

Analiza sustava za praćenje pošiljki u intermodalnom transportnom procesu

Ruganec, Karla

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:119:607864>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

**ANALIZA SUSTAVA ZA PRAĆENJE POŠILJKI U INTERMODALNOM TRANSPORTNOM
PROCESU**
ANALYSIS OF SHIPMENT TRACKING SYSTEM IN THE INTERMODAL TRANSPORT PROCESS

Završni rad

Mentorica: Martina Jakara, mag. ing. traff.

Studentica: Karla Ruganec

JMBAG: 0135258795

Zagreb, srpanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 23. svibnja 2023.

Zavod: **Samostalne katedre**
Predmet: **Integralni i intermodalni sustavi**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 7347

Pristupnik: **Karla Ruganec (0135258795)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Analiza sustava za praćenje pošiljki u intermodalnom transportnom procesu**

Opis zadatka:

U radu je potrebno objasniti intermodalne transportne procese te prikazati sustave za praćenje pošiljki u intermodalnom transportnom procesu. Isto tako potrebno je navesti značajke praćenja pošiljki u intermodalnom transportu.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Martina Jakara, mag. ing. traff.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. INTERMODALNI SUSTAVI	2
2.1 Intermodalni prijevoz.....	2
2.2 Povijest intermodalnog prijevoza.....	3
2.3 Teretne jedinice.....	4
2.3.1 Kontejneri	5
2.3.2 Dijelovi ili cijela vozila cestovnog prijevoza	6
2.3.3 Potisnice namijenjene za prijevoz pomorskim brodovima.....	7
3. INTERMODALNI TRANSPORTNI PROCESI	8
4. SUSTAVI ZA PRAĆENJE POŠILJKI U INTERMODALNOM TRANSPORTNOM PROCESU	11
4.1 RFID – Radio-frequency identification (Identifikacija radiofrekvencije)	11
4.2 GPS tehnologija	13
4.3 WSN – Wireless sensor network (Bežična senzorska mreža)	14
5. ZNAČAJKE PRAĆENJA POŠILJKI U INTERMODALNOM TRANSPORTNOM PROCESU	16
6. ZAKLJUČAK.....	19
LITERATURA	20
POPIS SLIKA	22
POPIS TABLICA.....	23

1. UVOD

Intermodalni prijevoz popularan je način prijevoza jer omogućuje prijevoz robe od vrata do vrata, promjenom više modova, ali bez prekrcaja ili iskrcaja robe. Takav način prijevoza omogućava prijevoz velike količine robe, sa što manjim troškovima i što manjim utjecajem na okoliš. S obzirom da su transportne jedinice podložne prekrcajima i kako ne bi došlo do gubljenja ili oštećenja robe potrebno je tu istu robu pratiti u realnom vremenu.

Ovaj rad podijeljen je u šest poglavlja, a poglavlja su navedena u nastavku:

1. Uvod
2. Intermodalni sustavi
3. Intermodalni transportni procesi
4. Sustavi za praćenje pošiljki u intermodalnom transportnom procesu
5. Značajke praćenja pošiljki u intermodalnom transportnom procesu
6. Zaključak.

U drugom poglavlju biti će definirani termini intermodalni, multimodalni i kombinirani prijevoz te će biti pojašnjen njihov odnos. U drugom dijelu drugog poglavlja biti će opisan povijesni razvoj intermodalnog prijevoza. U trećem dijelu drugog poglavlja navedene su teretne jedinice potrebne za odvijanje intermodalnog prijevoza.

U trećem poglavlju biti će opisani i navedeni intermodalni transportni procesi te će biti opisano kako se dijeli intermodalni transportni sustav.

Četvrto poglavlje opisuje sustave za praćenje pošiljki u intermodalnom transportnom procesu, njihov način rada i primjere sustava.

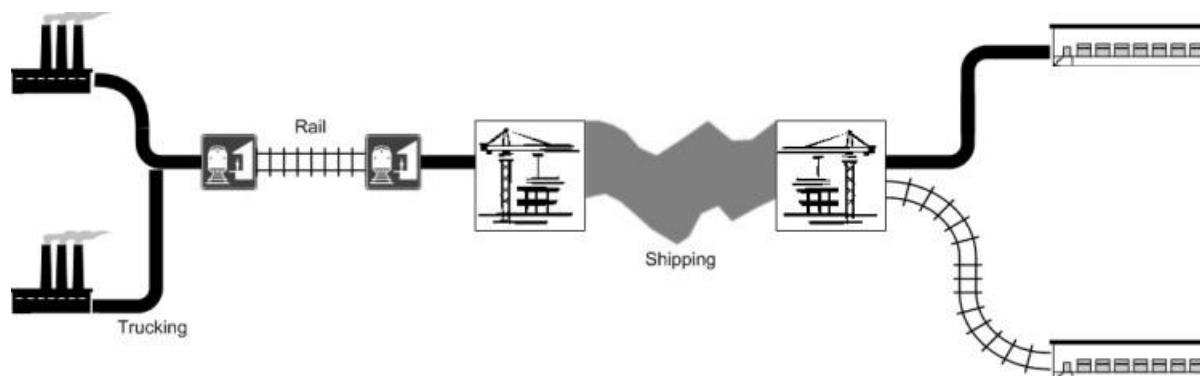
U petom poglavlju navode se bitne značajke zbog kojih je važno praćenje pošiljki u intermodalnom transportnom procesu.

Šesto poglavlje je zaključak gdje se zaključuje sve prethodno napisano u ovome radu.

