

# Prijevoz opasnih i specijalnih tereta u cestovnom prometu

---

**Kirinčić, Karlo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:496337>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-31**



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

*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**KARLO KIRINČIĆ**

**PRIJEVOZ OPASNIH I SPECIJALNIH TERETA U  
CESTOVNOM PROMETU**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**PRIJEVOZ OPASNIH I SPECIJALNIH TERETA U  
CESTOVNOM PROMETU  
TRANSPORTATION OF DANGEROUS AND SPECIAL  
CARGO IN ROAD TRAFFIC**

**ZAVRŠNI RAD  
BACHELOR THESIS**

Kolegij: Tehnologija kopnenog prijevoza

Mentor: izv. prof. dr. sc. Siniša Vilke

Student: Karlo Kirinčić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112087181

Rijeka, rujan 2024.

Student: Karlo Kirinčić  
Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa  
JMBAG: 0112087181

## IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom  
Prijevoz opasnih i specijalnih tereta u cestovnom prometu  

---

*(naslov završnog rada)*

izradio samostalno pod mentorstvom  
izv. prof. dr. sc. Siniša Vilke  

---

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

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke Pomorski fakultet Rijeka  

---

*(naziv tvrtke).*

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

Student   

---

*(potpis)*

Ime i prezime student: Karlo Kirinčić

Student: Karlo Kirinčić  
Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa  
JMBAG: 0112087181

IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

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

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

Student - autor



---

(potpis)

## **SAŽETAK**

Prijevoz opasnog i specijalnog tereta predstavlja specifične izazove i rizike koji zahtijevaju stroge propise i jedinstvene postupke rukovanja. U ovom radu istražuju se složenosti koje nastaju prilikom cestovnog prijevoza opasnih tereta propisanih od strane ADR sporazuma, te teških i vrlo teških vangabaritnih tereta. Također, u radu se poseban osvrt daje prijevozu transformatora i vjetroturbina za proizvodnju električne energije. Ispitivat će se tehnološki napredak, sigurnosne mjere koje se provode radi smanjenja rizika, uključujući upotrebu specijaliziranih vozila.

Ključne riječi: opasni teret, specijalni teret, transformatori, vjetroturbine

## **SUMMARY**

Transportation of dangerous and special cargo presents specific challenges and risks that require strict regulations and unique handling procedures. This paper investigates the complexities that arise during the road transport of dangerous goods prescribed by the ADR agreement, as well as heavy and very heavy oversized loads. Also, in the paper, a special review is given to the transportation of transformers and wind turbines for the production of electricity. Technological advances, safety measures implemented to reduce risks, including the use of specialized vehicles.

Key words: dangerous cargo, special cargo, transformers, wind turbines

# SADRŽAJ

SAŽETAK .....	I
SUMMARY .....	I
SADRŽAJ.....	II
1. UVOD.....	1
2. OPASNI TERETI.....	2
2.1. POSTUPANJE S OPASNIM TERETIMA U CESTOVNOM PRIJEVOZU.....	3
2.1.1. Ambalaža opasnih tvari .....	6
2.1.2. Utovar i istovar opasnih tvari .....	7
2.1.3. Završetak prijevoza i čišćenje vozila.....	9
2.2. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASE 1 .....	9
2.3. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASE 2 .....	11
2.4. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASE 3 .....	12
2.5. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASE 4 .....	14
2.5.1. Klasa 4.1. Zapaljive krute tvari .....	14
2.5.2. Klasa 4.2. Samozapaljive krute tvari .....	15
2.5.3. Klasa 4.3. Tvari koje stvaraju zapaljive plinove u dodiru s vodom .....	16
2.6. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASE 5 .....	16
2.6.1. Klasa 5.1. Oksidirajuće tvari .....	16
2.6.2. Klasa 5.2. Organski peroksidi .....	17
2.7. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASE 6 .....	18
2.7.1. Klasa 6.1. Otrovnne tvari.....	19
2.7.2. Klasa 6.2. Zagađujuće i infektivne tvari.....	20
2.8. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASE 7 .....	20
2.10. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASE 9 .....	22
3. SPECIJALNI TERETI .....	24
3.1. IZVANREDNI PRIJEVOZ .....	26
4. CESTOVNI PRIJEVOZ TRANSFORMATORA.....	29
5. CESTOVNI PRIJEVOZ VJETROTURBINA .....	32
6. ZAKLJUČAK.....	35
LITERATURA .....	37

