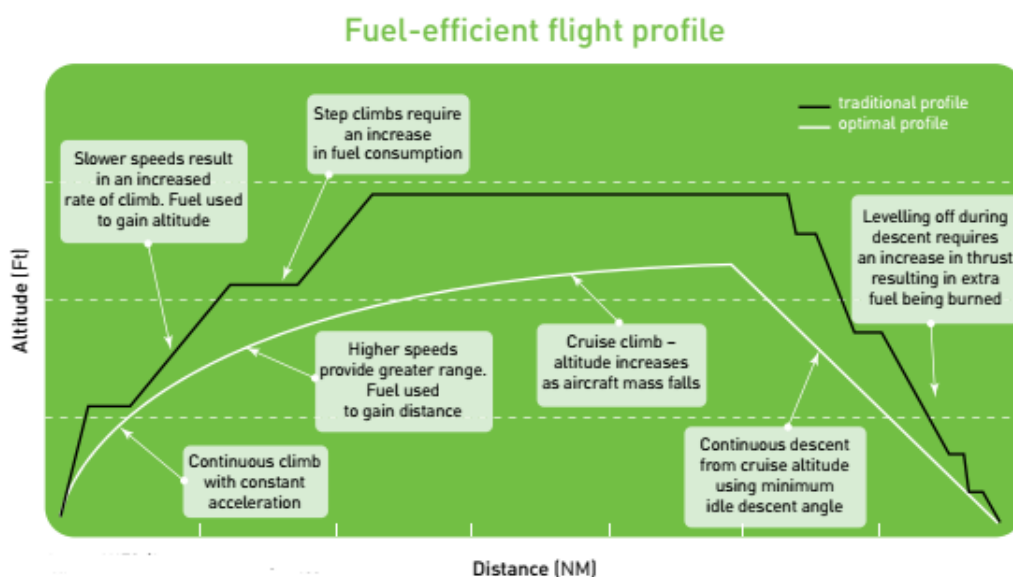


Slika 16. Prikaz izbora optimalne rute za polijetanje, krstarenje i slijetanje u sustavu SESAR [28]

Veliki dio SESAR projekata aktivno doprinose postizanju ekološke održivosti te se procjenjuje da će više od 80% projekata biti izravna podrška postizanju okolišnih blagodati.

4.1.1. i4D upravljanje zračnim prometom

Danas se kontrolori zračnog prometa uglavnom pozicioniraju na radarski nadzor zrakoplova i predviđaju putanju na temelju kursa i kretanja do vremenskog okvira od pet minuta. Radar omogućuje kontrolorima samo trenutno i jednostavno upravljanje zračnim prometom te predviđa prometne zastoje ili zagušenja, ali ne ostvaruje upravljanje prometom kroz složeni protok podataka i informacija u jednom uvezanom i integriranom sustavu. Četvero-dimenzionalno (*eng. i4D*) upravljanje putanjom letova nastoji smanjiti kašnjenja dolazaka, potrošnju goriva i emisije ispušnih plinova. Razmjena podataka o putanji između zraka i zemlje omogućuje sigurniju i učinkovitiju provedbu samog leta. Kontrolori mogu na ekranima vidjeti tlo i zračne putanje, što im omogućuje da analiziraju letove s većom preciznošću. U zraku, zrakoplov može bolje upravljati svojom brzinom što vodi do uštede goriva i manje emisija CO₂.



Slika 17. Prikaz potrošnje goriva kroz optimiziranu rutu leta [26]

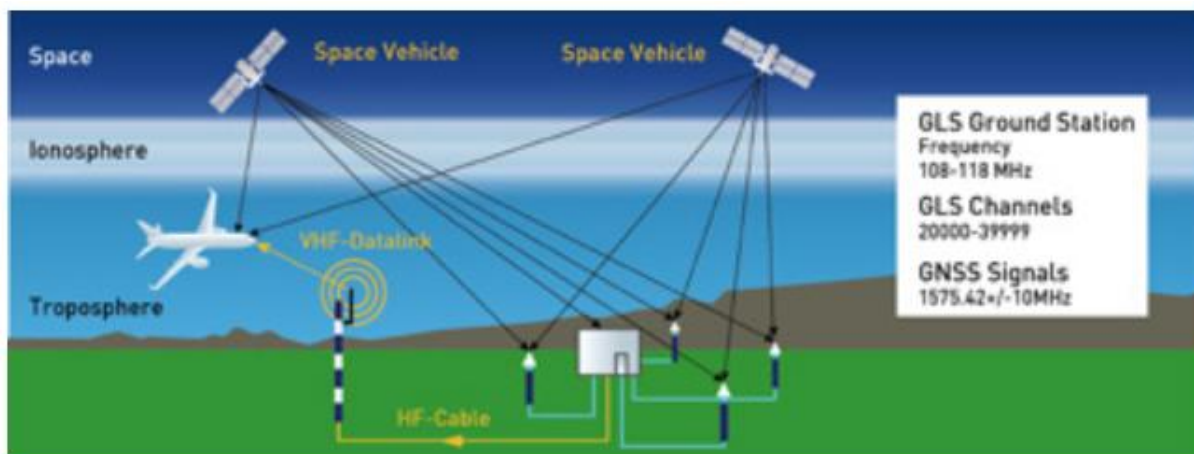
Dijeljenje putanje također znači da se sekvencama zrakoplova može upravljati s većom učinkovitošću u fazi prilaza i slijetanja, smanjujući zagušenja kod zauzeća zračne luke. Provedena ispitivanja pokazala su zrelost i robusnost i4D sustava u stvarnim vremenskim uvjetima, potvrđujući važnost sigurnosti i ekoloških dobitaka kao i povećanu predvidljivost leta i ukupnu mrežnu učinkovitost. [26]

4.1.2. Sustav automatskog slijetanja zrakoplova GBAS CAT II / III

Preko 50 godina zračne luke oslanjale su se na sustave za slijetanje zrakoplova upravljane s instrumentima od strane pilota u kokpitu. Takvi sustavi nisu omogućavali automatsko slijetanje uslijed slabe vidljivosti kao što su jaka kiša ili naoblaka. Iako su navedeni načini pouzdani i funkcionalni, zahtijevaju skupo održavanje i imaju operativna ograničenja koja smanjuju mogućnosti slijetanja u određenim uvjetima. Stoga ne čudi da se zračne luke okreću drugim rješenjima kao što su zemaljsko povećanje satelitskih navigacijskih sustava GBAS (*eng. Ground based augmentation system*), kako bi zadovoljile nove potrebe povećanja kapaciteta broja zrakoplova te kako bi smanjilo kašnjenja dolazaka. GBAS sustav koristi četiri referentna prijamnika globalnog satelitskog navigacijskog sustava GNSS (*eng. Global navigation satellite system*) i VHF odašiljački sustav. Njegov zemaljski sustav mjeri udaljenosti do GNSS-a satelita i izračunava ispravke pogrešaka i podatke o integritetu na temelju kvaliteta

signala i poznatih fiksnih položaja GNSS referentnih prijamnika. Zajedno s pristupnim putem i informacijama o kvaliteti, ispravci se emitiraju kao digitalno kodirani podaci za sve zrakoplove opremljene GNSS sustavom za slijetanje GLS (*eng. GBAS landing system*) u dometu. Zrakoplov prima te podatke, izračunava (diferencijalno) ispravljeni položaj i odstupanja od odabranog puta prilaza, omogućujući mu automatsko slijetanje u uvjetima slabe vidljivosti.

GBAS CAT II / III sustav može omogućiti precizno slijetanje pri slaboj vidljivosti i uvjetima koji pomažu u održavanju sigurnosti i kapaciteta izvođenja manevarskih radnji. SESAR-ove provjere pokazale su da GBAS CAT II / III sustav može prevladati izazove koji nastaju zbog slabe vidljivosti, smanjujući time vrijeme blokiranja piste uslijed povećanja kapaciteta dolaska (za između dva i šest zrakoplova na sat) u odnosu na trenutne sustave upravljanja temeljene na korištenju instrumenata i ručnom slijetanju zrakoplova. Izvršeno je preko 90 probnih letova korištenjem nekoliko prototipa navedenog sustava, a rezultati se koriste za pomoć u razvoju i stvaranju zajedničkih standarda na međunarodnoj razini. [28]



Slika 18. Sustav automatskog slijetanja zrakoplova GBAS CAT II / III [28]

Prednosti korištenja GBAS CAT II / III sustava u odnosu na konvencionalne sustave su: poboljšani protok zrakoplova uslijed uvjeta smanjenje vidljivosti, smanjeni troškovi održavanja u odnosu na konvencionalne sustave, povećana razina sigurnosti, smanjenje ispuštanja štetnih plinova zbog kraćeg zadržavanja zrakoplova u terminalima.

4.1.3. Sustavi mjerenja vremenskog intervala TBS

Zrakoplovi koji se približavaju kopnu dužni su održavati minimum udaljenosti razdvajanja. Te su udaljenosti fiksne bez obzira na meteorološke uvjete vjetera. Držeći se ovih udaljenosti u jakim vjetrovima, razvijaju se duži razmaci vremena između zrakoplova. To znači manje slijetanja letova na sat (smanjeni kapacitet zračne luke), što dovodi do kašnjenja i povećanog zadržavanja u prometnim vremenima, što u konačnici rezultira povećanim sagorijevanjem goriva.

SESAR-ovo vremensko odvajanje sustavom TBS (*eng. Time based separation*) zamjenjuje trenutačno razdvajanje udaljenosti vremenskim intervalima između zrakoplova kako bi se prilagodili vremenskim uvjetima. Poboļjšani sustav pruža konzistentno vrijeme razmaka između zrakoplova koji dolaze kako bi se održao kapacitet prilaza pisti. Softver TBS koristi podatke u stvarnom vremenu, brzini, smjeru i visini za prikaz vremenskog odvajanja i brzine dolaska informacija kontroloru pristupa. U zrakoplovu nisu potrebne promjene, ali kontroler koristi indikatore razdvajanja u stvarnom vremenu za upravljanje konačnim pristupima odvajanja zrakoplova.

Istraživanje TBS sustava uključivalo je analizu putova dolaska preko 100 000 zrakoplova koji koriste najsuvremeniju opremu za mjerenje u svakodnevnoj upotrebi na aerodromu London Heathrow gdje se sustav pokazao da u uvjetima jakog vjetera donosi do pet dodatna slijetanja zrakoplova s TBS-om na sat u usporedbi s tradicionalnim postupcima razdvajanja na temelju udaljenosti. TBS rezultira prosječnim smanjenjem od 0,9 minuta vrijeme zadržavanja i prosječno smanjenje od 1,4 minute između vremena ulaska u slijetanje i doticaja sa pistom. TBS se trenutno koristi u punom kapacitetu na aerodromu London-Heathrow od ožujka 2015. London-Heathrow je tako ostvario smanjenje zadržavanja kroz dolaske zrakoplova za jednu minutu, smanjenje emisije ispušnih plinova od 4700 tona i uštedu goriva zrakoplovne tvrtke u iznosu od 2,9 milijuna eura.



Slika 19. Prikaz sustava vremenskog odvajanja zrakoplova TBS [28]

Prednosti korištenja sustava vremenskog razdvajanja zrakoplova TBS su: povećani kapacitet slijetanja zrakoplova posebice uslijed otežanih vremenskih uvjeta, smanjenje čekanja na prilaznim zonama zračnih luka što dovodi do smanjenja goriva i emisije ispuštanja štetnih ispušnih plinova u atmosferu, povećana situacijska svijest pilota kroz samo vrijeme letenja i slijetanja zrakoplova. [28]

4.1.4. Sustav usmjeravanja kretanja zrakoplova na aerodromu

Sustav usmjeravanja kretanja zrakoplova na aerodromu također je sastavni dio SESAR sustava i radi na principu automatskog generiranja ruta koje zrakoplovi koriste na pistama aerodroma i zatim ih prikazuju na radnom položaju regulatora na kontrolnom tornju. Softver koristi planove leta i trenutne operativne podatke za izračunavanje optimalnih ruta za svaki zrakoplov na pisti. Također izračunava vrijeme kretanja koje se zatim može koristiti za potrebe planiranja odlaska. Kontroler može grafički urediti rutu prije nego što je glasom preda pilotu zrakoplova, ili mogućnosti prijenosa putem datalink-a. Generiranjem elektroničkog plana rute, informacije se mogu dijeliti ne samo s pilotima već i sa zrakoplovnim operativnim centrom, kontrolom zračnog prometa i drugim operaterima na uzletištu. Manje je sklona pogreškama od planova ruta dogovorenih isključivo na temelju komunikacije kontrolor/pilot, što povećava produktivnost usluga zračne navigacije. Plan rute također je dostupan za upotrebu s drugim rješenjima, poput poboljšanih smjernica alata za pomoć (putem pomicanja zračnih luka u zrakoplovima i vozilima ili putem osvjjetljenje uzletišta) kako bi se pružile upute za vođenje pilota na uzletišta.