2. INTERMODALNI SUSTAVI

2.1 Intermodalni prijevoz

Terminologija intermodalnog prijevoza nije ujednačena i usklađena pa se često događa da različiti subjekti intermodalnog prijevoza koriste različita nazivlja i definicije. Zbog toga su Europska konferencija ministara prometa (ECMT), Europska unija i Europska komisija 2001. godine donijeli dokument *Terminologija kombiniranog prijevoza* kojim se definira da je intermodalni prijevoz kretanje tereta u jednoj te istoj teretnoj jedinici ili cestovnom vozilu koje koristi dva ili više prijevoznih modova bez djelovanja na teret prilikom prekrcaja s jednoga prijevoznog sredstva na drugo. Slikom 1. prikazan je prikazan je koncept intermodalnog prijevoza od izvora do odredišta željezničkim, cestovnim i pomorskim putem. [1]



Slika 1 Koncept intermodalnog prijevoza

Izvor: [1]

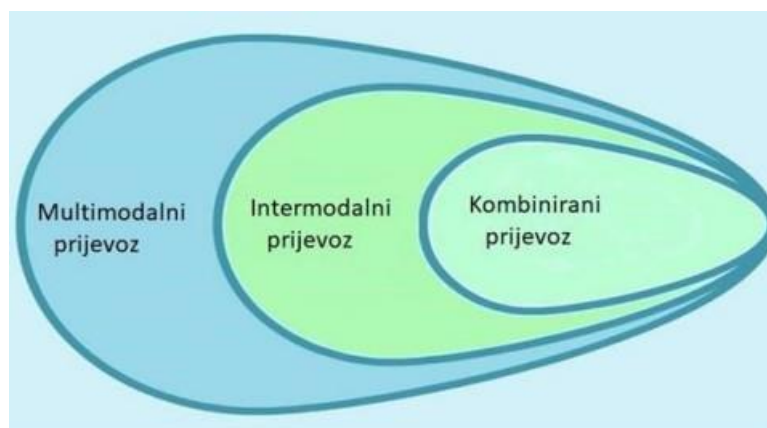
U Hrvatskoj se najčešće koriste termini multimodalni i kombinirani prijevoz te je važno pojasniti razlike između tih termina. Međunarodni forum za transport (eng. International Transport Forum) izdao je 2001. godine dokument pod nazivom *Terminologija kombiniranog prijevoza* (eng. *Terminology on Combined Transport*) u kojem definira pojmove multimodalni, intermodalni i kombinirani transport. [2]

Multimodalni prijevoz: prijevoz dobara koristeći dva ili više načina prijevoza. [2]

Intermodalni prijevoz: kretanje dobara u jednoj i jedinstvenoj prijevoznj jedinici ili cestovnom vozilu koji uspješno koristi dva ili više načina prijevoza, bez samog pomicanja dobara kod promjene načina prijevoza. [2]

Kombinirani prijevoz: intermodalni prijevoz pri kojem je veći dio puta na području Europe prevezen željeznicom, unutarnjom plovidbom ili morem s time da je početni i/ili krajnji dio puta prevezen cestom što je moguće kraće. [2]

Analizirajući definicije pojmova multimodalnog, intermodalnog i kombiniranog prijevoza dolazi se do zaključka da je multimodalni prijevoz najšireg karaktera, intermodalni prijevoz je primjer multimodalnog prijevoza uz uvjet da se teret prevozi u standardiziranoj prijevoznj jedinici ili na kamionskoj poluprikolici, a kombinirani prijevoz je, pak, podsustav intermodalnog prijevoza uz uvjet da je početna i/ili krajnja točka prijevoza cestom. Odnos multimodalnog, intermodalnog i kombiniranog prijevoza može se vidjeti na slici 2. [2]



Slika 2 Međusobni odnos pojmova multimodalni, intermodalni i kombinirani prijevoz

Izvor: [3]

2.2 Povijest intermodalnog prijevoza

Točan povijesni trenutak koji se povezuje s primjenom intermodalnog prijevoza nije moguće točno utvrditi. Prema nekim izvorima, okrupnjavanje jedinica tereta, datira iz rimskog doba, no prvi pravi primjer prijevoza tadašnjih kontejnera vezani su za 18. stoljeće i

prijevoz ugljena kanalom Bridgewater u Engleskoj. U 19. stoljeću dolazi do razvoja parnih strojeva i željezničkih sustava što omogućuje prijevoz velikih količina tereta. [1]

U početku su kompanije poput Birmingham&Darby i Liverpool&Manchester Railways koristile drvene kontejnere. Prvi oblik metalnih kontejnera predstavljen je 1841. od strane engleskog inženjera Isambarda Kingdom Brunela. Do potrebe ovakvih kontejnera došlo je zbog ne postojanja standardnih širina kolosijeka. Prebacivali bi se samo metalni sanduci u kojima se nalazio ugljen, odnosno, nije bilo potrebe za prekrcajem samog tereta iz jednih u druge vagone. Tijekom Prvog svjetskog rata razvijen je kontejner dužine deset stopa pod imenom *Trinity Freight Unit* koji se mogao prevoziti svim modovima prijevoza. [1]

Moderni razvoj kontejnerskog prijevoza započinje sredinom 50-ih godina 20. stoljeća, tada dolazi do implementacije potpuno novih generacija kontejnera te njihove standardizacije i unifikacije. [1]

2.3 Teretne jedinice

Teretne jedinice predstavljaju spoj manjih jedinica tereta koje su grupirane na određeni način i složena na odgovarajuća pomoćna ili prijevozna sredstva s kojima zajedno čine jedinstvenu logističku jedinicu. [1]