Knjige: .....	37
Internetski izvori:.....	37
Ostali izvori: .....	38
Časopisi: .....	38
Internetski izvori:.....	38
POPIS SLIKA .....	39
POPIS SLIKA.....	39



## 1. UVOD

Cestovni prijevoz jedan je od najvažnijih oblika transporta robe i putnika u svijetu. Predstavlja direktan, efikasan i ekonomičan način premještanja različitih vrsta tereta i ljudi na kratke i srednje udaljenosti.

Prijevoz opasnih i specijalnih tereta predstavlja ključnu ulogu u suvremenoj logistici i gospodarstvu. Opasni tereti uključuju tvari i materijale koji, zbog svojih svojstava, mogu ugroziti zdravlje ljudi, sigurnost okoliša ili uzrokovati značajnu štetu imovini. Iako su takve tvari opasne za čovjeka i njegovu okolinu, one predstavljaju osnovu mnogih tehnoloških procesa i energetske izvora što ih u današnjem svijetu čini nezamjenjivim. Opasnost od opasnih tereta značajno se povećava prilikom ukrcaja, iskrcaja, prijevoza, skladištenja i sličnih manipulativnih postupaka ako se njima ne postupa na ispravan način. S obzirom na potencijalne opasnosti koje ove tvari predstavljaju, neophodno je osigurati da se prijevoz provodi u skladu s najvišim sigurnosnim standardima. [1-3]

Specijalni tereti, s druge strane, uključuju terete koji, zbog svojih dimenzija, mase ili specifičnih karakteristika, zahtijevaju posebne uvjete manipulacije i prijevoza. Ovi tereti predstavljaju opasnost ne samo za prijevoznike, već i za lokalne zajednice i širu javnost. Specijalni tereti zbog svojih specifičnih dimenzija i težine, također se mogu nazivati i vangabaritnim ili teškim teretima. [1, p. 287]

U cestovnom prijevozu, specijalne terete čine svi tereti koji imaju minimalnu težinu iznad 40 tona. Prijevoz ovakvih tereta zahtijeva detaljno planiranje, koordinaciju s različitim nadležnim tijelima, te korištenje specijalizirane opreme i vozila. Dimenzije i masa specijalnih tereta zahtijeva izdavanje posebnih dozvola i odabir prilagođenih ruta koje omogućuju siguran i učinkovit transport. Također, sigurnosni aspekti su od presudne važnosti, jer nepravilno rukovanje i transport vangabaritnih tereta može dovesti do ozbiljnih nesreća i oštećenja infrastrukture. Glavni cilj ovog rada je pružiti cjelovit pregled prijevoza opasnih i specijalnih tereta u cestovnom prometu, analizirajući sve aspekte ovog složenog procesa.

## 2. OPASNI TERETI

Opasnim tvarima smatraju se tvari koje mogu ugroziti zdravlje ljudi, izazvati zagađivanje okoliša ili nanijeti materijalnu štetu zbog svojih specifičnih karakteristika. Karakteristike uključuju zapaljivost, toksičnost, reaktivnost, korozivnost i radioaktivnost. [4]

Jedna od ključnih karakteristika je zapaljivost koja označava da takve tvari mogu lako izazvati požar ili eksploziju. Jedna od važnih karakteristika opasnih tvari je i toksičnost. Toksičnost predstavlja da otrovne tvari mogu prouzročiti ozbiljne zdravstvene probleme ili smrt kod ljudi i životinja. Karakteristika korozivnih tvari je da uništavaju metale i živo tkivo, te se najčešće vežu uz terete raznih kiselina. Još jedna bitna karakteristika opasnih tereta je reaktivnost. Ona označava da takve tvari mogu kemijski reagirati s drugim tvarima, često uz oslobađanje topline, plinova ili čak eksplozija. Radioaktivnost je prisutna kod materijala koji emitiraju ionizirajuće zračenje, što najčešće može prouzročiti ozbiljne zdravstvene probleme i kontaminaciju okoliša.