Ispitivanja su otkrila smanjenje varijabilnosti između planiranog i stvarnog vremena kretanja u usporedbi s trenutnim metodama rada. Učinkovitost površinskih operacija poboljšana je budući da piloti mogu dobiti optimalne planove ruta. Sigurnost je također poboljšana, posebno u slaboj vidljivosti jer se kontrolori mogu osloniti na grafički prikaz ruta dodijeljenih zrakoplovima. Odabir najprikladnije rute od polazne točke do piste ili od pista do dolaznih točke ovisi o rasporedu zračne luke, tipu zrakoplova, operativnom ograničenju kao što su zatvorene staze, rute dolaska, planiranje odlaska kroz informacije ciljanog vremena uzlijetanja zrakoplova. [28]



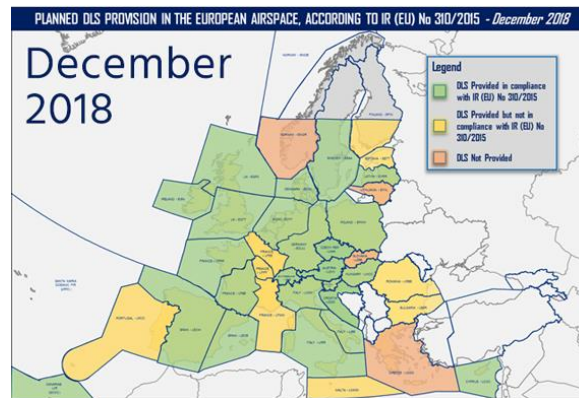
Slika 20. Prikaz sustava za usmjeravanje kretanja zrakoplova na aerodromu [28]

Prednosti korištenja navedenog sustava usmjeravanja kretanja zrakoplova na aerodromu su: poboljšana predvidljivost kretanja zrakoplova na aerodromu uslijed slijetanja ili polijetanja, povećana sigurnost kretanja zrakoplova na aerodromu, povećanje kapaciteta zrakoplova na pisti aerodroma, poboljšano vrijeme upravljanja kretanja zrakoplova na pistama i prilaznim stazama aerodroma što omogućava veću protočnost i smanjeno potrošnju goriva i ispuštanja štetnih ispušnih plinova.

4.1.5. Sustav komunikacije i prijenosa podatka CPDLC

Konvencionalna uporaba radio kanala između kontrolnog tornja i pilota zrakoplova postaje sve više i više zagušena posebice tijekom razdoblja povećane gužve u zračnom prometu. Ipak, većina prijenosa su rutinske razmjene podataka između kontrolora i pilota u svrhu potvrđivanja uputa za odobrenje slijetanja, polijetanja i kretanja na pistama aerodroma. Sustav datalink CPDLC (*eng. Controller pilot datalink communications*) pruža učinkovitiji način komunikacije za prenošenje poruka i manje je sklon pogreškama. Zrakoplovi već koriste jednu vrstu datalink komunikacije u preookeanskom zračnom prostoru za slanje ažuriranja položaja i zahtjeva promjena ruta, a tehnologija kroz novi sustav pruža upute prije polijetanja pilotima zrakoplova. SESAR sustav ostvaruje razmjenu poruka na aerodromu pomoću komunikacije datalink-a između kontrolora i pilot uporabom CPDLC sustava na zrakoplovima. Usluga je podržana na pojedinim aerodromima s naprednim radnim položajima kontrolora i integrirana je kroz protokole i operativne postupke. Dostava podataka i odobrenja putem podatkovne veze tijekom faze kretanja zrakoplova poznata je kao D-TAKSI usluga. Rješenje ima za cilj smanjiti glasovne komunikacije razmjenom poruka između kontrolora i letačke posade putem datalink-a. Radio prijenos informacija je i

dalje dostupan u uvjetima kada je potrebno ostvariti prvi kontakt s kontrolorom za radijsku provjeru ili vremenski kritične razmake za postrojavanja prije polijetanja zrakoplova. Cilj uvođenja navedenog sustava komuniciranja je poboljšanje sigurnosti kretanja zrakoplova na prilaznim stazama aerodroma. [28]

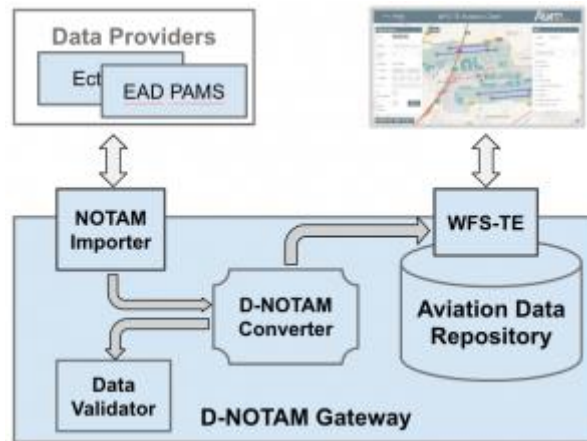


Slika 21. Prikaz provedbe komunikacije datalink-a u zemljama EU [28]

4.1.6. Sustav digitalnog informiranja letenja putem objave NOTAM-a

Trenutno informiranje pilota zrakoplova prije leta provodi se kroz izvješćivanje obavijesti s informacijama o zoni letenja, visini letenja i vremenu letačke aktivnosti zrakoplovcima. Takav način informiranja naziva se NOTAM (*eng. Notice to airmen*) i uključuju nedavna vremenska izvješća i prognoze MET (*eng. Meteorological service providers*) koje moraju biti integrirane u konsolidiranu operativnu sliku. Dokumenti ne zadovoljavaju današnje potrebe zračnog prometa za pravodobnim i točnim ažuriranje zrakoplovnih i meteoroloških podataka. Uvođenjem digitalnog NOTAM-a i MET podataka, informiranje bi se moglo radikalno poboljšati. Zrakoplovi su sve više opremljeni uređajima za elektroničko informiranje EFB (*eng. Electronic flight bag*) koji podržavaju informiranje pilota pred samu letačku aktivnost u digitalnom obliku. Informiranje prije leta moglo bi se održati izravno na EFB-u, primajući ga u digitalni obrazac koji se s vremenom ažurira kroz podatkovnu vezu tijekom leta. Primanje digitalnih zrakoplovnih podataka, uključujući NOTAM i MET podatke, omogućeno je pomoću sistemskog upravljanja informacijama SWIM (*eng. System-wide information management*) i putem digitalnih NOTAM-a. SWIM razmjena informacija i digitalnih NOTAM-a mogu podržavati grafički prikaz podataka kao što su meteorološke karte i interaktivne mape sa prikazima podataka za vrijeme leta zrakoplova. Digitalizirani

podaci također se mogu provjeriti i automatski pohraniti za razliku od današnjih informacijskih sustava sa ograničenjem arhiviranja podataka. Simulacijama u stvarnom vremenu procijenjena su poboljšanja informiranosti pilota kroz uporabu navedenog sustava temeljenog na digitalnim NOTAM-ima, digitalnim MET podacima o upravljanju protokom zračnog prometa s ciljem poboljšanja situacijske slike pilotu i smanjenje vremena informiranja. [28]

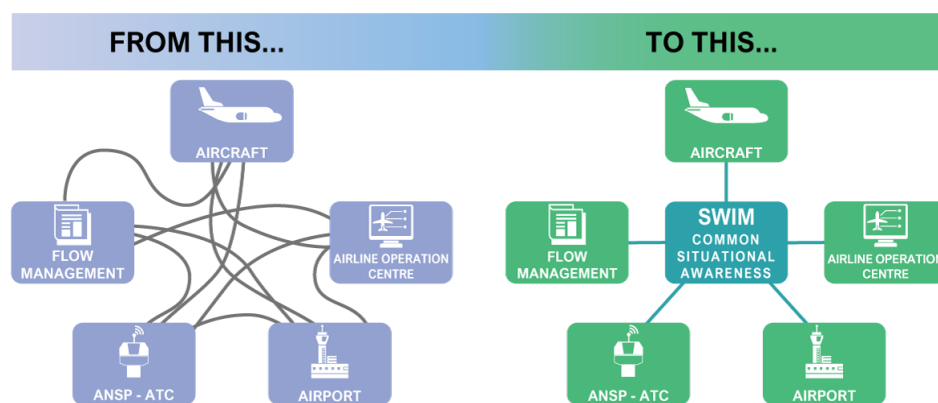


Slika 22. Proces prikazivanja digitalnih NOTAM-a i MET podataka na interaktivnoj mapi [28]

4.1.7. SWIM sustav razmjene podataka i informacija

SESAR sustav također nastoji implicirati i novi pristup razmjeni informacija koji se naziva SWIM (eng. *System wide information management*). SWIM omogućuje jednostavan pristup podacima i razmjeni između svih pružatelja i korisnika usluga upravljanja zračnim prometom. Cilj SWIM-a je integrirati sve navede podatke i pružiti ih korisnicima u virtualnom izdanju kroz virtualnu mapu. Temelji se na uslužnoj orijentiranoj arhitekturi te otvorenim i standardnim tehnologijama putem povezivanja preko navedenog datalink-a. Takav pristup razmjene podataka uvodi potpuno novi način rada koji se nalazi u navedenoj cloud tehnologiji preko 5G internet mreže i putem satelita. SWIM tehnološko rješenje pruža koherentan niz specifikacija za podršku standardizacije u kontekstu implementacije SWIM-a. Način rada pruža ključne elemente u upravljačkom SWIM sustavu gdje je omogućeno osiguranje interoperabilnosti za sljedeći način prijenosa podataka: [28]

- Referentni model zrakoplovnih informacija AIRM (*eng. Aeronautical information reference model*) za osiguranje semantičke interoperabilnost.
- Referentni model informacijske usluge ISRM (*eng. Information service reference model*) za osiguranje organizacijske interoperabilnosti.
- Profila tehničke infrastrukture SWIM TI (*eng. SWIM technical infrastructure*) i arhitekture koja omogućuje tehničku interoperabilnost;
- SWIM registar za poboljšanje vidljivosti i dostupnosti informacija i usluga upravljanja zračnim prometom putem SWIM-a.



Slika 23. Prikaz rada SWIM sustava u odnosu na konvencionalni način prikupljanja podataka [28]

4.1.8. Sustav AeroMACS prijenosa podataka na zračnim lukama

Kao što je prethodno navedeno komunikacija postaje zasićena na području Europskog zračnog prometa zbog sve većeg broja zrakoplova i gustoće prometa. Situacija je posebno zagušena na području zračnih luka gdje je velika koncentracija zrakoplova u kombinacijama s operacijama prije i poslije leta u kojem se zrakoplovi sve više oslanjaju na podatkovne komunikacije. Zrakoplovni mobilni zračni komunikacijski sustav AeroMACS (*eng. Aeronautical mobile airport communication system*) nudi rješenja za rasterećenje zagušenih komunikacija putem VHF datalink-a u okruženjima zračnih luka. Tehničko rješenje AeroMACS-a temelji se na komercijalnoj upotrebi 4G tehnologija i koristi IEEE 802.16 WiMAX (*eng. Aviation airport surface datalink system*) standard. Dizajniran za rad u sustavu rezerviranih (zrakoplovnih) frekvencijskih opsega, AeroMACS se može koristiti za prijenos podataka pružateljima usluga u letu sustavom ANSP (*eng. Air navigation service providers*), korisnicima zračnog prostora

i komunikacije zračnih luka, u skladu s budućim konceptom SESAR-ove komunikacijske infrastrukture FCI (eng. *Future communication infrastructure*). AeroMACS je međunarodni standardni sustav koji podržava globalno usklađenje sa svim zemljama u svijetu i dostupnosti prijenosa informacija putem ICAO-ovom globalnom planu zračne plovidbe GANP (eng. *Global air navigation plan*). SESAR sustav je proveo koncept sustava u uporabi na pojedinim zračnim lukama kroz simulacije, razvoj prototipova i testiranja u laboratorijskim uvjetima, kao i na licu mjesta u zračnim lukama kroz operacije leta zrakoplova. [28]

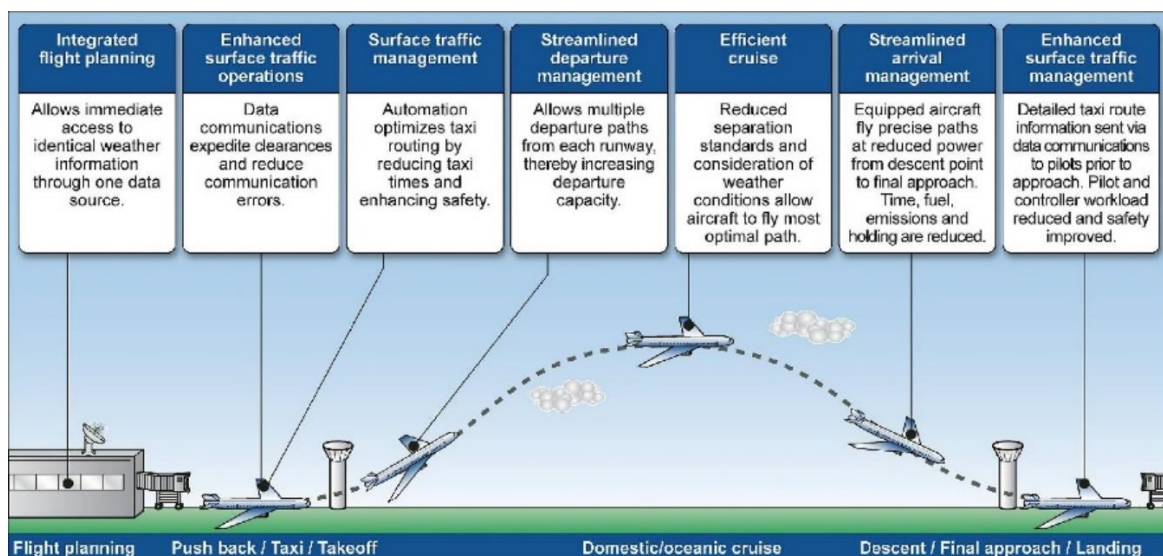


Slika 24. Način prijenosa podataka putem sustava AeroMACS [28]