Definicija teretne jedinice glasi: „Objedinjavanje robe koja se prenosi pomoću prijenosnog odnosno prijevoznog sredstva kod koje se od većeg broja manje komadne robe, zajedno s pomoćnim prijenosnim odnosno prijevoznim sredstvom oblikuje jedinstvena teretna jedinica.“. [1]

Osnovne teretne jedinice intermodalnog prijevoza su[1]:

- kontejneri
- dijelovi ili cijela vozila cestovnog prijevoza (cijela vozila, sedlaste poluprikolice i izmjenjivi transportni sanduci)
- potisnice namijenjene za prijevoz pomorskim brodovima

2.3.1 Kontejneri

Prema Međunarodnoj organizaciji za standardizaciju definicija kontejnera glasi: „Kontejner je teretna kutija pravokutnog oblika, otporan na vremenske prilike namijenjen prijevozu i slaganju tereta na način da sadržaj bude zatvoren i tako zaštićen od oštećenja i nedostataka, odvojen od prijevoznog sredstva, a njime se rukuje kao jednom jedinicom i prevozi bez prekrcavanja sadržaja.“ [1]

Prema namjeni kontejneri mogu biti univerzalni i specijalni. Glavna karakteristika univerzalnih kontejnera je prijevoz ambalažirane robe, a konstrukcijski imaju mogućnost urednog i sigurnog punjenja i pražnjenja kao i mogućnost pretovara na prijevozna sredstva različitih prometnih grana. Univerzalni kontejneri dijele se na kontejnere za opću uporabu i kontejnere posebne namjene. Kontejnere za opću uporabu karakteriziraju nepokretni elementi kao što su krov, pod i najčešće jedna vrata koja se mogu nalaziti na bočnim i čelnim stranama. Kontejneri posebne namjene konstrukcijski omogućuju brže i jednostavnije manipuliranje teretom. Oni se dijele na otvorene kontejnere, zatvorene kontejnere s provjetravanjem, kontejnere s otvorenim bočnim stranicama, i druge. Najčešće se koriste 20', 40' i 40' HC, a u tablici broj 1 prikazane su njihove veličine. [4]

Tablica 1 Dimenzije kontejnera

Tip kontejnera	Unutarnje dimenzije [m]			Vanjske dimenzije [m]			Max. težina
	Dužina	Širina	Visina	Dužina	Širina	Visina	
20'	5.898	2.352	2.393	6.058	2.438	2.591	22 t.
40'	12.032	2.352	2.393	12.192	2.438	2.591	26 t.
40' HC	12.032	2.352	2.698	12.192	2.438	2.896	26 t.

Izvor: [5]

Specijalni kontejneri namijenjeni su za prijevoz onih roba i tereta koji zahtijevaju određene uvjete prijevoza. Tako se razlikuju kontejneri s izotermičkim obilježjima koji održavaju potrebnu temperaturu i kontejneri cisterne koji su namijenjeni za prijevoz roba u tekućem i plinovitom stanju. Na slici broj 3. mogu se vidjeti neke vrste kontejnera. [4]



Slika 3 Vrste kontejnera

Izvor: [6]

2.3.2 Dijelovi ili cijela vozila cestovnog prijevoza

Cijela cestovna prijevozna sredstva mogu se koristiti kao teretne jedinice u intermodalnom prijevozu na željezničkim prijevoznim sredstvima i na prijevoznim sredstvima međuoobalne i unutarnje plovidbe. Postoje dvije vrste cijelih cestovnih prijevoznih sredstava, a to su [1]:

- auto-vlak
- tegljač s poluprikolicom.

Sedlaste poluprikolice imaju mogućnost autonomnog kretanja, ali nemaju vlastiti motorni pogon te im je kretanje omogućeno samo u kombinaciji s drugim prijevoznim sredstvom koje ima motorni pogon, odnosno tegljačem. Dio poluprikolice oslanja se na motorno vozilo, a veći dio vlastite mase i mase tereta, snosi sama poluprikolica, tj. osovina

poluprikolice. Poluprikolice se dijele po načinu njihovog ukrcaja/iskrcaja na drugo prijevozno sredstvo, te se tako razlikuju [1]:

- sedlaste poluprikolice prilagođene vertikalnom načinu prekrcanja
- sedlaste poluprikolice prilagođene horizontalnom načinu prekrcanja.

Izmjenjivi transportni sanduci („swap body“) nemaju mogućnost autonomnog kretanja i dio su cestovnog prijevoznog sredstva, mogu se premještati, dok su pod teretom s cestovnog vozila na željeznički vagon i obrnuto. Primjer jednog takvog sanduka može se vidjeti na slici 4. [7]



Slika 4 Izmjenjivi transportni sanduk

Izvor: [8]

2.3.3 Potisnice namijenjene za prijevoz pomorskim brodovima

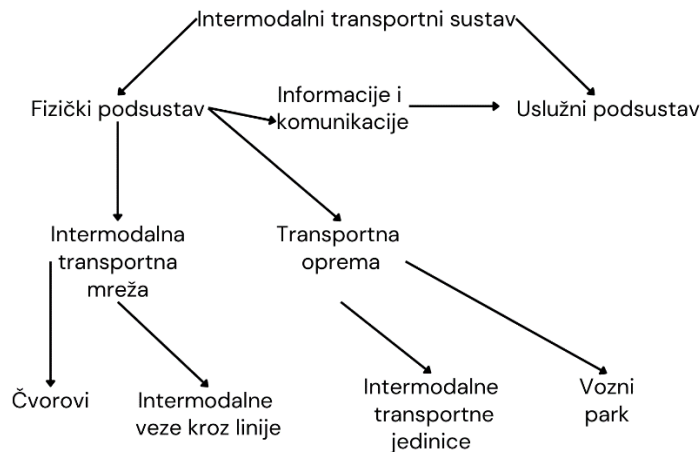
Iako potisnice u tehničkom smislu pripadaju brodovima i na njih se primjenjuju tehnička pravila kao i za brodove nije korektno nazivati ih brodovima jer ne zadovoljavaju kriterij sposobnosti samostalnog neograničenog kretanja. Stoga, oni nisu posebna vrsta brodova nego su poput broda vrsta plovila. Potisnice su plovila bez vlastitog pogona namijenjene za prijevoz tereta. [9]