Karakteristike opasnih tereta zahtijevaju specifične mjere opreza u pakiranju, označavanju i rukovanju kako bi se osigurao siguran transport. Na primjer, eksplozivi moraju biti pakirani u čvrste kontejnere, a toksične tvari u hermetički zatvorene kontejnere. Pravovremeno i jasno označavanje vozila i kontejnera pomaže hitnim službama u brznoj identifikaciji opasnosti i poduzimanju odgovarajućih mjera u slučaju incidenta. Zbog svojih štetnih posljedica na ljude i okolinu opasni tereti se definiraju zakonima, drugim propisima, te međunarodnim ugovorima.

Opasni tereti se klasificiraju u 9 klasa. Prijevoz ovih materijala reguliran je strogim zakonima i međunarodnim sporazumima, kao što je Europski sporazum o međunarodnom cestovnom prijevozu opasnih tvari (ADR), to jest Zakonom o prijevozu opasnih tvari (NN 79/07), jer se propisi u Republici Hrvatskoj usklađuju s međunarodnim propisima. [4]

Opasne tvari dijele se u 9. klasa [2, p. 9]:

- Klasa 1 - eksplozivne tvari i predmeti punjeni eksplozivnim tvarima
- Klasa 2 - stlačeni plinovi, tekući plinovi i otopljeni plinovi pod tlakom
- Klasa 3 - zapaljive tekućine
- Klasa 4.1 - zapaljive krute tvari
- Klasa 4.2 - samozapaljive tvari
- Klasa 4.3 - tvari koje stvaraju zapaljive plinove u dodiru s vodom
- Klasa 5.1 - oksidirajuće tvari
- Klasa 5.2 - organski peroksidi
- Klasa 6.1 - otrovne tvari
- Klasa 6.2 - zagađujuće i infektivne tvari
- Klasa 7 - radioaktivne tvari
- Klasa 8 - korozivne (nagrizajuće) tvari
- Klasa 9 - ostale opasne tvari i predmeti [2, p. 9]

Svaka od ovih klasa opasnih tvari ima svoje posebne značajke koje prijevoznici i vozači trebaju poštovati prilikom pripreme za prijevoz, pakiranja, čišćenja vozila, utovara i istovara.

## **2.1. POSTUPANJE S OPASNIM TERETIMA U CESTOVNOM PRIJEVOZU**

Standardna procedura koju prijevoznici i vozači trebaju poštivati kreće od pripreme za prijevoz. Prijevoznik kojem se daje zadatak da organizira prijevoz opasnih tvari prvo odabire vozilo koje odgovara zahtjevima naručitelja. Vozilo za prijevoz opasnih tvari mora biti tehnički ispravno i opskrbljeno svim potrebnim dokumentima i propisanom opremom. Izbor vozila igra bitnu ulogu iz razloga što se isto vozilo ne može koristiti za transport, na primjer, zapaljivih plinova i eksplozivnih tvari. Nakon što je odabrao vozilo, prijevoznik je dužan odrediti certificiranog vozača kojem prepušta prijevoz opasnog tereta. Takav vozač mora biti upoznat s klasom opasnog tereta koju prevozi i mjerama opreza koje je dužan primijeniti u slučaju nesreće ili kako bi takvu nesreću izbjegao. Vlasnik ili korisnik tj. prijevoznik mora

pripremiti dokaze i potrebnu dokumentaciju za ispravnost svih strojeva, uređaja i naprava koje se koriste za utovar i istovar opasnih tvari kako bi se izbjegla moguća šteta. Zadnja obaveza prijevoznika, u okviru pripreme prijevoza, je predati vozaču odgovarajuću zaštitnu opremu i zaštitnu opremu za vozilo.