4.1.9. Sustav Iris Precursor komunikacije putem satelita

Korištenje podatkovne veze putem sustava ATS (eng. *Air traffic services*) naziva se projekt Iris Precursor. Sustav povezivanja ostvaruje prijenos informacija podatkovnih veza putem satelitske i tehnološke arhitekture za podršku četvero-dimenzionalno i4D upravljanju zračnom prostoru. Tehnologija se može koristiti za prijenos podataka i ostvarenom komunikacijom zrak - zemlja za i4D operacije, povezivanje zrakoplova i upravljanja zračnim prometom putem postojećih zemaljskih sustava. Iris Precursor dizajniran je da rasporedi zrakoplovne komunikacijske usluge temeljene na postojećoj satelitskoj mreži SBB (eng. *Swift broadband*) iz Inmarsat sustava raspodjele satelita. Cilj je povećati postojeću VHF mrežu datalink-a i sposobnosti komunikacijskih usluga u Europi kako bi se povećala pouzdanost i kapacitet te uspostavila satelitska komunikacija kao dio ključne komponente u budućem okruženju komunikacija za upravljanje zračnim prometom. Ovo rješenje također nudi alternativnu opciju

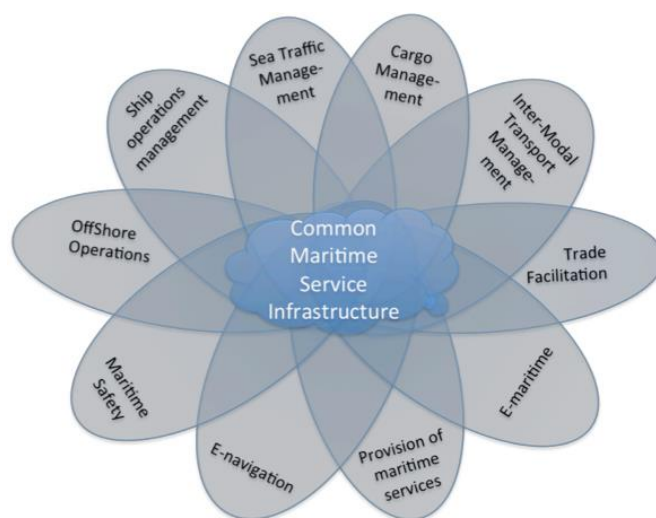
povezivanja putem datalink-a za zrakoplove koji su već opremljeni SATCOM sustavima. Pokusno ispitivanje leta kroz uporabu SESAR sustava pokazalo je da usluga Iris Precursor može pružiti komunikacijske performanse potrebne za datalink razmjenu podataka za upravljanje i4D operacijama. Točnije, pokazalo je kako se automatski ovisan nadzor i4D operacija (ADS-C) može uspješno održavati s dva centra ili terminala za kontrolu zračnog prometa preko dva sata. Tijekom tog vremena generirana su izvješća i4D ADS-C o događajima koji su rezultirali preusmjeravanjem putanja i ostvarenih ažuriranja približno svakih 20 sekundi s 20 putnih točaka. Uz to razmjenjena putanje putem i4D operacija, razne komunikacijske veze između kontrolora i pilot sustavom CPDLC tijekom leta, razmijenjene su poruke s izvanrednim performansama povratnog putovanja u vremenu manjem od dvije sekunde tijekom trajanja leta. [28]



Slika 25. Prikaz rada sustava Iris Precursor [28]

5. INTEGRIRANI SISTAVI UPRAVLJANJA POMORSKOG PROMETA

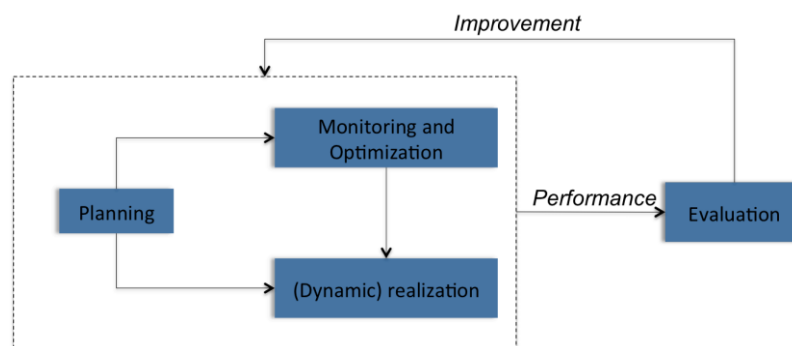
Upravljanje pomorskim prometom ključno je za sigurno i učinkovito prevoženje ljudi i robe brodovima. Za ostvarenje učinkovitog upravljanja pomorskim prometom potrebno je osigurati nesmetanu komunikaciju između brodova i luka, predvidjeti prometne tokove i osigurati pravovremenu reakciju od strane državnih službi na moru u slučaju pomorskih nesreća. Države potpisnice SOLAS konvencije (*eng. Safety of life at sea*) kojom se na međunarodnoj razini definira uspostavljanje sigurnosti upravljanja brodovima u pomorskom prometu uspješno ostvaruju provođenje svih vrsta pomorskih operacija u cilju ostvarenja sigurnosti na moru. Također, svjetski pomorski sustav pogibelji i sigurnosti na moru GMDSS (*eng. Global maritime distress and safety system*) osigurava uspostavljanje kvalitetnih i pouzdanih komunikacijskih veza između brodova te između brodova i obale u svrhu povećanja stupnja sigurnosti ljudskih života na moru. Povećavanje kapaciteta pomorskog prometa zahtijeva učinkovito upravljanje prometom putem integriranih sustava kako bi se smanjio rizik od nesreća (tj. sudara), smanjila zagušenja i poboljšala integracija brodarstva u logistički lanac, pružanjem poboljšanih suradnja i razmjena informacija između sudionika uključenih u prijevoz ljudi i robe pomorskim putem. Kako bi se brodovima pružila maksimalna pomoć u slučaju havarije, uvelo se potrebno javljanje brodova nadležnim tijelima obalnih država. Na taj su način koordinatoru traganja u svakom trenutku dostupni osnovni podatci o brodovima koji plove u njegovoj zoni odgovornosti te je moguća žurna reakcija u slučaju pomorskih nezgoda i havarija. Obveza uspostavljanja takvog sustava propisana je Međunarodnom konvencijom o traganju i spašavanju iz 1979. godine. [30]



Slika 26. Različiti pomorski zahtjevi za ostvarenjem uspostave sustava upravljanja prometom [31]

Integrirani sustavi za upravljanje pomorskim prometom ostvaruju sljedeće ciljeve:

- Situacijska slika na moru u svrhu smanjenja broja nesreća, optimizirano korištenje resursa, osiguranje nesmetanog prolaza brodova;
- Predvidljivost dolazaka i odlazaka u kojima razmjena informacija omogućava bolje planiranje sudionika u procesima ukrcaja i iskrcaja ljudi i tereta gdje se postiže smanjenje praznog hoda čekanja brodova u lukama,
- Pravovremene operacije (omogućujući sudionicima i pružateljima usluga učinkovitiju organizaciju za upravljanje kretanjem brodova, lučkim resursima i ostalim plovnim objektima);
- Sposobnost inovacija u ekosustavu (povećanjem dostupnosti robe i usluga po smanjenoj cijeni prijevoza i očuvanje okoliša zbog manjeg ispuštanja emisija štetnih plinova. [31])



Slika 27. Osnovni procesi upravljanja morskim prometom [31]

5.1. VTS sustav nadzora pomorskog prometa

Početni oblik uvođenja tehnologija za upravljanje pomorskim prometom temelji se na upotrebi radara kao sredstva za prikupljanje podataka i radio telefonije putem VHF uređaja za prijenos informacija i obavijesti brodovima od strane službi za nadzor prometa. Takav sustav nadzora pomorskog prometa naziva se VTS (*eng. Vessel traffic system*). Sustavi su brodovima pružali informacije o plovidbenim, meteorološkim i drugim upozorenjima, a kasnije su se razvili sustavi upravljanja prometom i pomoći u navigaciji što će biti prikazano u nastavku rada. VTS sustav razvio se u okviru međunarodne pomorske organizacije IMO (*eng. International maritime organization*) i svojim radom osigurava identifikaciju i aktivni nadzor brodova, planiranje kretanja brodova, pružanje navigacijskih informacija i pomoći u sprečavanju onečišćenja kao i

koordinaciju uslijed onečišćenja te pružanja podrške i pomoći u traganju i spašavanju ljudi na moru.

VTS sustav pokriva određena područja u kojem provode sljedeći ciljevi: [33]

- područje nadzora u kojem se prati promet i šalju upozorenja na potencijalne prijetnje na moru bilo od drugih brodova ili nepovoljnih vremenskih uvjeta;
- područje upravljanja brodovima gdje se nadzire dolazak i odlazak brodova iz luka, odredišta brodova i regulacije brzine u lučkom području;
- područje manevriranja gdje se nadzire kretanje prometa, bez utjecaja na odluke zapovjednika broda osim u slučaju neposredne i ozbiljne opasnosti.
- područje zabranjene plovidbe gdje je zabranjena plovidba brodovima radi opasnosti od nesreća na moru.

Slijedom navedenog, zadaće VTS sustava u području upravljanja su: [34]

- nadzirati pomorski promet,
- prihvaćati izvještaje o odlasku/dolasku brodova,
- odobravati devijacije (promjene),
- prenositi informacije o sigurnosti plovidbe,
- odobravati odobrenja i dopuštenja,
- pružati pomoć kada je to opravdano iz sigurnosnih razloga,
- upozoravati u slučaju potencijalne prijetnje.

5.2. VTMS sustav za nadzor i upravljanje pomorskim prometom

Sustav nadzora i upravljanja pomorskim prometom VTMS (*eng. Vessel traffic management and information system*) koristi tehničku arhitekturu koja se sastoji od raznih senzora, komunikacijske opreme i informacijskog sustava u nadziranom području. Održava sliku pomorskog prometa u realnom vremenu, prikazuje stanje hidrometeoroloških prilika, omogućuje komunikaciju s brodovima putem sustava pomorskih i javnih komunikacija zatim putem interaktivnog informacijskog sustava korisnicima omogućuje pristup informacijama vezanim za kretanje broda, tereta i drugim podacima koji su dostupni korisniku, ovisno o dozvoljenoj razini korištenja, pohranjuje podatke i omogućuje njihov naknadni prikaz u svrhu istraživanja pomorskih

nezgoda, identifikacije počinitelja kod ekoloških incidenata. [33] Svrha sustava je upotreba senzorske opreme za dobivanje integrirane slike pomorskog prometa u realnom vremenu. Slika se dobiva pomoću radarskog sustava, uređaja i opreme za automatsku identifikaciju brodova AIS (*eng. Automatic identification system*), hidro i meteorološkog senzora NavTex (*eng. Navigation Telex*) te uređaja i opreme za video nadzor. Svaki od navedenih sustava mogu funkcionirati i kao nezavisni sustavi, ali potrebna integracija u jednu cjelinu pruža olakšani pristup nadzora i upravljanja prometom. VTMISS sustav također je u skladu sa zakonima i odredbama EU (*eng. European Union*), IMO (*eng. International maritime organization*), standardima i SOLAS (*eng. Safety of life at sea*) konvencijama. Za prijenos podataka i informacija između podsustava VTMISS sustav koristi se VPN (*eng. Virtual private network*) mreža.

Podsustavi VTMISS sustava čine: [34]

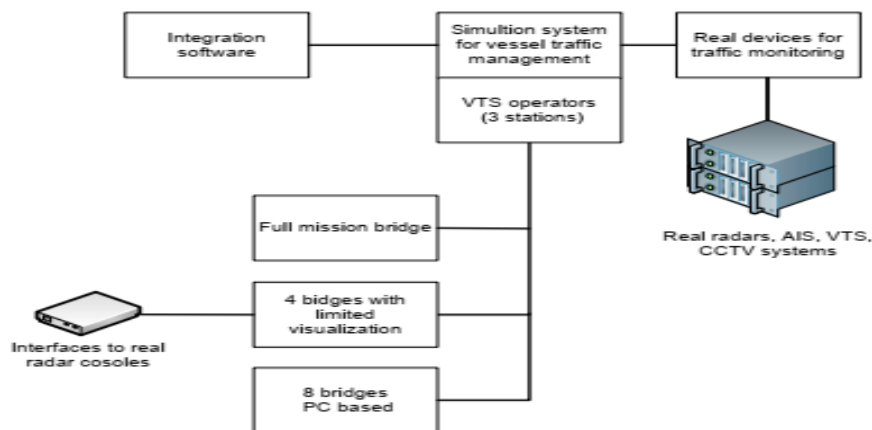
1. pomorski radarski podsustav ARPA (*eng. Automatic radar plotting aid*),
2. pomorski obalni sustav automatske identifikacije brodova AIS,
3. pomorski komunikacijski podsustav,
4. meteorološki i hidrološki podsustav NavTex,
5. radio goniometarski podsustav,
6. CCTV video nadzor (*eng. Close circuit television*),
7. upravljački (nacionalni, sektorski i lokalni) centri.