3. INTERMODALNI TRANSPORTNI PROCESI

Intermodalni transportni procesi su složeni operativni koraci koji omogućuju premještanje tereta s jednog transportnog moda na drugi tijekom intermodalnog prijevoza. Ovi procesi uključuju niz koraka, od pripreme tereta do isporuke na odredištu. Neki od osnovnih transportnih procesa su [10]:

- Prikupljanje tereta – teret se prikuplja i priprema za prijevoz, može se pakirati u kontejnere ili druge odgovarajuće ambalaže, te se označiti za identifikaciju i praćenje
- Prijevoz do početnog terminala – teret se prevozi do početnog terminala, gdje se prebacuje na drugi transportni mod, korištenje cestovnog prijevoznog sredstva
- Prijenos na drugi transportni mod – teret se prebacuje na prijevozno sredstvo drugog transportnog moda, kao što su vlak, brod ili avion
- Prijevoz na odredište – teret se prevozi putem odabranog transportnog moda do terminala na odredištu, ovisno o složenosti putovanja, moguće je više prijelaza između transportnih modova
- Prijenos na ciljni terminal – teret se prebacuje s drugog transportnog moda na cestovni transport ili drugi prijevozni mod kako bi se dostavio na krajnje odredište
- Dostava na krajnje odredište – teret se dostavlja na krajnje odredište gdje će biti predan primatelju
- Praćenje i upravljanje operacijama – tijekom cijelog transportnog procesa, operateri prate i upravljaju operacijama, uključujući praćenje tereta u stvarnom vremenu, rješavanje problema, optimizaciju rute i koordinaciju između različitih dionika
- Održavanje sigurnosti i usklađenosti – osiguranje tereta, vozila i infrastrukture, pridržavanje zakona i regulativa u vezi s transportom i sigurnošću.

Kako bi se intermodalni transportni procesi mogli odvijati neometano potrebno je podijeliti intermodalni sustav na dva podsustava – fizički i uslužni. Fizički podsustav čini transportna oprema i infrastruktura. Sastavni dijelovi infrastrukture su čvorovi i linije, a oni tvore mrežu koja se naziva fizička intermodalna transportna mreža. Linije predstavljaju ceste, željeznice, plovne puteve, a čvorovi predstavljaju terminale, luke, aerodrome. Pod transportnu opremu svrstavaju se prijevozne jedinice i intermodalne teretne jedinice. Na slici broj 5. može se vidjeti grafički prikaz intermodalnog transportnog sustava. [11]



Slika 5 Grafički prikaz intermodalnog transportnog sustava

Izvor: [11]

Realiziranje aktivnosti u intermodalnom transportu zahtjeva uključivanje različitih subjekata, zbog toga uslužni podsustav uključuje niz kompanija i organizacija koje pružaju usluge. Oni moraju vrlo dobro poznavati pojave, međudnose, ograničenja i veze unutar elemenata i procesa u intermodalnom transportu. S obzirom da intermodalni transport obuhvaća više prometnih grana, tako su i pojedini dionici vezani za određenu prometnu granu. Prema tome intermodalni sustav sastoji se od dvije grupe subjekata koji obavljaju zadaće predviđene za ovakvu vrstu transporta. Postoje isporučitelji infrastrukture fizičkog dijela intermodalne mreže – željeznički operateri, operateri na terminalima, vlasnici cestovnih koncesija i vlasnici unutarnjih plovnih putova. Uslužni subjekti predstavljaju drugu grupu koja uključuje špeditere, pošiljatelje, morske prijevoznike, cestovne kompanije, itd. Osnovna razlika između ove dvije grupe subjekata je da prva grupa pruža da se usluga obavlja na njihovoj infrastrukturi, budući da su oni isporučitelji ili vlasnici infrastrukture, dok je druga grupa specijalizirana za obavljanje usluga neophodnih za odvijanje intermodalnog transportnog sustava (organizacija prijevoza, poslovi uvoza robe, poslovi izvoza robe, prijem, otprema...), koristeći infrastrukturu drugih operatera. [11]

Uz prethodno navedene, bitan segment za odvijanje intermodalnih transportnih procesa su i informacijskih sustavi. Moderniziranje informacijskih sustava zamijenilo je sporu administraciju i omogućilo je izravnu komunikaciju između kontrolnih centara i izravnih

realizatora svih logističkih operacija u intermodalnom transportnom lancu. Informacijski sustavi pružaju informacije o upravljanju infrastrukturom i prometom, praćenju pošiljki, administrativnim poslovima, optimizaciji logističkih operacija, itd. Informatizacijom intermodalnog transporta korisnici dobivaju cjelovite informacije o mogućim prvcima, trajanju prijevoza, cijeni i potrebnim dokumentima. Glavna informacija, o kojoj žele biti obaviješteni svi dionici uključeni u prijevozni lanac je pozicija tereta. Pošiljatelj i krajnji korisnik žele znati gdje je teret i hoće li doći do promjene u planu prijevoza. [11]

