

Utjecaj primjene autonomnih vozila na aktivnosti prijevozne logistike

Lekić, Antonia

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:243046>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-04**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ PRIMJENE AUTONOMNIH
VOZILA NA AKTIVNOSTI PRIJEVOZNE
LOGISTIKE
IMPACT OF AUTONOMOUS VEHICLES
USING ON TRANSPORT LOGISTICS
ACTIVITIES**

Mentor: prof. dr. sc. Mario Šafran

Student: Antonia Lekić

JMBAG: 0135245795

Zagreb, svibanj 2022.

Zagreb, 14. travnja 2022.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Prijevozna logistika I**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6610

Pristupnik: **Antonia Lekić (0135245795)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Utjecaj primjene autonomnih vozila na aktivnosti prijevozne logistike**

Opis zadatka:

Autonomna vozila sve su bliže svakodnevnoj upotrebi u logističkoj industriji, štoviše negdje se već kontinuirano koriste. Njihova šira upotreba u logističkoj djelatnosti unaprijedit će aktivnosti vezane uz dosad "klasične" transportne procese. Potrebno je prikazati na koje aktivnosti prijevozne logistike bi primjena autonomnih vozila utjecala, te sustavno istražiti navedeni utjecaj.

Zadatak uručen pristupniku: 28. ožujka 2022.

Mentor:



prof. dr. sc. Mario Šafran

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

SAŽETAK

Razvitak umjetne inteligencije omogućio je razvitak autonomnih vozila. To su vozila koja koristeći kompleksne algoritme mogu obavljati prijevoz bez vozača. Autonomna vozila sve su bliže svakodnevnoj upotrebi u logističkoj industriji, čak se već negdje i koriste. Njihova šira upotreba unaprijedila bi prijevoznu logistiku i procese vezane uz nju. Ona predstavljaju jedan veliki napredak i promjenu u transportnoj industriji. Kamionski teret je najzastupljenija vrsta prijevoza tereta, ali sve više se naglašava problem nestašice vozača. Autonomna vozila su rješenje kojim bi se taj problem mogao u potpunosti eliminirati. Automatizacija željezničkog prometa donijela bi koristi ulagačima u željeznice, te bi isto tako učinilo željeznički promet još više ekološkim i učinkovitijim.

Ključne riječi: autonomna vozila, prijevozna logistika, autonomni kamioni, autonomna željeznica

ABSTRACT

The development of artificial intelligence has enabled the development of autonomous vehicles. These are vehicles that can perform driverless transport using complex algorithms. Autonomous vehicles are getting closer to everyday use in the logistics industry, they are even being used somewhere. Their wider use would improve transport logistics and related processes. They represent a major advancement and change in the transportation industry. Truck freight is the most common type of freight transport, but the problem of driver shortages is increasingly emphasized. Autonomous vehicles are a solution that could completely eliminate this problem. Railway automation would benefit railway investors, and would also make rail transport even more environmentally friendly and efficient.

Key words: autonomous vehicles, transport logistics, autonomous trucks, autonomous railways

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. ZNAČAJKE PRIJEVOZNE LOGISTIKE	3
2.1. PRIJEVOZNA LOGISTIKA.....	6
2.2. PROMETNI KORIDORI EUROPSKE UNIJE	7
2.3. AKTIVNOSTI PRIJEVOZNE LOGISTIKE I PRIJEVOZNE ISPRAVE	9
2.4. TRANSPORTNO OSIGURANJE	15
3. KARAKTERISTIKE AUTONOMNIH VOZILA	18
3.1. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI.....	19
3.2. RAZVITAK AUTONOMNIH VOZILA	23
3.3. UTJECAJ AUTONOMNIH VOZILA.....	30
3.4. ZNAČAJKE AUTONOMNIH VOZILA.....	38
4. MOGUĆNOSTI PRIMJENE AUTONOMNIH VOZILA U PRIJEVOZNOJ LOGISTICI	41
4.1. CESTOVNA AUTONOMNA VOZILA ZA PRIJEVOZ TERETA	44
4.2. ŽELJEZNIČKA AUTONOMNA VOZILA ZA PRIJEVOZ TERETA.....	49
5. ANALIZA UTJECAJA AUTONOMNIH VOZILA NA PROCESE PRIJEVOZNE LOGISTIKE	56
5.1. UTJECAJ CESTOVNIH AUTONOMNIH VOZILA NA PRIJEVOZNU LOGISTIKU	59
5.2. UTJECAJ ŽELJEZNIČKIH AUTONOMNIH VOZILA NA PRIJEVOZNU LOGISTIKU	62
6. PRIMJENE AUTONOMNIH VOZILA U LOGISTIČKOJ DJELATNOSTI – STUDIJA SLUČAJA.....	64
6.1. PRIMJENA AUTONOMNIH KAMIONA S KORIŠTENJEM LOGISTIČKIH ČVOROVA	64
6.2. PRIMJENA AUTONOMNIH VLAKOVA – AUTOHAUL.....	70
7. ZAKLJUČAK.....	76
LITERATURA	79

POPIS SLIKA	82
POPIS TABLICA.....	83
POPIS GRAFIKONA	84

1. UVOD

Logistika se u početku vezala samo s prijevozom i skladištenjem, a u moderno doba krenula se definirati kao proces strateškog upravljanja kretanjem i skladištenjem materijala, dijelova i gotovih proizvoda. Logistika obuhvaća sve poslove vezane uz planiranje, kontrolu, pružanje i optimiziranje procesa duž opskrbnog lanca, dok prijevozna logistika obuhvaća sve procese u logistici koji su vezani uz obavljanje prijevoza.

Razvitak umjetne inteligencije omogućio je razvitak autonomnih vozila, a to su vozila koja se upravljaju sama koristeći kompleksne algoritme bez ljudskog upravljanja i predstavljaju jedan veliki napredak, te promjenu u transportnoj industriji. Autonomna vozila predstavljaju budućnost, a razvitak i primjena autonomnih vozila predstavlja veliki značaj za budućnost čovječanstva.

Kamionski prijevoz tereta je najzastupljenija vrsta prijevoza tereta u svijetu. Vozni parkovi svuda u svijetu pokušavaju biti što više iskorišteni, a to utječe na cijenu prijevoza. U budućnosti se predviđa povećanje potražnje, ali broj vozača neće rasti, pa se tu postavlja pitanje kako riješiti problem nedostatka vozača. Odgovor na to pitanje daje autonomna tehnologija koja je sve bliže tome da polako počne mijenjati vozače kamiona. Potpuno autonomni kamioni obavljat će prijevoz robe. Velike uštede bi se mogle ostvariti bez vozača u kamionu, zbog toga što su plaće vozača trošak, a i autonomna tehnologija bi trebala smanjiti broj nesreća, pa će materijalne štete biti manje. Danas je već skoro moguće potpuno autonomne kamione pustiti da voze po autocestama bez sigurnosnog rizika, a kroz par desetljeća bi trebali biti sigurni i za vožnju po gradovima.

Željeznički prijevoz tereta je energetski najučinkovitiji prijevoz tereta. To se trenutno dovodi u pitanje zbog razvitka autonomnih cestovnih vozila. Razlog tomu je što tvrtke koje ih razvijaju, većinom su tvrtke koje polako prestaju ili čak nikada i nisu proizvodila vozila s motorom s unutarnjim izgaranjem. Te tvrtke koriste i testiraju sustave autonomnosti na električnim vozilima, primjer toga je Tesla, zbog čega će ta vozila biti ekološki prihvatljivija nego trenutna vozila. Zbog velikih ulaganja koja su napravljena u željeznice, one ne smiju biti zanemarene, te bi ih trebalo razvijati

sukladno budućoj konkurenciji, autonomnih cestovnih vozila. Stoga se već krenulo u razvitak autonomnih željezničkih vozila. Trenutno u zapadnoj Australiji postoji potpuno autonomni dio željeznice u regiji Pilbara, gdje je tvrtka Rio Tinto automatizirala željeznicu kako bi mogli ispunjavati potražnju za željeznom rudom.

Rad se sastoji od sedam poglavlja:

- Uvod
- Značajke prijevozne logistike
- Karakteristike autonomnih vozila
- Mogućnosti primjene autonomnih vozila u prijevoznoj logistici
- Analiza utjecaja autonomnih vozila na procese prijevozne logistike
- Primjene autonomnih vozila u logističkoj djelatnosti – studija slučaja
- Zaključak

U poglavlju „Značajke prijevozne logistike“ definirat će se logistika i aktivnosti prijevozne logistike, te objasniti aktivnosti i značajke prijevozne logistike.

U poglavlju „Karakteristike autonomnih vozila“ objasnit će se pojam inteligentnih transportnih sustava, njihova povezanost s autonomnim vozilima, a potom biti će objašnjene karakteristike i značajke autonomnih vozila.

U četvrtom poglavlju „Mogućnosti primjene autonomnih vozila u prijevoznoj logistici“ proći će se kroz mogućnosti primjene autonomnih vozila u logistici.

U poglavlju „Analiza utjecaja autonomnih vozila na procese prijevozne logistike“ objasnit će se koje su koristi, a koje mane uvođenja autonomnih vozila.

U poglavlju s naslovom „Primjene autonomnih vozila u logističkoj djelatnosti – studija slučaja“ definirat će se dva načina, jedan vezan uz cestovna autonomna vozila, a drugi uz željeznička autonomna vozila, uz prikaz primjene autonomne tehnologije u logističkoj djelatnosti.

U poglavlju „Zaključak“ će se na osnovu izložene materije rada doći do zaključka o mogućnostima primjene autonomnih vozila u logistici.

2. ZNAČAJKE PRIJEVOZNE LOGISTIKE

Logistiku je moguće definirati i kao znanost i kao aktivnost. „Ako se logistika promatra kao znanost ona je skup interdisciplinarnih, multidisciplinarnih znanja koja izučavaju i primjenjuju zakonitost mnogobrojnih i složenih aktivnosti koje funkcionalno i djelotvorno povezuju sve djelomične procese savladavanja prostornih i vremenskih transformacija materijala, dobara, stvari, ljudi i informacija u sigurne, brze i racionalne jedinstvene logističke procese, tokove i protoke materijala, kapitala, znanja i informacija od točke isporuke preko točke ili točaka razdiobe. Odnosno točke koncentracije do točke primitka, ali s ciljem da se uz minimalne uložene potencijale i resurse maksimalno zadovolje zahtjevi tržišta.“¹

„Logistika kao aktivnost predstavlja skup planiranih, koordiniranih, reguliranih i kontrolnih nematerijalnih aktivnosti kojima se funkcionalno i djelotvorno povezuju svi djelomični procesi svladavanja prostornih i vremenskih transformacija materijala, dobara, stvari, stvari, poluproizvoda, proizvoda, repromaterijala, živih životinja, kapitala, znanja, ljudi, informacija u sigurne, brze i racionalne jedinstvene logističke procese, tokove i protoke materijala, kapitala, znanja, informacija od pošiljatelja preko točke ili točaka razdiobe, odnosno točke koncentracije do primatelja, ali s ciljem da se uz minimalne uložene potencijale i resurse maksimalno zadovolje zahtjevi tržišta.“²

Glavni zadatak logistike je krajnjem potrošaču omogućiti sustav gdje je pravi proizvod na pravom mjestu u pravo vrijeme. Takav sustav kreće od nabave potrebnih sirovina proizvođaču do dostave gotovog proizvoda na police u trgovinama. Osnovna karakteristika logistike je njen cjelovit pristup aktivnostima koje obuhvaća. Nabava, transport, upravljanje skladištima i distribucija predstavljaju važne komponente logistike, ali pod logistiku su isto tako obuhvaćene i druge aktivnosti koje logističkom sustavu ili poduzeću omogućuju dodanu vremensku i prostornu vrijednost.³

¹ Ivaković, Stanković, Šafran, Špedicija i logistički procesi, p. 226

² Ibid., p. 226

³ Ibid., p. 226

Cilj logistike je stalno usavršavanje protoka dobara i informacija kroz sustav, eliminirajući koordinacijom težnje za ostvarenjem vlastitih parcijalnih ciljeva pojedinih podsustava i da se osigura postizanje ciljeva sustava kao cjeline. ⁴

Pojavom globalizacije i širenja tržišta došlo je do povećanja konkurencije u svim granama industrije i gospodarstva. U isto vrijeme dostupnost velikom broju raznih proizvoda stvorilo je zahtjevnog kupca koji inzistira na trenutačnoj dostupnosti i kontinuiranoj nabavi novih modela i proizvoda. Zbog toga su logistički operateri prisiljeni obavljati dodatne aktivnosti, više transakcija u manjim količinama, s kraćim vremenom ukrcavanja i iskrcavanja, uz manje troškove i s većom točnošću. ⁵

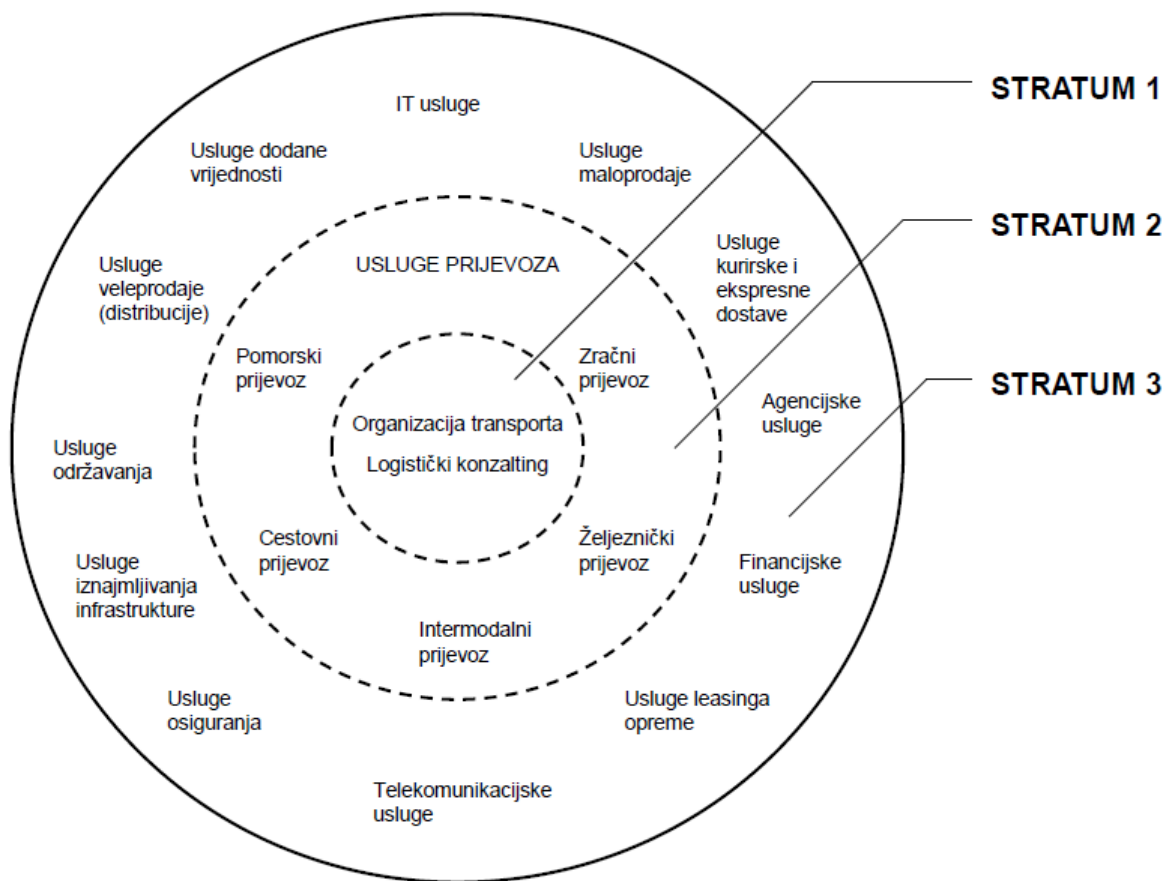
Uz povećanje zahtjeva koje dobivaju logistički operateri povlači se i znatno povećanje financijskih sredstava koja su potrebna za obavljanje dodatnih radnji, planiranja logistike i distribucije. Da bi se maksimizirala vrijednost u logističkim sustavima, potrebno je planirati i donositi odluke na raznim područjima logističkog djelovanja od jednostavnog odabira vrste poda u skladištu, odabira sljedećeg proizvoda koji će zadovoljiti potražnju potrošača, do razine strateških odluka kao što je odabir mjesta za novu tvornicu ili logističko – distribucijski centar. Logistika je važna za prednost pred konkurencijom, te iz tog bi razloga poduzeća trebala imati dobro definiranu vezu između strategije poduzeća i svojih logističkih ciljeva. ⁶

Obuhvat, složenost i interdisciplinarni karakter logističke industrije, vidljivi su iz hijerarhije uključenih usluga, tj. iz njezine stratifikacije, koja je prikazana na slici 1.

⁴ Ivaković, Stanković, Šafran, Špedicija i logistički procesi, p. 226

⁵ Ibid., p. 227

⁶ Ibid., p. 227



Slika 1. Stratifikacija logističke industrije

Izvor: Šafran, Prijevozna logistika 1

Stratum 1 obuhvaća organizaciju transporta i logistički konzalting. To su osnovne usluge koje nudi većina globalnih logističkih operatera kao neovisan paket logističkih usluga ili zajedno s nekim dodatnim uslugama iz stratuma 2 i 3. Logistički konzalting se odnosi na strategiju opskrbnog lanca, uključuje utvrđivanje potreba za infrastrukturnim i prijevoznim kapacitetima, tehnologije distribucije i oblikovanje distribucijskih mreža. Isto tako može uključivati i razne dodatne specijalizirane usluge koje su prilagođene potrebama korisnika, a nadopuna su osnovnim uslugama. Organizacija transporta odnosi se na organizaciju prijevoza, prekrcaja i skladištenja, zastupanje u carinskom postupku, angažiranje inspeksijskih službi i druge usluge koje teže upravljanju i organizaciji, što te usluge razlikuje od usluga prijevoza koje su operativnog karaktera (obavljanje premještanja robe pomoću određenog prijevoznoga sredstva ili više njih, kao što je slučaj u intermodalnom prijevozu).⁷

⁷ Šafran, Prijevozna logistika 1

Stratum 2 obuhvaća usluge prijevoza različitih prometnih grana, koje su potrebne za odvijanje tokova opskrbnog lanca. Logistički operateri najčešće posjeduju određeni vozni park ili flotu, pa sami mogu nuditi usluge prijevoza, no isto tako za obavljanje usluge prijevoza mogu angažirati svoje ugovorene prijevoznike.⁸

Stratum 3 obuhvaća usluge dodane vrijednosti, te druge specijalizirane usluge koje ne moraju stvarati dobit, ali su potrebne za funkcioniranje opskrbnog lanca, tj. odvijanja robnih, financijskih i informacijskih tokova.⁹

2.1. PRIJEVOZNA LOGISTIKA

U početku logistika je često bila povezivana samo sa funkcijom prijevoza i skladištenja. Kasnije je logistika definirana kao proces strateškog upravljanja kretanjem i skladištenjem materijala, dijelova i gotovih proizvoda od dobavljača do krajnjeg potrošača. Procjena je da prijevoz predstavlja otprilike 40% svih logističkih troškova. Prijevoz je dio logističkog menadžmenta i kao takav je od presudne važnosti. Prijevoz nije samo ograničen na protok robe kroz prostor i nije samo vezan uz funkcije na polju isporuke sirovog materijala za potrebe proizvodnje i distribucije gotovih proizvoda.¹⁰

Logistika obuhvaća sve zadatke vezane uz planiranje, kontrolu, pružanje i optimizaciju procesa duž opskrbnog lanca. Prijevozna logistika obuhvaća sve procese u logistici koji su potrebni za obavljanje prijevoza.¹¹

Prijevozna logistika se bavi:

- Administracijom (kao što je upravljanje osobljem, upravljanje voznim parkom),
- Planiranjem (npr. kontrola prijevoza, transportna strategija)
- Operativnim varijablama (transportna tehnologija, tehnologija prijenosa podataka)¹²

⁸ Šafran, Prijevozna logistika 1

⁹ Ibid.

¹⁰ TUP GmbH Editorial Team, Definition of transport logistics, [pristupljeno: 12.3.2022.]

¹¹ Ibid., [pristupljeno: 12.3.2022.]

¹² Ibid., [pristupljeno: 12.3.2022.]

Zadatak prijevozne logistike je distribucija i osiguranje robe uz najniže moguće troškove u proizvodnom procesu. Cilj je optimizirati prijevoz kroz optimizaciju procesa ukrcavanja i iskrcavanja robe, optimizaciju iskorištenosti prijevoznih kapaciteta, te optimizaciju procesa primopredaje i identifikacije. Prijevozna logistika sadrži cjelovito razmatranje svih logističkih procesa koji su neophodni za prijevoz, a to uključuje razmatranje distribucijske i opskrbe mreže. Opskrbna mreža opisuje koje vrste dobavljača igraju ulogu u procesu opskrbe, a distribucijska mreža opisuje prostornu strukturu u kojoj se provodi distribucija robe.¹³

Iskorištenje potencijala distribucijske i opskrbe mreže ovisno je o stupnju izgrađenosti i propusnoj moći prometne infrastrukture. U Europskoj uniji najveći stupanj prometne infrastrukture predstavlja TEN – T mreža.¹⁴

2.2. PROMETNI KORIDORI EUROPSKE UNIJE

Politika Transeuropske prometne mreže (TEN-T) je provedba i razvoj europske mreže željezničkih linija, cesta, unutarnjih plovnih puteva, luka, zračnih i željezničkih terminala. Krajnji cilj je ukloniti nedostatke mreže, uska grla i tehničke zapreke te ojačati socijalnu, ekonomsku i teritorijalnu koheziju u Europskoj uniji. Isto tako TEN – T mreža će dovesti do poboljšanog korištenja infrastrukture, smanjena utjecaja prometa na okoliš, povećanja energetske učinkovitost i povećanja sigurnosti. Osim izgradnje nove fizičke infrastrukture, politika TEN-T mreže podržava primjenu inovacija, novih tehnologija i digitalnih rješenja za sve načine prijevoza.¹⁵

TEN-T mreža se sastoji od dvije razine:

- Osnovna mreža – uključuje najvažnije veze koje povezuju najvažnije čvorove i treba biti dovršena do 2030. godine.
- Sveobuhvatna mreža – pokriva sve europske regije i trebala bi biti dovršena do 2050 godine.¹⁶

¹³ TUP GmbH Editorial Team, Definition of transport logistics, [pristupljeno: 12.3.2022.]

¹⁴ Šafran, Prijevozna logistika 1

¹⁵ European Commission. TEN – T, [pristupljeno: 12.3.2022.]

¹⁶ Ibid., [pristupljeno: 12.3.2022.]

Okosnicu osnovne mreže predstavlja devet koridora koji su određeni kako bi pojednostavili i olakšali koordinirani razvoj osnovne mreže. Tih devet koridora su: **Baltičko-jadranski, Sjeverno more – Baltik, Mediteranski, Bliski istok – Istočni Mediteran, Skandinavsko-mediteranski, Rajnsko – alpski, Atlantski, Sjeverno more – Mediteran, Rajna – Dunav.** Svaki od njih mora uključivati tri vrste prometne infrastrukture, prolaziti kroz tri države članice i dva granična prijelaza.¹⁷ Na slici 2. je prikazana TEN-T mreža s označenim koridorima.



Slika 2. TEN-T mreža

Izvor: RailwayPro, New TEN – T coordinators appointed [pristupljeno: 12.3.2022.]

Republika Hrvatska nalazi se na dva koridora osnovne mreže, Mediteranskom i Rajna – Dunav koridoru. Mediteranski koridor povezuje jug Pirinejskog poluotoka sa mađarsko – ukrajinskom granicom prolazeći španjolskom i francuskom

¹⁷ Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture Republike Hrvatske, EU prometni koridori i TEN – T. [pristupljeno: 12.3.2022.]

mediteranskom obalom, zatim prolazi kroz Alpe na sjeveru Italije, te ulazi u Sloveniju. Mediteranski koridor je cestovni i željeznički koridor, a njegov sastavni dio je pravac Rijeka – Zagreb – Budimpešta. Na Mediteranski koridor se nastavlja cestovni i željeznički pravac Zagreb – Slovenija. Preko mediteranskog koridora Republika Hrvatska će biti spojena i na Baltičko – jadranski koridor. Rajna – Dunav koridor je riječni pravac koji povezuje Strasbourg, Frankfurt, Beč, Bratislavu, Budimpeštu, odakle se jedan dio odvaja prema Rumunjskoj, a drugi ide Dunavom kroz Hrvatsku i nastavlja prema Crnom moru.¹⁸

Koridorima se provodi prijevozna usluga između država članica Europske unije, a za teretni promet su potrebne prijevozne isprave za obavljanje prijevozne usluge, te se na granicama provjerava ispravnost tih istih dokumenata.¹⁹

2.3. AKTIVNOSTI PRIJEVOZNE LOGISTIKE I PRIJEVOZNE ISPRAVE

Aktivnosti prijevozne logistike su:

- Angažiranje prijevoznih sredstava
- Priprema i odabir prijevoznih sredstava
- Upravljanje radnim vremenom mobilnih radnika
- Usmjeravanje i praćenje prijevoznih sredstava
- Održavanje prijevoznih sredstava
- Kontrola pružanja prijevozne usluge²⁰

Prilikom svakog pružanja prijevozne usluge tih šest aktivnosti se ponavlja, kao što je prikazano na slici 3.