Slika 28. Prikaz shema ulaznih i izlaznih komponenta i podsustava VTMISS sustava [35]

5.2.1. Primjena VTMS sustav upravljanja prometom

Integrirani sustavi upravljanja morskim prometom omogućuje provođenje simulacije na bilo kojem navedenom području plovidbe s mogućnošću pasivnog i aktivnog praćenja kretanja prometa pomoću sustava VTMS. Opisani sustav na slici 30. uključuje simulator upravljanja brodskim prometom, četiri simulatora navigacijskih mostova s ograničenom 3D vizualizacijom, osam simulatora navigacijskih mostova s ograničenom vizualizacijom, navigacijski most s potpunom vizualizacijom stvarnih uređaja za upravljanje, stvarni uređaji za nadzor prometa i sučelje za stvarno povezivanje radarske opreme. [32]



Slika 29. Prikaz sustava VTMS upravljanja morskim prometom [32]

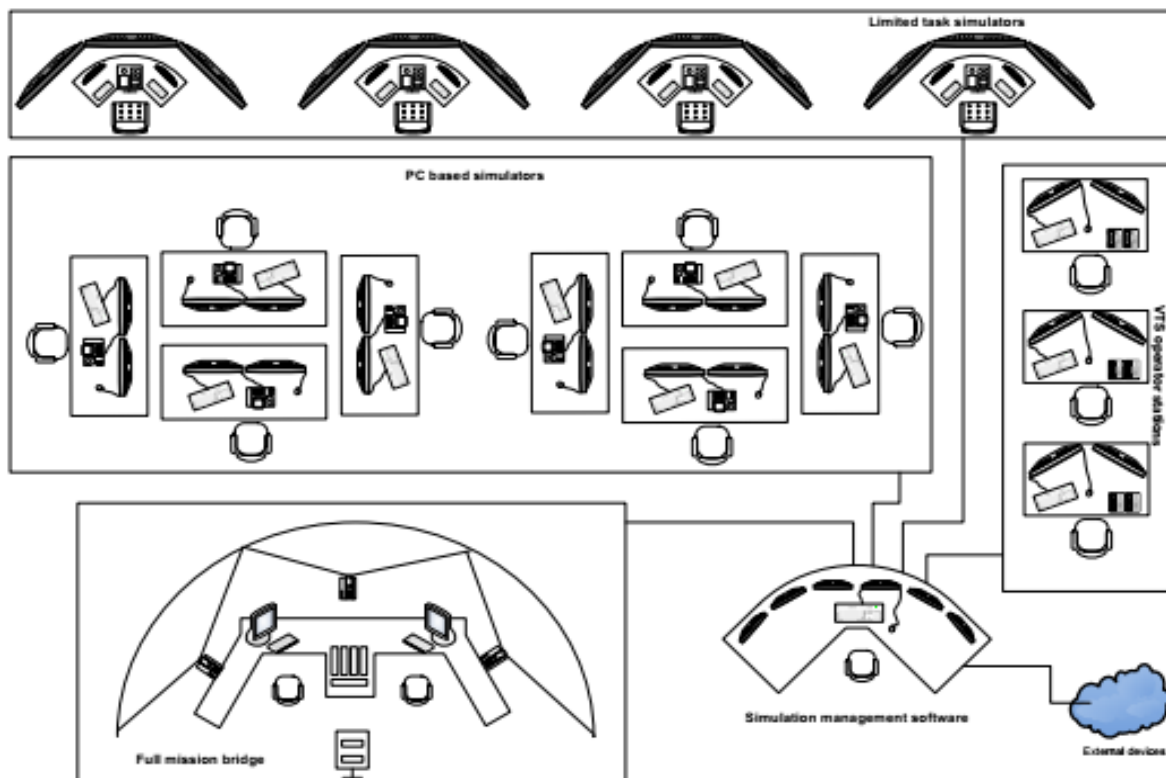
VTMS sustav povezan je s navigacijskim mostom na brodu i omogućuje sljedeće funkcije:

- Praćenje kretanja brodova u stvarnom vremenu,
- Učitavanje podataka o brodovima sa 3D vizualizacijom,
- Razmjenu informacija između nadzorne stanice i svih brodova,
- Razmjenu informacija između VTMS stanica i navigacijskih mostova (putem radio VHF / DSC i satelitske veze),
- Prijenos informacija o navigaciji brodova DSC-om i AIS-om između VTMS kontrole i brodova na moru,
- Simulacije kretanja brodova za traganje i spašavanje i onečišćenja mora,
- Simulacije kretanja naftne mrlje uslijed onečišćenja i učinkovitosti akcije traganja i spašavanja,

- Simulacije radarskih podataka u stvarnom vremenu,
- Simulacija ECDIS (*eng. Electronic chart display information system*) podataka u stvarnom vremenu kroz prikaz na virtualnoj elektroničkoj karti,
- Simulacija AIS podataka u stvarnom vremenu,
- Evidentiranje, pohranjivanje i reprodukcija informacija i podataka.

Komponente navedenog sustava povezane su putem interne mreže za razmjenu podataka (uključujući podaci o vizualizaciji) na temelju optičkog Ethernet 100/1000 Mbps. Dijagram cijelog sustava zajedno s upravljačkom stanicom prikazan je na slici 31. u nastavku rada. [32]

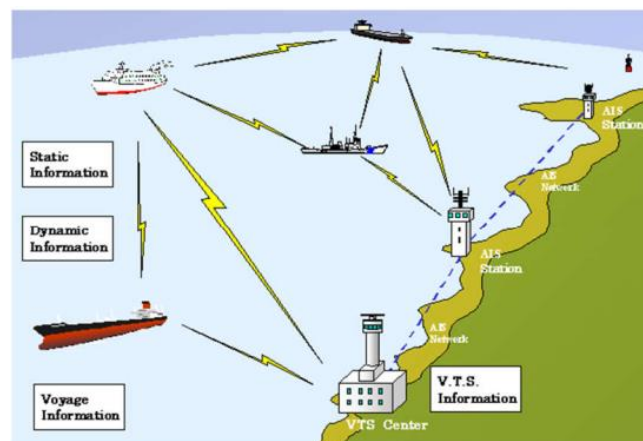
Zapovjedni most s potpunom vizualizacijom i uređajima za upravljanje važan je dio sustava VTMS-a. Sastoji se od 7 kanala za vizualizaciju s grafikom visoke rezolucije, visoko kontrastnih projektora smještenih ispod stropa simulatora, upravljačke konzola s opremom, uređaja za upravljanje na mostu, konzole za prikaz zaslona i radara ARPA, ECDIS, AIS i komunikacijske konzole. [32]



Slika 30. Prikaz integriranog sustava VTMS sa upravljačkom stanicom na zapovjednom mostu broda [32]

5.3. Pomorski obalni sustav automatske identifikacije brodova – AIS

Primarni izvori podataka u VTMS sustavu su radari i AIS sustav. Prijenos podataka između primarnih izvora podataka i upravljačkih centara VTMS odvija se potpuno automatski. AIS uređaj s broda, u krugu dometa VHF veze, odašilje podatke do bazne postaje ili drugog broda. Podatke brodski AIS uređaj dobiva iz GPS prijemnika koji je sastavni dio AIS sustava. Sustav automatske identifikacije brodova omogućuje prikupljanje podataka o drugim brodovima u radarsku krugu kao što su dimenzije i vrste broda, gaz, navigacijski status, teret, odredište i vrijeme dolaska na odredište. Također prikupljaju se podaci o položaju i kursu plovidbe broda pomoću predajnika koji je spojen na brodski GPS (*eng. Global positioning system*) i povezan s brodskim žirokompasom. Podaci s brodova AIS sustava prikupljaju se putem mreže baznih stanica postavljenih na obali. Stanice moraju biti smještene na obali kako bi se osigurala pokrivenost morskog prostora koji se nadzire. Takvi podaci šalju se u server u VTS centar odakle iz sustava brodovi dobivaju podatke. [32]

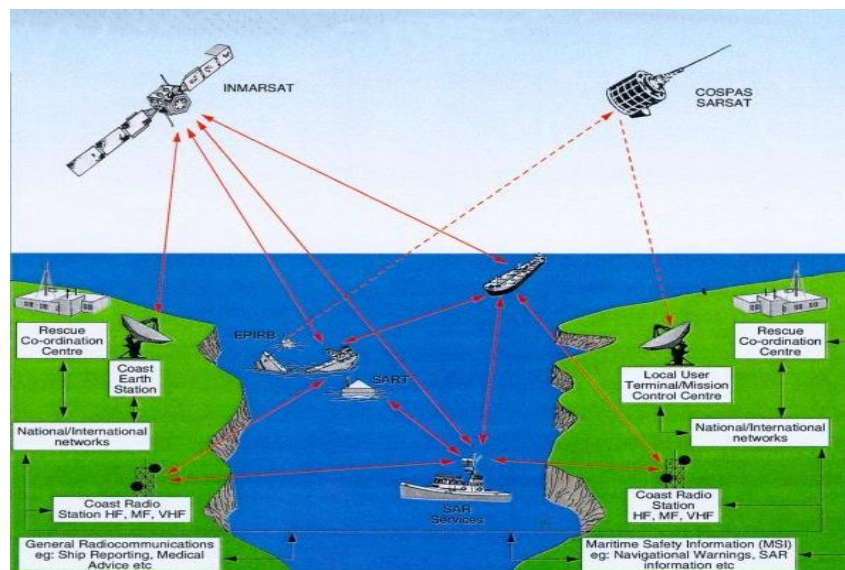


Slika 31. Prikaz načina rada AIS sustava i prikupljanja podataka sa brodova [37]

5.4. Sustav sigurnosti na moru GMDSS

Sustav GMDSS osigurava i provodi uzbunjivanje u slučaju pogibelji ostvarivanjem komunikacije tijekom operacija traganja i spašavanja kao i komunikaciju na mjestu pomorske nezgode te lociranje broda u pogibelji. Sustav također osigurava prijenos pomorskih informacija sigurnosti MSI (*eng. Maritime safety information*), prognoze vremena, navigacijska i ostala upozorenja. Uporabom sredstava GMDSS sustava

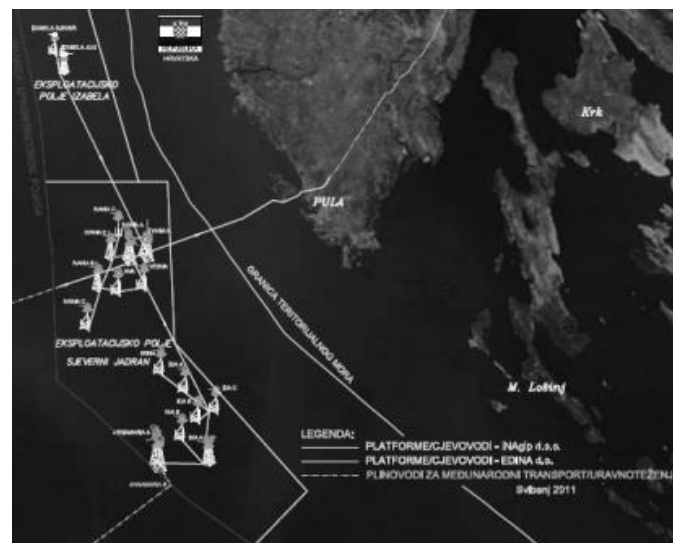
postiže se rano uzbuđivanje MRCC centra (*eng. Maritime rescue coordination centre*) i brodova u istom području plovidbe. Na taj način, MRCC može usklađivati operacije traganja i spašavanja s minimalnim kašnjenjem. Pored toga GMDSS sustav promijenio je prirodu radio-komunikacija. Ne zahtijeva se više prisutnost posade broda u straži nego časnik plovidbene straže na palubi, uz posjedovanje GMDSS ovlaštenja, sam upravlja ulaznim i izlaznim porukama. Funkcioniranje sustava prikazano je na slici 32. [29]



Slika 32. Prikaz načina rada GMDSS sustava [29]

6. POBOLJŠANJE SUSTAVA NADZORA POMORSKOG PROMETA NA PODRUČJU SJEVERNOG JADRANA

Sjeverni Jadran je strateški i geografski važno područje za provedbu zakonodavnih ovlasti državnih institucija na moru. Morske zone u navedenom području podliježu suverenosti i jurisdikciji Republike Hrvatske koja je dužna poduzeti odgovarajuće mjere u sigurnosnim zonama kako bi se povećala sigurnost plovidbenih objekata na moru. Nadziranje i upravljanje pomorskim prometom provodi se na temelju općeprihvaćenih međunarodnih pravila u svrhu sigurnosti i izbjegavanja sudara na moru. Sjeverni Jadran posebice je važno područje iz sigurnosnih razloga zbog smještaja plinskih platformi koje vrše eksploataciju plina. Samim time potreba za povećanjem nadzora i upravljanja pomorskim prometom na navedenom području je i više nego opravdana. Na području eksploatacijskog polja Sjeverni Jadran trenutno postoji 15 plinskih platformi za eksploataciju prirodnog plina koje zajedno čine tri plinska polja: Ivana, Ika i Ida. Eksploatacijsko polje površine je oko 180 000 m² na morskoj dubini od 40 do 90 m i do sada je ostvareno ukupno 95 bušotina sa smještajem 15 plinskih platformi. [35]



Slika 33. Položaj plinskih platformi na području Sjevernog Jadrana [36]

Plinsko eksploatacijsko polje na području Sjevernog Jadrana u potpunosti se nalazi u području ZERP-a i epikontinentalnog pojasa RH i određeno je geografskim koordinatama prikazanima u tablici 2. Prema dostupnim podacima [36] na području plinskog eksploatacijskog polja Sjeverni Jadran provode se aktivnosti izlova ribarskim mrežama i plovidbe gdje se ne poštuju zakonske odredbe na postojanje sigurnosne

zone u radijusu od 500 metara oko plinskih platformi. Aktivnost plovidbe u blizini plinskih platformi uređena je Pomorskim zakonikom (NN 181/04., 76/07., 146/08. i 61/11.), čl. 35. i 37. kojima su po potrebi određene sigurnosne zone do 500 m, a koje su ujedno i zone zabrane za ribarenje [37].