4. SUSTAVI ZA PRAĆENJE POŠILJKI U INTERMODALNOM TRANSPORTNOM PROCESU

Globalni transport i logistika brzo se transformiraju zbog sposobnosti korištenja komunikacijskih tehnologija koje omogućuju virtualnu identifikaciju i praćenje tereta u stvarnom vremenu bilo gdje u svijetu pa se te tehnologije primjenjuju na operacije intermodalnog transporta. [12]

4.1 RFID – Radio-frequency identification (Identifikacija radiofrekvencije)

RFID je metoda automatske identifikacije koja omogućuje pohranjivanje i daljinsko dohvaćanje podataka putem radio valova pomoću RFID transpondera i čitača. RFID transponder je računalni čip koji omogućuje prijenos identifikacijskog broja i svaki je opremljen antenom. Pasivni RFID transponder nema vlastito napajanje već prima energiju od emisije radio frekvencijskog čitača (manji domet, manji otpor). Semipasivni transponder ima bateriju koja hrani čip, ali za komunikaciju koristi energiju čitača. Aktivni transponder ima vlastitu bateriju što omogućuje veći domet, veći otpor i širu primjenjivost. [12] Princip rada RFID čitača prikazan je na slici 6.



Slika 6 Princip rada RFID čitača

Izvor: [13]

Svaka intermodalna transportna jedinica ima jedinstveni identifikacijski broj. Brojevi ispisani ručno kao i sama kontrola tijekom transporta, podložni su greškama. Uvođenjem RFID tehnologije identifikacijski broj kontejnera, kao glavne jedinice tereta u intermodalnom transportu, pohranjuje se na RFID oznaci i tako ne ostavlja prostora za greške. Oznaka sadrži jedinstvene identifikacijske brojeve nazvane elektronički kodovi proizvoda (EPC), kod koji se nalazi na RFID oznaci koja je jedinstvena za svaki proizvod. Šifra sadrži podatke o proizvođaču, kao i individualizirani serijski broj. Prilikom implementacije RFID tehnologije u svakom segmentu intermodalnog transporta, svi manipulativni uređaji moraju biti opremljeni RFID čitačima, time je omogućena automatska identifikacija kontejnera kao i svih manipulativnih radnji koje se njime izvode. RFID čitači mogu se postaviti na dizalice, vozila, itd. Implementacijom aktivnih transpondera sa sensorima i GPS-om omogućen je trenutni nadzor ključnih informacija u kontejnerskom prijevozu. Sensori analiziraju zadane granice podataka te se promjena koja nije unutar zadanih granica automatski šalje ovlaštenoj organizaciji. Neke od osnovnih veličina čija se vrijednost mjeri pri implementaciji senzora u RFID tehnologiji su [12]:

- Pozicija – korištenjem GPS sustava moguće je odrediti trenutnu poziciju kontejnera
- Temperatura – mjerenjem se može utvrditi je li posuda otvorena, prisutnost vatre, elektroničkih uređaja, osobe
- Kemikalije – ispituje se prisutnost otrova, eksploziva i radioaktivnog materijala
- Tlak zraka– u slučaju da je spremnik hermetički zatvoren, automatski se otkriva njegovo oštećenje ili otvor
- Zvuk – čijim se mjerenjem može otkriti koristi li se uređaj unutra i razgovara li unutra osoba
- Kretanje – ako se nešto pomiče u posudi.

Primjer jednog takvog sustava koji se temelji na RFID tehnologiji je e-Tag. E-Tag je montiran na površini vrata kontejnera, dekodira osnovne informacije uključujući ID. Kada kontejner prolazi kroz kontrolnu točku kontejnera s RFID čitačem, osnovne informacije kontejnera kao što je ID se čitaju i prenose na platformu za praćenje. Međutim, e-Tag koji se temelji na RFID-u može slati informacije samo udaljenom centru gdje su ugrađeni RFID čitači, ne može se pratiti cijeli napredak transporta. [14]

4.2 GPS tehnologija

Globalni položajni sustav (*Global positioning system – GPS*) predstavlja mrežu satelita koji kruže oko Zemlje kontinuirano šaljući kodirane informacije s pomoću kojih se može odrediti precizan položaj objekta na Zemlji. Ovi sateliti konstantno kruže oko Zemlje te odašilju vrlo slabe signale koji omogućuju GPS prijemniku da odredi svoj položaj na Zemlji. [15]

GPS sustav sastoji se od tri elementa [15]:

- Svemirski element (sateliti)
- Kontrolni element (zemaljske stanice)
- Korisnički element (GPS prijemnici korisnika)

Kako bi mogao odrediti trenutačnu lokaciju, GPS prijamnik mora znati dvije stvari. Prvo, gdje se trenutačno nalaze svi sateliti i drugo, koliko su sateliti udaljeni od prijamnika. Nakon što je GPS saznao precizan položaj satelita u prostoru, potrebno je izračunati kolika je udaljenost između satelita i prijamnika. Izračunavanje udaljenosti između satelita i GPS prijamnika vrši se formulom koja kaže da je udaljenost od satelita jednaka brzini svjetlosti (oko 300 000 km/h) pomnoženoj s vremenom koje signalu treba da dođe do prijamnika. Vrijeme potrebno signalu da dođe do prijamnika dobiva se iz kodiranog signala koje šalje satelit. Satelit generira kodirani signal, a GPS prijamnik mora generirati isti kod i prilagoditi ga kodu satelita. Nakon što prijamnik generira signal uspoređuje ga sa signalom satelita te određuje koliko treba zakasniti ili pomaknuti svoj kod kako bi odgovarao kodu satelita. Vrijeme kašnjenja odnosno pomaka signala, množi se s brzinom svjetlosti kako bi dobili udaljenost između satelita i GPS prijamnika. Nakon što je GPS prijamnik izračunao položaj satelita i udaljenost između satelita, prijamnik može odrediti svoj položaj. Na slici 7. može se vidjeti praćenje trenutačne lokacije vozila na karti. [15]