¹⁸ Šafran, Prijevozna logistika 1

¹⁹ Ibid.

²⁰ Ibid.



Slika 3. Aktivnosti pružanja prijevozne logistike

Izvor: Šafran, Prijevozna logistika 1

Svaka od navedenih aktivnosti sastoji se i od pod aktivnosti. Aktivnost angažiranja prijevoznih sredstava sastoji se od prodaje prijevozne usluge, prikupljanja zahtjeva za prijevozom i ugovaranja prijevoza (ugovori s komitentima ili burzama tereta). Sljedeća aktivnost, priprema i odabir prijevoznih sredstava sastoji se od standardizirane aktivnosti pripreme, tehničkih pregleda prijevoznih sredstava i dodjeljivanja radnog naloga slobodnom vozaču i prijevoznom sredstvu. Pod upravljanjem radnim vremenom mobilnih radnika spada praćenje radnog vremena (pomoću informacijskog sustava), obračuni dnevnicu i provjera radnog vremena vozača. Usmjeravanje i praćenje prijevoznih sredstava sastoji se od određivanja itinerara kretanja prijevoznog sredstva, praćenja kretanja prijevoznog sredstva u stvarnom vremenu i informacijsko – komunikacijske podrške za upravljanje voznom parkom. Pod održavanjem prijevoznih sredstava spada preventivno i redovito održavanje, te visoka razina ispravnosti voznog parka. Cilj ovih pod aktivnosti je osigurati pouzdanost i točnost u procesu prijevoza. Zadnja aktivnost, kontrola pružanja

prijevozne usluge sastoji se od financijske kontrole, eksploatacijske kontrole i kontrole zadovoljstva komitenata.²¹

Roba koja se predaje na prijevoz mora biti upakirana u transportnu ambalažu i predana prijevozniku kako to nalažu propisi i uzance prometne grane koja obavlja prijevoz. Dokumenti i radnje koje se pritom obavljaju ovise o prometnoj grani i tehnologiji prijevoza i ukrcaja, svojstvima i carinskom statusu robe.²²

U pomorskom prometu i unutarnjoj plovidbi krcatelj je obavezan predati robu brodaru ispod čekrka, odnosno uz bok broda. Krcatelj snosi troškove i rizike manipulacija koje se pritom obavljaju: vozilo – skladište i skladište – čekrk, odnosno vozilo – čekrk ako je riječ o izravnom prekrcaju. Ove manipulacije obavlja lučka operativa, prema nalozima krcatelja danim lučkom dispozicijom. Brodar je obavezan preuzeti robu ispod čekrka, tj. brodar snosi troškove i rizike ukrcaja, slaganja i poravnanja robe u brodu. U linijskoj plovidbi brodar preuzima robu u lučkom skladištu, a troškovi manipulacija na terminalu se terete sukladno već navedenim pravilima. U postupku predaje robe na prijevoz aktivno sudjeluju krcatelj, luka, brodar (agent brodara u njegovo ime) i carinska služba. Dokumenti koji se pritom primjenjuju su prilagođeni službenim potrebama navedenih subjekata, te zbog toga krcatelj treba popuniti komplet dokumenata koji se sastoji od:

- Lučke dispozicije
- Naloga ukrcaja za carinu
- Triptiha isprava koje čine:
 - Prijava ukrcaja, kojom krcatelj prijavljuje agentu brodara robu za ukrcaj
 - Nalog ukrcaja, koji agent brodara daje zapovjedniku broda, odnosno brodskom časniku zaduženom za ukrcaj
 - Časnička potvrda, kojom zapovjednik broda potvrđuje da je roba ukrcana u brod²³

Na temelju ovjerene časničke potvrde agent brodara krcatelju izdaje teretnicu. Time je postupak predaje robe na prijevoz završen. Vrijeme koje krcatelju robe stoji na raspolaganju za obavljanje ukrcaja određeno je trajanjem stojnica. U linijskoj

²¹ Šafran, Prijevozna logistika 1

²² Ibid.

²³ Ibid.

plovidbi nema stojnica i prekostojnica jer je zadržavanje broda u luci unaprijed određeno plovodbenim redom, a brodar preuzima robu u svojem skladištu u luci ili u za to određenom lučkom prostoru. U slobodnoj plovidbi, nakon prispjeća broda u luku, agent brodara izvješćuje primatelja o spremnosti broda za iskrcaj robe upućivanjem Pisma spremnosti. U linijskoj plovidbi Pismo spremnosti se ne primjenjuje jer je termin prispjeća broda unaprijed određen. U tom slučaju brodar predaje robu primateljima iz lučkog skladišta odnosno na lučkom terminalu. Agent brodara obavještava primatelje o prispjeću njihovih pošiljaka kako bi se javili za preuzimanje. Primatelj ima pravo na preuzimanje robe od brodara na temelju isprave Bez zapreke koju izdaje agent brodara primatelju u zamjenu za original teretnice, nakon što primatelj podmiri sve obveze prema brodaru.²⁴

Prijevozna isprava u pomorskom prometu je brodska teretnica. Posebnost brodske teretnice je ta što za razliku od prijevoznih isprava u drugim prometnim granama, brodska teretnica je vrijednosni papir, što znači da prijenos teretnice nadomješta fizičku predaju robe koja je u njoj naznačena, tj. prijenos teretnice na kupca ujedno znači i prijenos vlasništva i drugih prava na robu. Iz tog razloga na svakom primjeru teretnice mora biti navedeno koliko je originala i kopija izdano. Prenosivi su samo originali. S obzirom na prijenos prava iz teretnice razlikuju se tri vrste teretnice. To su teretnica na ime, teretnica po naredbi i teretnica na donositelja. Teretnica na ime glasi na određenu osobu, tj. na osobu navedenu u rubrici primatelj. Ta osoba je ovlaštena za preuzimanje robe od brodara. To se pravo može prenijeti na treću osobu. Teretnica po naredbi uz naziv primatelja sadrži klauzulu „Po naredbi“, tj. glasi po naredbi navedenog primatelja koji svoje pravo preuzimanja može prenijeti na treću osobu. Ukoliko nije naznačeno po čijoj naredbi, smatra se da je to teretnica po naredbi krcatelja. Teretnica na donositelja ne glasi na određenu osobu, nego je brodar dužan predati robu prvom donositelju originala teretnice. Ova se teretnica prenosi običnom predajom iz ruke u ruku. Originali teretnice ne putuju zajedno s robom već se dostavljaju primatelju poštom ili preko banke, ovisno o načinu plaćanja robe, dok robu u prijevozu prati kopija teretnice.²⁵

Za prijevoz u unutarnjoj plovidbi primjenjuju se dvije prijevozne isprave, teretnica i teretni list. Teretnica i njezina primjena ne razlikuje se od teretnice u

²⁴ Šafran, Prijevozna logistika 1

²⁵ Ibid.

pomorskom prometu. Prije ukrcaja robe, pošiljatelj mora predati agentu broдача ispunjen teretni list. Nakon obavljenog ukrcaja robe, agent broдача ovjerava teretni list, čime potvrđuje da je roba preuzeta na prijevoz, a samim time je ugovor o prijevozu zaključen.²⁶

U zrakoplovnom prometu pošiljku pošiljatelj predaje službi robnog prometa zračne luke u za to određenom skladištu. Dobivenu potvrdu uskladištenja pošiljatelj predaje logističkom operateru radi obavljanja daljnjeg postupka vezanog s otpremom robe (vaganje, kontrola pošiljke, ispostavljanje teretnog lista, lijepljenje identifikacijskih naljepnica, ...). Nakon obavljanja carinskih formalnosti logistički operater predaje ispunjen teretni list ovjeren carinskim žigom agentu prijevoznika. Ovjerom teretnog lista, agent potvrđuje preuzimanje robe na prijevoz, vraća logističkom operateru primjerak teretnog lista za pošiljatelja, te daje nalog službi robnog prometa za iskladištenje robe i ukrcaj u zrakoplov. Time je postupak predaje robe na prijevoz završen. Služba robnog prometa zračne luke obavještava primatelja o prispjeću pošiljke u zračnu luku. Nakon primitka obavijesti o dolasku robe, primatelj treba kod službe robnog prometa iskupiti prijevoznu ispravu (zrakoplovni teretni list) i nakon toga može preuzeti robu, osim ako treba prvo obaviti carinske formalnosti. Iskrcaj robe iz zrakoplova, uskladištenje / iskladištenje, te ukrcaj u vozilo primatelja obavlja služba robnog prometa zračne luke.²⁷

Prijevozna isprava u međunarodnom zračnom prometu je zrakoplovni teretni list (Air waybill – AWB). Za otpremanje pošiljaka u zračnom prometu, logistički operater mora biti registriran kao IATA agent, što podrazumijeva odgovarajuću stručnu osposobljenost i udovoljavanje propisanim tehničkim uvjetima. Osim toga, logistički operater mora imati zaključen ugovor sa zračnim prijevoznikom o obavljanju poslova robnog agenta (eng. CargoAgent), koji ga ovlašćuje za izdavanje teretnih listova i zaključivanje ugovora o prijevozu u ime dotičnog prijevoznika. U suprotnom, logistički operater ove poslove mora obaviti preko posrednika s prethodno spomenutim ovlastima. Ispunjeni teretni list ovjeren carinskim žigom, logistički operater treba predati agentu prijevoznika do određenog roka prije polijetanja zrakoplova. Ovjerom teretnog lista agent potvrđuje da je roba preuzeta na prijevoz. Funkcije agenta

²⁶ Šafran, Prijevozna logistika 1

²⁷ Ibid.

prijevoznika najčešće obavlja služba robnog prometa zračne luke, no u nekim zračnim lukama te poslove obavljaju same zrakoplovne kompanije.²⁸

U željezničkom prometu pošiljke koje krca željeznica (komadne pošiljke) pošiljatelj predaje skladištaru u otpremnom kolodvoru zajedno s teretnim listom. Pošiljke koje krca pošiljatelj (vagonske pošiljke), pošiljatelj je dužan predati zajedno s teretnim listom u propisanom roku ukrcaja, u radnom vremenu kolodvora. Ukrcaj robe obavlja se na industrijskom kolosijeku pošiljatelja ili na za to određenom kolosijeku u otpremnom kolodvoru. Ukrcaj robe u vagon, kao i osiguravanje i učvršćivanje tereta u vagonu, dužan je obaviti pošiljatelj. Rok ukrcaja za robu koju krca pošiljatelj teče od trenutka kada je pošiljatelj izviješten da je vagon postavljen za ukrcaj, odnosno od vremena za koje je vagon naručen. To vrijeme iznosi šest radnih sati za vagonske pošiljke ili deset radnih sati za pošiljke pošiljateljevih kompletnih vlakova i pošiljke čiji je ukrcaj otežan radi vremenskih uvjeta. Nakon što je obaviješten o dolasku pošiljke, primatelj treba na blagajni prispijeća iskupiti prijevoznu ispravu – željeznički teretni list za međunarodni promet (CIM teretni list), te preuzeti robu. Ukoliko je riječ o carinskoj robi, pošiljatelj ne može preuzeti robu prije nego se obavi carinski postupak. Za iskrcaj robe vrijede ista pravila kao i kod ukrcaja. Prijevozna isprava u međunarodnom željezničkom prometu je teretni list za međunarodni promet propisan konvencijom CIM. Ispunjeni teretni list pošiljatelj treba predati skladištaru kod preuzimanja vagona u otpremnom kolodvoru. Nakon provjere ispravnosti obavljenog ukrcaja robe, skladištar zatvara i plombira vagon te potvrđuje prijam pošiljke na teretnom listu koji vraća pošiljatelju i upućuje ga na blagajnu otpreme radi zaključenja ugovora o prijevozu. U skladu s bilješkom o frankiranju, blagajnik obračunava i naplaćuje prijevozne troškove, te ovjerava teretni list kolodvorskim žigom s nadnevkom. Duplikat teretnog lista vraća se pošiljatelju kao dokaz o zaključenom ugovoru o prijevozu.²⁹

U cestovnom prometu ukrcaj robe u kamion dužan je obaviti pošiljatelj u propisanom roku. Rok ukrcaja, odnosno iskrcaja kamiona, u Republici Hrvatskoj propisuje Tarifa za cestovni prijevoz robe poslovne udruge Transportkomerc iz Zagreba, međutim taj se rok može odrediti posebnim dogovorom između prijevoznika i naručitelja prijevoza. U praksi se taj rok kreće od jednog sata za kamione do pet tona nosivosti, do dva i pola sata za kamione preko 20 tona nosivosti. Nakon obavljenog

²⁸ Šafran, Prijevozna logistika 1

²⁹ Ibid.

ukrcaja, prijevoznik potvrđuje preuzimanje robe na prijevoz ovjerom teretnog lista. U cestovnom prijevozu se ne primjenjuju posebne obavijesti o prispjeću nego se primopredaja robe obavlja putem prijevozne isprave (teretnog lista, dostavnice). Ukoliko se radi o carinskoj robi, pošiljatelj ne smije iskrcati robu prije nego što se obavi carinski postupak. Za iskrcaj robe vrijede ista pravila kao i kod ukrcaja. Prijevozna isprava u međunarodnom cestovnom prometu je teretni list za međunarodni promet propisan konvencijom CMR. Teretni list treba ispuniti pošiljatelj prije ukrcaja robe. Nakon obavljenog ukrcaja, prijevoznik ovjerava teretni list i vraća primjerak za pošiljatelja, čime potvrđuje da je preuzeo robu radi prijevoza. Time je ugovor o prijevozu zaključen. U praksi teretni list u pravilu ispunjava logistički operater kad mu se prijevoznik nakon ukrcaja robe javi radi izvoznog carinjenja.³⁰

Zbog mogućnosti oštećenja ili nesreća prilikom obavlja manipulacija robom ili transporta robe, pošiljatelju robe se nudi opcija transportnog osiguranja. Njime pošiljatelj robe dobiva odštetu u slučaju štete nanesene robi prilikom transporta i manipulacije robom.³¹

2.4. TRANSPORTNO OSIGURANJE

Uobičajeni način sklapanja ugovora o osiguranju je da osiguranik, odnosno njegov punomoćnik (logistički operater), podnese osiguratelju prijavu osiguranja. Ukoliko osiguravajuća kuća prihvaća osiguranje robe temeljem primljene prijave, osiguratelj izdaje policu osiguranja, čime potvrđuje da je ugovor o osiguranju zaključen. Iznos osiguranja je najveći iznos odštete koji je osiguratelj dužan isplatiti osiguraniku ukoliko do štete dođe uslijed nastupa osiguranog slučaja.³²

Iznos osiguranja načelno bi trebao biti jednak stvarnoj vrijednosti robe, međutim u praksi su mogući slučajevi podosiguranja (iznos osiguranja je manji od stvarne vrijednosti robe) ili nadosiguranja (iznos osiguranja je veći od stvarne vrijednosti robe).³³

³⁰ Šafran, Prijevozna logistika 1

³¹ Ibid.

³² Ibid.

³³ Ivaković, Stanković, Šafran, Špedicija i logistički procesi, p. 216

Stvarna vrijednost robe je vrijednost pošiljke u mjestu i vremenu otpreme, uvećana za troškove otpreme, pakiranja, prijevoza, premije osiguranja, očekivane dobiti i drugih interesa i troškova vezanih s osiguranom pošiljkom.³⁴

Osigurani slučaj je ugovorom o osiguranju unaprijed predviđeni događaj čijom realizacijom nastaje šteta na predmetu osiguranja, a koji stvara obvezu osiguratelju da nastalu štetu nadoknadi osiguraniku, tj. da isplati odštetu. Nastupom osiguranog slučaja može doći do gubitka ili do oštećenja robe.³⁵

Osigurani rizici se s obzirom na uzroke nastanka štete mogu svrstati u tri glavne skupine:

- Transportni rizici – usko vezani uz prijevoz i opasnosti koje iz toga proizlaze
- Svi rizici – uključuju štete koje ne pokriva osiguranje transportnih rizika, kao što su: lom unutarnjih dijelova, uginuće i lom nogu živih životinja, smrzavanje ili povišenje temperature i drugi rizici koji proizlaze iz specifičnih svojstava pojedinih vrsta roba
- Ratni i politički rizici – osiguranje pomorskog i zračnog prijevoza (isključeno za kopneni prijevoz). U skupinu ratnih rizika spadaju štete zbog zarobljavanja, zapljene, zadržavanja, ratnih operacija i drugih uzroka vezanih uz ratna djelovanja. U skupinu političkih rizika spadaju neredi, građanski nemiri, štrajkovi, terorizam itd.³⁶

Premija osiguranja je naknada koju osiguratelj naplaćuje u ime svoje obveze plaćanja odštete osiguraniku, ukoliko dođe do štete na osiguranoj robi. Zaključenjem ugovora o osiguranju, osiguranik preuzima obvezu plaćanja premije osiguratelju. Ukoliko dođe do nastanka štete, osiguranik je dužan odmah o tome izvijestiti osiguratelja, odnosno njegovog zastupnika u mjestu gdje je šteta nastala, te poduzeti mjere radi sprečavanja daljnjeg oštećivanja osiguranog predmeta. Ukoliko se sumnja na krađu, događaj treba prijaviti policiji. Pri podnošenju odštetnog zahtjeva, osiguranik je dužan prezentirati osiguratelju sve podatke i dokumentaciju temeljem kojih se mogu utvrditi sve relevantne okolnosti štetnog događaja, kao i veličina štete.³⁷

³⁴ Ivaković, Stanković. Šafran, Špedicija i logistički procesi, p. 216

³⁵ Ibid., p. 215

³⁶ Šafran, Prijevozna logistika 1

³⁷ Ibid.

Ukoliko je logistički operater osigurao robu, uobičajeno on podnosi odštetni zahtjev i zastupa komitenta u postupku likvidacije štete. Uz odštetni zahtjev prilažu se sljedeći dokumenti:

- Polica osiguranja, odnosno list pokrića
- Prijevozna isprava
- Zapisnik o utvrđivanju štete (u pomorskom prijevozu sastavlja ovlaštenu havarijski kapetan, u željezničkom prijevozu željeznička postaja nadležna na dijelu pruge gdje je nastala šteta, a u drugim granama prijevoza priznaje se certifikat ovlaštene kontrolne tvrtke, tj. zapisnik o očevidu drugih ovlaštenih osoba), potvrđen od ovlaštene osobe
- Faktura robe
- Protest prijevozniku
- Relevantna korespondencija s ostalim sudionicima u prijevozu
- Drugi dokumenti koji mogu poslužiti u svrhu utvrđivanja okolnosti štetnog događaja³⁸

Temeljem zaključenog ugovora o osiguranju, na odštetni zahtjev osiguranja, osiguratelj provodi postupak likvidacije štete u kojem utvrđuje jesu li ispunjeni svi uvjeti za realizaciju prava osiguranika glede isplate odštete.³⁹

Osiguratelj je dužan isplatiti odštetu ukoliko su ispunjeni sljedeći uvjeti:

- Postoji uzročna veza između osiguranih rizika i nastale štete, tj. šteta je nastala zbog realizacije nekog rizika pokrivenog osiguranjem
- Osiguranik nije kriv za nastalu štetu, odnosno do štete nije došlo namjerno ili nepažnjom osiguranika
- Ispunjeni su svi uvjeti utvrđeni ugovorom o osiguranju⁴⁰

³⁸ Ivaković, Stanković. Šafran, Špedicija i logistički procesi, p. 222

³⁹ Ibid., p. 222

⁴⁰ Ibid., p. 223

3. KARAKTERISTIKE AUTONOMNIH VOZILA

S razvojem umjetne inteligencije, tehnologija autonomnih vozila dobiva sve više na važnosti. Autonomna vozila dopuštaju upravljanje vozilima bez ljudskog upravljanja, te omogućuju veliku pogodnost, ali isto tako predstavljaju jedan veliki napredak i promjenu u transportnoj industriji. Trenutno se autonomna vozila polagano pojavljuju na tržištu, ali nisu uobičajena. Isto tako postoji veliki broj tvrtki koje su tek krenule u razvijanje svojih autonomnih vozila. Autonomna vozila predstavljaju budućnost, te sve jake industrijske zemlje aktivno rade na razvitku vlastitih autonomnih vozila. ⁴¹

Inteligentni transportni sustavi su suvremena informacijsko telekomunikacijska tehnologija namijenjena vođenju, ostvarivanju i upravljanju transportnim sustavima svih vrsta. Kao ishod inteligentnih transportnih sustava generira se prikladniji i povoljniji transportni sustav, koji posebice poboljšava učinkovitost, djelotvornost i korisnost, čime se umanjuju poteškoće i olakšava rješavanje transportnih problema sinkroniziranim upravljanjem do relevantnih razina. ⁴²

Inteligentni transportni sustavi imaju mogućnosti poboljšanja trenutnoga sustava, a to je moguće u četiri područja, a to su:

- Podrška za upravljanje vozilima
- Podrška za upravljanje infrastrukturom
- Politička potpora
- Potpora menadžmenta

Kad je u pitanju teretni promet, predložen je niz tehnologija za poboljšanje protoka robe i boljeg upravljanja opskrbnim lancima. Primjena inteligentnih transportnih sustava jedno je od tih rješenja. Autonomna vozila predstavljaju jedan dio tehnologije inteligentnih transportnih sustava, te bi njihova primjena omogućila

⁴¹ Guo, Chen, Yang, Multimodal transport distribution model for autonomous driving vehicles based on improved ALNS, p. 2940

⁴² Kadlubek, Expectations for the use of Intelligent Transport Systems applications in the management of freight transport enterprises, p. 2318

poboljšanje teretnog prometa, ali kako bi se autonomna vozila mogla uopće koristiti, za njih je potrebno napraviti dodatnu infrastrukturu.⁴³

3.1. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI

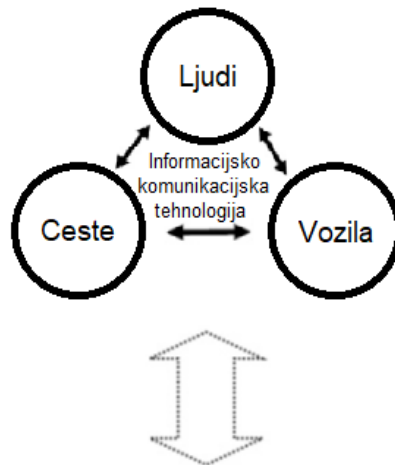
Inteligentni transportni sustavi predstavljaju razna rješenja koja uključuju komunikacijske i informacijske sustave modificirane za poboljšanje učinkovitosti i sigurnosti transportnih sustava u njihovim različitim oblicima i granama. Definicija inteligentnih transportnih sustava, koju daje Europski institut za telekomunikacijske standarde, je sljedeća: „Inteligentni transportni sustavi dodaju informacijsku i komunikacijsku tehnologiju u transportnu infrastrukturu i vozila u nastojanju da se poboljša njihova sigurnosti, pouzdanost, učinkovitost i kvaliteta.“ Richard i suradnici smatraju da je inteligentni transportni sustav, sustav u kojemu se informacijske i komunikacijske tehnologije primjenjuju u području cestovne prometne mreže, što uključuje infrastrukturu, vozila i korisnike, sustave upravljanja prometom i mobilnošću, te isto tako sučelja za druge načina transporta.⁴⁴

Komponente i sustavi unutar inteligentnih transportnih sustava čine poveznicu između infrastrukture i rješenja u informacijsko komunikacijskom području. Cjelokupni međuodnos ljudi, vozila i cesta, te međusobni odnos sa inteligentnim transportnim sustavima prikazan je na slici 4. Osnovna ideja je da su ljudi, vozila i ceste povezani informacijsko komunikacijskom tehnologijom, a inteligentni transportni sustavi s informacijsko komunikacijskom tehnologijom pomažu toj povezanosti i upravljanju vozilima. Funkcije inteligentnih transportnih sustava teže k eliminiranju ljudske greške u prometu. Glavni utjecaju inteligentnih transportnih sustava osjećaju se u sigurnosti, vremenu putovanja i čini prometni sustav ekološki prihvatljivijim. Ciljevi politike inteligentnih transportnih sustava su poboljšanje sigurnosti, razvitak društva, sigurnost i zdravlje, a samim time, kako su autonomna vozila dio inteligentnih transportnih sustava, to su ciljevi i autonomnih vozila.⁴⁵