Redni broj	Geografska širina	Geografska dužina
1.	44°12,80' N	013°37,50' E
2.	44°17,00' N	013°43,77' E
3.	44°25,30' N	013°37,47' E
4.	44°34,50' N	013°25,47' E
5.	44°41,90' N	013°24,97' E
6.	44°52,00' N	013°17,07' E
7.	44°52,00' N	013°05,77' E
8.	44°37,70' N	013°07,90' E
9.	44°23,00' N	013°14,30' E

Tablica 2. Geografske koordinate plinskog eksploatacijskog polja Sjeverni Jadran [36]

Na području Sjevernog Jadrana oko podvodnih plinskih cijevi zabranjen je izlov pridnenim povlačnim mrežama prema Zakonu o morskom ribarstvu (NN 56/10., 55/11.) članak 24., u kojem se navodi da je na označenim mjestima mora u kojem se nalaze eksploatacijski cjevovodi zabranjen ribolov uz uporabu pridnenih povlačnih alata [38]. Bez obzira na navedene zakonske okvire registrirane su ribolovne aktivnosti koje su prouzročile oštećenja na podvodnim cjevovodima, što je i potvrđeno ispitivanjem Hrvatskog registra brodova prikazanim na slici 34. Osvjetljenje s plinskih platformi pogoduje zadržavanju ribe u blizini što ribarska plovila iskorištavaju za ribolov.



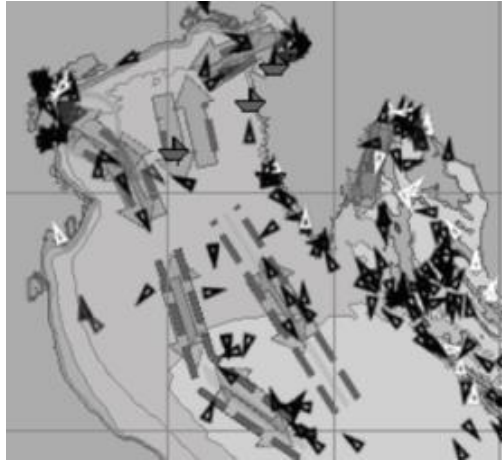
Slika 34. Prikaz oštećenja plinskih podvodnih cijevi [48]

U navedenom području bilo kakvo oštećenje plinskih cijevi sidrenjem i uporabom povlačnih ribolovnih alata može dovesti do ozbiljnih posljedica za sigurnost i onečišćenje morskog okoliša. Obzirom na pravo jurisdikcije države, Obalna straža uz potporu Obavještajne pukovnije RH ima zakonsku osnovu postupati prema plovilima koja vrše prekršaje na moru. [38]

6.1. Integracija sustava državnih službi za upravljanje pomorskim prometom

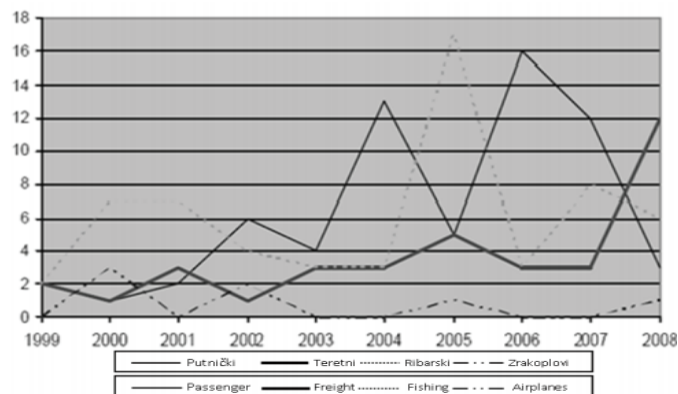
Obalna straža RH na temelju članka 18. stavka 3. Zakona o Obalnoj straži RH može izvršiti uzapćenje i sprovođenje u najbližu luku RH svih ribarskih plovila u slučaju počinjenja zabranjenih ribolovnih aktivnosti u tom području [39] dok Obavještajna pukovnija RH ima pravo nad prikupljanjem, obradom i ocjenom podataka koji su od značaja za nacionalnu sigurnost u cilju sprječavanja ili otkrivanja radnji pojedinaca ili skupina koje su usmjerene protiv sigurnosti nad područjem RH. [40] Nadzor ribolovnih aktivnosti u području Sjevernog Jadrana moguće je ostvariti kroz navedene sustave za nadzor plovila VTS, sustavom nadzora i upravljanja pomorskim prometom VTMISS, brodovima Obalne straže RH i bespilotnim letjelicama Obavještajne pukovnije RH. Utvrđenim ograničenjima navedenih sustava VTS i VTMISS predloženo je poboljšanje nadzora i upravljanja prometom od strane operativnih postrojbi Ministarstva obrane RH čime se omogućava pravovremeno angažiranje operativnih jedinica u sprječavanju provođenja zabranjenih ribarskih aktivnosti i nedozvoljenog prometa u području plinskog eksploatacijskog polja Sjeverni Jadran.

Ministarstvo poljoprivrede kao nositelj nadzora morskog ribarstva osnovalo je ribarski monitoring centar gdje se provodi nadzor pomoću geo informacijskog sustava ribarstva GISR. Također MRCC Rijeka koja je zadužena za provedbu uporabe VTS sustava za prikupljanje i upravljanje svim podacima u pomorskom prometu kao i radarske vojne postaje Pomorskog obalnog motrenja POM na otoku V. Brijuni i rtu Savudrija kroz razmjenu podataka sa navedenim sudionicima mogu osigurati poboljšani nadzor pomorskog prometa na Sjevernom Jadranu. Prednost se ostvaruje autonomnim djelovanjem od strane operativnih jedinica s najvećim manevarskim sposobnostima na moru. VTS sustav kao sastavni dio GISR-a tako omogućuje prikazivanje lokacija ribarskih i drugih plovila te inicijalno prikazuje zadnje ustanovljene pozicije. Praćenje plovila VTS sustavom definirano je na način da se u Centar za nadzor morskog ribarstva automatski šalju podaci o imenu plovila, datumu i vremenu kada je zabilježena zadnja pozicija, identifikacijskoj oznaci plovila (CFR), zadnjoj geografskoj poziciji plovila, te brzini i smjeru plovila. Pristup bazi podataka Centra za nadzor morskog ribarstva omogućen je putem GISR sustava mobilnom i/ili fiksnom internetskom vezom.



Slika 35. VTMIS prikaz plovila upotrebom radar i AIS sustava [49]

VTMIS sustav sastoji se od pomorskog obalnog sustava automatske identifikacije brodova AIS, pomorskog radarskog sustava, pomorskog radio komunikacijskog sustava te drugih sustava kojima se osigurava uvid u plovidbene okolnosti na moru i ostvaruje interakcija s učesnicima pomorskog prometa. VTMIS sustav prikuplja, procjenjuje i distribuira podatke važne za pomorski promet sa svrhom poboljšanja sigurnosti i učinkovitosti. Obzirom na veliki broj plovila koja sudjeluju u pomorskom prometu, povećane su vjerojatnosti pomorskih nezgoda različitih vrsta plovila što je prikazano na grafikonu 1. Tako svaki brod duži od 15 metara hrvatske državne pripadnosti ili ribarski brod koji plovi unutarnjim morskim vodama i teritorijalnim morem RH ili iskrcava ulov u RH mora biti opremljen s AIS sustavom. [41] Svi manji brodovi od 15 metara samim time ne prikazuju podatke putem AIS sustava što dovodi u pitanje provedbu njihove aktivnosti u zabranjenom području plinskih platformi. Upravo iz navedenih razloga potrebno je integrirati sustave državnih službi za povećanje sigurnosti prometa i infrastrukture na moru.



Slika 36. Nezgode po vrsti plovila u razdoblju od 1999. do 2008. godine [49]

6.1.1. Implementacija Obalne straže RH u nadzoru pomorskog prometa

Obalna straža RH, u daljnjem tekstu OSt RH, je samostalna plovna postrojba definirana kao sastavni dio Hrvatske ratne mornarice. U temeljne zadaće između ostalih, ubraja se i nadzor morskog ribarstva te sigurnost prometa. OSt RH u suradnji s tijelom nadležnim za morsko ribarstvo u ZERP-u obavlja nadzor i zaštitu morskog ribarstva [39]. Brodovi u sastavu OSt RH svojom veličinom, sposobnostima i namjenom imaju velike mogućnosti obavljanja poslova iz djelokruga nadzora prometa i morskog ribarstva. Obzirom na veliki broj plovila u prometu sjevernog Jadrana potreba za plovnim jedinicama OSt RH je opravdana. OSt RH za potrebe nadzora morskog ribarstva raspolaže sa sljedećim sredstvima [13]: četiri ophodna broda, jedan školski brod, jedan spasilački brod i dva lučka remorkera. Zrakoplovne jedinice: dva helikoptera Mi8 – MTVI ili Mi 171 Sh i Pilatusa PC-9, te sustavom radarskog motrenja i obavješćivanja u neprekidnom radu s prijenosom podataka u realnom vremenu koje čine 9 radarskih postaja s 13 radara.

SWOT analizom sposobnostima OSt RH pruža se odgovor na opravdanost zaključka, što je u tablici 3. i prikazano. Uspoređivanjem rezultata SWOT analize zaključuje se da OSt RH obzirom na sposobnosti i tehnička sredstva kojima raspolaže jedina ima mogućnost provedbe nadzora. Izvedenom SWOT analizom razvidno je kako su snage OSt RH veće od slabosti te da je moguće minimalizirati prijetnje, čime se ostvaruje učinkovit doprinos OSt RH u nadzoru. Svaki segment SWOT analize donesen je na temelju razmatranja provedivosti situacija.

Kako su VTS i VTMS tehnički sustavi s mogućnošću nadzora ribolovnih aktivnosti i pomorskog prometa s prijenosom informacija na daljinu, OSt RH je neizostavni organizacijski sustav koji pruža fizički nadzor prometa i morskog ribarstva te provedbe ribolovnih aktivnosti u ZERP-u. Postojeći sustav nadzora VTS nema mogućnost praćenja ribarskih plovila druge nacionalne pripadnosti, dok VTMS ima mogućnost praćenja ukoliko ribarska plovila imaju ugrađene AIS uređaje. Međutim, niti jedan od dvaju navedenih sustava nadzora nema mogućnost nadzora i kontroliranja ribarskih i drugih plovila manjih od 15 metara koji nemaju AIS i nalaze se u ZERP-u.

SNAGA	SLABOSTI
<ul style="list-style-type: none"> • Zadovoljavajući broj ovlaštenih osoba za temeljni nadzor morskog ribarstva. • Osposobljeni timovi za prekrcaj poradi nadzora morskog ribarstva. • Zadovoljavajuća brzina odgovora za potrebe nadzora uporabom zrakoplovnih jedinica. • Autonoman sustav nadzora situacije na moru radarskim sustavima HRM-a. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prosječna starost plovnih jedinica Obalne straže. • Neadekvatna opremljenost plovnih jedinica za ciljane zadaće. • Nedostatak suvremenih sustava nadzora i tehnološki naprednih plovnih jedinica. • Neadekvatni prostorni kapaciteti za skladištenje i čuvanje oduzetih ribolovnih alata i ulova • Ograničenja uspostave radio komunikacije u području ZERP-a s monitoring centrom MP-a.
PRILIKE	PRIJETNJE
<ul style="list-style-type: none"> • Očekuje se porast važnosti uloge HRM-a kao nositelja razvoja Obalne straže. • Povećanje financijskih resursa za daljnji razvoj. • Mogućnost uvezivanja plovnih jedinica Obalne straže i radarskih sustava HRM-a s monitoring-centrom MP-a • Opremanje plovnih jedinica primopredajnim uređajem VMS-om. • Opremanje plovnih jedinica sredstvima za ciljane zadaće nadzora morskog ribarstva. • Prilagođavanje postojećih prostornih kapaciteta za čuvanje i skladištenje ribolovnog alata i ulova. • Planirana nabava novih plovnih jedinica. • Specijalizirano osposobljavanje pojedinih članova posade plovnih jedinica samo za nadzor. • Provedba radionica za osvježavanje i zadržavanje dostignutih operativnih sposobnosti u radu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nedostatna koordinacija s drugim državnim institucijama koje provode nadzor. • Nabava novih plovnih jedinica i novih sustava nadzora te zadržavanje stručnog kadra. • Visoka cijena izgradnje novih plovnih jedinica s razvijenom sposobnošću za plovidbu otvorenim morem. • Visoki operativni troškovi održavanja i eksploatacije plovnih jedinica. • Zakonska ograničenja nadzora ribarskih plovila EU sukladno odluci Sabora. • Ubrzani razvoj drugih državnih institucija povezanih s nadzorom morskog ribarstva. • Odlazak stručnog kadra zbog bolje plaćenih poslova u drugim državnim institucijama i civilnim organizacijama. • Nedefinirana ovlaštenost sudova u postupcima.

Tablica 3. SWOT analiza sposobnosti Obalne straže RH za nadzor morskog ribarstva, izvor: autor.