Slika 7 Praćenje trenutačne lokacije vozila na karti

Izvor: [16]

Kako bi se osigurao teret tijekom prijevoza željeznicom cilj je implementirati siguran sustav praćenja pomoću GPS-a u željeznički prijevoz. Neki od sustava kojim se to želi postići su GSM (*Global System for Mobile communication*) sustav. GSM je siguran bežični sustav i koristi se kao medij za praćenje tereta te se može kontrolirati s bilo kojeg mjesta. Jeftiniji je u usporedbi sa svim ostalim bežičnim mrežnim sustavima. Podaci se putem GSM-a šalju ovlaštenoj osobi stoga je GSM poželjan za sprečavanje krađe. Drugi sustav kojim se može osigurati teret je jednokratna lozinka (OTP). To je lozinka koja je originalna samo za jedno razdoblje prijave. U slučaju bilo kakvih kritičnih problema šalje poruke s upozorenjem kontrolnoj osobi, primatelju, pošiljatelju ili obližnjim policijskim postajama. Još jedan sustav za koji sprečava krađu je sustav otisaka prstiju (*Fingerprint system*). Ovim načinom krađa se sprečava tako da najprije pošiljatelj stavi svoj otisak prsta i kontejner se zaključa, a otisak prsta primatelja biti će pohranjen u bazi podataka za otisak prsta. Kada kontejner dođe na određište, uređaj za praćenje će to osjetiti i promijeniti će lozinku u način rada otiska prsta primatelja. [16]

4.3 WSN – Wireless sensor network (Bežična senzorska mreža)

Tehnologija bežične senzorske mreže (WSN) pruža obećavajuće sredstvo za realizaciju praćenja transportnih procesa u stvarnom vremenu. Bežični senzorski čvorovi

mogu osjetiti različite parametre (npr. udar, nagib, temperaturu ili vlažnost) koji se odnose na stanje transportirane robe i tako odrediti jesu li dosegnuti kritični pragovi tijekom transporta. U ovom slučaju, poruke upozorenja mogu se bežično proslijediti preko WSN-a i proslijediti pozadinskom sustavu pružatelja logistike putem odgovarajućeg pristupnog čvora. Stoga se, na temelju lokalne detekcije događaja tijekom transporta, upozorenja mogu prenijeti odgovornim donositeljima odluka, koji mogu na vrijeme pokrenuti protumjere i prilagoditi svoje procese u skladu s tim. Kao što je već spomenuto, WSN može pratiti različite parametre okoliša koji mogu utjecati na stanje transportirane robe u stvarnom vremenu, temperaturu u kontekstu transporta pošiljki koje su osjetljive na temperaturu, koncentracije plinova tijekom transporta životinja ili vrijednosti trešnje ili nagiba prilikom transporta pošiljki osjetljivih na udarce. [18]

Tri su glavna elementa WSN arhitekture [18]:

- Senzorski čvorovi
- Pristupnik
- Korisnici

Glavne proračune izvodi CPU nakon što senzorski čvorovi završe proces očitavanja i praćenja. Na kraju, radio jedinice prenose izračunate podatke do pristupnika putem bežične mreže, a korisnici dalje mogu pristupiti podacima putem interneta. Neki od izazova implementacije WSN-a su velika količina podataka, robusnost mreže i potrošnje energije, visoka cijena i sigurnost podataka. [18]

5. ZNAČAJKE PRAĆENJA POŠILJKI U INTERMODALNOM TRANSPORTNOM PROCESU

Pomoću RFID tehnologije postoji mogućnost praćenja tereta u lukama ili robe i lučkih terminala, a time posljedično postoji mogućnost utjecaja na dostavu. Praćenje protoka tereta značajno je kako bi se optimizirao lučki prometni proces, a time i pravodobna opskrba tržišta, odnosno planiranje proizvodnog procesa u proizvodnim poduzećima, a posebno organizacijama koje se bave transportom. Uvođenjem RFID tehnologije u navedene teretne procese postoji mogućnost izravno utjecati na smanjenje vremena prekrcaja u intermodalnom čvoru što uzrokuje smanjenje troškova, veću učinkovitost, veću dobit, itd. Prednosti koje RFID tehnologija u intermodalnom transportu omogućuje su sljedeće [12]:

- Svaka intermodalna manipulativna jedinica ima svoj jedinstveni identifikacijski broj
- Mogućnost čitanja i pisanja podataka s udaljenosti do nekoliko metara
- Mogućnost istovremenog čitanja više oznaka identifikacijskih brojeva
- Mogućnost šifriranja podataka
- Ubrzanje manipulativnih procesa i smanjenje ljudskog djelovanja
- Mogućnost pravovremene detekcije krađe ili oštećenja tereta
- Mogućnost on-line praćenja trenutne pozicije tereta.