Vozila koja prevoze opasan teret moraju se označavati pločama i listicama opasnosti. Ploča za označavanje vozila ima dimenzije 400 x 300 mm, podloga joj je narančaste boje, a obrubljena je crnim rubom debljine 15 mm. Ploča za označavanje vozila podijeljena je vodoravno crnom crtom i koja odvaja gornji i donji dio. U gornjem dijelu ploče nalazi se niz od dva do tri broja koja označavaju vrstu opasnosti. Prvi od ovih dva ili tri broja predstavlja oznaku klase opasne tvari, a naredni broj ili brojevi ukazuju na opasnosti koje prijete od tvari iz te klase. Iznimno se ispred prvog broja može pronaći slovo „X“ koje ukazuje da navedena tvar ne smije biti u doticaju s vodom.



Slika 1. Prikaz ploče za označavanje vozila

Izvor: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ADR\\_Plate\\_-\\_UN\\_1203\\_Gasoline.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ADR_Plate_-_UN_1203_Gasoline.svg)

U donjem dijelu ploče vidljiv je UN broj tj. broj pod kojim se navedena opasna tvar vodi u registru opasnih tvari pri komisiji u Ujedinjenim narodima. Brojevi upisani u ploču za označavanje vozila moraju biti neizbrisivi i čitljivi čak i poslije požara u trajanju od 15 minuta.

Osim ploča za označavanje vozila koriste se i listice opasnosti tj. naljepnice koje se upotrebljavaju pri transportu ili skladištenju, a označavaju klase opasnih tvari. Listice opasnosti oblika su romba čija je dužina stranice najmanje 250 mm unutar koje je ucrtan crni rub na udaljenosti od 5 mm od vanjskog ruba listice.



Slika 2. Prikaz listica opasnosti

Izvor: <https://nmb-savetnici.com/>

Listice opasnosti dijele se u dvije skupine [2, p. 47]:

- listice osnovne opasnosti
- listice dodatne opasnosti

Listice osnovne opasnosti propisuju se za određenu klasu. Prepoznatljive su po boji i simbolu. U donjem dijelu romba upisan je broj pripadajuće klase opasnog tereta. Budući da neke od klasa opasnih tereta imaju i svoje podklase, tako i za neke klase postoji veći broj različitih listica opasnosti. Listice dodatne opasnosti, u pravilu se postavljaju uz listice osnovne opasnosti. Njihova je zadaća ukazati na dotičnu opasnost od tvari koja se prevozi.

Pri prijevozu opasnih tvari zahtijevaju se dodatne mjere opreza u odnosu na njihovo skladištenje i pakiranje. Prilikom prijevoza opasnih tvari javljaju se dodatni rizici kao što su moguće prometne nezgode, djelovanje promjenjivih sila i promjene klime. Kako bi se takvi rizici umanjili postoje razni međunarodni i nacionalni propisi o prijevozu opasnih tvari. U Republici Hrvatskoj prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu uređen je posebnim Zakonom o prijevozu opasnih tvari.

### **2.1.1. Ambalaža opasnih tvari**

Nakon što je priprema prijevoza završena, opasne tvari se pakiraju u ambalažu kojom se štite osobe i okoliš od štetnog djelovanja. Ambalaža mora biti nepropusna i ispravna za opasnu tvar koja se u njoj nalazi, te je neophodno da ona bude propisno označena.

Po pitanju namjene, ambalaža se dijeli na:

- osnovnu
- zaštitnu
- pomoćnu

S obzirom na čvrstoću materijala od kojeg se gradi, ambalaža može biti:

- lomljiva
- čvrsta

Ako prijevoznik odluči koristiti lomljivu ambalažu za prijevoz opasnog tereta mora ju zaštititi zaštitnom ambalažom. Staklo i mekana plastika najčešći su primjeri lomljive ambalaže, te u slučaju lomljenja, zaštitna ambalaža mora upiti prolivenu opasnu tvar ili spriječiti međusobni dodir lomljivih posuda. Također, lomljiva ambalaža ne smije prelaziti bruto težinu veću od 75 kilograma i smije se tovariti samo u jednom tovarnom prostoru prijevoznog vozila.