Slika 37. Prikaz plovila unutar sigurnosne zone i oštećenja podvodne infrastrukture [49]

U nastavku rada u tablici 4. prikazana su oštećenja plinskih cjevovoda od strane ribarskih plovila koja povlačecim pridnenim alatom i mrežama značajno dovode u opasnost sigurnost pomorskog prometa i okoliša. Integriranim nadzorom i upravljanjem pomorskog prometa u sigurnosnim zonama plinskih platformi djelovat će se direktno na uzroke te će se smanjiti mogućnosti nastanka pomorskih nezgoda i ekoloških katastrofa. Operativne jedinice ministarstva obrane RH, ribarske inspekcije i ministarstva mora, prometa i infrastrukture integriranim djelovanjem stvorit će brzu, ciljanu i učinkovitu provedbu očuvanja sigurnosti na moru i upravljanja prometom u skladu sa zakonima na moru RH.

Plinsko polje	Pozicija	Trasa	Dubina (m)	Značajke
IVANA	$\varphi = 44^{\circ}50,4' \text{ N}$ $\lambda = 013^{\circ}35,9' \text{ E}$	IVANA K - PULA	36,4	Ostatak ribolovnog alata - mreža
IVANA	$\varphi = 44^{\circ}48,2' \text{ N}$ $\lambda = 013^{\circ}28,7' \text{ E}$	IVANA K - PULA	36,4	Ostatak ribolovnog alata - mreža
IVANA	$\varphi = 44^{\circ}44,9' \text{ N}$ $\lambda = 013^{\circ}14,7' \text{ E}$	IVANA E - IVANA D	42,6	Ostatak ribolovnog alata - mreža
IVANA	$\varphi = 44^{\circ}44,8' \text{ N}$ $\lambda = 013^{\circ}14,7' \text{ E}$	IVANA E - IVANA D	42,7	Ostatak ribolovnog alata - povlačni dio
IVANA	$\varphi = 44^{\circ}3,5' \text{ N}$ $\lambda = 013^{\circ}14,0' \text{ E}$	IVANA B - IVANA A	42,7	Ostatak ribolovnog alata - mreža
IDA/IKA	$\varphi = 44^{\circ}27,2' \text{ N}$ $\lambda = 013^{\circ}30,1' \text{ E}$ $\varphi = 44^{\circ}25,7' \text{ N}$ $\lambda = 013^{\circ}29,9' \text{ E}$	IDA C - IKA A	59,2	Savijanje i otklon (1 m)
IDA/IKA	$\varphi = 44^{\circ}21,9' \text{ N}$ $\lambda = 013^{\circ}29,5' \text{ E}$	IDA C - IKA A	61,2	Oštećen kabel katodne zaštite
IKA	$\varphi = 44^{\circ}22,3' \text{ N}$ $\lambda = 013^{\circ}23,6' \text{ E}$ $\varphi = 44^{\circ}28,7' \text{ N}$ $\lambda = 013^{\circ}27,0' \text{ E}$	IKA A - IKA B	57,4	Savijanje + otklon (15 m) /
IDA/IVANA	$\varphi = 44^{\circ}42,4' \text{ N}$ $\lambda = 013^{\circ}19,4' \text{ E}$	IDA C - IVANA K	43,0	Ostatak ribolovnog alata - mreža

Tablica 4. Oštećenja plinskih cijevi prouzrokovana ribolovnim mrežama [48]

Obzirom na tehničke mogućnosti VTMS sustav ima mogućnost identificiranja samo onih ribarskih i drugih plovila koji zakonskom regulativom moraju imati ugrađen AIS sustav. Radarskim detektiranjem plovila manjih od 15 metara, a obzirom na parametre brzine i smjera kretanja, moguće je samo pretpostaviti da se radi o ribarskom plovilu koji vrši ribarsku aktivnost. Poboljšanja učinkovitosti VTMS sustava na sjevernom Jadranu mogu se ostvariti postavljanjem senzora radara i AIS-a za motrenje i prikupljanje podataka na plinske platforme Ivana A i Anamaria A. Plinske platforme su idealne zbog visine od približno 50 metara iznad mora. Postojeća konstrukcija platforme nosi radio-komunikacijske i ostale antenske uređaje za prijenos signala.

Povećanjem radarskog horizonta postoji mogućnost detekcije manjih plovila od 15 metara koja narušavaju sigurnost pomorskog prometa u području plinskih platformi na sjevernom Jadranu. Usporedbom radarskog horizonta postojećih i predloženih lokacija i izračunom prema formuli za udaljenosti horizonta $d = 2,2 \sqrt{H \text{ (antene)}} + 2,2 \sqrt{H \text{ (objekta)}}$ [42], dobivaju se sljedeće vrijednosti prikazane u tablici 5.

Lokacija	Visina antene (m)	Visina objekta (m)	Radarski horizont (NM)
Platforma Ivana A	50	4	19.95
Platforma Anamaria A	50	4	19.95

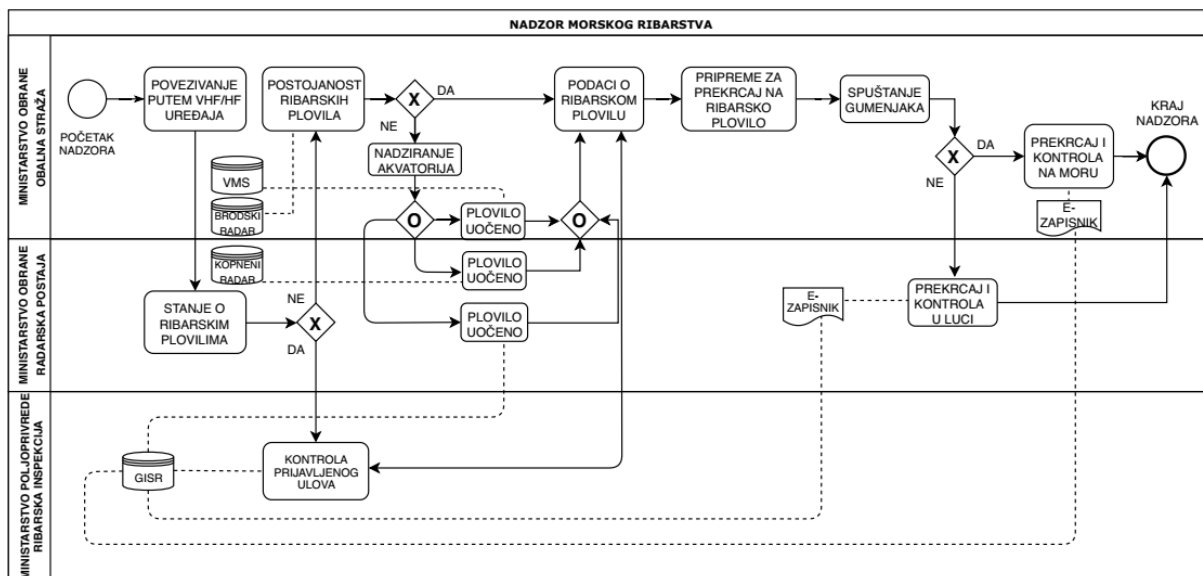
Tablica 5. Usporedni prikaz radarskog horizonta sa platformi Ivana A i Anamaria A [48]

Radarski horizont od 19,95 nautičkih milja koje pružaju plinske platforme Ivana A i Anamaria A pokrivaju cjelokupno područje plinskog eksploatacijskog polja. Predložene platforme pogoduju svojom visinom iznad mora, imaju 24-satni nadzor od strane posade i osiguranu službu motrenja i obavješćivanja u sustavu pomorske radiokomunikacije. Radarski horizont proteže se od sredine udaljenosti platformi do kopna što pruža učinkovito pokrivanje sredstvima za prikupljanja podataka kao što su radari i AIS sustavi postavljeni na platforme.

6.1.1.1. Optimizacija procesa Obalne straže RH u nadzoru pomorskog prometa

Sustav nadzora pomorskog prometa i ribarstva može se optimizirati navedenom nadogradnjom postojećih sustava na plinske platforme, postajama obalnog motrenja, plovnim jedinicama OSt RH i postojećom komunikacijskom mrežom, neprekidnim operativnim dežurstvom, neprekidnim motrenjem i obavješćivanjem sustavima obalnih radarskih postaja te adekvatnom obučenošću posada na plovnim jedinicama. Predloženi sustav nadzora integrira postojeći GISR i VTS sustav i spomenuta sredstva OSt RH. Pritom, ograničenje postojećeg sustava za nadzor smanjuje se prijenosom podataka iz centra posredno preko postaja obalnog motrenja do plovnih jedinica Obalne straže ili neposredno mobilnom internetskom mrežom. Kako je navedeno u radu, plovne jedinice OSt RH imaju mogućnost sigurnog prijenosa podataka preko VHF/HF radioveze s postajama obalnog motrenja uz uvjet da one imaju pristup GISR i VTS sustavu uz pomoć fiksne internetske mreže.

Optimizirani proces omogućio je pretvorbu ideje u realizaciju uvezujući VTS i GISR sustave međusobnim prijenosom podataka i informacija o ribarskim plovilima koje vrše ribolov i na kojim pozicijama. Takve informacije proslijeđuju se posredno preko VHF/HF postaja obalnog motrenja do plovnih i zrakoplovnih operativnih jedinica koji nadziru određeno područje na moru. Optimizirani sustav stvorio je nove vrijednosti i efektivniji nadzor pomorskog prometa u ZERP-u posebice u području eksploatacije plina.



Slika 38. Grafički prikaz optimiziranog procesa nadzora ribarskih i drugih plovila, izvor: autor

Optimiziran sustav je racionalan i ne iziskuje povećane troškove zbog usklađivanja dinamike odvijanja procesa s postojećim resursima i troškovima na najbolji mogući način u trenutnim mogućim uvjetima. Oblikovanje optimiziranog sustava nadzora prošlo je kroz šest faza počevši od analize procesa zaposlenika odnosno djelatnika koji obavljaju takvu vrstu nadzora na terenu, dokumentacije slabih mjesta, koncepta optimizacije, ocjenjivanja procesa, provođenja i utvrđivanja odgovornosti za njegovo daljnje provođenje. Orijentacija uspješnosti za optimiziran procesni sustav doprinijet će očuvanju ribljeg fonda koji je itekako značajan za gospodarski rast Republike Hrvatske. Također, postići će se razvijanje kvalitetnije konkurentnosti u djelatnosti ribarstva, smanjenje troškova i resursa ciljanim kontrolama i nadzorima određenog broja ribarskih i drugih plovila kao i veća učinkovitost u provođenju zakona zabranjenog izlova tijekom sezona lovostaja kad se riblji fond obnavlja.

6.1.2. Implementacija bespilotnih letjelica u upravljanju pomorskog prometa

Prethodno navedene mogućnosti poboljšanja sustava ugradnjom na plinske platforme povećalo bi učinkovitost i vjerojatnost detektiranja i identificiranja ribarskih i drugih plovila na području plinskog eksploatacijskog polja. Dobivanjem potpune i pravodobne informacije omogućilo bi se pravovremeno angažiranje potrebnih operativnih jedinica Ministarstva obrane RH u sprječavanju provođenja ribolovnih i drugih nezakonitih aktivnosti plovidbe unutar sigurnosnih zona plinskih platformi. Ulaskom u zabranjene zone plinskih platformi, operater VTMISS centra upozorava plovila, ali ukoliko je to neuspješno, putem komunikacijskih uređaja izvještava plovila državnih institucija na vršenje zabranjenih ribolovnih i drugih aktivnosti. U operativne jedinice državnih službi na moru spada i sustav bespilotnih letjelica tipa Orbiter 3B. Postavljenjem antenskih sustava upravljanja bespilotnim letjelicama na navedene lokacije plinskih platformi Ivana A i Anamaria A, dodatno bi se povećala učinkovitost detekcije i identifikacije ribarskih i drugih plovila u tom području.

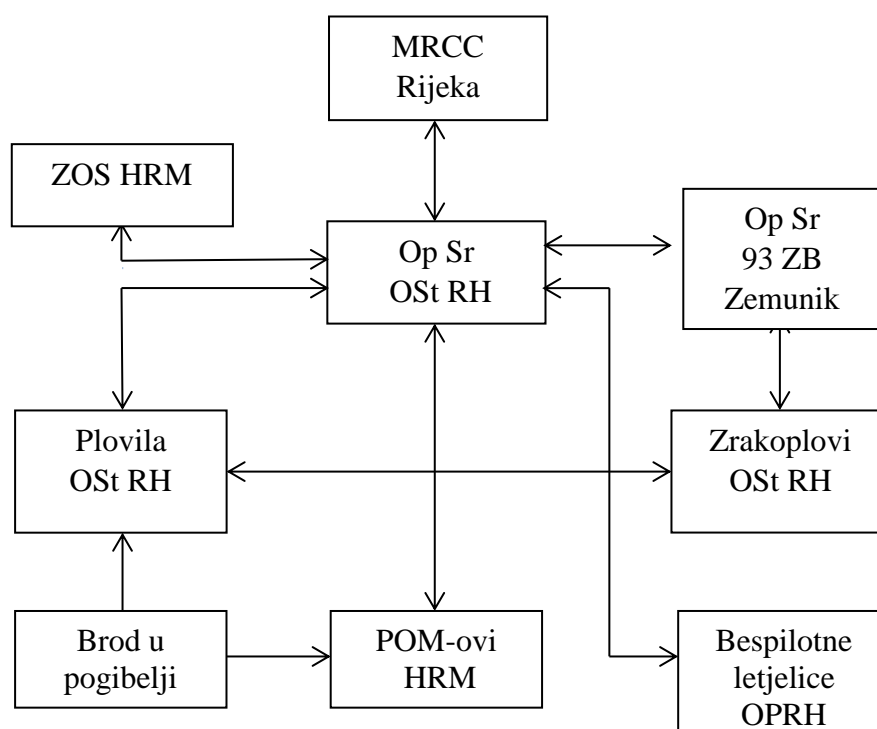
Izvršenom projekcijom udaljenosti radarskog horizonta na predloženim pozicijama plinskih platformi ostvarila bi se mogućnost povećanja radijusa uporabe bespilotnih letjelica kroz funkcije preuzimanje upravljanja samom. Bespilotna letjelica tipa Orbiter 3B ima doomet od 150 km sa mogućnosti leta od 7 sati u zraku i uslijed otežanih vremenskih uvjeta njezina upotreba i radijus djelovanja je ograničen. Postavljanjem dodatne antene za preuzimanje upravljanja bespilotne letjelice u otežanim vremenskim uvjetima gdje brodovi nemaju mogućnost plovidbe po teškom postoji mogućnost korištenja bespilotne letjelice. To znači da svi navedeni sustavi koji bi prikupili informacije o plovilima unutar eksploatacijskog područja bi mogli biti nadzirani u realnom vremenu i iz zraka čime bi se pospješio nadzor i upravljanje pomorskim prometom. Uporabom bespilotne letjelice s vrlo moćnim senzorskim osjetilima u slučaju prekršaja i ulaska plovila u sigurnosnu zonu plinskih platformi letjelica bi za 20 minuta od samog polijetanja mogla snimiti nedozvoljene radnje plovila. Dobivena slika iz zraka mogla bi se u usporediti sa slikom radarskih postaja i na licu mjesta u stvarnom vremenu prikazati situaciju na moru.