⁴³ Kadlubek, Expectations for the use of Intelligent Transport Systems applications in the management of freight transport enterprises, p. 2318

⁴⁴ Ibid., p. 2319

⁴⁵ Ibid., p. 2320



Funcije ITS-a	Područja djelovanja ITS-a	Glavni utjecaji ITS-a	Ciljevi ITS politike
<ol style="list-style-type: none"> 1. Informacijske usluge 2. Upravljanje potražnjom 3. Kontrola prometa 4. Upravljanje transportom i voznim parkom 5. Upravljanje incidentima 6. Napredni sustavi za asistiranje vozača i ostali sustavi za asistiranje vozača 7. Primjena sustava 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Potražnja za transportom 2. Vrijeme transporta 3. Odabir prijevoznog sredstva 4. Odabir rute 5. Ponašanje rute i prometa 6. Upravljanje i razvijanje transportnog sustava 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mreža i njeni troškovi 2. Vozni park i troškovi vezani uz njega 3. Kvaliteta i pristupačnost usluge 4. Vrijeme putovanja ili transporta i njegova predvidivost 5. Prometna sigurnost 6. Sigurnost 7. razina buke, emisija i potrošnja energije 8. Vrijednost i udobnost 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Razina usluge i trošak transportnog sustava 2. Sigurnost i zdravlje 3. Socijalna održivost 4. Regionalni i društveni razvitak 5. Beneficije za okoliš 6. Promoviranje informacija za društvo 7. Bolje korištenje urbanog prostora 8. Privlačnost urbane sredine i kvaliteta života

Slika 4. Međudnos ljudi vozila i cesta s inteligentnim transportnim sustavima

Izvor: Kadlubek, Expectations for the use of Intelligent Transport Systems applications in the management of freight transport enterprises, p. 2320

Inteligentni transportni sustavi najčešće se dijele na sljedeća područja:

- Napredni putnički informacijski sustavi – predviđaju sudionike u prometu odgovarajućim informacijama u stvarnom vremenu na njihovoj određenoj ruti
- Napredni sustavi za upravljanje prijevozom – osiguravaju upravljanje i koordinaciju sigurnog prometa na najskladniji mogući način
- Inteligentni transportni sustavi za određivanje cijena prijevoza – odnose se na rješenja koja naglašavaju iskorištavanje javne infrastrukture uz vozila
- Napredni sustav javnog prijevoza – pretežno su usredotočeni na pružanje podataka putnicima o javnom prijevozu i nude potpuno integrirani inteligentni prijevozni sustav čija je bit prikaz i komunikacija s vanjskim sustavima na cesti⁴⁶

Inteligentni transportni sustavi različiti su od pametne mobilnosti, ali isto tako su sustavi za prikupljanje podataka, transportnu tehnologiju i novu uslugu mobilnosti. Zbog velikog napretka tehnologije, trenutni razvoj inteligentnih transportnih sustava baziran je na integraciji javnog i privatnog prijevoza, razvitku autonomnih vozila i razvoju mobilnih aplikacija za primjenu u transportu.⁴⁷

Aplikacije koje su, u sklopu inteligentnih transportnih sustava, su baze podataka koje bi se prvotno koristile za prikupljanje informacija, a zatim bi pridonosile optimizaciji aplikacija i drugih tehnologija kojima prikupljeni podaci trebaju. U prometu, ti podaci bi bili prometne okolnosti, učinkovito i sigurno upravljanje prometom, informacije o uključenim vozilima i uvjetima infrastrukture, upravljanje kriznim situacijama, alternativna naplata cestarine, kontrola tereta kamiona, elektronska mjerna stanica, ublažavanje negativnih utjecaja na okoliš i mnogi drugi podaci.⁴⁸

Kako bi se transportni sustav što adekvatnije koordinirao i autorizirao, primjena tehnologija inteligentnih transportnih sustava omogućuje upotrebu i transformaciju prikupljenih podataka koji bi se koristili za unaprjeđenje transporta. Primjena inteligentnih transportnih sustava omogućila bi razvoj i optimizaciju u procesu organiziranja i širenja prometnih sustava svih vrsta.⁴⁹

⁴⁶ Kadlubek, Expectations for the use of Intelligent Transport Systems applications in the management of freight transport enterprises, p. 2320

⁴⁷ Ibid., p. 2321

⁴⁸ Ibid., p. 2321

⁴⁹ Ibid., p. 2321

Kriteriji za odabir potencijalnih rješenja iz domene inteligentnih transportnih sustava su:

- Efikasnost protoka vozila
- Sigurnost
- Udobnost
- Pozitivni utjecaji na okoliš⁵⁰

Autonomna vozila koriste umjetnu inteligenciju, točnije sustave umjetne inteligencije s limitiranom memorijom. Sustavi umjetne inteligencije s limitiranom memorijom uče iz informacije koje dobivaju, spremljenih podataka ili događaja. Za razliku od reaktivne umjetne inteligencije, limitirana umjetna inteligencija uči iz prošlosti, promatrajući akcije ili podatke koje dobivaju kako bi razvili iskustveno znanje. Autonomna vozila promatraju i pokušavaju razumjeti uzorke ili promjene vanjskih čimbenika, kako bi pravilno funkcionirala i vozila među vozilima kojima upravljaju ljudi, te sukladno tim čimbenicima pokušavaju prilagoditi odluku.⁵¹

Autonomni sustavi inteligentnih transportnih sustava imaju funkciju komunikacije sa sustavima inteligentnih transportnih sustava koji se nalaze u individualnim vozilima, elementima transportne infrastrukture i unutarnjih podsustava inteligentnih transportnih sustava. Implementaciju inteligentnih transportnih sustava mogu ubrzati ili spriječiti brojni čimbenici. Uobičajene prepreke za implementaciju su nedostatak usklađenosti korisnika, nedostatak standardizacije, nedostatak suradnje i interoperabilnosti između različitih grana prometa, odgovornost posla, kao i financijski i institucionalni problemi.⁵²

Autonomna vozila i njihov razvitak predstavljaju jednu granu inteligentnih transportnih sustava. Kao jedno od područja istraživanja inteligentnih transportnih sustava autonomna vozila predstavljaju mogućnost poboljšanja transportnog sustava.⁵³

⁵⁰ Mandžuka, Fundamentals of ITS

⁵¹ Gregurić, Artificial Intelligence in Road Transport Systems

⁵² Kadlubek, Expectations for the use of Intelligent Transport Systems applications in the management of freight transport enterprises, p. 2321

⁵³ Ibid., p. 2320

3.2. RAZVITAK AUTONOMNIH VOZILA

Današnja istraživanja predviđaju da će do 2050. godine posjedovanje autonomnog vozila postati norma za potrošače. Prvi veliki korak za uvođenje autonomnih vozila dogodilo se 2017. godine od Googlea. Svaki veliki proizvođač automobila vjerojatno će ga slijediti početkom 2020-ih godina, a neki su već i započeli kao npr. Tesla. Mnogi ključni dijelovi nužni za proizvodnju i rad autonomnih vozila postaju jeftiniji kako se tehnologija usavršava. Iako je cijena autonomnih vozila još uvijek izvan financijskih mogućnosti većine potrošača, interes ulagača je sve veći.⁵⁴

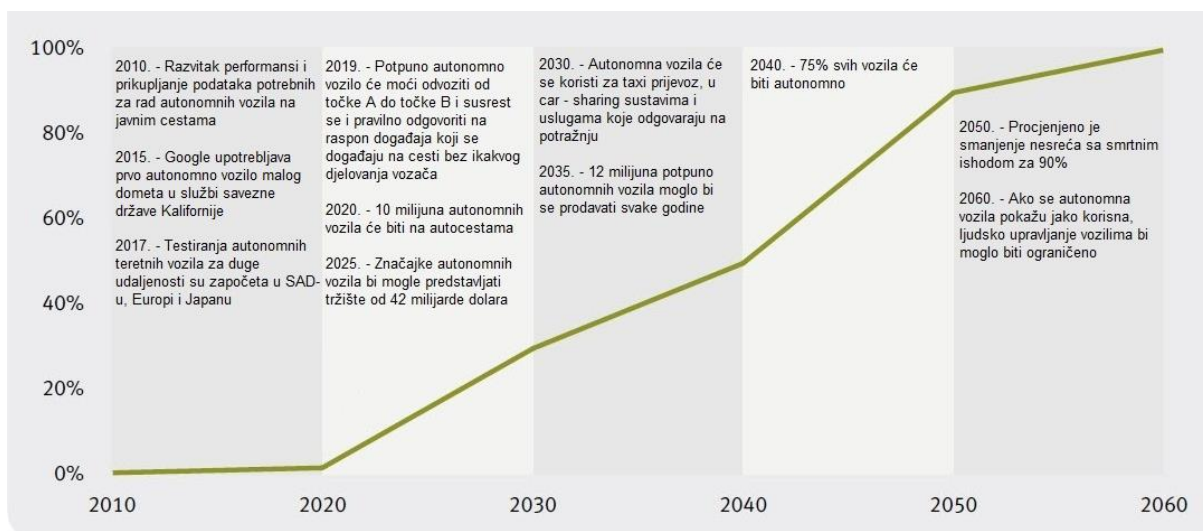
Prema istraživanju sveučilišta Texas, ako se devedeset posto automobila na cestama u Sjedinjenim Američkim Državama zamijeni autonomnim vozilima, uštede u raznim industrijama, kao što su proizvođači automobila, osiguravajuće kuće i vlade mogle bi doseći čak četrdeset milijardi dolara. To predstavlja veliki poticaj za političare da u budućnosti omoguće upotrebu autonomnih vozila. Potpuno usvajanje autonomnih vozila će vjerojatno potrajati desetljećima, ali očekivano povećanje sigurnosti, ekonomičnosti i praktičnosti bi trebalo pomoći da se proces ubrza.⁵⁵

Na grafikonu 1. je prikazano koliki će postotak vozila koja se koriste biti autonomna, te kritične pretpostavljene prekretnice na putu prema potpunoj implementaciji autonomnih vozila. U periodu od 2010. do 2020. godine autonomnih vozila ni nema na cesti. 2010. godine započinje razvitak performansi autonomnih vozila i prikupljanje podataka potrebnih za rad autonomnih vozila na javnim cestama. 2015. godine Google upotrebljava prvo autonomno vozilo malog dometa u službi savezne države Kalifornije. 2019. godine autonomna vozila mogu odvoziti od točke A do točke B, susresti se i pravilno odgovoriti na raspon događaja koji se događaju na cesti bez ikakvog djelovanja vozača. Od 2020. do 2030. godine količina autonomnih vozila će se povećati na oko trideset posto od ukupnog broja vozila. 2020. godine će biti oko deset milijuna autonomnih vozila na autocestama, dok će 2025. godine značajke autonomnih vozila predstavljati tržište od oko četrdeset dvije milijarde dolara. U periodu od 2030. do 2040. godine udio autonomnih vozila će narasti na oko pedeset posto od ukupnog broja vozila. 2030. godine autonomna vozila će se koristiti za taxi

⁵⁴ Protiviti, The evolution of Autonomous Vehicles, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

⁵⁵ Ibid., [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

prijevoz, u car – sharing sustavima i uslugama koje odgovaraju na potražnju, a 2035. godine dvanaest milijuna potpuno autonomnih vozila moglo bi se prodavati svake godine. Od 2040. do 2050. godine bilježit će se značajan porast broja autonomnih vozila, s time da se očekuje da će barem sedamdeset pet posto svih vozila biti autonomno oko 2040. godine, a do 2050. godine će udio autonomnih vozila biti gotovo devedeset posto. U periodu od 2050. do 2060. godine autonomna vozila bi trebala sasvim zamijeniti klasična vozila. Procijenjeno je da će zbog veće implementacije autonomnih vozila doći do smanjenja broja nesreća sa smrtnim ishodom za devedeset posto, čak će se možda, ako korist od autonomnih vozila bude jako visoka, ograničiti ljudsko upravljanje vozilima.⁵⁶



Grafikon 1. Prognozirani postotak implementacije autonomnih vozila i ključne prekretnice

Izvor: Protiviti, The evolution of Autonomous Vehicles, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

Na DARPA Urban Challenge – u 2007. godine koristila su se autonomna vozila i uspješno su obavljala dodijeljeni zadatak, što znači da su autonomna vozila već tada bila razvijena za praktične svrhe. Kako bi se zadovoljile administrativne potrebe, SAE International objavio je klasifikacijski dokument za autonomna vozila. U tablici 1. je prikazana klasifikacija automatizacije autonomnih vozila po dokumentu koji je objavio SAE International. Dokument je definirao šest različitih razina automatizacije vozila. Nulta razina predstavlja klasična vozila, gdje vozač obavlja vožnju vozila u potpunosti

⁵⁶ Protiviti, The evolution of Autonomous Vehicles, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

samostalno. Prva razina autonomnosti predstavlja pomoć vozaču, gdje sustav obavlja neke zadatke vožnje, kao što je kontrola prilikom skretanja ili kontrola brzine. Parcijalna autonomnost vozila je druga razina autonomnosti, gdje zadatke obavlja više sustava za pomoć vozaču. Uvjetna autonomnost vozila je sljedeća razina autonomnosti gdje zadatke obavlja automatizirani sustav za vožnju, a vozač u slučaju intervencije mora obaviti zadatak. Vozilo može obavljati sve radnje, ali vozač mora biti na oprezu i biti spreman za preuzimanje kontrole. Četvrta razina je visoka razina autonomnosti vozila, gdje zadatke obavlja automatizirani sustav za vožnju, te čak i reagira u slučaju da vozač nema ispravnu reakciju na zadatak. Peta i zadnja razina su autonomna vozila gdje sve zadatke obavlja autonomni sustav za vožnju bez potrebe intervencije vozača.⁵⁷

⁵⁷ Lee-Ting Cho, Liu, Hsiu-Ching Ho, The development of autonomous driving technology: perspectives from patent citation analysis, p. 3

Tablica 1. Klasifikacija razine automatizacije autonomnih vozila

Razina autonomnosti vozila	Pojašnjenje razine	Opis razine
Nulta razina	Klasična vozila	Vozač obavlja vožnju vozila u potpunosti samostalno
Prva razina	Pomoć vozaču	Sustav za pomoć vozaču obavlja neke zadatke vožnje (npr. kontrola prilikom skretanja ili kontrola brzine)
Druga razina	Parcijalna autonomnost vozila	Zadatke obavlja više sustava za pomoć vozaču (u ovome slučaju je moguće da sustav obavlja više zadataka)
Treća razina	Uvjetna autonomnost vozila	Zadatke obavlja automatizirani sustav za vožnju u kojoj vozač u slučaju intervencije mora obaviti zadatak. Vozilo može ubrzati da prestigne sporo vozilo ili može napustiti autocestu, ali vozač mora biti na oprezu i biti spreman za preuzimanje kontrole ako sustav ne može izvršiti zadatak
Četvrta razina	Visoka razina autonomnosti vozila	Zadatke obavlja automatizirani sustav za vožnju ako vozač nema pravu reakciju na zadatak
Peta razina	Autonomna vozila	Zadatke obavlja autonomni sustav za vožnju bez potrebe za intervencijom vozača

Izvor: Lee-Ting Cho, Liu, Hsiu-Ching Ho, The development of autonomous driving technology: perspectives from patent citation analysis, p.3

Akademski zajednica posljednjih godina donosi odluke vezane za autonomna vozila i njihovo definiranje. Zaključak akademske zajednice je da su autonomna vozila oblik prijevoza nove generacije i da će njihova korist biti najveća kada postanu uobičajena i pristupačna. Njihova korist će se primarno vidjeti u poboljšanju sigurnosti,

ublažavanju prometnih gužvi, smanjenju zauzetosti parkinga, uštedi energije i smanjenju onečišćenja.⁵⁸

Tehnički izazovi u razvoju i primjeni autonomnih vozila su sljedeći:

- Sigurnost i pouzdanost
- Potvrda i testiranje tehnologije
- Orijentacija (poznavanje položaja u odnosu na okolinu)
- Pravni izazovi
- Moralni i etički aspekti
- Financijski izazovi⁵⁹

Prije komercijalizacije, vezano uz sigurnost i pouzdanost, tehnologija se mora testirati na nekoliko milijuna kilometara. Pouzdanost sustava određena je udaljenošću koju vozilo prijeđe. Prema trenutnim zahtjevima, autonomno vozilo mora voziti oko četristo šezdeset osam milijuna kilometara bez gubitka života (uzrokovanih nesrećama) kako bi se osigurao devedeset pet postotni ekvivalent ljudskom vozaču.⁶⁰

Ti zahtjevi za kilometre i broj godina koliko treba da se oni provedu, čak i u slučaju da se smanji postotak potrebne ekvivalentnosti, i dalje će biti veliki. Još jedan od faktora za sveobuhvatni test je količina izazovnih ili teških kilometara. To su kilometri koji su obavljani u izazovnim situacijama na cesti, kao što su radovi na cesti i skretanje ulijevo. Vozila koja su testirana na lakim kilometrima prikupljat će kilometre brže, ali količina učenja bit će manje značajna.⁶¹

Kompetentnost ponašanja vozila testira se u rigoroznim scenarijima kako bi se vidjelo kako se autonomna vozila ponašaju u situacijama gdje je sigurnost sudionika prometa smanjena.⁶²

Ukupno pedeset scenarija je odabrano. Atmosferski uvjeti i osvjetljenje su jedan od faktora koji se uzimaju u obzir, a isto tako testiraju se komponente kao što su LIDAR, radar i kamera u raznim atmosferskim uvjetima. Nakon tog prvog testiranja odabrano je dodatnih trideset i pet scenarija. Daljnja ispitivanja pokazuju da je za

⁵⁸ Lee-Ting Cho, Liu, Hsiu-Ching Ho, The development of autonomous driving technology: perspectives from patent citation analysis, p. 3

⁵⁹ Singh, Singh Saini, Autonomous cars: Recent development, challenges, and possible solutions, p. 6

⁶⁰ Ibid., p. 6

⁶¹ Ibid., p. 6

⁶² Ibid., p. 7

autonomna vozila malih brzina koje imaju definirane GPS putanja potrebno samo šesnaest scenarija. Primjer tih scenarija je detektiranje tamnih vozila u mraku, cik cak gibanje pješaka na ulici, biciklista koji skreću ulijevo u gustom prometu i mnogi drugi.⁶³

Autonomni sustavi zahtijevaju sveobuhvatno testiranje i potvrdu, zbog složenosti sustava i zbog toga što svaka odluka koju softver napravi izravno utječe na ljudske živote. Standard ISO 26262 pruža okvir za navođenje vozila s obzirom na funkcionalnu sigurnost. V – model korišten je dugo vremena u automobilskoj industriji i univerzalni je ISO 26262 standard. Taj model dobro radi za generičke automobilske sustave. Međutim, zbog složenog skupa zahtjeva i visokog stupnja nesigurnosti u autonomne sustave, tradicionalne tehnike potvrde i testiranja nisu izvedive. Stoga je potreban alternativni pristup. Strojno učenje vjerojatno će biti moćnije za izgradnju sustava koji pomaže u donošenju odluka. Strojno učenje uključuje mnoge vrste kao što su učenje pod nadzorom, učenje bez nadzora, duboko učenje, učenje s ograničenim nadziranjem, aktivno i induktivno učenje. Za potrebe detekcije objekata, algoritmi učenja moraju biti uvježbani i moraju moći raditi s velikim količinama podataka. Projektiranje sustava s kvarom je izazovno, jer su potrebna barem dva neovisna, redundantna podsustava, za slučaj kvara na jednome da drugi može preuzeti njegovu funkciju. Učitavanje grešaka koristi vanjsku opremu za uvođenje nedostataka u hardverski dio sustava. Ti nedostaci mogu se pojaviti sa ili bez kontakta. Greške kao što su prisilni napon promjene, prisilno dodavanja struje mogu se uvesti izravnim kontaktom. Greška uzrokovana magnetskim poljem može dovesti do izokretanja bitova i hardverske greške, takva greška je greška bez fizičkog kontakta.⁶⁴

Više čimbenika doprinosi izazovima orijentacije s kojim se susreću autonomna vozila. Primarni uzrok problema su dinamične situacije na cestama, kao što je skretanje cesta, mjesta gradnje i nedostatak znakova i oznaka na kolniku. Tvrtke su usvojile različite strategije kako bi savladale problem orijentacije. Pristup koji koristi obradu slike u realnom vremenu i strojno učenje, koji koristi Tesla, omogućuje prilagodbu vozila dinamičnim uvjetima okoline. Iako je pristup složen, on omogućuje potpuno eliminiranje ovisnosti vozila o zastarjelim vozilima. Neke tvrtke oslanjaju se na LIDAR sustave i njihovu implementaciju koristeći unaprijed snimljene

⁶³ Singh, Singh Saini, Autonomous cars: Recent development, challenges, and possible solutions, p. 7

⁶⁴ Ibid., p. 7

trodimenzionalne karte okoline. Vozilo detektira promjene u okolini koristeći unaprijed snimljenu kartu i LIDAR opremu, te u skladu s time reagira na promjene. LIDAR metoda je veoma pouzdana, ali su troškovi opreme i snimanja karata visoki. Drugi pristup uključuje stvaranje pametne okoline. U tome pristupu okolina obavještava vozilo o promjenama u okruženju. Tim pristupom se smanjuje složenost sustava autonomnih vozila.⁶⁵

Pravni izazovi i propisi su jedan od važnijih zahtjeva za upotrebu autonomnih vozila. Pitanje tko snosi odgovornost u slučaju hitne situacije ili prometne nesreće je jedno od najbitnijih pitanja koje se postavlja. S razvojem autonomnih vozila javlja se jasan prijenos odgovornosti za nesreću s vozača na tvrtku koja dizajnira i razvija autonomno vozilo. Stoga se javlja potreba da se zakoni revidiraju kako će se autonomna vozila početi pojavljivati na cestama. Jasna i koncizna politika koja se bavi potencijalnim problemima je izuzetno potrebna.⁶⁶

Još jedan od izazova vezan uz autonomna vozila su moralni i etički aspekti, tj. donošenje odluke u slučaju izvanrednih situacija. Kada će biti suočeni s izazovnim situacijama na cesti, autonomni automobili morat će se moći suočiti s moralnim odlukama i implikacijama koje one povlače za sobom. Primjer takvih odluka je odlučivanje između dovođenja života putnika u opasnost i mogućnosti naleta na pješaka ili kočenje kako ne bi udario pješaka što bi moglo ugroziti života putnika. Donošenje odluka u takvim situacijama moglo bi biti zastrašujuće. U veljači 2020. godine, Njemačka je prva zemlja na svijetu sa stvarnim smjernicama za donošenje moralnih i etičkih odluka autonomnih vozila.⁶⁷

Visoki troškovi vezani uz razvoj i usvajanje autonomnih vozila predstavljaju izazov. Tehnologija i komponente, kao što su senzori i komunikacijski uređaji koji se koriste u vozilima s višim razinama automatizacije mogla bi dovesti do toga da te komponente budu dostupne samo u skupim vozilima, što dovodi u pitanje pristupačnost autonomnih vozila za krajnje potrošače. Jedno od mogućih rješenja za smanjenje troškova moglo bi biti korištenje car – sharing sustava.⁶⁸

⁶⁵ Singh, Singh Saini, *Autonomous cars: Recent development, challenges, and possible solutions*, p. 7

⁶⁶ *Ibid.*, p. 7

⁶⁷ *Ibid.*, p. 7

⁶⁸ *Ibid.*, p. 8

Trenutno su automobilske tvrtke napravile veliki napredak u tehnologiji i pristupu autonomnim vozilima, no i dalje je potrebno puno godina da potpuno autonomna vozila postanu dostupna javnosti. Prema nekim predviđanjima automobili bi mogli postati potpuno autonomni do 2035. godine. Njihov utjecaj isto tako će se tek uvidjeti kada ih se počne komercijalno koristiti, ali za sada su postavljene neke pretpostavke kakav će biti njihov utjecaj.⁶⁹

3.3. UTJECAJ AUTONOMNIH VOZILA

Utjecaj autonomnih vozila može se podijeliti na ekonomske, društvene i ekološke. Isto tako može postojati i još utjecaja za koje se ni ne može predvidjeti da bi mogli djelovati. Jedan od bitnih društvenih utjecaja je smanjenje prometnih nesreća.⁷⁰