### **2.1.2. Utovar i istovar opasnih tvari**

Utovarom i istovarom opasnih tvari smatra se premještaj kontejnera, posuda ili koleta s opasnom tvari u vozilo namijenjeno za prijevoz opasnih tvari ili iz njega, kao i pretakanje u cisternu ili iz cisterne. Utovar i istovar opasnih tvari, u pravilu, može se obavljati isključivo na posebnim i specijaliziranim područjima gdje prometna sigurnost, ljudski životi i okolina neće biti ugroženi. Također, takav prostor treba biti opremljen uređajima za gašenje požara, ako se manipulira sa zapaljivim tvarima. Utovar i istovar opasnih tvari bi se trebao obavljati danju. Ako se navedeni postupci obavljaju noću, te ako se radi o utovaru i istovaru opasnih tereta klase 1 (eksplozivnih tvari i predmeta punjenih eksplozivnim tvarima), električne instalacije i rasvjeta na mjestu utovara i istovara mora biti u Ex-izvedbi. [2, p. 22]

Mjesto na kojem se obavlja ukrcaj i iskrcaj opasnih tvari mora biti vidljivo označen odgovarajućim znakovima opasnosti, te svim ostalim neophodnim znakovima kao što su zabrana pristupa osobama koje ne sudjeluju u utovaru i istovaru opasnih tereta. Prilikom utovara i istovara opasnih tereta klase 2 (stlačeni plinovi, tekući plinovi i otopljeni plinovi pod tlakom) s kojima se manipulira u zatvorenom prostoru, važno je da je prostor opremljen uređajima za mjerenje koncentracije takvih plinova. Također, ako se manipulira opasnim teretima klase 7 (radioaktivne tvari), zatvoreni prostor mora biti opremljen uređajima za mjerenje radioaktivnosti. Mjerni instrumenti koji se koriste u okviru ukrcaja i iskrcaja moraju se redovito baždariti i ispitivati iz razloga što će se o tome voditi evidencija.

Na pristaništima (pomorska, riječna i zrakoplovna), lukama i željezničkim postajama na kojima se utovaruju i istovaruju opasne tvari Ministarstvo pomorstva, prometa i veza određuje posebno mjesto na kojem se dopušta njihov utovar ili istovar. Ovisno o kojoj se vrsti opasnih tereta radi, na mjestu utovara ili istovara opasnih tvari potrebna je i suglasnost koju izdaje Ministarstvo unutarnjih poslova, Ministarstvo graditeljstva i zaštite okoliša, te Ministarstvo zdravstva. [2, p. 22]

Prilikom ukrcaja i iskrcaja opasnih tereta vozila moraju imati podnicu obloženu s unutarnje strane materijalom koji ne izaziva iskrenje, a na ispušnoj cijevi motora postavljenu zaštitnu mrežu (iskrolovku), kao i odvod statičkog elektriciteta. Električna iskra ima

temperaturu veću od 3000 °C, te u dodiru s zapaljivom opasnom tvari može izazvati nezamislivu materijalnu štetu i ugroziti ljudski život. Iz tog razloga vozač motornog vozila prilikom dolaska na mjesto utovara mora staviti atestiranu iskrolovku na ispušnu cijev vozila. Prilikom ukrcanja opasnih tvari u vozilo vozačeva dužnost je prisustvovati vaganju vozila, te obratiti pažnju da vozilo ne prijeđe najveću dopuštenu nosivost.