Prednosti korištenja RFID tehnologije u intermodalnom transportu su brojne zbog mogućnosti praćenja protoka tereta radi bolje organizacije radnih procesa u lukama, prijevoza robe i tehnoloških procesa proizvodnje. [12]

Pristupačnost GPS tehnologije glavni je uzrok sve većeg broja praćenja vozila i pošiljki u realnom vremenu. Integracijom ove tehnologije dolazi do povećanja transparentnosti i dostupnosti velikog spektra informacija, odnosno podataka o jednom prijevozu. Podaci poput statusa trenutne faze prijevoza te lokacije vozila i tereta unapređuju sam logistički sustav, povećavaju zadovoljstvo korisnika i smanjuju troškove. Samom integracijom GPS tehnologije povećavaju se sljedeće mogućnosti logističkih poduzeća [16]:

- Upravljanje voznim parkom
- Trenutačno lociranje vozila
- Optimiziranje rute

- Smanjenje troškova prijevoza.

WSN, kao i prethodno navedene tehnologije, omogućuje praćenje transportnih procesa u stvarnom vremenu. S obzirom da senzori mogu osjetiti i najmanje nepravilnosti prilikom transporta, pravodobno se mogu proslijediti poruke upozorenja o stanju transportirane robe. Informacije o pošiljkama šalju se odgovornim donositeljima odluka, koji mogu na vrijeme donijeti odluke vezane za transport robe kako bi roba sigurno stigla na krajnje odredište i kako bi krajnji korisnici bili zadovoljni. [18]

Sustavi za praćenje kontejnera omogućuju stalno praćenje kontejnera kroz sve postaje i kontrolne točke na njegovom putu, od tvornice do odredišta uključujući [19]:

- Upravljanje kontejnerima – praćenje i nadzor
- Upravljanje rizikom osiguranja – smanjenje premija osiguranja
- Upravljanje carinskim operacijama – ubrzanje procesa
- Sigurnosni propisi – podržavaju usklađenost sa zakonodavstvom različitih zemalja
- Upravljanje radom kontejnera – smanjenje troškova i vremena
- Praćenje temperature – bilježi povijest temperature tijekom cijelog putovanja

Ekonomski benefiti praćenja pošiljki u stvarnom vremenu su mogućnost utvrđivanja odgovornosti u slučaju oštećenja ili krađe, zahvaljujući end-to-end nadzoru spremnika dovodi do smanjenja troškova osiguranja i nižih premija osiguranja. Prva RFID tehnologija za praćenje i praćenje osoblja i imovine na više lokacija i IT mreža pruža istinsku vidljivost od kraja do kraja kako bi se osigurao lanac opskrbe u smislu kadrovskih pogrešaka. Ova mrežna tehnologija omogućuje potpunu pokrivenost brodske palube i dvorišta lučkog terminala. Regulirajući intermodalni sigurnosni sustav kontejnera dramatično je pristupačan i jeftiniji od ostalih ponuda. Znajući unaprijed o mogućem kašnjenju ili nesreći omogućuje svakom rukovodećem osoblju da pronađe alternativno rješenje ili jednostavno obavijesti sljedeće karike u lancu opskrbe na vrijeme. To omogućuje pružanje stabilne, pouzdane i kvalitetne usluge. Sposobnost izvješćivanja u stvarnom vremenu o svim iznimkama (temperatura, vlaga) i upadima (neovlašteno otvaranje, oštećenje) pruža ultimativno rješenje za upravljanje sigurnošću lanca opskrbe. [19]

Direktni benefit praćenja pošiljki u stvarnom vremenu u privatnom sektoru očituju se kroz povećanu učinkovitost i produktivnost, što se često smatra prednostima smanjenja troškova. Poboljšana je kvaliteta usluge i pouzdanosti, što omogućuje povećanje tržišnog udjela i prihoda zadržavanjem dobrih kupaca. Poboljšan je integritet spremnika tijekom otpreme izgrađen oko sigurnosnih pitanja. [19]

Direktni benefiti praćenja pošiljki u stvarnom vremenu u javnom sektoru su učinkovitije i djelotvornije djelovanje vlade. Poboljšana je sigurnost cijelog logističkog procesa, veća nacionalna sigurnost. Značajno smanjeni učinci cjelokupnog logističkog procesa na okoliš, smanjena gužva i prošireni kapaciteti za prometnu infrastrukturu. [19]

6. ZAKLJUČAK

Intermodalni prijevoz je kretanje tereta u jednoj te istoj teretnoj jedinici ili cestovnom vozilu koje koristi dva ili više prijevoznih modova bez djelovanja na teret kada se on prekrca s jednog prijevoznog sredstva na drugo.

Kako bi se teret mogao prevoziti s jednog mjesta na drugo, postoje određeni intermodalni transportni procesi koji to omogućuju. Da se ovi procesi mogu neometano odvijati, dijelimo intermodalni sustav na dva podsustava. Fizički koji podrazumijeva transportnu opremu i infrastrukturu i uslužni koji uključuje niz kompanija i organizacija koje pružaju usluge prijevoza.

Sustavi za praćenje poput RFID-a, GPS-a i WSN-a omogućuju operatorima, logističarima i drugim dionicima da znaju točnu lokaciju svojih pošiljki, kontinuirano praćenje čak i kad teret prelazi s jednog moda na drugi. Praćenje uključuje i sigurnosne značajke koje omogućuju praćenje nepravilnosti, oštećenja ili neovlaštenog otvaranja pošiljki. Također, šalju informacije o stanju pošiljke, a to uključuje temperaturu, vlažnost i druge parametre koji su bitni za sigurnost tereta. Ove tehnologije također optimiziraju rute čime smanjuju vrijeme putovanja, troškova goriva i ukupne troškove transporta. Također, omogućuju optimiranje lučkih prometnih procesa što utječe na pravodobnu opskrbu tržišta. Zbog praćenja, moguće je vrlo lako utvrditi odgovornosti u slučaju krađe ili oštećenja. Ukoliko je moguće kašnjenje isporuke ili je došlo do nesreće, dionici intermodalnog sustava koji imaju ovlasti mogu pravodobno reagirati i pronaći alternativno rješenje ili obavijestiti sljedeće dionike. Sustavi za praćenje omogućuju pružanje stabilne, pouzdane i kvalitetne usluge, a to povećava udio i prihod zadržavanjem dobrih kupaca.