U tablici 2. su podaci o trenutnim troškovima u Sjedinjenim Američkim Državama i Nizozemskoj, te očekivana ušteda koja će se dogoditi s uvođenjem autonomnih vozila. Troškovi prometnih nesreća predstavljaju najveći dio troškova, u Sjedinjenim Američkim Državama iznose osamsto trideset i šest milijardi dolara, dok u Nizozemskoj iznose sedamnaest milijardi eura, a očekivana ušteda iznosi oko devedeset posto. Troškovi zagušenja u Sjedinjenim Američkim Državama iznose osamdeset i sedam milijardi dolara, a u Nizozemskoj iznose tri cijelih tri milijarde eura. Tu uštedu je teško predvidjeti, pa se u ukupnim troškovima ne uzima njen iznos, kako bi se trenutni ukupni troškovi i predviđeni ukupni troškovi mogli usporediti. Troškovi plaća vozača u Sjedinjenim Američkim Državama iznose sto i osamdeset milijardi dolara, a u Nizozemskoj su troškovi plaća vozača četrnaest milijardi eura. Kako autonomna vozila neće zahtijevati vozača predviđa se da će trošak plaća vozača u potpunosti nestati. Tržište osiguranja je ukupni godišnji trošak koji imaju tvrtke plaćajući premije osiguranja, taj trošak u Sjedinjenim Američkim Državama iznosi tristo milijardi dolara, dok u Nizozemskoj iznosi četiri milijarde eura. Očekivano smanjenje premija je oko četrdeset posto. Ukupni troškovi u Sjedinjenim Američkim Državama iznose tisuću tristo šesnaest milijardi dolara, a u Nizozemskoj iznose trideset i pet

⁶⁹ Singh, Singh Saini, Autonomous cars: Recent development, challenges, and possible solutions, p. 8

⁷⁰ Klaver, The economic and social impacts of fully autonomous vehicles, p. 58

milijardi eura. U tablici 3. su predviđeni troškovi poslije uvođenja autonomnih vozila. Troškovi prometnih nesreća smanjit će se u Sjedinjenim Američkim Državama na osamdeset i tri cijelih šest milijardi dolara, a u Nizozemskoj na jedan cijelih sedam milijardi eura. Troškovi plaća vozača će skroz nestati, a ukupno tržište osiguranja past će u Sjedinim Američkim Državama na sto i osamdeset milijardi dolara, a u Nizozemskoj će pasti na dva cijelih četiri milijardi eura. Ukupni troškovi past će na dvjesto šezdeset i tri cijelih šest milijardi dolara, a u Nizozemskoj će iznositi četiri cijelih jedan milijardi eura. Usporedba trenutnih ukupnih troškova i previđenih troškova za Sjedinjene Američke Države prikazana je na grafikonu 2., a usporedba za Nizozemsku prikazana je na grafikonu 3. ⁷¹

Tablica 2. Trenutni troškovi

	Sjedinjene Američke Države [milijardi dolara]	Nizozemska [milijardi eura]	Očekivana ušteta
Troškovi prometnih nesreća	836 milijardi dolara	17 milijardi eura	90%
Troškovi zagušenja	87 milijardi dolara	3.3 milijardi eura	/
Troškovi plaća vozača	180 milijardi dolara	14 milijardi eura	100%
Ukupno tržište osiguranja	300 milijardi dolara	4 milijarde eura	40%
Ukupni troškovi *	1316 milijardi dolara	35 milijardi eura	

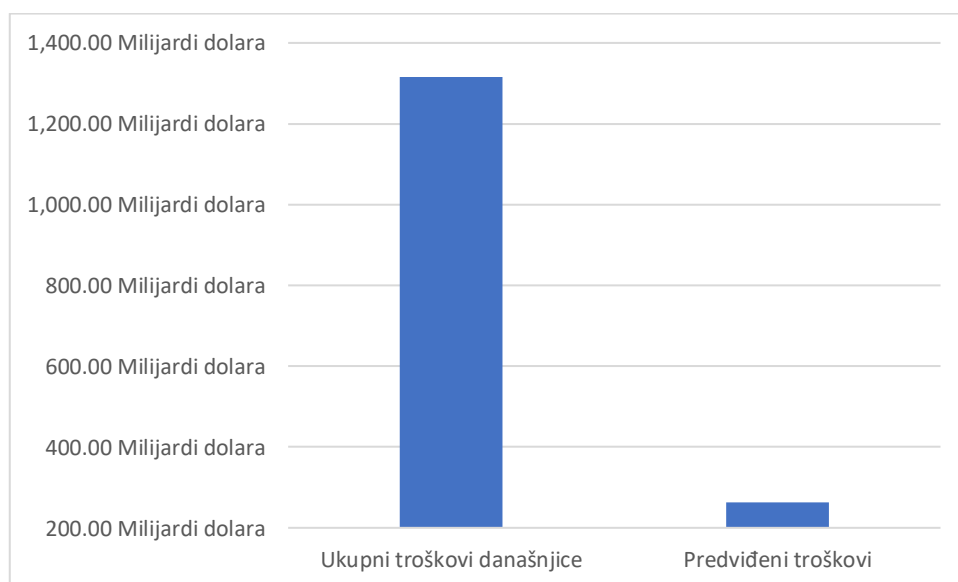
Izvor: Klaver, The economic and social impacts of fully autonomous vehicles, p. 58

⁷¹ Klaver, The economic and social impacts of fully autonomous vehicles, p. 58

Tablica 3. Predviđeni troškovi poslije uvođenja autonomnih vozila

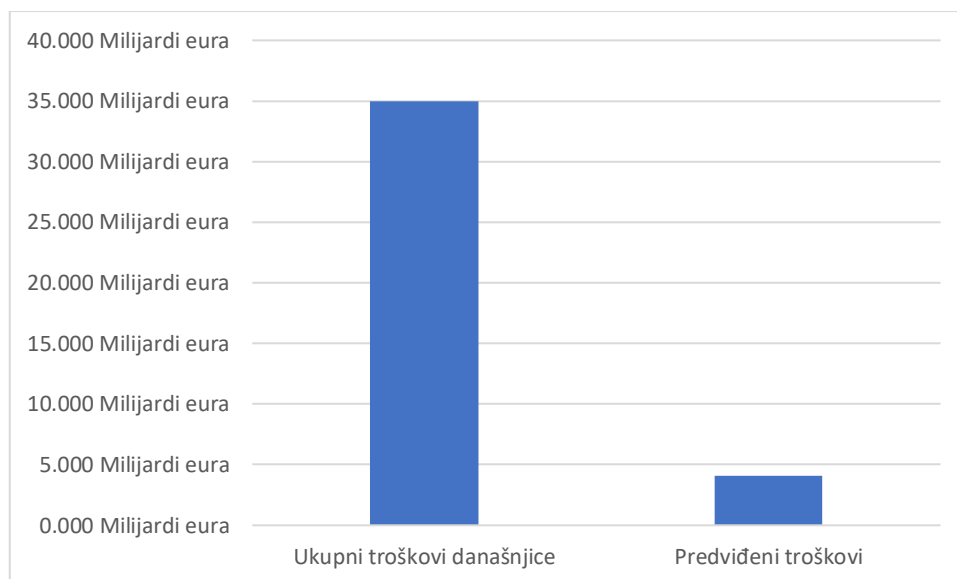
	Sjedinjene Američke Države [milijardi dolara]	Nizozemska [milijardi eura]
Troškovi prometnih nesreća	83.6 milijardi dolara	1.7 milijardi eura
Troškovi plaća vozača	0	0
Ukupno tržište osiguranja	180 milijardi dolara	2.4 milijardi eura
Ukupni troškovi	263.6 milijardi dolara	4.1 milijardi eura

Izvor: Klaver, The economic and social impacts of fully autonomous vehicles, p. 58



Grafikon 2. Usporedba ukupnih troškova i predviđenih troškova u Sjedinjenim Američkim Državama

Izvor: Klaver, The economic and social impacts of fully autonomous vehicles, p. 58

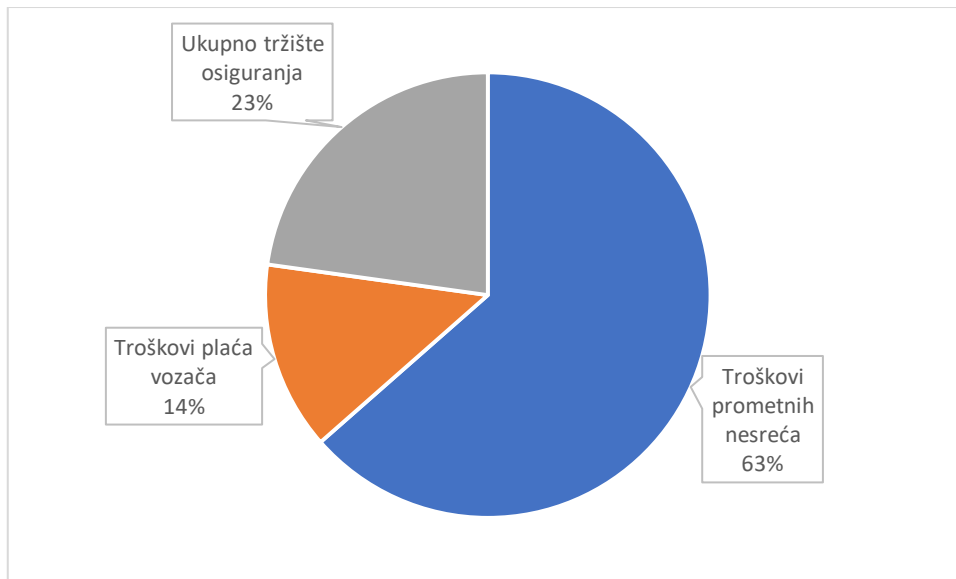


Grafikon 3. Usporedba ukupnih troškova i predviđenih troškova u Nizozemskoj

Izvor: Klaver, *The economic and social impacts of fully autonomous vehicles*, p. 58

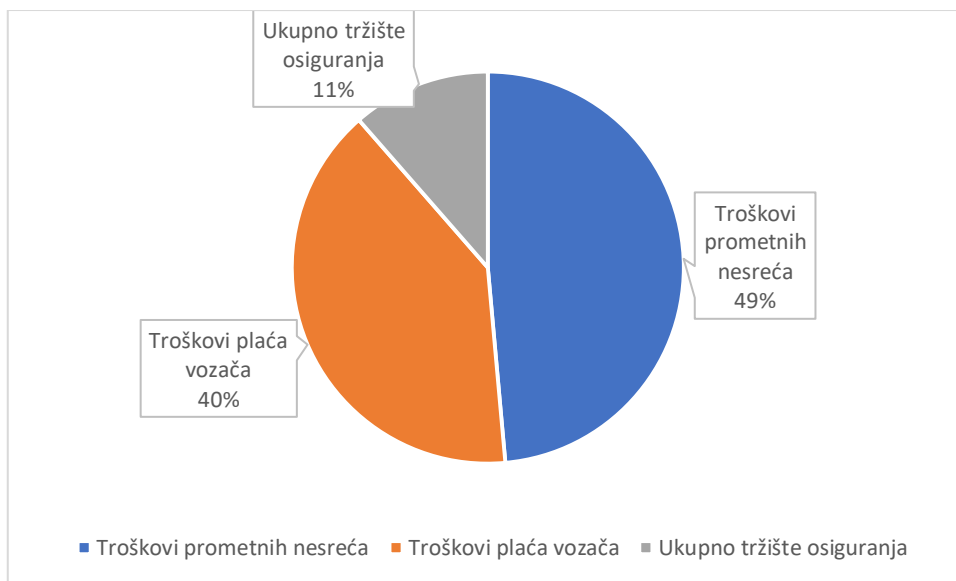
Na grafikonu 4. i 5. prikazani su troškovi i njihov udio u ukupnom trošku za Sjedinjene Američke Države i Nizozemsku, a na grafikonu 6. i 7. prikazani su predviđeni troškovi i njihov udio u ukupnom predviđenom trošku za Sjedinjene Američke Države i Nizozemsku. Kao što se može vidjeti na grafikonu 4. i 5. najveći troškovi su troškovi prometnih nesreća, u Sjedinjenim Američkim Državama predstavlja šezdeset i tri posto ukupnog troška, a u Nizozemskoj predstavlja četrdeset i devet posto troška. Troškovi plaća vozača u Sjedinjenim Američkim Državama predstavljaju četrnaest posto ukupnog troška, a ukupno tržište osiguranja predstavlja dvadeset i tri posto ukupnog troška. Dok u Nizozemskoj troškovi plaća predstavljaju četrdeset posto ukupnog troška, a ukupno tržište osiguranja predstavlja jedanaest posto ukupnog troška. Iz grafikona 6. i 7. vidi se da nema troškova plaća vozača, te se vidi da će troškovi prometnih nesreća u obje zemlje biti manji od ukupnog tržišta osiguranja.⁷²

⁷² Klaver, *The economic and social impacts of fully autonomous vehicles*, p. 58



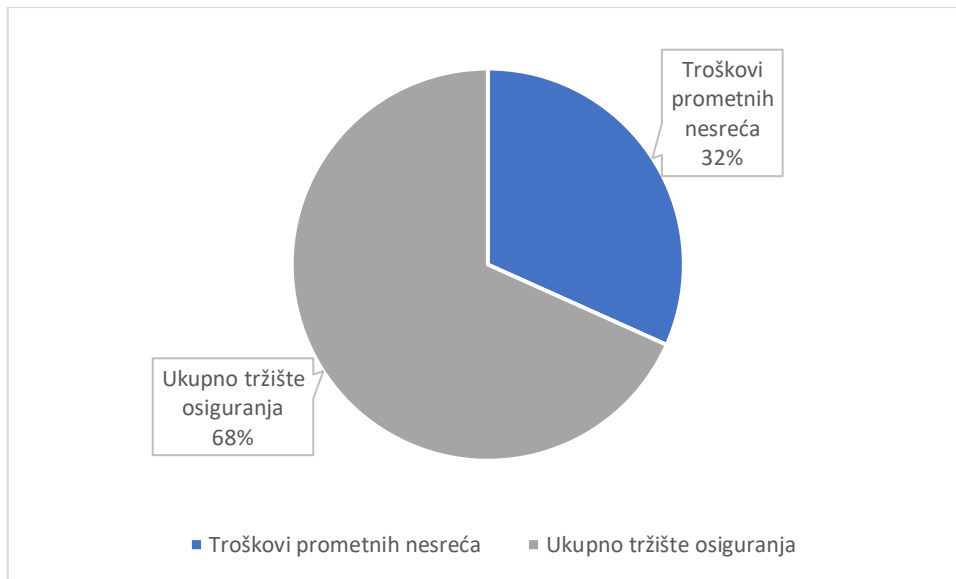
Grafikon 4. Troškovi i njihov udio u ukupnom trošku Sjedinjenih Američkih Država

Izvor: Klaver, The economic and social impacts of fully autonomous vehicles, p. 58



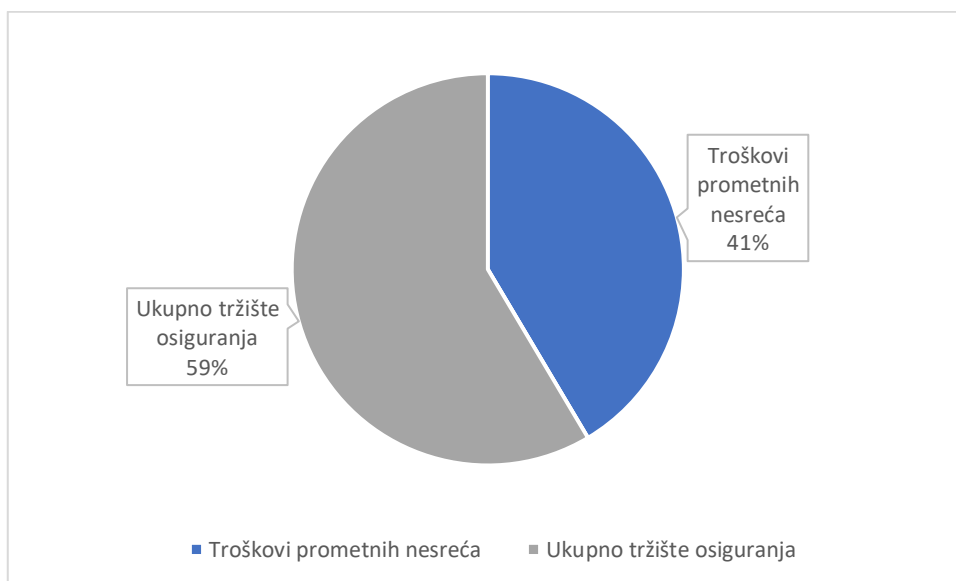
Grafikon 5. Troškovi i njihov udio u ukupnom trošku Nizozemske

Izvor: Klaver, The economic and social impacts of fully autonomous vehicles, p. 58



Grafikon 6. Previđeni troškovi i njihov udio u ukupnom predviđenom trošku
Sjedinjenih Američkih Država

Izvor: Klaver, The economic and social impacts of fully autonomous vehicles, p. 58



Grafikon 7. Previđeni troškovi i njihov udio u ukupnom predviđenom trošku
Nizozemske

Izvor: Klaver, The economic and social impacts of fully autonomous vehicles, p. 58

Postoji mnogo studija o utjecaju autonomnih vozila na zagušenje i jedino što je sigurno je da se ne zna kako će primjena autonomnih vozila utjecati na zagušenja. S jedne strane, što više vozila postaju autonomna, to su sposobnija za interakciju. Na određenoj razini, autonomna vozila mogu biti sposobna međusobno komunicirati, što omogućuje glatkiji protok prometa i veći kapacitet, što će rezultirati manjim gužvama. Što će više autonomnih vozila biti na cesti koja su sposobna međusobno komunicirati, to će taj učinak biti veći. S druge strane, autonomna vozila bi mogla povećati upotrebu automobila i stoga pogoršati zastoje zbog:

- Povećane dostupnosti – oni koji nisu sposobni ili kvalificirani za vožnju moći će imati pristup korištenju potpuno autonomnog vozila. Neki procjenjuju da će to rezultirati povećanjem prijeđenih kilometara vozila za četrnaest posto, što bi moglo pogoršati zastoje. Na mnogim mjestima posao ili samostalan život zahtijevaju sposobnost vožnje. Automatizirana vozila mogla bi proširiti tu sposobnost i slobodu na milijune drugih ljudi.
- Smanjenje troškova putovanja – autonomna vozila mogla bi rezultirati nižim troškovima, što bi dovelo do veće upotrebe autonomnih vozila.⁷³

Autonomna vozila ne utječu samo na zagušenja, već i na slobodu onoga što ljudi mogu činiti tijekom putovanja. Budući da bi autonomna vozila korisnicima omogućila produktivno korištenje vremena tijekom putovanja, to bi moglo uštedjeti društvene troškove.⁷⁴

Još jedan sektor na koji će autonomna vozila utjecati je ekološki sektor. Više od četvrtine svih emisija stakleničkih plinova u Sjedinjenim Američkim Državama dolazi iz sektora prometa. Autonomna vozila mogu imati pozitivan i negativan utjecaj na te emisije. Autonomna vozila i njihova primjena mogu optimizirati potrošnju energije vozila, poboljšavajući način na koji vozila koče i ubrzavaju, što bi na kraju moglo rezultirati smanjenjem emisija za devedeset posto. S druge strane, automatizacija bi olakšala putovanje automobilom, što bi moglo potaknuti dodatna putovanja i putnike znajući da bi svoje vrijeme mogli trošiti na nešto drugo osim na vožnju. Iako to vrijedi za putnička vozila, čini se da će se taj učinak u manjem opsegu pojaviti za prijevoz robe i putnika u autobusu. Vozila za prijevoz robe i putnika odgovorna su za značajan

⁷³ Klaver, The economic and social impacts of fully autonomous vehicles, p. 59

⁷⁴ Ibid., p. 59

dio emisija stakleničkih plinova u Sjedinjenim Američkim Državama i Nizozemskoj. Autonomna vozila će imati utjecaj na emisije stakleničkih plinova jer će većina autonomnih vozila biti električna. Ta elektrifikacija imat će učinak na emisije stakleničkih plinova, ali proizvodnja autonomnih vozila će imati utjecaj na okoliš u usporedbi s vozilima na fosilna goriva zbog upotrebe različitih materijala kao što su litijeve baterije. Stoga treba uzeti u obzir cijeli životni ciklus ovih vozila kako bi se odredio stvarni utjecaj na okoliš, uključujući emisije stakleničkih plinova.⁷⁵

Autonomna vozila imaju potencijala utjecati na društvo u nadolazećim godinama. Pozitivno je što bi se broj nesreća mogao smanjiti, a vrijeme putovanja bi se moglo iskoristiti učinkovitije. Iako autonomna vozila imaju potencijal poboljšati potrošnju energije vozila i stoga smanjiti emisiju stakleničkih plinova, povratni učinci mogli bi ublažiti utjecaj korištenja cestovnih vozila. Autonomna vozila isto tako bi imala pozitivan utjecaj na zagušenje. Dijeljenje automobila, fleksibilno vrijeme putovanja na posao i rad od kuće su bitna razmatranja za optimizaciju utjecaja autonomnih vozila. Uvođenje autonomnih vozila utjecat će na mnoge sektore, u nekim određenim sektorima radna mjesta će nestati, a u nekima će doći do prenamjene radnih mjesta. Tranzicija vještina pogođenih skupina je ključna za izbjegavanje društvenih troškova koji bi nastali zbog nezaposlenosti.⁷⁶

Svi ti utjecaju potaknuti prihvaćanjem autonomnih vozila ovisit će o povjerenju ljudi u sustav, što uključuje moralne odluke donesene prilikom razvoja algoritama koji se koriste u autonomnim vozilima, kao i elementi sigurnosti i pouzdanosti sustava. Stoga je ključna suradnja između različitih disciplina i sudionika koji koriste autonomna vozila, kako bi se razumjele njihove značajke i kako bi se kroz to razumijevanje došlo do optimalnog prijelaza s običnih na autonomna vozila.⁷⁷

⁷⁵ Klaver, The economic and social impacts of fully autonomous vehicles, p. 62

⁷⁶ Ibid., p. 62

⁷⁷ Ibid., p. 62

3.4. ZNAČAJKE AUTONOMNIH VOZILA

Razvitak autonomnih vozila najviše trenutno vodi Google, te značajke koje koriste u automatizaciji već su se počele koristiti u običnim vozilima. Te značajke su:

- Izbjegavanje frontalnog sudara
- Rezervne kamere
- Komunikacija između vozila
- Detekcija prometne trake⁷⁸

U siječnju 2022. godine, Američka nacionalna uprava za sigurnost prometa na autocestama je objavila da će u ocjenjivanje sigurnosti automobila početi uključivati kočione sustave za sprječavanje sudara. Sustavi koriste senzore okrenute prema naprijed za otkrivanje neizbježnih sudara i primjenu ili povećanje sile kočenja kako bi se kompenzirale spore ili nedovoljne reakcije vozača. Honda je prva uvela takav sustav 2003. godine, a od tada je gotovo svaki proizvođač automobila uveo slične značajke u modele visoke i srednje klase.⁷⁹

Svaki novi automobil prodan nakon 1. svibnja 2018. godine mora imati rezervnu kameru prema sigurnosnoj regulativi koju je izdala Američka nacionalna uprava za sigurnost prometa na autocestama 2014. godine. Stražnje kamere vozačima pružaju potpuno stražnje vidno polje i pomažu u otkrivanju prepreka u mrtvim kutovima.⁸⁰

Kako bi se autonomni automobili mogli masovno kretati cestama, svaki mora znati položaj, brzinu i putanju obližnjih automobila. To bi moglo poboljšati koordinaciju ljudi i strojeva tijekom manevara sklonih nesrećama.⁸¹

2013. godine Američka nacionalna uprava za sigurnost prometa na autocestama ustanovila je kako testirati učinkovitost sustava kamera koji prate postojeće oznake traka na kolniku i upozoravaju vozače ako se previše približe traci. Neki modeli čak i preuzimaju upravljanje ako vozač ne reagira dovoljno brzo na upozorenja. Modeli Mercedes – Benza i Volkswagena iz 2015. godine idu čak i dalje,

⁷⁸ Iozzio, 4 Driverless Car Features Going Standard, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

⁷⁹ Ibid., [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

⁸⁰ Ibid., [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

⁸¹ Ibid., [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

koristeći kamere i senzore za nadzor okoline i autonomno upravljanje, mijenjaju trake i obavljaju skretanja kako bi izbjegla nesreće.⁸²

Nadalje gleda se još značajki koje se ne koriste u trenutnim vozilima, ali se testiraju u autonomnim vozilima, a to su:

- Prilagodljivi tempomat
- Detekcija mrtvog kuta
- Elektronička kontrola stabilnosti
- Pomoć pri kretanju unazad
- Pomoć pri zagušenjima
- Sustav za navođenje vozila⁸³

Prilagodljivi tempomat je inteligentni oblik tempomata koji automatski ubrzava i usporava kako bi održao korak s vozilom ispred sebe, pazeći na sigurnosne potrebe. Ta tehnika pomaže u izbjegavanju sudara. Prilagodljivi tempomat je osmišljen kako bi se poboljšala udobnost vozača tijekom situacija u vožnji s više vozila i potpuno izbjegao sudar odostraga koristeći snažno kočenje i promjenu trake. Prilagodljivi tempomat je vjerojatno najbitnija komponenta koja će se ugrađivati u autonomna vozila.⁸⁴

Detekcija mrtvog kuta jedna je od temeljnih tehnologija koja osigurava tristo i šezdeset stupnjeva elektroničke pokrivenosti oko automobila, bez obzira na brzinu. Razvijena od strane Volva, detekcija mrtvog kuta prati promet odmah iza vozila, kao i vozila koja prolaze uz njega. Otkrivanje mrtvog kuta ili praćenje mrtvog kuta uključuje i aktivno i pasivno praćenje mrtvog kuta.⁸⁵

Elektronička kontrola stabilnost je autonomna značajka koja koristi autonomno kompjuterski kontrolirano kočenje pojedinih kotača kako bi pomogla u održavanju kontrole vozila u kritičnim situacijama vožnje. Značajka postaje aktivna kada vozač izgubi kontrolu nad vozilom.⁸⁶

⁸² Iozzio, 4 Driverless Car Features Going Standard, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

⁸³ Ambika, 10 Creative Safety Features For Driverless Car, [Pristupljeno 12. ožujka 2022.]