Na mjestu utovara i stovara vozač je dužan [2, p. 23]:

- poštovati prometne znakove upozorenja i obavještanja
- predati portiru na čuvanje oružje, upaljač, šibice, kameru, fotografski aparat i druge aparate koji mogu izazvati iskranje pri ulasku u krug gdje se obavlja utovar/istovar
- biti odjeven u skladu s propisima za obavljanje poslova utovara zapaljivih tekućina i plinova
- priključiti autocisternu na priključak za pražnjenje statičkog elektriciteta u vremenu od najmanje 15 minuta prije početka utovara/istovara
- biti parkiran na označenom i za to određenom mjestu do poziva na mjesto utovara ili istovara
- osigurati vozilo od samopokretanja
- ne obavljati nikakve popravke na vozilu, zamjenu ulja, podmazivanje, pranje i slično

Još jedna od zadaća vozača je praćenje toka punjenja, te se za to vrijeme vozač ne smije udaljavati od vozila tijekom utovara. Također, vozač ne smije obavljati poslove punioca bez posebnog odobrenja. Prije početka samoga punjenja vozač provjerava da li su otvori za pražnjenje zatvoreni, mora otvoriti otvor za punjenje, te provjeriti jesu li slijepe matice pritegnute. Nakon što je vozač sigurno stigao na mjesto istovara treba obratiti posebnu pozornost da li je prostor gdje će se opasan teret iskrcati uistinu namjenjen za tu tvar i postoje li posebni propisi za istakanje tereta. Prilikom početka iskrcaja vozač ponavlja postupke koje je činio pri utovaru počevši od postavljanja iskrolovke na ulazu, dolaska na mjesto istovara, gašenja motora, priključivanja na odvod statičkog elektriciteta itd.



### **2.1.3. Završetak prijevoza i čišćenje vozila**

Posljednji korak koji mora biti obavljen nakon što je prijevoz opasnog tereta završen je čišćenje vozila tj. cisterne kako bi se ista ponovno mogla koristiti za prijevoz. Temeljito čišćenje vozila neophodno je za sigurnost ljudskih života i okoliša iz razloga što ostaci jedne opasne tvari u vozilu mogu reagirati sa drugom opasnom tvari koja će se u budućnosti prevoziti i izazvati eksploziju. Dok vozilo nije očišćeno zabranjeno je sa njega skidati ploče i listice opasnosti ako vozač nije za to dobio odgovarajuću potvrdu od poduzeća koje je za to ovlašteno.

Prije čišćenja cisterne treba pročitati Uputu o posebnim mjerama sigurnosti, a pri čišćenju treba obratiti pozornost da [2, p. 24]:

- se upotrebljavaju sva zaštitna sredstva
- ostaci opasne tvari ne dospjevaju na tlo
- ostaci opasne tvari ne prouzroče eksploziju ili požar
- opasne tvari ne dođu u dodir sa kožom, ako mogu izazvati opekline, nagrizanja i slične ozljede

Nakon što je vozilo u potpunosti očišćeno vozač dobiva dozvolu da sa njega ukloni ploču za prevoženje opasne tvari i listice opasnosti te tvari.

## **2.2. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASE 1**

Eksplozivne tvari i predmeti punjeni eksplozivnim tvarima su krute i tekuće kemijske tvari koje imaju svojstvo da, pod pogodnim vanjskim djelovanjem (udar, trenje ili toplina), eksplozivnim kemijskim razlaganjem oslobađaju plinove i energiju u obliku topline. [2, p. 9] Opasni tereti klase 1 obuhvaćaju eksplozivne tvari i predmete s eksplozivnim tvarima kao što su: industrijski eksplozivi, vojna streljiva, signalne rakete, barut, pirotehnička sredstva, raketna goriva itd.

Prijevoznik mora pribaviti posebno odobrenje za prijevoz eksploziva ako namjerava prevoziti opasne tereta klase 1. U Republici Hrvatskoj odobrenje za prijevoz eksploziva i predmeta koji su punjeni eksplozivnim tvarima izdaje policijska uprava mjesta iz kojeg se eksploziv prevozi. Za prijevoz izvan granica Republike Hrvatske odobrenje za prijevoz opasnih tereta klase 1 izdaje Ministarstvo unutarnjih poslova. Posebno odobrenje nije potrebno ishoditi isključivo ako se eksplozivne tvari prevoze na zahtjev oružanih snaga Republike Hrvatske ili Ministarstva unutarnjih poslova, te je za to pruženo vojno ili policijsko osiguranje.