LITERATURA

1. Brnjac N, Roso V, Maslarić M, Tadić S. *Intermodalni sustavi u transportu i logistici*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2022.
2. Žgaljić D, Perkušić Z, Schiozzi D. Značenje multimodalnog, intermodalnog i kombiniranog prijevoza u razvoju pomorskih prometnica. *Pomorski zbornik*. 2015;49-50(1): 265-279. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/138216>
3. Pašagić Škrinjar J. *Integralni i intermodalni sustavi 1*. Nastavni materijal.
4. Svrtan H. *Praćenje intermodalnog prijevoza primjenom ITS rješenja*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2019. Dostupno na: <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1717/datastream/PDF/view>
5. TP-MCHINES. *Dimenzije brodskih kontejnera*. Dostupno na: <https://www.tp-machines.com/hr/tvrtka/korisno/232-dimenzije-brodskih-kontejnera>
6. CST. *Special containers*. Dostupno na: <https://www.cst-container.com/special-container.html>
7. Lowe D. *Intermodal freight transport*. Amsterdam: Elsevier B.V.; 2005. Dostupno na: <https://dokumen.tips/documents/david-low-e-intermodal-freight-transport-2005pdf.html?page=5>
8. Wecon. *Swap body*. Dostupno na: <https://www.wecon.de/en/products/intermodal-transport/>
9. Grubišić N. Specifičnost tehnoloških procesa u riječnom prometu. *Pomorski zbornik*. 2010;46(1): 11-37. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/68098>
10. Rajsman M. *Tehnologija cestovnog prometa*. Nastavni materijal. Dostupno na: <https://bib.irb.hr/datoteka/582142.Marijan-Rajsman-Tehnologija-cestovnog-prometa2.pdf>
11. Brnjac, N. *Intermodalni transportni sustavi*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2012.
12. Medić D, Mitrović F, Bilić M. Use of RFID technology in intermodal transport // *5th International Conference on Ports and Waterways POWA 2010 / Jolić, Natalija (ur.)*. - Zagreb: University of Zagreb Faculty of Transport and Traffic Sciences , *Intermodal*

- Transport Cluster* , Croatian Chamber of Economy, 2010. Dostupno na: https://www.iiis.org/CDs2011/CD2011SCI/MEI_2011/PapersPdf/MA234XX.pdf
13. Shopify. *What is RFID Technology and How Does IT Work? A Guide for Retail (2024)*. Dostupno na: <https://www.shopify.com/retail/rfid-technology>
 14. Xu S, Li Q, Ni P, Cao W, Zhao X. The Application of ad-Hoc Network in Smart Container. *2016 IEEE Trustcom/BigdataSE/ISPA*. 2016: 2068-2072. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7847200/authors#authors>
 15. Pasariček H. *Informacijski sustavi za upravljanje prijevozom*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2018. Dostupno na: <https://repositorij.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A1466/datastream/PDF/view>
 16. Fleetminder. *GPS tracking map*. Dostupno na: <https://www.fleetminder.com.au/wp-content/uploads/fleet-gps-tracking-map.gif>
 17. V. Ashok, T. Priyadarshini, N. Raghavi, B. Rajashree and S. Sanjana, "A secure freight tracking system in rails using GPS technology," 2016 Second International Conference on Science Technology Engineering and Management (ICONSTEM), Chennai, India, 2016, str. 47-50. Dostupno na: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7560921>
 18. Zöllner S, Reinhardt A, Guckes H, Schuller S, Steinmetz R. On the Integration of Wireless Sensor Network and Smartphones in the Logistics Domain. *In Hannes Frey: Proceedings of the 10th GI/ITG KuVS Fachgespräch Drahtlose Sensornetze*, str. 49-52, September 2011. Dostupno na: <https://www.kom.tu-darmstadt.de/papers/ZRG+11-1.pdf>
 19. Ryszard K. Miler. Electronic Container Tracking System as a Cost-Effective Tool in Intermodal and Maritime Transport Management. *Economic Alternatives*. 2015;1: str. 40-52. Dostupno na: <https://ideas.repec.org/a/nwe/eajour/y2015i1p40-52.html>

POPIS SLIKA

Slika 1 Koncept intermodalnog prijevoza	2
Slika 2 Međusobni odnos pojmova multimodalni, intermodalni i kombinirani prijevoz	3
Slika 3 Vrste kontejnera	6
Slika 4 Izmjenjivi transportni sanduk	7
Slika 5 Grafički prikaz intermodalnog transportnog sustava	9
Slika 6 Princip rada RFID čitača	11
Slika 7 Praćenje trenutačne lokacije vozila na karti.....	14

POPIS TABLICA

Tablica 1 Dimenzije kontejnera.....	5
-------------------------------------	---

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad 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 rada pod naslovom *Analiza sustava za praćenje pošiljki u intermodalnom transportnom procesu*, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 21.06.2024.

Ruganec Karla
(ime i prezime, *potpis*)