⁸⁴ Ibid., [Pristupljeno 12. ožujka 2022.]

⁸⁵ Ibid., [Pristupljeno 12. ožujka 2022.]

⁸⁶ Ibid., [Pristupljeno 12. ožujka 2022.]

Pomoć pri kretanju unatrag pomaže vozačima da izađu unatrag iz okomitih parkirnih mjesta kada im je zapriječen pogled straga. Sustav koristi dva radarska senzora srednjeg dometa u stražnjem dijelu vozila koji mjere i tumače udaljenosti, brzine i predviđene putanje vožnje vozila otkrivenih u okomitom prometu na parkirno mjesto.⁸⁷

Najosnovniji sustav za pomoć pri zagušenjima je adaptivni tempomat s malom brzinom koja pokušava održati brzinu uzimajući u obzir druga vozila. Pomoć pri zastoju u prometu temelji se na sensorima i funkcionalnosti prilagodljivog tempomata.⁸⁸

Sustav za navođenje vozila pomaže upravljati vozilom bez ljudske intervencije. Za razliku od sustava pomoći vozaču u zagušenjima, ovaj sustav ne treba nadzirati osoba. Sustav za navođenje vozila dio je upravljačke strukture vozila i sastoji se od generatora putanje, algoritma za planiranje kretanja i modula za spajanje senzora.⁸⁹

Tri tehnološka trenda, elektrifikacija, digitalizacija i automatizacija, promijeniti će prijevoznu industriju. Već danas se može vidjeti tehnološki razvoj, nekoliko projekata za automatizirane kamione već su u tijeku. Proizvođači kamiona sve se više okreću razvijanju autonomnih kamiona, često kao partneri s IT tvrtkama koja razvijaju rješenja za automatizaciju.⁹⁰

⁸⁷ Ambika, 10 Creative Safety Features For Driverless Car, [Pristupljeno 12. ožujka 2022.]

⁸⁸ Ibid., [Pristupljeno 12. ožujka 2022.]

⁸⁹ Ibid., [Pristupljeno 12. ožujka 2022.]

⁹⁰ Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p. 5

4. MOGUĆNOSTI PRIMJENE AUTONOMNIH VOZILA U PRIJEVOZNOJ LOGISTICI

Kamioni su vodeći način prijevoza tereta u Sjedinjenim Američkim Državama, Europi i Kini. Oko sedamdeset posto teretnog prometa obavlja se kamionima u Sjedinjenim Američkim Državama i Europi, a u Kini više od sedamdeset i pet posto. Flote kamiona u Sjedinjenim Američkim Državama i Europi su jako korištene i kao posljedica toga vozarine su skupe. U narednim godinama ne predviđa se smanjenje potražnje, ali će se trend ubrzanog gospodarskog rasta u tim regijama nastaviti.⁹¹

Unatoč tome industrija kamionskog transporta suočava se s nizom izazova na sva tri tržišta. Prvi izazov je to što je industrija fragmentirana na mali broj velikih flota i veliki broj malih flota. Neučinkovitost je kritičan problem, te razina neučinkovitosti i njeni razlozi razlikuju se ovisno o regiji. U Kini je problem velika količina praznih kilometara, oko četrdeset posto prijeđenih kilometara su prazni kilometri, jer je vrijeme pronalaska tereta glavni problem za vozače, taj trend se posebice događa u unutrašnjosti Kine. U Sjedinjenim Američkim Državama i Europi prazne kilometre uzrokuje neučinkovitost u procesu otpreme, zbog čega vozila idu od odredišta do sljedećeg mjesta preuzimanja bez ikakvog tereta. U usporedbi s Kinom, Europa i Sjedinjene Američke Države imaju skoro duplo manji postotak praznih prijeđenih kilometra, oko dvadeset posto od ukupnih prijeđenih kilometara.⁹²

Nedostatak vozača je jedan od problema koji je sve intenzivniji u Sjedinjenim Američkim Državama i Europi. Taj problem se uglavnom osjeti na dugim relacijama, gdje je teško zadržati i privući nove vozače. Isto tako počinje se sve više poticati energetska učinkovitost potaknuta cijenama goriva i ograničavanje dozvoljenih ekoloških normi za kamione. Propisi o toksičnim emisijama već su iznimno strogi i na niskim razinama u Sjevernoj Americi i Europskoj uniji, a fokus se trenutno premješta na emisije stakleničkih plinova. Sjedinjene Američke Države i Kina već su uvele ciljeve

⁹¹ Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p. 4

⁹² Ibid., p. 4

uštede goriva, dok Europska komisija radi na zakonu o emisijama stakleničkih plinova.⁹³

Nekoliko demonstracijskih projekata za automatizirane kamione je već u tijeku. Tvrtka Embark je obavila testiranja automatiziranih kamionima na autocesti I – 10 između El Pasa, u Texasu i Palm Springsa, u Kaliforniji krajem 2017. godine. Proizvođači običnih kamiona i njihove opreme sve se više i brže okreću automatizaciji kamiona. U području elektrifikacije, vodeća tvrtka je trenutno Tesla, čiji akumulatorski kamioni s poluprikolicama imaju domet od četristo osamdeset kilometara ili osamsto kilometara, ovisno gleda li se kamion s kratkim ili srednjim dometom. Proizvođači kamiona isto tako su počeli razvijati električne kamione, te su već predstavili električne kamione za gradsku dostavu i prikupljanje otpada.⁹⁴

Kako scenarij elektrificiranog i automatiziranog cestovnog transporta robe postaje stvarnost, željeznice će bez njihove automatizacije postajati sve manje konkurentne. Automatizacijom cestovnih vozila ona postaju jeftinija, brža i fleksibilnija nego što su danas i postaju ekološki prihvatljiva i omogućivati će masovnost koju omogućuje željeznica. Nije nevjerojatno da bi se roba počela više transportirati cestovnim prometom u tom slučaju. Međutim, ako se uzmu u obzir veliki napor i javna sredstva koja su uložena u zadnjih par desetljeća kako bi se dogodio pomak s cestovnog na željeznički promet, trenutne inovacije u cestovnom prometu to ugrožavaju, te bi se trebalo raditi i na automatizaciji željezničkog prometa.⁹⁵

Iako će elektrificirani i automatizirani kamioni vjerojatno rezultirati prelaskom s željeznice na cestu, otvara se mogućnost političke odluke kako bi se zaštitio željeznički promet. Takva odluka bi mogla ograničiti primjenu autonomnih kamiona. Poboljšanja vezana uz sustav transporta roba su rezultat društveno političkog i ekonomskog pritiska, te ih je zbog toga nužno riješiti. Isto tako bez razvitka autonomne tehnologije, zbog već spomenutih razloga, budućnost kamionskog transporta robe je ugrožena, a samim time i ekonomija država jer su ovisne o transportu robe kamionima. Uzimajući

⁹³ Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p.5

⁹⁴ Ibid., p. 5

⁹⁵ Muller, Autonomous trains in freight transport: should the railway not have the advantage over the trucks?, p.3

to u obzir, rješenje bi bila automatizacija željeznice i samim time bi se povećala konkurentnost i mogućnost primjene intermodalnog prometa.⁹⁶

Uzimajući to u obzir, automatizacija vlakova bi mogla biti bitnija od automatizacije cestovnih vozila, ali zbog postojanja određenih značajki, razvitak i implementacija autonomne tehnologije u željezničkom prometu mogla bi biti lakša od automatizacije cestovnih vozila. Željeznički sustav je odvojeni sustav koji obavlja transport na tračnicama s centralnim upravljanjem. Kada se to uspoređi s cestovnim vozilima, koja prometuju i imaju interakciju sa ostalim sudionicima u prometu i ostale vanjske utjecaje, dokazuje se nekakva jednostavnost sustava i da sustav automatizacije ne bi trebao biti kompleksan kao sustav automatizacije u cestovnim vozilima.⁹⁷

Isto tako u željezničkom prometu već postoji nekoliko sustava gdje se primjenjuje automatizacija. Jedan od tih automatiziranih sustava je metro u Lilleu u Francuskoj uveden 1988. godine, a poslije toga je sustav automatizacije uveden i u nekim drugim gradovima. Konzorcij SNCF već testira autonomne vlakove za prijevoz putnika u Francuskoj. CargoSprinter, koji je razvio Deutsche Bahn 1996. godine, je autonomni vlak koji je mogao prevesti do deset kontejnera. Njemački zrakoplovni centar osmislio je koncept vlaka sljedeće generacije za teret, koji će imati autonomne vagona za dostave zadnje milje. U Australiji prvi autonomni teretni vlak bez vozača obavlja prijevoz rudarskih proizvoda od sredine 2019. godine.⁹⁸

Iz svega navedenoga, može se zaključiti da bi autonomni vlakovi trebali imati prednosti u odnosu na autonomne kamione u smislu vremena, troškovima i složenosti prilikom uvođenja automatizacije u cijeli sustav. Unatoč tome, automatizacija željezničkog prometa zaostaje za automatizacijom cestovnih vozila.⁹⁹

⁹⁶ Muller, Autonomous trains in freight transport: should the railway not have the advantage over the trucks?, p.4

⁹⁷ Ibid., p.4

⁹⁸ Ibid., p.4

⁹⁹ Ibid., p.4

4.1. CESTOVNA AUTONOMNA VOZILA ZA PRIJEVOZ TERETA

Razvoj autonomnih kamiona sastoji se od niza faza, gdje se u svakoj fazi smanjuje odgovornost vozača povećanjem stupnja automatizacije. U nultoj fazi nema automatizacije i vozač ima potpunu kontrolu, te potencijalno postoji tehnologija koja mu može pružiti signale upozorenja. U prvoj fazi pojedinačne funkcije su automatizirane. U prvu fazu spada primjena tempomata koja omogućuje vozaču da ne mora konstantno držati nogu na papučici gasa i sustav za zadržavanje trake. Trenutno se događa prijelaz iz prve u drugu fazu, u kojoj oba sustava rade istodobno, što znači da vozač ne mora praktički upravljati vozilom, ali mora i dalje biti usredotočen na cestu pred sobom kako bi mogao reagirati u slučaju kritične situacije. Treća faza je prijelazna faza u kojoj vozila imaju tehnologiju za autonomnu vožnju, ali vozač mora biti u mogućnosti brzo vratiti kontrolu nad vozilom, ako je potrebno intervenirati da se ne dogodi nesreća. U četvrtoj fazi vozač neće uopće trebati nadzirati cestu prilikom automatiziranog načina rada. U lakšem okruženju za navigaciju, kao što su manje gužve na autocestama, kamion bi se mogao voziti bez vozača. U petoj fazi vozilo je potpuno automatizirano, nema potrebu za vozačem, uključujući spajanja na cestu i gradski promet.¹⁰⁰

Očekuje se brzi napredak od druge do četvrte faze. Treća faza će vjerojatno biti vrlo kratka unatoč tome što složenost tehnologije raste kako vozilo ima sposobnost autonomne vožnje. To ne dovodi do uštede u operativnim troškovima, kao što je plaća vozača jer će oni i dalje biti potrebni kako bi mogli preuzeti kontrolu nad vozilom u slučaju kritičnih situacija. Uštede će se krenuti događati kada se dođe do četvrte faze, kada će vozilo moći, u određenim situacijama, funkcionirati bez vozača. Na slici 5. se nalazi predviđeni razvoj autonomnih kamiona kroz godine. Danas je većina vozila nulte faze, tj. klasičnih vozila, a mali dio vozila je vozila prve faze, gdje sustav pomaže pri vožnji. Druga faza, parcijalna automatizacija, se događa od 2020., te bi već 2022. trebala biti moguća treća faza, a to je uvjetna automatizacija. 2025. bi se po predviđanjima već mogla započeti četvrta faza, gdje bi se koristila vozila visokog

¹⁰⁰ Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p. 5

stupnja automatizacije, a peta faza bi se uvela poslije 2025. kada bi sustav bio siguran za njegovu implementaciju.¹⁰¹



Slika 5. Predviđeni razvoj autonomnih kamiona kroz godine

Izvor: Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p.6

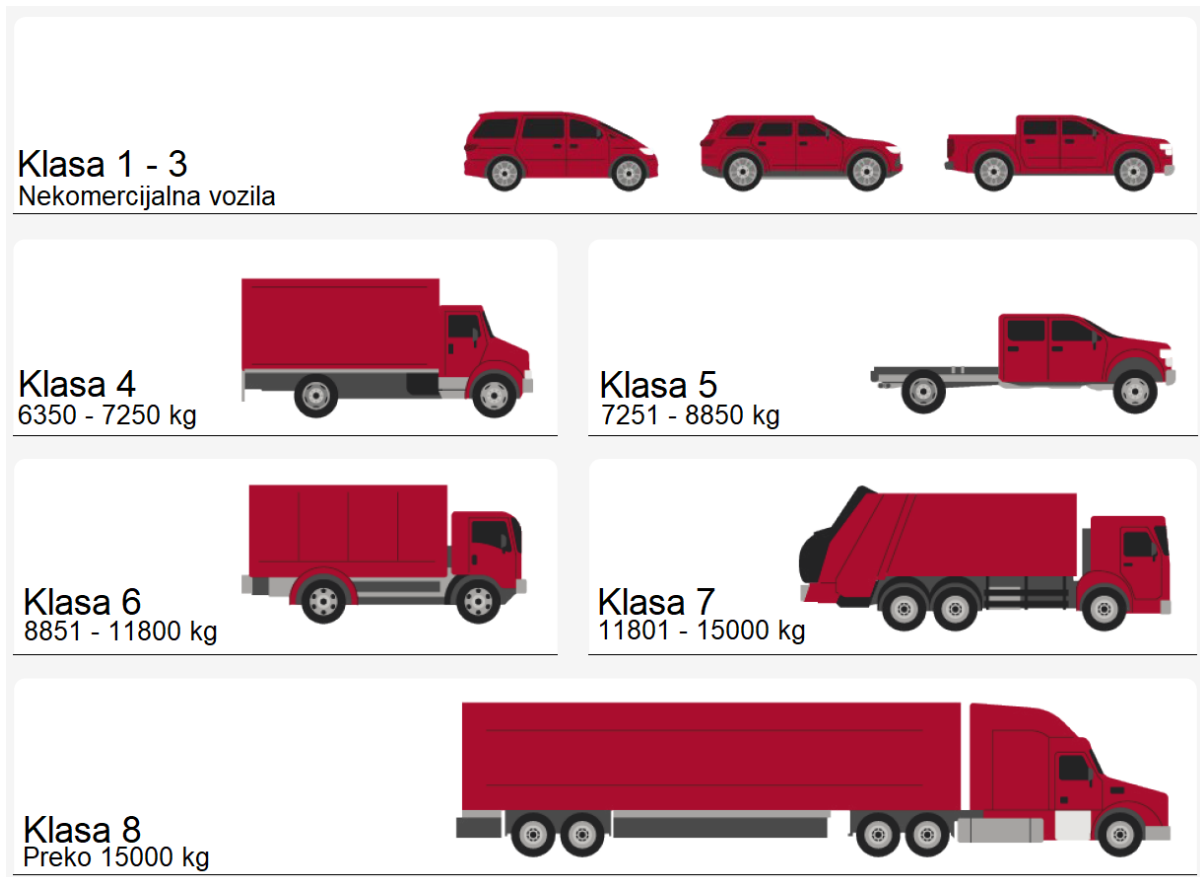
Kada će se autonomni kamioni početi koristiti izvan ograničenih okruženja kao što su luke, terminali i rudnici, gdje se već danas koriste, u neograničeno okruženje, gdje će automatizirana i konvencionalna vozila biti jedno pored drugog u prometu, početi će nova faza razvitka autonomnih vozila. To će zahtijevati višestruka tehnološka rješenja, te mnoge tvrtke već rade na tim modelima koja će omogućiti rad bez vozača kamiona u sklopu četvrte faze razvitka autonomnih kamiona.¹⁰²

Za pružanje usluga širokom spektru kupaca koji zahtijevaju različite kapacitete i primjenu, proizvođači rade teretna vozila u svim oblicima i veličinama. Najčešće ih se kategorizira po njihovoj nosivosti. Svjetska tržišta imaju različite sigurnosne zahtjeve što znači da klasifikacije temeljene na nosivosti mogu varirati. Zbog lakše komercijalizacije autonomnih vozila definiralo se osam kategorija za cestovna vozila ovisna o njihovoj nosivosti, ta klasifikacija je prikazana na slici 6. Od prve do treće klase su nekomercijalna vozila. Četvrta klasa su vozila nosivosti od šest tisuća tristo i pedeset do sedam tisuća i dvjesto i pedeset kilograma. U petu klasu spadaju vozila nosivosti od sedam tisuća dvjesto pedeset i jednog kilograma do osam tisuća osamsto i pedeset kilograma. U šestu klasu spadaju vozila nosivost od osam tisuća osamsto

¹⁰¹ Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p. 6

¹⁰² Ibid., p. 7

pedeset i jednog kilograma do jedanaest tisuća i osamsto kilograma. U sedmu klasu spadaju vozila nosivosti od jedanaest tisuća osamsto i jednog kilograma do petnaest tisuća kilograma, a u osmu klasu spadaju vozila koja imaju nosivost veću od petnaest tisuća kilograma. ¹⁰³



Slika 6. Klasifikacija vozila u kategorije ovisno o njihovoj nosivosti

Izvor: Dawkins, Gundogdu, Autonomous Trucks: An Opportunity to Make Road Freight Safer, Cleaner and More Efficient, p. 5

Omogućavanje kamionu da bude potpuno autonoman, oslanjat će se na složenu interakciju specijalnog hardvera i softvera. Za to je potreban automatizirani sustav vožnje koji se sastoji od tri elementa, a to su računalni hardver, računalni softver i senzori. Kako se potrebni hardver i softver još uvijek razvija, nemoguće je

¹⁰³ Dawkins, Gundogdu, Autonomous Trucks: An Opportunity to Make Road Freight Safer, Cleaner and More Efficient, p. 5

ponuditi jasnu procjenu konačnih troškova razvoja autonomnih kamiona. Međutim kako tehnologija sazrijeva, očekuje se da će se troškovi značajno smanjiti. ¹⁰⁴

Sljedeće komponente mogu se sve koristiti ili kombinirati prilikom projektiranja vozila, a to će ovisiti o izboru dizajna, upotrebi i tipu vozila:

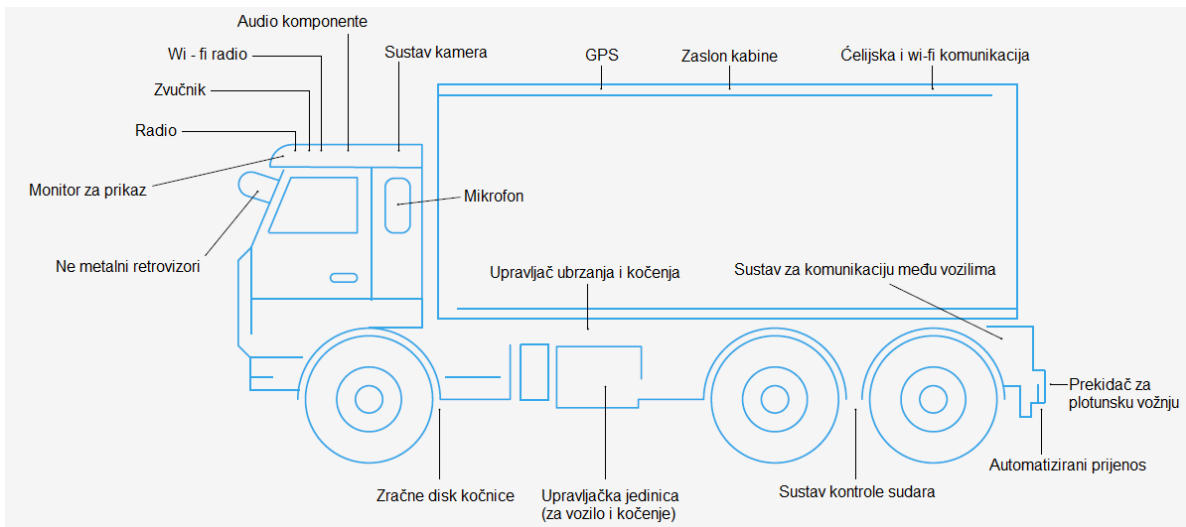
- LIDAR senzor (visoke, srednje ili niske rezolucije)
- GMSL kamera
- Ultrazvučni senzori
- Radar dugog / kratkog dometa
- GNSS (Globalni navigacijski satelitski sustav)
- ECU (kontrolna jedinica za sustav pomoći vozaču) – glavni sustav autonomnog kamiona¹⁰⁵

Trošak sustava koji se sastoji od različitih kombinacija navedenih komponenti može biti između šezdeset tisuća do sto i pedeset tisuća dolara po kamionu, ovisno o primjeni i konfiguraciji senzora. Za razliku od troškova hardvera, troškove softvera je teško predvidjeti s obzirom na široki raspon ulaganja u razne tvrtke koje se bave razvijanjem sustava autonomne vožnje. Međutim, analitičari procjenjuju da će trošak softvera biti najmanje sto milijuna dolara. Na slici 7. prikazana je shema autonomnog kamiona, te raspored navedenih komponenti. ¹⁰⁶

¹⁰⁴ Dawkins, Gundogdu, Autonomous Trucks: An Opportunity to Make Road Freight Safer, Cleaner and More Efficient, p. 13

¹⁰⁵ Ibid., p. 13

¹⁰⁶ Ibid., p. 13



Slika 7. Shema autonomnog kamiona

Izvor: Dawkins, Gundogdu, Autonomous Trucks: An Opportunity to Make Road Freight Safer, Cleaner and More Efficient, p. 13

U posljednjih nekoliko godina, tvrtke su radile niz pokusa vezanih uz autonomna vozila, što s posadom, što centralizirane daljinske operacije, međudržavni transport tereta i distribucija uz regulatorni nadzor. Neki od davatelja tehnologije planiraju komercijalizirati svoje rješenja, ali većina ima dugoročne planove za uvođenje autonomnih sustava u različite tipove vozila. Kao rezultat toga, ovo desetljeće značajno će povećati testiranje autonomnih kamiona.¹⁰⁷

Korištenjem povezanosti autonomnih vozila, konvoji su jedna od najperspektivnijih funkcija cestovnih autonomnih vozila za teret. Postavljanje u konvoj, predstavlja grupiranje vozila kako bi se stekle prednosti u usporedbi s individualnom vožnjom kamiona. Na taj način se razmak između vozila smanji, što im omogućuje grupno putovanje s automatiziranom kontrolom. To rezultira sigurnošću, učinkovitošću, smanjenjem zagušenja i smanjenjem razina emisija. Takve prednosti su moguće zbog komunikacije između vozila, koja omogućuje formiranje i održavanje formacije s malim razmacima između vozila.¹⁰⁸

Konvoj kamiona su dva ili više povezanih kamiona u konvoju, koji se kreću korištenjem komunikacijske tehnologija i autonomnih sustava za vožnju. Ta vozila

¹⁰⁷ Dawkins, Gundogdu, Autonomous Trucks: An Opportunity to Make Road Freight Safer, Cleaner and More Efficient, p. 17