Slika 39. Slika plovila sa bespilotne letjelice Orbiter 3B [51]

6.1.3. Integracija sustava za nadzor pomorskog promet u slučaju nezgode na moru

Obalna straža RH osnovana je radi učinkovitog nadzora i zaštite prava i interesa Republike Hrvatske na moru pa samim time i žurnih intervencija u slučaju nezgode na moru. Traganje i spašavanje je jedna od važnijih zadaća postupanja OST RH u skladu s nacionalnim planom traganja i spašavanja ljudskih života na moru [42]. Obavijest o pogibelji Operativno središte OST RH zaprima od MRCC centra u Rijeci, Zapovjednog operativnog središta Hrvatske ratne mornarice, broda ili zrakoplova OST RH, pomorskih obalnih radarskih postaja POM-a HRM-a i bespilotnih letjelica Obavještajne pukovnije RH. Primljenu obavijest o pogibelji dežurni časnik u HRM-u dužan je odmah proslijediti u MRCC Rijeka, koja usklađuje akcijom traganja i spašavanja.



Slika 40. Shematski prikaz razmjena informacija tijekom akcije traganja i spašavanja, izvor: autor

Prema zahtjevu MRCC-a u Rijeci i uz odobrenje zapovjednika OSt RH, dežurni časnik će uputiti brod, zrakoplov ili bespilotnu letjelicu na mjesto nezgode s zadaćom pretraživanja područja i koordinacije spašavanja unesrećenih osoba na moru. Tijekom provedbe akcije dežurni časnik dužan je održavati vezu s vlastitim brodovima, zrakoplovima i bespilotnim letjelicama te izvještavati ZOS HRM o svim dobivenim informacijama, izdanim zapovijedima i provedenim aktivnostima. Nadalje, mora održavati vezu sa MRCC Rijeka te zahtijevati sve relevantne podatke koji mogu biti od utjecaja na sam učinak akcije kao što je ukupan broj brodova uključenih u akciju i njihova pozicija. Zrakoplov ili bespilotna letjelica podiže se u suradnji s Operativnim središtem 93. zrakoplovnog krila u Zemuniku ili dežurnom Obavještajne pukovnije u Velikoj Buni, kojima se upućuje zahtjev za let. Zahtjev treba sadržavati tip zahtijevanog zrakoplova (PC-9 ili Mi-8 MTV) ili bespilotne letjelice (Orbiter 3B), vrijeme polijetanja, rutu leta te obrazac po kojem će se vršiti traganje. Obrazac traganja šalje se kao prilog zahtjeva za let s točno određenim točkama okreta u području pretraživanja. Svi navedeni prilozi nalaze se na kraju rada i prikazuju provedbe postupanja sukladno podacima sustava na upravljanje prometa. Podaci koji se prikupljaju samim time moraju biti pravovaljani da bi provedba postupanja ostvarila rezultate spašavanja osoba i plovila uslijed nezgoda na moru. Navođenje zrakoplova ili bespilotne letjelice tijekom leta provodi časnik za navođenje Glavnog operativnog središta. Ukoliko se ukaže potreba za promjenom rute leta zbog promjene pozicije podatka ili nekog drugog razloga, dežurni časnik predložit će novi kurs pretraživanja područja zrakoplova ili bespilotne letjelice. U ovisnosti o prevladavajućim okolnostima i prirodi samog zahtjeva pilot zrakoplova ili bespilotne letjelice će samostalno odlučiti da li je moguće udovoljiti istom i na koji način. Izvještavanje o provedenim aktivnostima provoditi će se obrnutim redoslijedom. Komunikacija na samom mjestu nezgode između zrakoplova, brodova i bespilotnih letjelica provodi se putem uređaja Thales.



Slika 41. Uspješno spašavanje engleske državljanke sa pada putničkog broda [50]

5. ZAKLJUČAK

Globalizacija, tehnološki napredak i migracije temeljni su problem sustava prometa današnjice. Rastom sve većeg broja sredstava za prijevoz ljudi i robe tehnološki se razvija bolja kontrola upravljanja prometom u svrhu veće protočnosti i sigurnosti njezinih sudionika. U svrhu navedenog osmišljeno je integrirano upravljanje prometom koji bi uz pomoć raznih sustava otklonila nedostatke u prometu koji usporavaju procese, povećavaju troškove i zagađuju okoliš. U radu su prikazani sustavi koji se koriste u kopnenom, zračnom i pomorskom prometu kako bi se na učinkovit način prevozili ljudi i roba, smanjila zagušenja i onečišćenja okoliša, skratilo vrijeme putovanja te kako bi se povećala sigurnost prijevoza ljudi i robe u prometu. Komunikacijska mreža koja se upotrebljava u svrhu ostvarenja prikupljanja podataka o stvarnim uvjetima o prometu predstavlja jedne od najvećih izazova u ostvarenju kvalitetnijeg upravljanja prometom. Komunikacijska mreža najčešće ima velike nedostatke u ostvarenju pokrivenosti signala određenog područja pa samim time i prijenos informacija može kasniti što ne ostvaruje puni potencijal korištenja sustava. Također ljudski faktor je najveći uzročnik nesreća u prometu što dodatno opravdava ulaganja u integrirane sustave upravljanja prometom.

Implementacijom državnih službi Republike Hrvatske možemo ostvariti bolji nadzor i upravljanje prometom na moru. Održivi razvoj upravljanja prometa kroz angažman državnih službi ostvaruje bolje rezultate u procesima upravljanja. Angažman službi na moru, a u svrhu nadzora i upravljanja ne umanjuje kvalitetu ostalih aktivnosti koje se provode na moru, nego pomaže u otkrivanju lokacija o mjestima nesreća i mogućnostima brzih intervencija za pružanje pomoći. Sustavi za upravljanje prometom pokazali su učinkovitu primjenu u rješavanju poteškoća tako da bi se integracijom u jedan zajednički sustav postigla sinergija zajedničkog djelovanja sa većim učinkom u procesima. Učinak integracije sustava za upravljanje prometom prikazan je u radu kroz razne sustave u razvoju koje će se implementirati u promet i postati dio svakodnevnice. Integrirani sustavi imaju obilježja prijenosa podataka u stvarnom vremenu u kojem je brzina reakcije jedan od bitnijih faktora zbog sigurnosti u prometu. Integrirani sustavi upravljanja prometa imaju primjenu naprednih upravljačkih i tehnoloških rješenja kojima se nastoji postići veća sigurnost, učinkovitost i pouzdanost prijevoza u prometu a istodobno smanjenje utjecaj štetnih ispušnih plinova na okoliš. Sustavi upravljanja uslijed nesreća u prometu zahtijevaju detaljno prenošenje lokacijske oznake područja

tako da najbliža operativna jedinica za pomoć stigne do lokacije. Integrirani sustavi su vrlo učinkoviti na autocestama i cestama velikog protoka prometa iz razloga što je brzina protoka velika i sve veći broj sudionika u prometu. Stoga je svrha omogućiti ljudima siguran i brz protok te izbjegavanje čekanja ili stvaranja gužvi u prometu. Velike države kao i primjerice Europska unija nastoje kroz uvođenje integriranih sustava upravljanja prometom povećati i radnu učinkovitost što se vidi na primjeru u radu gdje se vozila za održavanje prometa kreću autonomno i odašilju signale za radove na cesti što je uzrokovalo smanjenje broja nesreća, potrošnje energije i povećanje kapaciteta transporta u prometu.

Na kraju rada provedena su istraživanja nadzora mora državnih službi Republike Hrvatske zbog povećanja sigurnosti pomorske plovidbe i zaštite vlastitih interesa. Prikazani su sustavi koji obuhvaćaju prikupljanje podataka o pomorskim objektima i pomorskom prometu te davanje korisnih informacija brodovima. Podaci koji se prikupljaju značajno utječu na pružanje pomoći brodovima u opasnosti i pri tome smanjuju vrijeme reakcije spasilačkih snaga. Obalna straža Republike Hrvatske značajna je sastavnica Nacionalne službe traganja i spašavanja. Pored stalne spremnosti snaga za provedbu akcija traganja i spašavanja u teritorijalnom moru i unutrašnjim morskim vodama, Obalna straža RH postaje jedina državna organizacija koja može pružiti pomoć unesrećenim osobama u svim uvjetima u području zaštićenog ekološko ribolovnog pojasa, i to zbog mogućnosti plovidbe pri većim stanjima mora i zbog velike autonomnosti svojih brodova. Zbog toga se izgradnja novih ophodnih brodova, kao i modernizacija uvođenja bespilotnih letjelica nameće kao imperativ za još učinkovitije provođenje zadaća na moru.

Autor specijalističkog završnog rada Elvis Subašić časnik je u Ministarstvu obrane Republike Hrvatske. Polaznik je specijalističkog diplomskog studija – smjer kreativni procesi u menadžmentu na Istarskom veleučilištu u Puli. Stajališta iznesena u radu osobni su stavovi autora i nemaju veze s institucijom u kojoj je zaposlen.

**PRILOG br. 1 - FORMAT OF ADRIATIC TRAFFIC SHIP
REPORTING SYSTEM - "FIRST REPORT"**

Message identifier		ADRIREP
	Type of report	01/FR (first report)
A	Ship	Name, call sign, IMO identification number and flag of the vessel
B	Date/time (UTC)	A 6-digit group giving date of month (first two digits), hours and minutes (last 4 digits)
C	Present position	A 4-digit group giving latitude in degrees and minutes suffixed with "N" or "S" and a five-digit group giving longitude in degrees and minutes suffixed with .E. or .W.
E	Course	a three digit group giving the course in degrees
F	Speed	a three digit group giving a speed in Knots
G	Departure	port of departure
I	Destination and estimated time of arrival	ETA in UTC expressed as in B above, followed by port of destination
N	Estimated time of arrival at the next check point	Date/time group expressed by a 6-digit group, as in B above , followed by the parallel of the check point
O	Draught of the vessel	draught expressed by a four digit group indicating centimetres
P	Cargo information	the general category of hazardous cargo as idefined by the IMDG, IBC, IGC Codes and MARPOL Annex I.
T	Agent	ships representative and/or owner available on 24-hour basis
U	Size and type	type, DWT, GT, and length overall in meters
W	Total number of persons on board	The total number of crew and other persons on board
X	Miscellaneous	Any other relevant information

**PRILOG br. 2 - FORMAT OF ADRIATIC TRAFFIC SHIP
REPORTING SYSTEM "POSITION REPORT" -
"FINAL REPORT"**

Message identifier		ADRIREP
	Type of report	- 01/PR (position report) - 02/PR - 03/PR - ER (final report)
A	Ship	Name, call sign, IMO identification number and flag of the vessel
B	Date/time (UTC)	A 6 – digit group giving date of month (first two digits), hours and minutes (last 4 digits)
C	Present position	A 4-digit group giving latitude in degrees and minutes suffixed with “N” or “S” and a five-digit group giving longitude in degrees and minutes suffixed with “E” or “W”
E	Course	a three digit group giving the course in degrees
F	Speed	a three digit group giving a speed in Knots
G	Departure	port of departure
I	Destination and estimated time of arrival	ETA in UTC expressed as in B above, followed by port of destination
N	Estimated time of arrival at the next check point	Date/time group expressed by a 6-digit group, as in B above, followed by the parallel of the check point
X	Miscellaneous	Any other relevant information

PRILOG 3 - SITREP TRAGANJA I SPAŠAVANJA

VRSTA POGIBELJI: (Distress, Urgency, ili Safety)