¹⁰⁸ Paddeu, Calvert, Clark, Graham, New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems, p. 17

održavaju postavljenu, blisku međusobnu udaljenost kada su povezani za određene dijelove putovanja, npr. na autocestama. Kamion na čelu vodi konvoj, te vozila iza njega reaguju u skladu s njegovim reakcijama i promjenama u kretanju. Na slici 8. je koncept konvoja kamiona.¹⁰⁹



Slika 8. Konvoj kamiona

Izvor: Dawkins, Gundogdu, Autonomous Trucks: An Opportunity to Make Road Freight Safer, Cleaner and More Efficient, p. 17

Većina dionika željezničkog prometa slaže se da je potrebna inovacija kako bi se poboljšala tržišna ponuda i stanje na tržištu željezničkog prijevoza robe, čak još i više kada će se početi primjenjivati autonomna vozila u cestovnom transportu robe.¹¹⁰

4.2. ŽELJEZNIČKA AUTONOMNA VOZILA ZA PRIJEVOZ TERETA

Autonomni vlakovi zahtijevaju prilagodbu infrastrukture, opreme vlakova, kontrolnih sustava i zakonodavstva. Moguće je nekoliko opcija adaptacije trenutnog sustava za sustave autonomnih vlakova. Autonomnim vlakovima će biti moguće upravljati centralnim sustavom ili decentralizirano putem senzora u vlakovima. U prijelaznoj fazi konvencionalni vlakovi i autonomni vlakovi moraju biti kompatibilni. Složenost se povećava kada se uzme u obzir da se putnički i teretni promet obavlja

¹⁰⁹ Dawkins, Gundogdu, Autonomous Trucks: An Opportunity to Make Road Freight Safer, Cleaner and More Efficient, p. 17

¹¹⁰ Muller, Autonomous trains in freight transport: should the railway not have the advantage over the trucks?, p.6

istim željeznicama, a neki vlakovi su međunarodni i samim time kompatibilnost postaje političko pitanje. Za postizanje autonomnih teretnih vlakova cijeli sustav bi se trebao prilagoditi. Trenutni napredak sustava dopušta samo male korake prema autonomnim vlakovima.¹¹¹

Siemens i Halske Tlegaphenbauanstalt izumili su 1870. godine relejno polje koje omogućuje kontrolu vlaka u blokovima. Ta inovacija bila je poboljšanje učinkovitosti za željeznice u to vrijeme. Taj sustav upravljanja vlakom je uskladio i poboljšao daljnji razvoj lokomotiva, upravljanje vlakovima, upravljanje i razvoj mreže, standardizaciju, zakone i pravila koji su i danas na snazi. Uvođenje nove tehnologije upravljanja vlakom kao što je Europski kontrolni sustav za vlakove (ETCS) druge razine, zahtijeva ogromne koordinirane međunarodne napore. Od 1996. godine, Europska komisija pokušava uvesti taj sustav kao standardni sustav, ali i dalje nije međunarodni standard. Potrebno je ažuriranje sustava jer inovacija koja je osmišljena 1870. godine ne može pratiti trenutna povećanja složenosti, te bi moderni sustav mogao lakše i bolje upravljati tom složenošću.¹¹²

Gotovo svaka država ima veliku željezničku tvrtku, zbog čega imaju ekonomsku snagu i robusnost u teškom tržišnom okruženju. No unatoč tome, te tvrtke su veoma trome kada su u pitanju inovacije, a osobito u slučaju kada su u pitanju drastične inovacije poput autonomne vožnje. Nove tehnologije donose puno više koristi tvrtkama koje ih razvijaju, nego tvrtkama koje će ih koristiti. Konkurentnost je puno manja, nego recimo kada se odabiru kočnice koje će se koristiti, te zbog toga sustavi mogu biti skupi. Problem je u tome što će se tvrtke koje vode i istražuju inovacije boriti da ih uvedu, dok će se tvrtke koje su već prisutne, a ne rade na inovacijama boriti protiv njih kako bi ostale konkurentne. To nažalost dovodi do neuspjeha i neprihvatanja inovacija. Prisutne tvrtke imaju vrlo malo ekonomskih razloga za inovacije i strateški nedostatak za ponovno usklađivanje već prisutnog sustava koji koristi dijelove dostupne masovnom proizvodnjom na sustav koji koristi određene proizvode koji nisu toliko prisutni na tržištu.¹¹³

¹¹¹ Muller, Autonomous trains in freight transport: should the railway not have the advantage over the trucks?, p.6

¹¹² Ibid., p.7

¹¹³ Ibid., p.7

Ovisnost o tračnicama stvara mehanizam obrane i intenziviranje uloge uključenih subjekata u sustav umjesto traženja alternative. To je slučaj sa željeznicama već skoro dvjesto godina. Autonomni vlakovi bi promijenili ulogu svih uključenih subjekata i to je uzrok zabrinutosti za subjekte koji su napravili velika ulaganja u prošlosti u tehnologije vezane uz konvencionalne vlakove. Ta tehnologija predstavlja povrat ulaganja trenutno, ali taj povrat bi postao irelevantan u svijetu autonomne komunikacije vlakova i operativnih tvrtki. ¹¹⁴

Trenutno se vide četiri prepreke za autonomne vlakove:

- Tromost sustava – sustav koji trenutno postoji za teretni željeznički promet dopušta samo manje, usklađene inovacijske korake. Autonomni željeznički teretni promet značio bi veliku promjenu u sustavu, što bi izazvalo poremećaj. Da se počnu primjenjivati, potrebno je napraviti koordinirane poduhvate za implementaciju autonomnih vlakova.
- Ovisnost o trenutnom sustavu – neke tvrtke bi izgubile tržišne mogućnosti, profit i kompetencije da koriste autonomne vlakove. Te tvrtke bi mogle potencijalno kočiti implementaciju autonomnih vlakova.
- Dinamika organizacije – poticaj za razvoj autonomnih vlakova na neizvjesno tržište nije atraktivno zbog cijene investicija u tehnologiju. Tvrte smatraju da je ekonomski smislenije usredotočiti se na masovno tržište.
- Zastoj u razvitku tehnologije – tržište trenutno stagnira jer nedostaje inovacija, a zbog tog nedostatka inovativnosti tržište ne raste. U slučaju željezničkog prijevoza tereta, takvo stabilno stanje postoji već desetljećima. ¹¹⁵

Iako bi automatizacija željezničkog teretnog prometa mogla značajno povećati učinkovitosti, stvoriti rast tržišta, profitabilnost i društvene pogodnosti, ova četiri navedena učinka su glavni razlog zašto automatizacija u željezničkom prometu stagnira. U principu, zbog inovativnosti i stvari koje nudi tehnologija autonomnih vlakova, doći će do primjene autonomnih vlakova. Glavna razlika koja omogućuje lakšu implementaciju cestovnih autonomnih vozila je to što u cestovni promet nije bilo

¹¹⁴ Muller, *Autonomous trains in freight transport: should the railway not have the advantage over the trucks?*, p.7

¹¹⁵ *Ibid.*, p.10

toliko ulaganja i razvijanja od strane svih sudionika, zbog čega su sudionici u cestovnom prometu spremniji na inovacije. ¹¹⁶

Automatizacija vlakova temelji se na pet stupnjeva automatizacije, od GoA0 do GoA4. Svaki korak povećava kontrolu operatera na svojim voznim parkom, istovremeno poboljšavajući učinkovitost i performanse voznog parka. Razine automatizacije autonomnih vlakova i njihova pojašnjenja su u tablici 4. Nulta razina automatizacije, GoA0, predstavlja konvencionalni vlak. GoA1 je prvi sustav gdje se pojavljuje automatizacija, ali vozač i dalje upravlja pokretanje i zaustavljanjem vlaka i vratima, te mora biti spreman preuzeti upravljanje u slučaju nužde. GoA2 je razina gdje su vlakovi već sposobni sami se pokretati i zaustavljati, ali vozač i dalje upravlja vratima i u slučaju nužde preuzima kontrolu. Na GoA3 razini vlak radi skroz bez strojovođe, ali je potreban prateći radnik koji upravlja vratima i može upravljati vlakom u slučaju nužde. Zadnja razina automatizacije GoA4 je razina gdje se vlak obavlja prijevoz bez nadzora, gdje su sve operacije automatizirane, te se stanje vlakova pomno prati iz centralnog sustava za kontrolu. ¹¹⁷

¹¹⁶ Muller, Autonomous trains in freight transport: should the railway not have the advantage over the trucks?, p. 10

¹¹⁷ Alstom, Autonomous Mobility: The future of rail is automated, [Pristupljeno: 20 ožujka 2022.]

Tablica 4. Razine automatizacije autonomnih vlakova

Razina automatizacije	Objašnjenje
GoA0	Konvencionalni vlak
GoA1	Vozač upravlja pokretanjem i zaustavljanjem vlaka i vratima, te preuzima upravljanje u slučaju nužde ili nagle promjene
GoA2	Poluautomatsko upravljanje vlakom gdje je pokretanje i zaustavljanje automatizirano, ali vozač i dalje upravlja vratima i kontrolira vlak prema potrebi i u slučaju nužde.
GoA3	Rad vlaka bez strojovođe, gdje su pokretanje i zaustavljanje automatizirani, a prateći radnik u vlaku upravlja vratima i vozi vlak u slučaju nužde. Umjesto da su usredotočeni na vožnju, željeznički operateri prate stanje i performanse vlaka
GoA4	Rad vlaka bez nadzora gdje su pokretanje i zaustavljanje, upravljanje vratima i rukovanje hitnim slučajevima potpuno automatizirani bez ikakvog osoblja u vlaku. Stanje vlakova pomno se prati iz centralnog sustava za kontrolu

Izvor: Alstom, Autonomous mobility: The future of rail is automated, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

Željeznička vozila tvrtke Parallel su jedni od tvrtki koja radi na autonomnim željezničkim vozilima. Osmislili su autonomna električna željeznička vozila na baterije, koja mogu transportirati kontejnere same ili po dva zajedno. Vagoni imaju individualni pogon i mogu se spojiti u konvoje, te se mogu odvajati na svoja odredišta dok su na putu. Prema navodima tvrtke, zatvorena mreža željeznice predstavlja idealan sustav

za sigurnu i ranu komercijalizaciju autonomne tehnologije. Na slici 9. je slika vagona tvrtke Parallel.¹¹⁸



Slika 9. Parallel vagon

Izvor: RailFreight.com, Autonomous rail vehicle concept secures 4,5 million dollars for testing, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

Prema Parallel Systems konvoji ne moraju akumulirati velike količine tereta kako bi usluga bila ekonomična, za razliku od konvencionalnih teretnih vlakova. Sustav može podržati uslugu na različitim udaljenostima, što omogućuje fleksibilniju uslugu i širi raspon ruta, a zbog toga što se ne mora čekati da vlak bude ekonomičan i pun robe, smanjuje se vrijeme čekanja za dugi promet, a isto tako u slučaju problema na graničnim prijelazima, lako se može odvojiti vagon koji usporava prelazak preko granice. Na slici 10. se može vidjeti kako bi izgledalo ukrcavanje kontejnera i spajanje u konvoje.¹¹⁹

¹¹⁸ RailFreight.com, Autonomous rail vehicle concept secures 4,5 million dollars for testing, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

¹¹⁹ Ibid., [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]



Slika 10. Ukcavanje kontejnera i spajanje u konvoj Parallel Systems vagona

Izvor: RailFreight.com, Autonomous rail vehicle concept secures 4,5 million dollars for testing, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

Isto tako to lako odvajanje vagona omogućiti će zaobilaženje zakrčenih ranžirnih kolodvora, jer ne bi dolazilo više do ručnog sortiranja i ponovnog sastavljanja tereta na sekundarne vlakove, kako bi ih se učinilo ekonomski isplativijima, s čime bi se moglo uštedjeti sate, u nekim slučajevima čak i dane tranzita. Taj ubrzani protok kontejnera kroz terminale trebao bi rezultirati kraćim rokovima isporuke i višom kvalitetom usluge.¹²⁰

¹²⁰ RailFreight.com, Autonomous rail vehicle concept secures 4,5 million dollars for testing, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

5. ANALIZA UTJECAJA AUTONOMNIH VOZILA NA PROCESSE PRIJEVOZNE LOGISTIKE

Automatizacija teretnih vozila dovela bi do potencijalne koristi u prijevoznoj logistici. Međutim, zbog nedostatka istraživanja autonomne tehnologije i njenog utjecaja na sustave za transport i rukovanje teretom, ne mogu se točno procijeniti ukupne ekonomske koristi i koristi na prijevoznu logistiku. Uglavnom istraživanja koja razmatraju ekonomske koristi, primarno su se koncentrirala na smanjenje potrošnje goriva, a sekundarno su se koncentrirala na društvene i ekološke koristi. Unatoč tome, industrija i vlade spremne su ulagati i razvijati autonomnu tehnologiju.¹²¹

Autonomna vozila mogla bi riješiti probleme koji se trenutno javljaju s transportnim sustavom. Autonomna vožnja mogla bi udvostručiti prosječni kapacitet cestovne infrastrukture iskorištavajući sigurnosne margine autonomnih sustava do krajnjih granica, kao što je uzimanje minimalnog sigurnosnog razmaka i mogućnosti nesmetanog protoka prometa. Isto tako, za danu razinu prometa, povezana autonomna vozila mogla bi pridonijeti postizanju ciljeva politike zaštite okoliša, te bi mogla značajno smanjiti količinu sudara. No unatoč svim koristima i dalje postoje pravne nejasnoće u slučaju sudara. Isto tako, prijelaz na autonomna vozila dovest će do poremećaja u industriji, jer velike tehnologije mogu biti korisne za velike tvrtke, tako što će se povećati integracija globalnih tvrtki, optimizirati vozni parkovi, ali sve to će biti štetno za male tvrtke. S druge strane, nove tvrtke će ući na tržište zbog stvaranja novih usluga za digitalizaciju i autonomne tehnologije.¹²²

Automatizirana vozila predstavljaju način na koji će se tvrtke moći natjecati s povećanom učinkovitošću u transportu tereta i logističkim operacijama. Isto tako će vjerojatno promijeniti oblik tržišta rada i neka zanimanja i vrste radnih zadataka koje ljudi obavljaju. S obzirom da će se zbog automatizacije mijenjati priroda posla, potrebno će biti specificirati aktivnosti koje će se također mijenjati.¹²³

¹²¹ Paddeu, Calvert, Clark, Graham, *New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems*, p. 48

¹²² *Ibid.*, p. 49

¹²³ *Ibid.*, p. 51

Implementacija autonomnih kamiona će podrazumijevati smanjenje potrošnje goriva, što će smanjiti emisije izravno povezane s potrošnjom goriva. Zbog toga se može govoriti da bi implementacija autonomnih kamiona imala pozitivan utjecaj na okoliš, iako bi zbog primjene autonomnih cestovnih vozila moglo doći do smanjenja korištenja energetski učinkovitog željezničkog prometa. Na slici 11. su prikazane implikacije koje bi se pojavile implementacijom autonomnih vozila. Implikacije na okoliš su smanjenje gužvi, što smanjuje količinu ispušnih plinova, manje će biti prijeđenih kilometara, smanjit će se razina buke, te će se smanjiti vizualna intruzija zbog većeg protoka, a ono što će se povećati uvođenjem autonomnih vozila je kvaliteta života. Pozitivna implikacija za zaposlenost je to što autonomna vozila predstavljaju rješenje za trenutni i budući manjak vozača, ali će nastati neravnopravnost zbog potrebne razine edukacije za održavanje autonomnih vozila. Implikacije za velike kamionske i logističke tvrtke su pozitivne, doći će do smanjenja troškova, ali za srednje i male tvrtke će se dogoditi problemi zbog smanjenja cijena prijevoza.¹²⁴

¹²⁴ Paddeu, Calvert, Clark, Graham, *New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems*, p. 54



Slika 11. Implikacije primjene autonomnih vozila

Izvor: Paddeu, Calvert, Clark, Graham, New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems, p. 55

5.1. UTJECAJ CESTOVNIH AUTONOMNIH VOZILA NA PRIJEVOZNU LOGISTIKU

Razvoj i automatizacija vozila za cestovnu transportnu industriju značila bi:

- Promjene u veličini i sastavu voznog parka
- Konsolidaciju industrije
- Pojavu novih tvrtki
- Povećani pritisak za smanjenje cijena prijevoza¹²⁵

Zakonodavstvo i prihvaćanje autonomnih vozila od strane javnosti imat će najveći utjecaj na brzinu usvajanja autonomnih vozila. Iako se predviđa rast obujma tereta, veličina voznoga parka ovisit će o usvajanju modela logističkih čvorišta. Logistička čvorišta su dio trenutno ostvarljivog koncepta, gdje bi do njih transport robe obavljao vozač s kamionom s poluprikolicom, te bi u tome čvorištu odvojio prikolicu, a ta bi se prikolica spojila na automatizirani kamion koji bi obavljao daljnji transport po autocesti do drugog logističkog čvorišta, gdje bi se poluprikolica prespajala na kamion u kojemu bi vozač izvršio dio dostave kroz dinamične uvjete na cesti, kao što je vožnja kroz grad. Automatizirani kamioni, u teoriji, rade cijele dane, što bi značilo da im je iskorištenost dvostruko veća od kamiona s vozačima. Uz to manje je automatiziranih kamiona potrebno za prijevoz istog tereta. Kako će se povećavati broj autonomnih kamiona, tako će doći i do povećanja odvoznih kamiona, kako bi se mogao dovoziti sav teret do logističkih čvorišta. Do 2035. godine od dvadeset do dvadeset i pet posto obujma tereta u Sjedinjenim Američkim Državama moći će se prevoziti preko logističkih čvorišta, što bi smanjilo ukupni vozni park za šest posto. Do tada bi automatizirani kamioni trebali činiti deset do petnaest posto kamiona na cesti.¹²⁶

Ulaganje u automatizirane kamione je skupo, oni koštaju oko dvadeset do dvadeset i pet posto više od konvencionalnih kamiona, te zahtijevaju velike kontrolne centre i ulaganja u IT infrastrukturu. Iz tog razloga, očekuje se da će si samo velike tvrtke moći priuštiti autonomna vozila. Manje tvrtke, a posebno tvrtke gdje je vlasnik jedini vozač, će se suočiti sa smanjenjem cijena, bez mogućnosti da prate cijene i

¹²⁵ Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p. 16

¹²⁶ Ibid., p.16

uštede koje će omogućiti automatizirani kamioni. Dok će neke prijevozničke tvrtke prestati poslovati, na tržište će početi ulaziti tehnološke tvrtke, što će potaknuti razvoj autonomnih kamiona. Te tehnološke tvrtke, dokle god ne požele same postati prijevoznici, vjerojatno će raditi na pojedinim dijelovima automatiziranih kamiona, kao proizvođači kamiona velikim prijevozničkim tvrtkama. Tradicionalne tvrtke će zbog toga imat smanjene prihode, ako ne počnu raditi na vlastitim autonomnim kamionima.¹²⁷

Uklanjanje vozača omogućit će značajno smanjenje troškova. Međutim, to smanjenje neće odmah osjetiti davatelji logističkih usluga. Jednom kada digitalizacija poveća transparentnost raspoloživog teretnog kapaciteta i cijena, te rezervacije preko platforme postanu integrirane s sustavom upravljanja transportom, cijene transporta će se sve više i više smanjivati. Uštede operativnih troškova, zbog automatizacije kamiona barem će djelomično osjetiti davatelji logističkih usluga, a potom i kupci tih usluga. Kada će se autonomni kamioni pojaviti na cestama neće ovisiti o dostupnosti tehnologija, već o politici i javnom prihvaćanju.¹²⁸

Autonomna vozila potencijalno mogu imati veliki značaj u poboljšanju sigurnosti, smanjenju potrošnje goriva i posljedično smanjenje troškova, kao i povećanje učinkovitosti i fleksibilnosti. Prihvaćanje i usvajanje autonomnih kamiona će se odviti brže i lakše od usvajanja autonomnih automobila zbog potrebe za vozačima, a unatoč višom cijenama tehnologije. Pretpostavlja se da će autonomni kamioni povećati sigurnost, smanjiti trošak transporta, smanjiti korištenje goriva, pozitivno djelovati na okoliš. Bolje će se iskorištavati kamioni i ceste, te će se bolje iskorištavati vrijeme vozača.¹²⁹

Autonomna vozila dizajnirana su za sigurnu vožnju, poštujući propise i zakone, čime se smanjuje broj rizika i nesreća. Nacionalna uprava za sigurnost u prometu na autocestama procjenjuje da bi komunikacija između vozila i infrastrukture mogla izbjeći ili ublažiti ishode sudara do osamdeset posto. Smanjenje broja nesreća ili

¹²⁷ Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p. 16

¹²⁸ Ibid., p. 16

¹²⁹ Paddeu, Calvert, Clark, Graham, New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems, p. 19

ublažavanje nesreća podrazumijeva manju štetu, te se samim time smanjuju premije osiguranja.¹³⁰

Vozači bi mogli izvršavati i druge zadatke osim zadatka vožnje, kao što je obrada dokumenata ili pomoć korisnicima u slučaju primjene autonomnih kamiona. Autonomni kamioni povećali bi produktivnost kamiona i vozača. Europska direktiva dopušta uzastopno vrijeme vožnje od četiri cijelih pet sati, što se može ponoviti nakon odmora. To ograničenje vožnje ograničava radijus djelovanja jedne kombinacije vozača i kamiona na oko sedamsto i dvadeset kilometara, ako se putuje prosječnom brzinom od osamdeset kilometara po satu. S primjenom autonomnih kamiona, taj domet se povećava jer vozač ne vozi cijelo vrijeme.¹³¹

Autonomni kamioni omogućuju učinkovitiju vožnju i smanjenje potrošnje goriva. Pogotovo ako je riječ o vožnji u konvojima, što dovodi do smanjenja vremena putovanja i smanjenja potrošnje goriva zbog većih učinkovitijih brzina i smanjenja otpora zraka zbog male udaljenosti između kamiona. Potencijalne uštede goriva u Europi procjenjuju se na između četiristo milijuna eura i šest milijardi eura godišnje. Logistička industrija suočava se sa značajnim dodatnih troškovima svake godine zbog zagušenja, koji se potencijalno daju izbjeći. Procjene su da je 2017. godine u Ujedinjenom Kraljevstvu trošak izgubljenog vremena bio gotovo četrdeset milijardi funti. Trošak izgubljenog vremena i potrošnja goriva su veći u nestabilnim prometnim tokovima, u usporedbi sa slobodnim uvjetima vožnje. Autonomni kamioni, zbog međusobne komunikacije omogućili bi ublažavanje stajanja i kretanja prilikom gužvi, povećanje brzine putovanja i poboljšanje ukupnih uvjeta putovanja, stvarajući tako prednosti i izvan logističkog sektora. Nadalje, autonomna željeznička vozila isto tako mogu donijeti prednosti u prijevoznoj logistici, te bi mogla konkurirati konceptima koji se stvaraju s primjenom autonomnih cestovnih vozila.¹³²

¹³⁰ Paddeu, Calvert, Clark, Graham, *New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems*, p. 20

¹³¹ *Ibid.*, p. 20

¹³² *Ibid.*, p. 23

5.2. UTJECAJ ŽELJEZNIČKIH AUTONOMNIH VOZILA NA PRIJEVOZNU LOGISTIKU

Europska unija podržava inovacije željezničkih autonomnih vozila kroz više istraživačkih projekata. Projekt Capacity4Rail identificirao je poboljšanja sustava željezničkog prijevoza tereta Europske unije:

- Uvođenje vagona koji mogu podnijeti osovinska opterećenja do trideset tona, s većim širinama, nižim visinama poda, električno pneumatskim kočnicama i automatskim spojnicama
- Uvođenje autonomnih električnih lokomotiva koje su sposobne za duže konfiguracije
- Širi razmještaj pretovarnih terminala koji omogućuju učinkoviti prijenos tereta između cestovnog i željezničkog prometa
- Završetak i implementacija digitalnog signalnog sustava kao dio Europskog sustava za upravljanje željezničkim prometom.¹³³

Projekt za automatizirani željeznički teretni promet ispituje tri područja:

1. Korištenje autonomnih teretnih vlakova
2. Primjena autonomnih procesa na pretovarnim čvorovima
3. Planiranje voznog reda¹³⁴

Autonomni vlakovi su operativno i sigurno poboljšanje u željeznici. Izbacuju nagađanja, ljudsku pogrešku i varijable iz željeznica, čineći ih učinkovitijim, točnijim i pouzdanijim. Kombinacija sustava autonomne kontrole vlaka, autonomne zaštite vlaka i automatski nadzor vlaka omogućuju operaterima da imaju veće iskorištenje od vozila u svojem voznom parku, pretvarajući ih u podešenu mrežu s malo rizika. Primjena autonomnih vlakova dovela bi do smanjenja korištenja energije do četrdeset i pet posto, povećanja kapaciteta linija i smanjenja vremena putovanja.¹³⁵