DATUM I VRIJEME: Upisati datum i vrijeme

OD KOGA: Naziv središnjice ili podsredišnjice

KOME: Upisati kome se sastavlja izvješće

SITUACIJSKO IZVJEŠĆE	Broj izvješća
A IDENTITET	Ime broda, brodice ili zrakoplova u nevolji, pozivni znak i državna pripadnost
B POZICIJA	Zemljopisni položaj ljudi u nevolji
C SITUACIJA	Vrst poruke, dan i vrijeme, kratki opis pogibelji
D BROJ UGROŽENIH OSOBA	Upisati broj osoba
E ZAHTIJEVANA POMOĆ	Kratki opis potrebne pomoći
F NAZIV SREDIŠNJICE	Naziv nadležne središnjice ili podsredišnjice
G OPIS UNESREĆENOG	Opis, naziv broдача, teret, ishodište, odredište, raspoloživa sredstva za spašavanje
H VREMENSKI UVJETI	Vjetar, stanje mora, temperatura zraka i mora, naoblaka, atmosferski tlak
I PODUZETE MJERE	Kratki opis poduzetih mjera
J PODRUČJE TRAGANJA	Veličina i položaj područja traganja
K UPUTE ZA KOORDINACIJU	Broj jedinica koje sudjeluju, način komuniciranja
L NAMJERAVANE MJERE	Kratki opis namjeravanih mjera
M DODATNE INFORMACIJE	Dopunske obavijesti

LITERATURA

- [1] Roozernond D. A., "An integrated multi-discipline dynamic traffic management system, based on information, objects and inter-object communication". Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Nizozemska 1995.
- [2] Romph, E., „A dynamic traffic assignment model: theory and applications“, DUT-press, Delft, Nizozemska, 1994.
- [3] Antoliš, K., Strmečki, S., Magušić, F., „Informacijska sigurnost i inteligentni transportni sustavi“, *Suvremeni promet*, vol: 28, Zagreb, 2008., br. 5., str. 353-355
- [4] Dadić, I., Kos G., „Teorija i organizacija prometnih tokova“, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2007.
- [5] Robert, L., Gordon, P. E., Warren Tighe, P. E., „Traffic Control Systems Handbook“, Washington: Dunn Engineering Associates, Washington, SAD, 2005., str. 16.
- [6] Hungerford, E. T., „Automatic Traffic Control Systems“. United States Patent, Washington, SAD, 1974. str. 1-2.
- [7] Klejnowski, L., Jomrich F., „Određivanje prometnih ruta temeljem baze podataka vozila“. Projekt Ko-HAF c/o ZENTEC GmbH. Berlin, Njemačka, 2018.
- [8] Kimball R.L., Shepard J.R., „Marine Traffic Control in the Panama Canal“, *The journal of navigation*, Panama, 2010, str. 52-61.
- [9] Latha, J. R., Suman, U., „Intelligent Traffic Light Controller“. *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, Delaware, SAD, 2015, str. 38.
- [10] Badurina, E., „Automatski identifikacijski sustavi“, Pomorski fakultet, Rijeka, 2003, str. 79.
- [11] Eichendorf, W., „Nove tehnologije u prijenosu podataka na prometnicama“. Deutscher Verkehrssicherheitsrat, Berlin, Njemačka, 2018. str. 1-3.
- [12] Hessen Mobil, „aFAS - automatisch fahrerlos fahrendes Absicherungsfahrzeug für Arbeitsstellen auf Autobahnen“, Berlin, Njemačka, 2016. str. 2-5.
- [13] Lizenberg, V., Mannale R., „Graphical Data Visualization for Vehicular Communication Systems in Real and Virtual Test Environments“, German Aerospace Center, Braunschweig, Njemačka, 2020. str. 1-6.

- [14] An, N., Specka, F., „*Entwicklung und Test kooperativer Fahrfunktionen in virtueller Umgebung*“, AAET: Automatisiertes und vernetztes Fahren, Braunschweig, Njemačka, 2019. str. 292-305.
- [15] Hallerbach, S., Xia, Y., Eberle, U., Köster, F., „*Simulation-based Identification of Critical Scenarios for Cooperative and Automated Vehicles*“, SAE Technical Paper, Braunschweig, Njemačka, 2018. str. 14-21.
- [16] Haklay, M., Weber, P., „*OpenStreetMap: User-Generated Street Maps*“, IEEE Pervasive Computing, Berlin, Njemačka, 2008. str. 12-18.
- [17] Milgram, P., Kishino, F., „*A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*“, IEICE Transactions on Information and Systems, 1994. 77(12): str. 1321-1329.
- [18] Lizenberg, V., Knapp, S., Mannale, R., Wendel, V., Köster, F., „*Simulationsbasierte Bewertungs- und Vergleichsmethodik für Abstimmungsverfahren in kooperativen Fahrfunktionen*“. AAET: Automatisiertes und vernetztes Fahren, Braunschweig, Njemačka, 2019. str. 49-65.
- [19] Burzlaff, C., Weiss, C., „*Low Carbon Logistics – Nachhaltige Logistiklösungen für die letzte Meile in Klein- und Mittelstädten*“, Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität, Berlin, Njemačka, 2015. str. 14-18.
- [20] Frauke W., „*Elektrifizierter, innovativer Schwerverkehr auf Autobahnen*“, Hessen Mobil, Wiesbaden, Njemačka, 2019. str. 34-36.
- [21] Bhuyan, M. B., Kabir, A., Rahman, A., Mamun, A., „*Development of an Automatic Traffic Signal Control System Using PLC*“ Proceedings of the Conference on Engineering Research, Sylhet, Bangladeš, 2010. str. 360.
- [22] Hololei, H., Brenner, F., „*SESAR Joint Undertaking*“, Publications Office of the European Union, Luksemburg, 2017. str. 16.
- [23] European ATM Master Plan, „*SESAR Concept of Operations*“, Office of the European Union, Luksemburg, 2020. str. 7-21.
- [24] European Organisation for the Safety of Air Navigation, „*Eurocontrol Performance Review Report 2018*“: Brussels, Belgija, 2018. str. 44.

- [25] SESAR Joint Undertaking, „*A proposal for the future architecture of the European airspace*“, Office of the European Union, Luksemburg, 2020. str. 9-12.
- [26] Schoeffmann, E., Platteau, E., „*SESAR and the environment*“, SESAR Joint Undertaking, Avenue de Cortenbergh, Brussels, Belgija, 2010. str. 9.
- [27] Carey, C., Santos, G., Yan, X., „*Future of Mobility Roadmap, Chapter 3, Air*“, University of Oxford, Smith School of Enterprise and the Environment, Oxford, Engleska, 2010. str. 33-42.
- [28] Keaveney, T., Magnowska, E., „*SESAR Solution Catalogue, Second Edition*“, Office of the European Union, Luksemburg, 2020. str. 9-24.
- [29] Zec, D., „*GMDSS sustav i sigurnost plovidbe*“, Pomorski fakultet, Rijeka, 1996. str. 26.
- [30] International Maritime Organisation, „*Resolution Maritime Safety Committee (MSC)*“, Mandatory Ship Reporting Systems, London, UK. 2002. str. 139.
- [31] Lind, M., „*Sea traffic Management*“, RISE Research Institutes of Sweden, Malmo, Sweden, 2016. str. 3.
- [32] Perković, M., Gućma, M., „*Vessel Traffic Management and Information System (VTMIS) – integrated simulator for safety of navigation evaluation*“, Faculty of Maritime Studies And Transportation, University of Ljubljana, Slovenia, 2011. str. 2-5.
- [33] Čorić, D., & Šantić, I., „*Nadzor sigurnosti plovidbe i utvrđivanje prekršajne odgovornosti*“, Pomorski fakultet, Rijeka, 2012. str. 13.
- [34] Ristov, P., Mrvica, A., Komadina, P., „*Sigurnost podataka i informacija u sustavima nadzora i upravljanja pomorskim prometom*“, Pomorski fakultet, Rijeka, 2015. str. 25.
- [35] Miloš, I., D. Rudić, „*Gospodarski pojas – strateški čimbenik prometno-gospodarskog sustava RH*“, Naše more, 52 (2005), 1-2, str. 1-12.
- [36] EkoINA, „*Studija o utjecaju na okoliš eksploatacije plina na eksploatacijskom polju Sjeverni Jadran – dopuna*“, Zagreb, 2008. str. 36.
- [37] Pomorski zakonik (NN 181/04., 76/07., 146/08. i 61/11.)
- [38] Zakon o morskom ribarstvu (NN 56/10.,55/11.)

[39] Zakon o Obalnoj straži Republike Hrvatske (NN 109/07.)

[40] Zakon o sigurnosno-obavještajnom sustavu Republike Hrvatske (NN 79/06, 105/06.)

[41] Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o uvjetima i načinu održavanja reda u lukama i na ostalim dijelovima unutarnjih morskih voda i teritorijalnog mora RH, (NN 127/2010.)

[42] Nacionalni plan traganja i spašavanja ljudskih života na moru, (NN 124/97.)

Internetski izvori:

[43] <http://www.etsi.org/website/Technologies/IntelligentTransportSystems.aspx> (8.8.2019.)

[44] <https://povezanhrvatska.eu/projekti/implementacija-sustava-nadzora-lokalnog-zracnog-prometa/> (1.9.2020.)

[45] <http://www.sheltermar.com.br/en/vts/vtmis/> (6.9.2020.)

[46] <http://www.mppi.hr/UserDocsImages/Adria%20VTS,%20prezentacija.pdf> (12.9.2020.)

[47] http://www6.kaiho.mlit.go.jp/kanmon/eng/mg_2.htm (15.9.2020.)

[48] www.ina.hr (16.9.2020.)

[49] www.mppi.hr (16.9.2020.)

[50] https://obris.org/hrvatska/obalna-straža-rh-u-svim-svjetskimmedijima/attachment/ob_cavtat_19082018_2/ (18.9.2020.)

[51] www.morski.hr

POPIS SLIKA

Slika 1: Proces odvijanja integriranih sustava za upravljanje prometom	5
Slika 2: Pokrivenost i jačina signala komunikacijske veze projekta KO – HAF.....	8
Slika 3: Komunikacija između vozila i centra na ITS koridoru	10
Slika 4: Prijenos podataka između vozila i sigurnosnog servera	12
Slika 5: Operacije prijena i prikaza podataka na dinamičkoj virtualnoj mapi.....	12
Slika 6: Sudar neautomatiziranog vozila za održavanje prometnica.....	13
Slika 7. Način rada automatiziranog sustava aFAS	14
Slika 8. VX2 komunikacija između vozila i hardware-a	16
Slika 9. ROS graf čvora i softver između izvora podataka i RViz-a	17
Slika 10. Prikaz vizualizacije prikupljenih podataka na RViz sučelju	18
Slika 11. Prikaz spajanja hibridnog kamiona na električne vodove sustavom eLISA	19
Slika 12. Prometna čvorišta na relaciji autoceste na kojem se koristi sustav eLISA	21
Slika 13. Postojeći sustav upravljanja zračnim prometom u Europi.....	23
Slika 14. Predviđena kašnjenja i razine zagušenja uporabom trenutnih sustava	24
Slika 15. Prikaz načina rada sustava SEAS.....	25
Slika 16. Prikaz izbora optimalne rute za polijetanje, krstarenje i slijetanje u sustavu SESAR	28
Slika 17. Prikaz potrošnje goriva kroz optimiziranu rutu leta.....	29
Slika 18. Sustav automatskog slijetanja zrakoplova GBAS CAT II / III	30
Slika 19. Prikaz sustava vremenskog odvajanja zrakoplova TBS.....	31
Slika 20. Prikaz sustava za usmjeravanje kretanja zrakoplova na aerodromu	33
Slika 21. Prikaz provedbe komunikacije datalink-a u zemljama EU.....	34
Slika 22. Proces prikazivanja digitalnih NOTAM-a i MET podataka na interaktivnoj mapi	35
Slika 23. Prikaz rada SWIM sustava u odnosu na konvencionalni način prikupljanja podataka	36
Slika 24. Način prijena podataka putem sustava AeroMACS	37
Slika 25. Prikaz rada sustava Iris Precursor.....	38
Slika 26. Različiti pomorski zahtjevi za ostvarenjem uspostave sustava upravljanja prometom	39
Slika 27. Osnovni procesi upravljanja morskim prometom	40
Slika 28. Prikaz shema ulaznih i izlaznih komponenata i podsustava VTMS sustava	42
Slika 29. Prikaz sustava VTMS upravljanja morskim prometom.....	43
Slika 30. Prikaz integriranog sustava VTMS sa upravljačkom stanicom na zapovjednom	44
Slika 31. Prikaz načina rada AIS sustava i prikupljanja podataka sa brodova.....	45
Slika 32. Prikaz načina rada GMDSS sustava	46
Slika 33. Položaj plinskih platformi na području Sjevernog Jadrana.....	47
Slika 34. Prikaz oštećenja plinskih podvodnih cijevi.....	48
Slika 35. VTMS prikaz plovila upotrebom radar i AIS sustava.	50
Slika 36. Prikaz plovila unutar sigurnosne zone i oštećenja podvodne infrastrukture.	52
Slika 38. Grafički prikaz optimiziranog procesa nadzora ribarskih i drugih plovila.....	55
Slika 39. Slika plovila sa bespilotne letjelice Orbiter 3B	57

Slika 40. Shematski prikaz razmjena informacija tijekom akcije traganja i spašavanja	57
Slika 41. Uspješno spašavanje engleske državljanke sa pada putničkog broda [50]	58

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz ciljeva primjene integriranih sustava SEAS unutar projekta SESAR.....	26
Tablica 2. Geografske koordinate plinskog eksploatacijskog polja Sjeverni Jadran	48
Tablica 3. SWOT analiza sposobnosti Obalne straže RH za nadzor morskog ribarstva, izvor: autor. .	52
Tablica 4. Oštećenja plinskih cijevi prouzrokovana ribolovnim mrežama, izvor: autor.	53
Tablica 5. Usporedni prikaz radarskog horizonta sa platformi Ivana A i Anamaria A, izvor: autor.	54