Automatizacija vlakova omogućila bi povećanje broja vlakova koliko ih maksimalno može biti na liniji, te bi samim tim kapacitet bio povećan. Veliki broj linija

¹³³ Paddeu, Calvert, Clark, Graham, *New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems*, p. 24

¹³⁴ *Ibid.*, p. 25

¹³⁵ Alstom, *Autonomous mobility: The future of rail is automated*, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

trenutno radi na svojem maksimalnom kapacitetu i ne mogu prihvatiti dodatne vlakove, ali automatizacija otvara mjesta za još vlakova jer eliminira varijable koje se događaju zbog ljudskog ponašanja.¹³⁶

Autonomni vlakovi bi stvorili predvidljivost, a ta predvidljivost omogućuje veću fleksibilnost. Kada operateri koriste autonomne vlakove imaju više opcija. Mogu automatizirati uslugu na rijetko korištenim ili zabačenim linijama, automatski parkirati vlak, te ga mogu zadržati na kolodvoru da brzo odgovori na bilo koje promjene bez potrebe da je vozač prisutan.¹³⁷

Autonomni vlakovi omogućuju efikasnije upravljanje i korištenje vlakova, što smanjuje umaranje materijala, dok u isto vrijeme smanjuje inkrementalne nedostatke koji su u ljudskoj prirodi. Isto tako autonomni vlakovi omogućit će bolje ubrzavanje i usporavanje, što će omogućiti manje kašnjenja i gotovo pa će ukloniti mogućnost nastajanja štete na robi zbog naglog ubrzavanja ili usporavanja. Autonomni vlakovi omogućit će operaterima da efikasnije upravljaju vlakovima. Rad autonomnih vlakova kroz jedan sustav, omogućit će sinkronizaciju koja će omogućiti maksimalne performanse koje pomažu u redukciji emisija i energije koju koriste.¹³⁸

¹³⁶ Alstom, Autonomous mobility: The future of rail is automated, [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

¹³⁷ Ibid., [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

¹³⁸ Ibid., [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

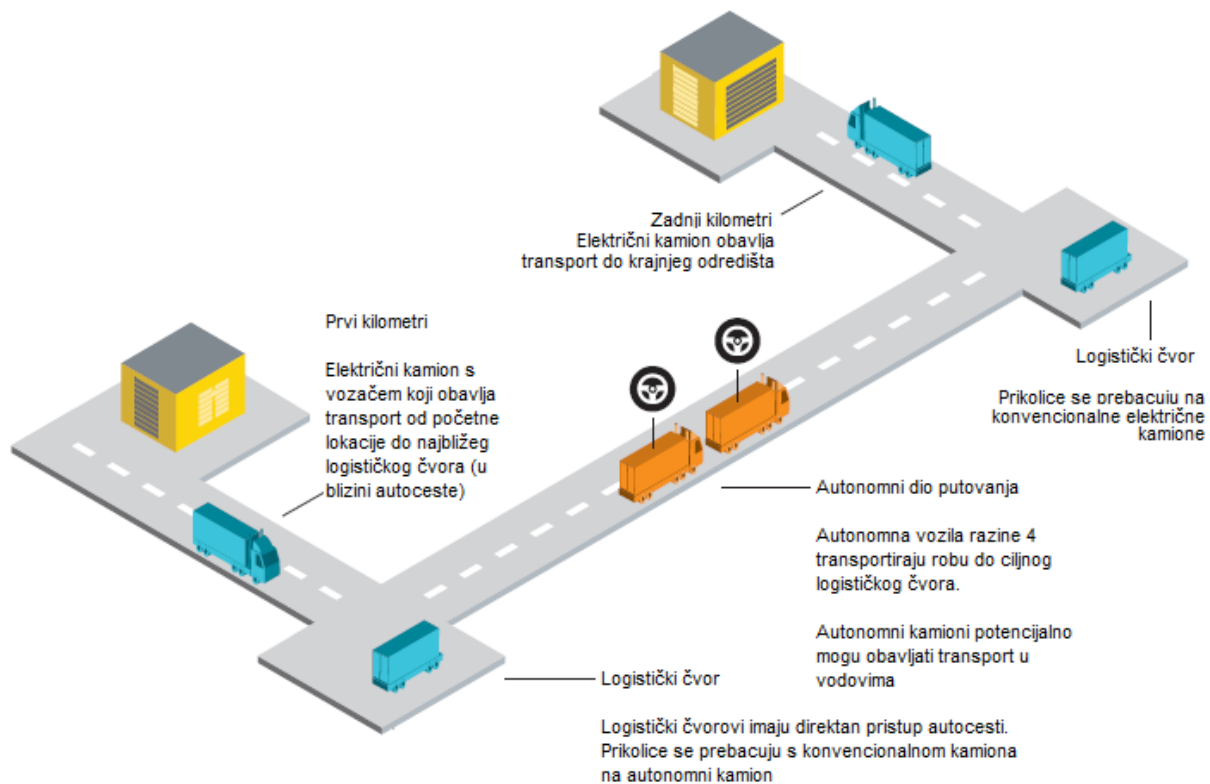
6. PRIMJENE AUTONOMNIH VOZILA U LOGISTIČKOJ DJELATNOSTI – STUDIJA SLUČAJA

U ovom poglavlju napraviti će se dvije studije slučaja o primjeni autonomnih vozila u logističkoj industriji. Prvo pod poglavlje će objasniti primjenu autonomnih kamiona korištenjem logističkih čvorova. Drugo pod poglavlje će objasniti primjenu autonomnih vlakova kroz sustav AutoHaul koji se koristi u Australiji.

6.1. PRIMJENA AUTONOMNIH KAMIONA S KORIŠTENJEM LOGISTIČKIH ČVOROVA

Logistički čvorovi i vožnja autonomnih vozila u konvojima se kombiniraju za maksimalnu uštedu. U drugoj polovici 2020. – ih godina predviđa se kombiniranje električnih kamiona i automatiziranih kamiona koji voze u konvojima na duge relacije, kako bi ih se optimiziralo kroz aplikacije za rezervacije. To će dovesti do značajnih ušteda u operativnim troškovima. Automatizirana vožnja na autocestama je manje složena od vožnje u gradskom prometu. Poslovni model logističkih čvorova koji bi se pojavio, kombinirao bi konvencionalni transport za prve i posljednje kilometre (kapilarna distribucija) s autonomnim vozilom koje bi obavljalo prijevoz između prvih i posljednjih kilometara. Promjena između te dvije vrste kamiona, odvijat će se u logističkim čvorovima, koji će se nalaziti blizu autocesta s izravnim pristupom njima. Logistička čvorišta zahtijevaju malo infrastrukture i u osnovi će se sastojati od namijenjenih područja u kojima će se prikolice mijenjati s jednog kamiona na drugi. Putovanje između dva logistička čvora moći će se obavljati u konvojima. Nakon što automatizirani kamion odradi transport do odredišnog logističkog čvora, kamion s vozačem će preuzeti prikolicu i obaviti transport do konačnog odredišta. Prikaz sustava autonomnih cestovnih vozila s korištenjem logističkih čvorova se nalazi na slici 12.¹³⁹

¹³⁹ Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p.11



Slika 12. Sustav autonomnih cestovnih vozila s korištenjem logističkih čvorova

Izvor: Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p.11

Raspon uštede koristeći autonomni sustav s logističkim čvorištem je između dvadeset i dva i četrdeset posto. Autonomni kamioni imaju niže operativne troškove na dugim relacijama u usporedbi s konvencionalnim kamionima. Prosječna cijena po kilometru za konvencionalni kamion klase osam je oko nula cijelih devedeset i šest američkih dolara po kilometru, isključujući trošak praznih milja, a procijenjeni trošak autonomnog kamiona osme klase iznosi nula cijelih pedeset i dva američka dolara po kilometru. U konvencionalnom modelu vozač predstavlja najveći dio troška, štoviše trošak vozača čini gotovo polovinu ukupnih troškova, gorivo predstavlja četvrtinu troška, a ostatak troškova su oprema i održavanje. Osiguranje i infrastrukturni troškovi (cestarine) su beznačajni troškovi. Vožnja u konvojima smanjuje troškove goriva zbog nižeg otpora zraka, dok cijena opreme malo raste zbog amortizacije dodatne

tehnologije potrebne za vožnju u konvojima. Godišnja ušteda goriva od vožnje u konvojima mogla bi uštediti do dvije tisuće i četiristo američkih dolara po kamionu.¹⁴⁰

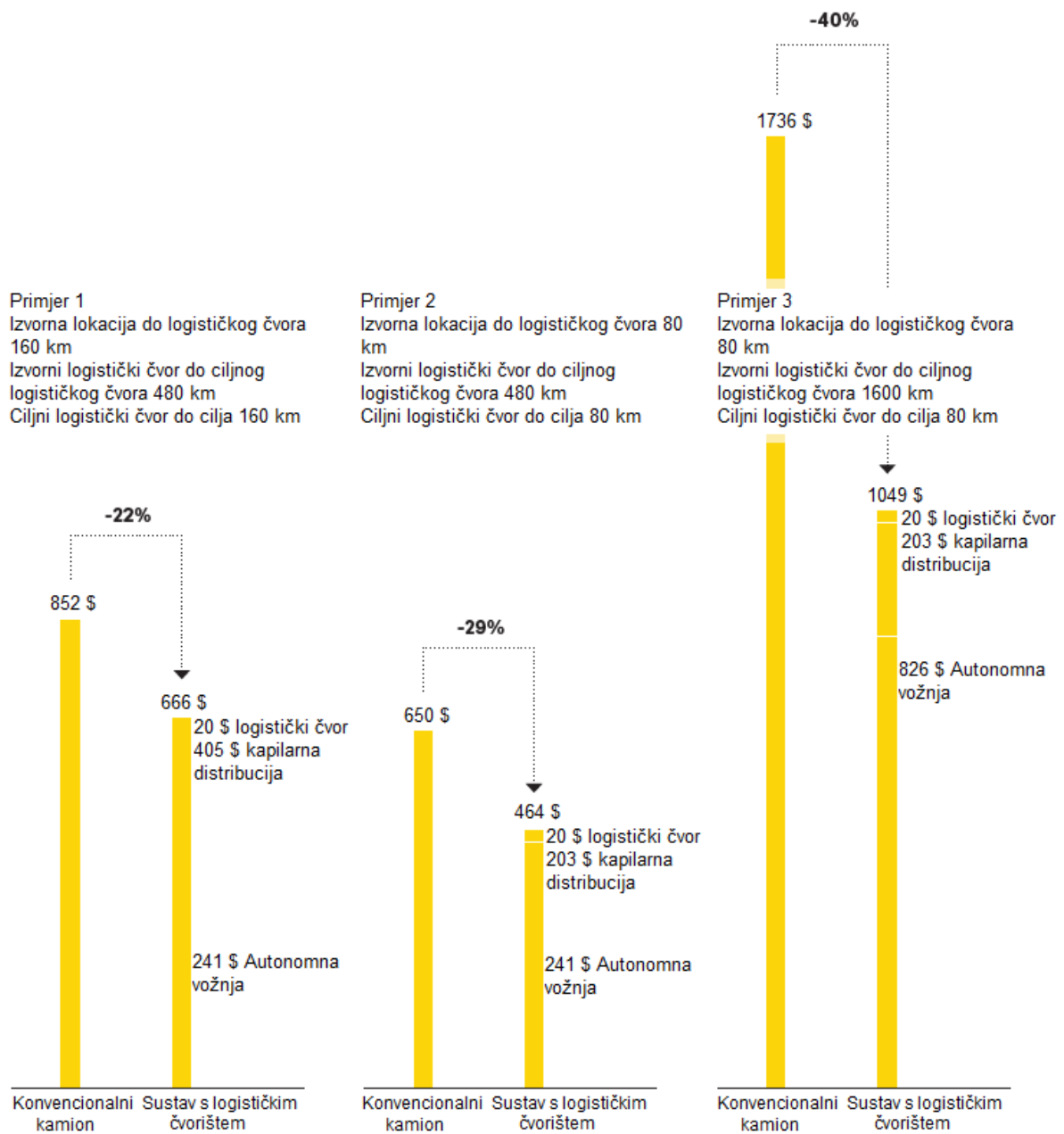
Autonomno vozilo četvrte razine automatizacije, gdje vozilo funkcionira bez vozača na dugim dionicama između transfernih čvorišta, uklanja trošak plaća vozača u potpunosti. Trošak održavanja smanjuje se zbog manjeg trošenja materijala i zbog manje neplaniranih zastoja. Trošak osiguranja je vezan uz vjerojatnost nesreće, što bi značilo da zbog smanjenja nesreća doći će i do smanjenja premija osiguranja. S druge strane trošak opreme će rasti jer dodatna tehnologija znači veću godišnju amortizaciju.¹⁴¹

Prijevoznici koji koriste logističke čvorove morali bi snositi njihove troškove, a to bi uglavnom bili troškovi nekretnina i troškovi osoblja. Ušteda će ovisiti o duljini kapilarne distribucije i duljine transporta autonomnim kamionom. Model koji je tu naveden temelji se na scenariju gdje su sva vozila električna. Na grafikonu 8. prikazani su troškovi konvencionalnih kamiona i autonomnih vozila koja koriste logističke čvorove i njihova usporedba. Na grafikonu su prikazana tri slučaja. Prvi slučaj je da je udaljenost izvorne lokacije sto i šezdeset kilometara do logističkog čvora, a da je udaljenost između logističkih čvorova četiristo i osamdeset kilometara, te da je ciljani logistički čvor udaljen od cilja sto i šezdeset kilometara. S konvencionalnim kamionima trošak za taj prijevoz bio bi osamsto pedeset i dva dolara, a u sustavu s logističkim čvorovima taj trošak iznosi šesto šezdeset i šest dolara, što predstavlja uštedu od dvadeset i dva posto. Drugi slučaj je da je udaljenost od logističkog čvora osamdeset kilometara, udaljenost između čvorova je četiristo i osamdeset kilometara, a udaljenost od ciljnog logističkog čvora do cilja je osamdeset kilometara. Taj prijevoz konvencionalnim kamionima generira trošak od šesto i pedeset dolara, a u sustavu s logističkim čvorovima taj trošak bi iznosio četiristo šezdeset i četiri dolara, što predstavlja uštedu od dvadeset i devet posto. Treći slučaj je da je udaljenost od logističkog čvora osamdeset kilometara, udaljenost između čvorova je tisuću i šesto kilometara, a udaljenost od ciljnog logističkog čvora do cilja je osamdeset kilometara. Taj prijevoz konvencionalnim kamionima generira trošak od tisuću sedamsto trideset

¹⁴⁰ Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p.12

¹⁴¹ Ibid., p. 12

i šest dolara, a u sustavu s logističkim čvorovima taj trošak bi iznosio tisuću četrdeset i devet dolara, što predstavlja uštedu od četrdeset posto.¹⁴²



Grafikon 8. Troškovi konvencionalnih kamiona i sustava s logističkim čvorištem, te njihova usporedba

Izvor: Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p. 13

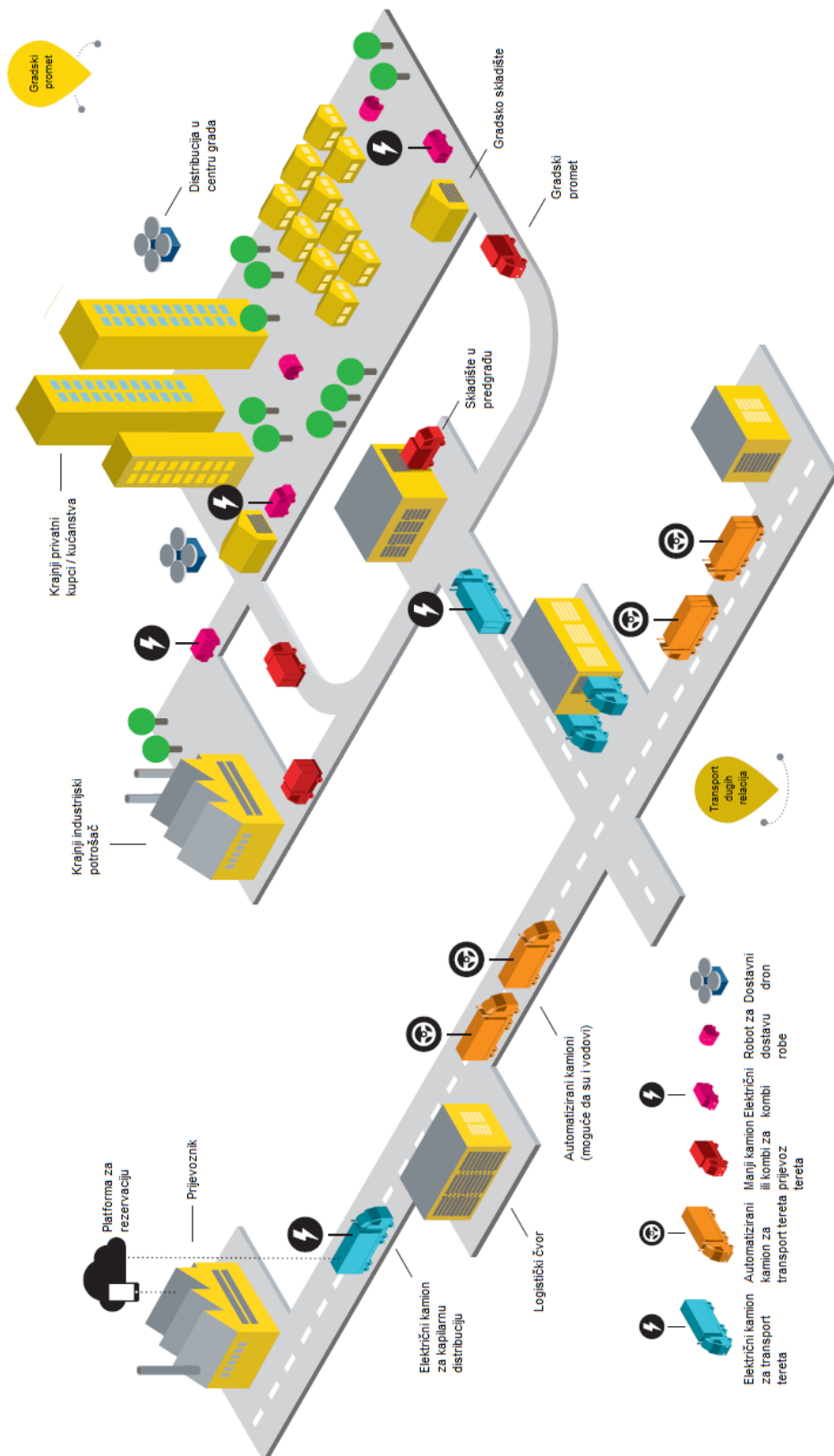
¹⁴² Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p. 12

Većina smanjenja troška dolazi od uklanjanja vozača i troška njihovih plaća na dionici između logističkih čvorišta. Uštede goriva zbog vožnje u konvojima i elektrifikacije su male u usporedbi s uštedama troškova vozača. Ukupna ušteda kreće se od dvadeset i dva posto za kratku udaljenost s dugom kapilarnom distribucijom, te do četrdeset posto za dugu traku s kratkom kapilarnom distribucijom. Provedba sustava će u početku biti ograničena zbog malog broja logističkih čvorišta. Štednja će zbog toga u početku biti oko dvadeset i dva posto, vjerojatno i niže, pa će se povećavati tijekom vremena kako se mreža čvorišta povećava. ¹⁴³

Promjene koje se događaju u logističkoj industriji stvorit će jedan vrlo drugačiji logistički sustav nego ovaj koji nam je poznat danas. U tome scenariju će postojati prijevoz na duge udaljenosti i gradska distribucija. Trendovi automatizacije, elektrifikacije i digitalizacije odnose se na obje vrste prijevoza, ali njihova rješenja će se razlikovati. U prijevozu na duge udaljenosti fokus će biti smanjenje troškova, a u urbanoj logistici, fokus će biti da se mogu podmiriti sve veća očekivanja od kupaca po pitanju brzine isporuke, informacije i fleksibilnosti. Trgovci namjeravaju ispuniti rastuća očekivanja kupaca povećanjem brzine isporuke u urbanim sredinama i osmišljanjem inovativnih načina isporuke. Novi koncepti skladišta (prigradska i urbana skladišta) pojavljuju se kako bi se suočila s prostornim ograničenjima i zahtijevane brzine gradske logistike. Prigradska skladišta bit će visoko automatizirana da mogu isporučiti ogromne količine robe, dok će gradska skladišta biti što fleksibilnija kako bi mogla reagirati na nagle promjene u potražnji. Taj moderni logistički sustav je prikazan na slici 13. ¹⁴⁴

¹⁴³ Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p. 14

¹⁴⁴ Ibid., p. 15



Slika 13. Moderni logistički sustav

Izvor: Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p. 15

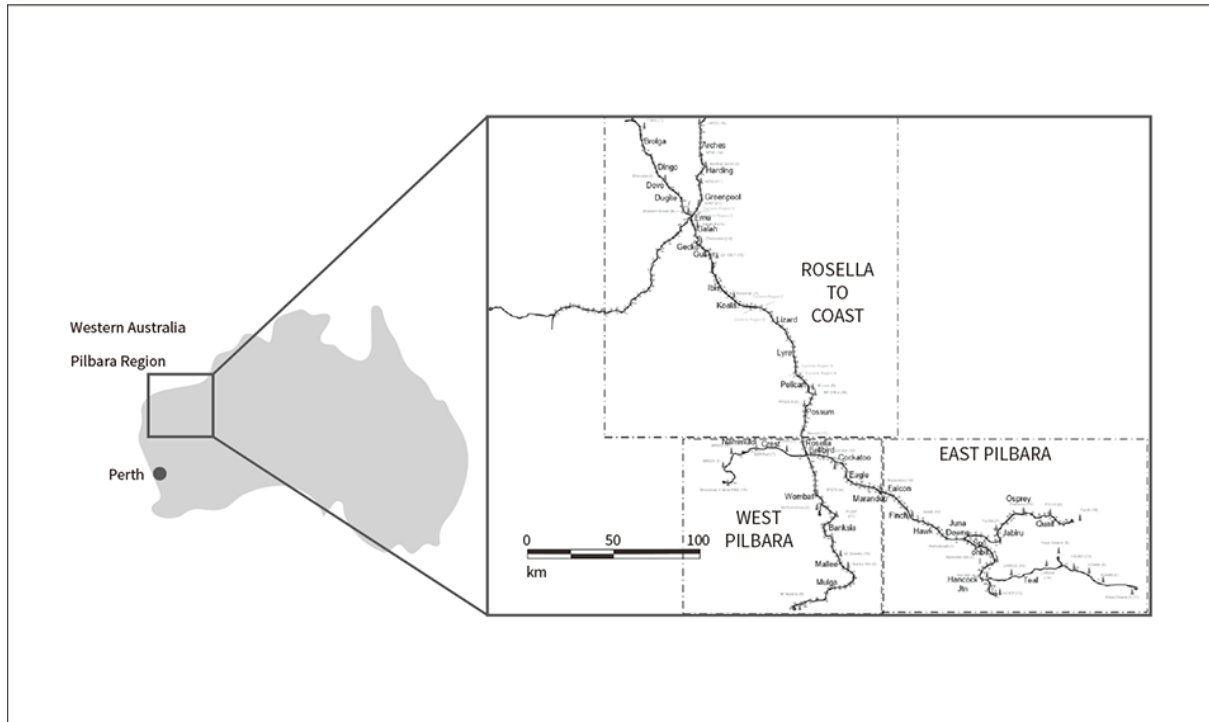
Operateri vozni parkova već bi se trebali pripremiti da promijene način poslovanja, jer automatizirani kamioni bi se mogli uvesti sredinom 2020. – ih godina. Pretpostavlja se da će automatizacija, elektrifikacija i digitalizacija uzrokovati velike smetnje u transportnoj industriji. Točno vrijeme kada bi se to moglo dogoditi je još uvijek nejasno jer ovisi o razvitku zakonodavstva i uvjeravanja javnosti da su autonomna vozila sigurna. Ono što se predviđa je da će operateri flota mijenjati operativne prakse i da će doći do izmjene temelja u ekonomiji logistike.¹⁴⁵

6.2. PRIMJENA AUTONOMNIH VLAKOVA – AUTOHAUL

Rio Tinto Limited, vodeća globalna rudarska grupa po broju autonomnih lokomotiva, njih dvjesto dvadeset i jednu na liniji od tisuću i sedamsto kilometara, dvadeset i četiri sata dnevno vade željeznu rudu iz rudnika na jugu regije Pilbara u zapadnoj Australiji, te kroz regiju Pilbara obavljaju transport od tristo kilometara do luka koje gledaju prema Indijskom oceanu. Maksimalno povećanje učinkovitosti prijevoza je prvi prioritet u radu vlakova i vlakovi mogu odmah krenuti nakon utovara, bez da je vožnja unaprijed zakazana u rasporedu vožnji. Kompletan rad vlaka prati tim kontrolora i sektor održavanja vlakova iz Rio Tintovog operativnog centra u Perthu, koji je udaljen više od tisuću petsto km. Geografska lokacija gdje vlak obavlja transport prikazana je na slici 14. Ovim autonomnim vlakom upravlja sustav koji se zove AutoHaul, koji su razvili Rio Tinto i Hitachi Rail STS S.p.A. U ovome pod poglavljju opisat će se razvoj autonomnog sustava za željeznice AutoHaul i njegove značajke.¹⁴⁶

¹⁴⁵ Keese, Aulbur, van Marwyk, Rentzsch, Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry, p. 17

¹⁴⁶ Yusuf, MacDonald, Stuart, Miyazaki, Heavy Haul Freight Transportation System: AutoHaul, p. 76



Slika 14. Geografska lokacija AutoHaul sustava

Izvor: Yusuf, MacDonald, Stuart, Miyazaki, Heavy Haul Freight Transportation System: AutoHaul, p. 77

Potražnja za željeznom rudom raste iz godine u godinu i kako bi uspjeli držati korak sa potražnjom, Rio Tinto je razvio autonomni sustav GoA4 razine, AutoHaul. Cilj AutoHaula je povećanje sigurnosti i produktivnost, te optimizacija sustava rudarenja željezne rude, pružajući veću fleksibilnost i smanjenje uskih grla. AutoHaul je dobio akreditaciju od Australaskog ureda za sigurnost u željezničkom prometu 16. svibnja 2018. godine. Slijedom toga, razvijeni autonomni vlak, koji se sastoji od tri lokomotive i koji prevozi oko dvadeset i osam tisuća tona željezne rude, putovao je preko dvjesto i osamdeset kilometara od rudnika Rio Tinta u Tom Priceu do luke u Cape Lambertu 10. srpnja 2018. godine. Od tog početnog kretanja, rad autonomnih vozila povećavao se u fazama, a potpuna implementacija autonomnih vlakova postignuta je u prosincu 2018. godine. Od cijelog voznog parka Rio Tinta, devedeset i osam posto lokomotiva je automatizirano i imaju pokrivenost od više od jedanaest milijuna kilometara na njihovoj mreži. Tipična formacija vlaka uključuje dizel električnu lokomotivu i dvjesto i četrdeset vagona natovarenih sa sto i šest tona rude. Tipična duljina vlaka je dva i pol

kilometra, a ukupna prevezena masa je dvadeset i osam tisuća tona rude. Autonomni vlak koji koristi AutoHaul sustav nalazi se na slici 15.¹⁴⁷



Slika 15. Autonomni vlak koji koristi AutoHaul sustav

Izvor: Yusuf, MacDonald, Stuart, Miyazaki, Heavy Haul Freight Transportation System: AutoHaul, p. 77

AutoHaul se temelji na automatskom upravljanju vlakom i Europskom sustavu upravljanja vlakom (ETCS) druge razine. Sustav se može podijeliti u četiri glavna segmenta, a to su: komunikacijski segment infrastrukture, segment operativnog centra, segment vlakova, te segment za signalizaciju i zaštitu imovine.¹⁴⁸

¹⁴⁷ Yusuf, MacDonald, Stuart, Miyazaki, Heavy Haul Freight Transportation System: AutoHaul, p. 77

¹⁴⁸ Ibid., p. 77

Iako autonomni vlakovi voze kroz zabačeni dio Australije, postoji nekoliko aktivnih pružnih prijelaza. Na mreži Rio Tinta postoje četrdeset i dva aktivna prijelaza koji su zaštićeni sustavom za pomoć prelaska, a koji se može rastaviti na tri komponente:

- Sustav za otkrivanje prepreka – laserski sustav detektira objekte unutar granica pružnog prijelaza
- Sustav snimanja uživo – pruža nadzorne snimke putem digitalnog video rekordera. Ovlašteno osoblje u operativnom centru pregledava snimke zajedno s automatiziranim sustavom
- Ulična rasvjeta – pruža rasvjetu na željezničkom prijelazu. Uključuje se svaki put kada prijelaz radi, kada je zapriječen ili kada osoblje gleda prijenos uživo.¹⁴⁹

Tim ocjenjivača stanja željeznice i objekata vezanih uz nju i kontrolora vlakova prati stanje na putu i vlaku iz operativnog centra u Perthu. Rio Tinto ima oko dvjesto i dvadeset i jednu lokomotivu opremljenu AutoHaul tehnologijom, a za svaku tu lokomotivu se prati stanje lokomotive, alarmi i video zapisi. Aktivnosti koje je prethodno obavljao strojovođa, sada prati tim kontrolora i ocjenjivača stanja željeznice i objekata vezanih uz nju, koji izdaleka prate status koji je dodijeljen vlaku tijekom putovanja i u slučaju bilo kakvih alarma koji zahtijevaju održavanje, obavještavaju tim koji ide odstraniti problem. Sustav AutoHaul dizajniran je da automatski zaustavi vlak u slučaju:

- Da se aktiviraju alarmi od opreme pored puta kao što je povlačenje detektora opreme ili detektor ležišta
- Da se dogodi kritičan kvar
- Ako postoji opstrukcija na pružnom prijelazu
- Ako je otkriveno sudaranje unutar vlaka¹⁵⁰

Koristeći analitiku, moguće je vizualizirati ogromnu količinu dostupnih operativnih podataka za utvrđivanje trendova i predviđanja problema koji pogoduju održavanju i radu. Održavanje zbog toga može prestati biti korektivno i može se početi raditi preventivno, a u konačnici bi se moglo predvidjeti kada se za koji dio mora raditi preventivno održavanje, što bi omogućilo optimizaciju održavanja. Autonomne

¹⁴⁹ Yusuf, MacDonald, Stuart, Miyazaki, Heavy Haul Freight Transportation System: AutoHaul, p. 78

¹⁵⁰ Ibid., p. 79

operacije su stalno iste, a zbog toga što lokomotive voze istim putem kroz mrežu, to čini obrasce trošenja na lokomotivi ponavljajućima i samim time predvidljivima, što omogućuje jako dobru taktiku preventivnog održavanja. Dugotrajno strojno učenje putem algoritama može istaknuti potencijalne probleme prije nego što postanu ozbiljni, što može dovesti do financijskih gubitaka. To omogućuje izbjegavanje situacija gdje su sredstva poput vozila i željezničkih pruga neupotrebljiva na duže vremenske periode.¹⁵¹

Koncept autonomnih vlakova od rudnika do luke nudi operativni model za analiziranje i prognoziranje potražnje, te dostupnost pošiljatelja i zaliha, što bi donijelo do povećanja učinkovitosti cijelog opskrbnog lanca. Sljedeća rješenja mogla bi još više poboljšati sadašnji sustav:

- Integrirani sustav upravljanja prometom – koristeći sustav planiranja vlakova, može planirati dnevne, a čak i tjedne operacije vlakova
- Poboljšanje ritma i kretanja vlakova – doveli bi do bolje propusnosti, uštede goriva i smanjenja trošenja vlaka tijekom provedbe transporta
- Poboljšanja u kompozicijama vlaka – raspodijeljeni raspored snage i razlike u masi vagona ovise o mješavini i vrsti željezne rude, te bi zbog toga kompozicija vlaka trebala biti napravljena sukladno tome¹⁵²

Internet ima potencijal da proširi transportni kapacitet, poboljša održavanje i operacije prekrcaja. To u kombinaciji s evolucijom tehnologije pete generacije osigurava povećanje propusnosti, potrebno alatima za vizualizaciju koji obrađuju informacije u stvarnom vremenu za kritične odluke. Uspostavljanje odnosa s telekomunikacijskim tvrtkama može dovesti do naprednih rješenja. U zabačenim regijama ove tehnologije mogu omogućiti druge prilike za uvođenje funkcionalnosti kao što su:

- Sučelja stroja temeljena na tabletima nude alternativu s visokom razinom sigurnosnog integriteta u usporedbi s trenutnom metodom koja se temelji na papirnatim dokumentima
- Sučelja zasnovana na tabletima također se mogu koristiti na lokomotivama kako bi ih se integriralo u AutoHaul sustav i poboljšala sigurnost

¹⁵¹ Yusuf, MacDonald, Stuart, Miyazaki, Heavy Haul Freight Transportation System: AutoHaul, p. 79

¹⁵² Ibid., p. 79

- Minimiziranje instalacija na infrastrukturi pored tračnica kako bi se moglo lokalizirati timove za održavanje na centralne lokacije, čime bi se smanjila krađa, potrošnja energije i umor vozača.¹⁵³

U poglavlju je predstavljen razvoj Rio Tintovog sustava za autonomne vlakove AutoHaul. Napredak u tehnologiji teretnog prometa kroz implementaciju i razvoj autonomnih vlakova olakšat će transport robe, ali isto tako će olakšati i prijevoz putnika kada ga se odluči implementirati u putničkom prijevozu. Implementacija autonomnih vlakova, će učiniti transport željeznicom još više održivim.¹⁵⁴

¹⁵³ Yusuf, MacDonald, Stuart, Miyazaki, Heavy Haul Freight Transportation System: AutoHaul., p. 79

¹⁵⁴ Ibid., p. 80

7. ZAKLJUČAK

Cilj logistike je da se krajnjem potrošaču omogući pravi proizvod na pravom mjestu u pravo vrijeme. Logistika je prije bila vezana samo uz prijevoz i skladištenje, a u moderno doba definira se kao proces strateškog upravljanja kretanjem i skladištenjem materijala, dijelova i gotovih proizvoda od dobavljača do krajnjeg potrošača. Logistika obuhvaća sve zadatke vezane uz planiranje, kontrolu, pružanje i optimizaciju procesa duž opskrbnog lanca, a prijevozna logistika obuhvaća sve procese u logistici koji su potrebni za obavljanje prijevoza.

Razvitak umjetne inteligencije omogućio je razvitak autonomnih vozila, koja predstavljaju napredak i promjenu u transportnoj industriji. Autonomna vozila predstavljaju budućnost, a razvitak i primjena autonomnih vozila predstavlja veliki značaj za budućnost čovječanstva. Inteligentni transportni sustavi su suvremena informacijsko telekomunikacijska tehnologija namijenjena vođenju, ostvarivanju i upravljanju transportnim sustavima svih vrsta. Rezultat inteligentnih transportnih sustava je generiranje prikladnijeg i povoljnijeg transportnog sustava. Autonomna vozila su jedna od grana koju razvijaju inteligentni transportni sustavi.

Današnja istraživanja predviđaju da će do 2050. godine posjedovanje autonomnog vozila postati norma. Utjecaj autonomnih vozila može se podijeliti na ekonomske, društvene i ekološke. Isto tako može postojati i još utjecaja za koje se ni ne može predvidjeti da bi mogli djelovati. Kako bi se autonomni automobili mogli masovno kretati cestama, svaki mora znati položaj, brzinu i putanju obližnjih automobila. To bi moglo poboljšati koordinaciju ljudi i strojeva tijekom manevara sklonih nesrećama.

Kamioni su vodeći način prijevoza tereta u svijetu. Vozni parkovi kamiona su jako iskorišteni i zbog toga su cijene prijevoza velike. U narednim godinama ne predviđa se smanjenje potražnje, zbog čega se trebaju naći rješenja za izazove koji se događaju u kamionskom transportu. Razvoj autonomnih kamiona sastoji se od niza faza, gdje se u svakoj fazi smanjuje odgovornost vozača povećanjem stupnja automatizacije. U nultoj fazi nema automatizacije i vozač ima potpunu kontrolu. U prvoj fazi pojedinačne funkcije su automatizirane. Trenutno se događa prijelaz iz prve u drugu fazu, gdje vozač ne mora praktički upravljati vozilom, ali mora i dalje biti

usredotočen na cestu pred sobom kako bi mogao reagirati u slučaju kritične situacije. Treća faza je prijelazna faza u kojoj vozila imaju tehnologiju za autonomnu vožnju, ali vozač mora biti u mogućnosti brzo vratiti kontrolu nad vozilom, ako je potrebno intervenirati da se ne dogodi nesreća. U četvrtoj fazi vozač neće uopće trebati nadzirati cestu prilikom automatiziranog načina rada. U petoj fazi vozilo je potpuno automatizirano, te nema potrebu za vozačem.

Autonomni vlakovi zahtijevaju prilagodbu infrastrukture, opreme vlakova, kontrolnih sustava i zakonodavstva. Moguće je nekoliko opcija adaptacije trenutnog sustava za sustave autonomnih vlakova. Autonomnim vlakovima će biti moguće upravljati centralnim sustavom ili decentralizirano putem senzora u vlakovima. U prijelaznoj fazi konvencionalni vlakovi i autonomni vlakovi moraju biti kompatibilni. Trenutno postoje četiri prepreke za implementaciju autonomnih vlakova, a to su tromost sustava, ovisnost o trenutnom sustavu, dinamika organizacije i zastoje u razvitku tehnologije koji se pojavio. Iako bi automatizacija željezničkog teretnog prometa mogla značajno povećati učinkovitosti, stvoriti rast tržišta, profitabilnost i društvene pogodnosti, te prepreke su glavni razlog zašto automatizacija u željezničkom prometu stagnira. Glavna razlika koja omogućava lakšu implementaciju cestovnih autonomnih vozila je ta što u cestovni promet nije bilo toliko ulaganja i razvijanja od strane svih sudionika, zbog čega su sudionici u cestovnom prometu spremniji na inovacije.

Automatizacija teretnih vozila dovela bi do potencijalne koristi u prijevoznog logistici. Međutim, zbog nedostatka istraživanja autonomne tehnologije i njenog utjecaja na sustave za transport i rukovanje teretom, ne mogu se točno procijeniti ukupne ekonomske koristi i koristi na prijevoznu logistiku. Autonomna vozila mogla bi riješiti probleme koji se trenutno javljaju s transportnim sustavom. Autonomna vožnja mogla bi udvostručiti prosječni kapacitet cestovne infrastrukture iskorištavajući sigurnosne margine autonomnih sustava do krajnjih granica, kao što je uzimanje minimalnog sigurnosnog razmaka i mogućnosti nesmetanog protoka prometa. Isto tako, za danu razinu prometa, povezana autonomna vozila mogla bi pridonijeti postizanju ciljeva politike zaštite okoliša, te bi mogla značajno smanjiti količinu nesreća.

Autonomni kamioni omogućuju učinkovitiju vožnju i smanjenje potrošnje goriva. Pogotovo ako je riječ o vožnji u konvojima, što dovodi do smanjenja vremena putovanja i smanjenja potrošnje goriva zbog većih učinkovitijih brzina i smanjenja otpora zraka zbog male udaljenosti između kamiona. Većina smanjenja troška dolazi od uklanjanja vozača i njihovih plaća na dionici između logističkih čvorišta. Uštede goriva zbog vožnje u konvojima i elektrifikacije su male u usporedbi s uštedama troškova vozača.

Autonomni vlakovi stvorili bi predvidljivost, a ta predvidljivost omogućuje veću fleksibilnost. Kada operateri koriste autonomne vlakove imaju više opcija. Mogu automatizirati uslugu na rijetko korištenim ili zabačenim linijama, automatski parkirati vlak, te ga mogu zadržati na kolodvoru da brzo odgovori na bilo koje promjene bez potrebe da je vozač prisutan.

Promjene koje se događaju u logističkoj industriji stvorit će jedan vrlo drugačiji logistički sustav nego ovaj koji nam je poznat danas. U tom scenariju postojat će prijevoz na duge udaljenosti i gradska distribucija. Trendovi automatizacije, elektrifikacije i digitalizacije odnose se na obje vrste prijevoza, ali njihova rješenja će se razlikovati. U prijevozu na duge udaljenosti fokus će biti smanjenje troškova, a u urbanoj logistici, fokus će biti na podmirenju sve većih očekivanja od strane kupaca po pitanju brzine isporuke, informacije i fleksibilnosti.

Rio Tinto Limited, vodeća globalna rudarska grupa po broju autonomnih lokomotiva, dvadeset i četiri sata dnevno vade željeznu rudu iz rudnika na jugu regije Pilbara u zapadnoj Australiji, te kroz regiju Pilbara obavljaju transport od tristo kilometara do luka koje gledaju prema Indijskom oceanu. Maksimalno povećanje učinkovitosti prijevoza je prvi prioritet u radu vlakova i vlakovi mogu odmah krenuti nakon utovara, bez da je vožnja unaprijed zakazana u rasporedu vožnji. Kompletan rad vlaka prati tim kontrolora i sektor održavanja vlakova. Sustav automatizacije vlakova koji koristi Rio Tinto Limited zove se AutoHaul. Napredak u tehnologiji teretnog prometa kroz implementaciju i razvoj autonomnih vlakova olakšat će transport robe, ali isto tako će olakšati i prijevoz putnika kada ga se odluči implementirati u putničkom prijevozu. Implementacija autonomnih vlakova, će učiniti transport željeznicom još više održivijim.

LITERATURA

Knjige, prezentacije, znanstveni članci i konferencije:

1. Dawkins T, Gundogdu C. *Autonomous Trucks: An Opportunity to Make Road Freight Safer, Cleaner and More Efficient*. Geneva: World Economic Forum; 2021. Preuzeto s: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Autonomous_Vehicle_Movement_Goods_2021.pdf [Pristupljeno 21. veljače 2022.]
2. Gregurić M. Artificial Intelligence in Road Transport Systems [Prezentacija] Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. 2021. [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]
3. Guo Y, Chen X, Yang Y. Multimodal transport distribution model for autonomous driving vehicles based on improved ALNS. *Alexandria Engineering Journal*. 2022; Volume 61 Issue 4: 2939 – 2958 Preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016821005445?via%3Dihub> [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]
4. Ivaković Č, Stanković R, Šafran M. *Špedicija i logistički procesi*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2010.
5. Kadlubek M. Expectations for the use of Intelligent Transport Systems applications in the management of freight transport enterprises. *Procedia Computer Science*. 2021; 192: 2318 – 2329 Preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705092101718X> [Pristupljeno 15. veljače 2022.]
6. Keese S, Aulbur W, van Marwyk K, Rentzsch W. *Shifting up a gear: Automation, electrification and digitalization in the trucking industry*. Munich: Roland Berger GMBH; 2018. Preuzeto s: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_trucking_industry.pdf [Pristupljeno 20. veljače 2022.]
7. Klaver F. The economic and social impacts of fully autonomous vehicles. *Compact*. 2020; 4: 58 – 63. Preuzeto s: <https://www.compact.nl/en/articles/the-economic-and-social-impacts-of-fully-autonomous-vehicles/> [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]

8. Lee – Ting Cho R, Liu J S, Hsiu – Ching Ho M. The development of autonomous driving technology: perspectives from patent citation analysis. *Transport Reviews*. 2021; Volume 41, Issue 5: 685 – 711 preuzeto s: <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/abs/pii/S0144164722000757> [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]
9. Mandžuka S. Fundamentals of ITS. [Prezentacija] Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. 2021.
10. Muller S. Autonomous Trains in Freight Transport: Should the Railway not have the Advantage over the Trucks?. *Computers in Railways XVII*. 2020; Vol. 199: 3 – 14 Preuzeto s: <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/CR20/CR20001FU1.pdf> [Pristupljeno 20. veljače 2022.]
11. Paddeu D, Calvert T, Clark B, Graham P. *New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems*, Bristol: University of the West of England; 2019. Preuzeto s: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/781295/automation_in_freight.pdf [Pristupljeno 19. veljače 2022.]
12. Singh S, Singh Saini B. Singh Saini, Autonomous cars: Recent development, challenges, and possible solutions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021; 1022: 012028. Preuzeto s: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1022/1/012028> [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]
13. Šafran M. *Prijevozna logistika 1*. [Prezentacija] Prijevozna logistika 1, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. 2019.
14. Yusuf M, MacDonald A, Stuart R, Miyazaki H. Heavy Haul Freight Transportation System: AutoHaul, *Technologies to Achieve Smarter mobility*. 2020; Volume 69 number 6: 76 – 80 Preuzeto s: https://www.hitachi.com/rev/archive/2020/r2020_06/pdf/06a05.pdf [Pristupljeno 17. veljače 2022.]

Web izvori:

1. Alstom. Autonomous mobility: The future of rail is automated. Preuzeto s: <https://www.alstom.com/autonomous-mobility-future-rail-automated> [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]
2. Ambika C. 10 Creative Safety Features For Driverless Car. Preuzeto s: <https://analyticsindiamag.com/10-creative-safety-features-for-driverless-car/>
3. European Commission. TEN – T. Preuzeto s: https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t_en [pristupljeno: 12. ožujka 2022.]
4. Iozzio C. 4 Driverless Car Features Going Standard. Preuzeto s: <https://www.scientificamerican.com/article/4-driverless-car-features-going-standard/> [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]
5. Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture Republike Hrvatske. EU prometni koridori i TEN – T. Preuzeto s: <http://promet-eufondovi.hr/poslovanje/eu-prometni-koridori-i-ten-t/> [pristupljeno: 12. ožujka 2022.]
6. Protiviti. The evolution of Autonomous Vehicles. Preuzeto s: <https://www.protiviti.com/US-en/insights/evolution-autonomous-vehicles> [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]
7. RailFreight.com. Autonomous rail vehicle concept secures 4,5 million dollars for testing. Preuzeto s: <https://www.railfreight.com/technology/2022/02/15/autonomous-rail-vehicle-concept-secures-45-million-dollars-for-testing/?gdpr=accept> [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]
8. RailwayPro. New TEN – T coordinators appointed. Preuzeto s: <https://www.railwaypro.com/wp/new-ten-t-coordinators-appointed/> [Pristupljeno: 20. ožujka 2022.]
9. TUP GmbH Editorial Team. Definition of transport logistics. Preuzeto s: <https://logistikknowhow.com/en/uncategorized/definition-of-transport-logistics> [pristupljeno: 12. ožujka 2022.]

POPIS SLIKA

Slika 1. Stratifikacija logističke industrije	5
Slika 2. TEN-T mreža	8
Slika 3. Aktivnosti pružanja prijevozne logistike	10
Slika 4. Međuodnos ljudi vozila i cesta s inteligentnim transportnim sustavima	20
Slika 5. Predviđeni razvoj autonomnih kamiona kroz godine	45
Slika 6. Klasifikacija vozila u kategorije ovisno o njihovoj nosivosti	46
Slika 7. Shema autonomnog kamiona	48
Slika 8. Konvoj kamiona	49
Slika 9. Parallel vagon	54
Slika 10. Ukcavanje kontejnera i spajanje u konvoj Parallel Systems vagona	55
Slika 11. Implikacije primjene autonomnih vozila	58
Slika 12. Sustav autonomnih cestovnih vozila s korištenjem logističkih čvorova	65
Slika 13. Moderni logistički sustav	69
Slika 14. Geografska lokacija AutoHaul sustava	71
Slika 15. Autonomni vlak koji koristi AutoHaul sustav	72

POPIS TABLICA

Tablica 1. Klasifikacija razine automatizacije autonomnih vozila	26
Tablica 2. Trenutni troškovi	31
Tablica 3. Predviđeni troškovi poslije uvođenja autonomnih vozila	32
Tablica 4. Razine automatizacije autonomnih vlakova	53

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Prognozirani postotak implementacije autonomnih vozila i ključne prekretnice	24
Grafikon 2. Usporedba ukupnih troškova i predviđenih troškova u Sjedinjenim Američkim Državama	32
Grafikon 3. Usporedba ukupnih troškova i predviđenih troškova u Nizozemskoj	33
Grafikon 4. Troškovi i njihov udio u ukupnom trošku Sjedinjenih Američkih Država ..	34
Grafikon 5. Troškovi i njihov udio u ukupnom trošku Nizozemske	34
Grafikon 6. Previđeni troškovi i njihov udio u ukupnom predviđenom trošku Sjedinjenih Američkih Država	35
Grafikon 7. Previđeni troškovi i njihov udio u ukupnom predviđenom trošku Nizozemske	35
Grafikon 8. Troškovi konvencionalnih kamiona i sustava s logističkim čvorištem, te njihova usporedba	67

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ DIPLOMSKI RAD
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Utjecaj primjene autonomnih vozila na aktivnosti prijevozne logistike, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, 25.4.2022.

Student/ica:

Antonija Lekić

(ime i prezime, potpis) /

ANTONIA LEKIĆ