Vozila koja se koriste za prijevoz eksploziva moraju biti posebno projektirana i opremljena kako bi se osigurala maksimalna sigurnost tijekom prijevoza. To uključuje upotrebu vozila s pojačanim konstrukcijama, blindiranim kabinama za zaštitu vozača, sustavima za gašenje požara i drugim sigurnosnim značajkama. Takva vozila moraju biti opremljena sustavima za praćenje i komunikaciju kako bi se omogućila brza reakcija u slučaju nužde. Također, tijekom utovara i istovara opasnih tereta klase 1 zabranjeno je upotrebljavati radar ili radio stanicu ako nisu sigurnosne izvedbe. Eksplozive i sredstva za njihovo iniciranje zabranjeno je prevoziti zajedno u istom prostoru prijevoznog sredstva, osim u slučaju da se prevoze predmeti punjeni eksplozivom u koje su već ugrađena sredstva za iniciranje prilikom proizvodnje.

Pakiranje i označavanje eksploziva predstavlja ključnu ulogu u sigurnosti prijevoza iz razloga što se eksplozivi moraju pravilno pakirati u certificirane kontejnere kako bi se spriječilo curenje ili ispuštanje tvari. Kontejneri moraju biti pregledani prije utovara tereta kako bi se osiguralo da su u dobrom stanju i bez oštećenja. Kontejneri za prijevoz eksploziva moraju biti čisti i bez ikakvih ostataka prethodnih tereta koji bi mogli izazvati reakciju s eksplozivnim tvarima. Eksplozivi se u kontejner pažljivo slažu uz pomoć podloga i podupirača kako bi se spriječilo pomicanje tijekom transporta. Također, podloge i podupirači koriste se da bi teret bio čvrsto fiksiran unutar kontejnera i kako bi se smanjio rizik od oštećenja uslijed vibracija ili naglog kočenja. Kontejneri koji su namijenjeni za prijevoz eksploziva moraju biti pravilno ventilirani kako bi se spriječilo nakupljanje plinova zbog kojih može doći do eksplozije. [5]

Neophodno je da se jasno označi svako pakiranje prema propisanim standardima s obveznim označavanjem UN broja, klase opasnosti i drugih značajnih informacija. U slučaju

nesreće vozač ili primatelj tereta mora što prije obavijestiti intervencijske službe i prijevoznika. Zadaća prijevoznika je osigurati da se posljedice nesreće uklone u što bržem vremenskom roku.

### **2.3. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASSE 2**

U klasu 2 ubrajaju se stlačeni plinovi, tekući plinovi ili pod tlakom otopljeni plinovi tj. opasne tvari koje imaju kritičnu temperaturu nižu od 50 °C ili na 50 °C tlak pare viši od 300 kPa (3 bara). Opasni tereti klase 2 mogu se razvrstati u sljedećih sedam kategorija [2, p. 91]:

- A – stlačeni ili komprimirani plinovi
- B – ukapljeni (tekući) plinovi
- C – duboko pothlađeni plinovi
- D – plinovi otopljeni pod tlakom
- E – aerosoli i boce za plinove koje se ne mogu ponovno puniti
- F – plinovi koji podliježu posebnim uvjetima
- G – prazne posude i prazne cisterne

Stlačeni ili komprimirani plinovi su plinovi čija je kritična temperatura ispod -10 °C što su dušik, kisik, metan, vodik i plemeniti plinovi. Ukapljeni (tekućine) plinovi su plinovi koji imaju kritičnu temperaturu iznad -10 °C do 70 °C i plinovi čija je kritična temperatura iznad 70 °C. Najčešći ukapljeni plinovi koji imaju temperaturu između -10 °C i 70 °C su klor, sumporni dioksid, acetilen i amonijak, a plinovi sa kritičnom temperaturom iznad 70 °C, koje nalazimo u cestovnom prijevozu su ugljični dioksid, klorovodik i etan. Duboko pothlađeni plinovi su plinovi specifični iz razloga što se pri normalnim temperaturama ne mogu ukapljiti, već ih je potrebno jako hladiti da bi ih se pretvorilo u tekuće stanje. Primjer takvih plinova su tekući dušik, argon, helij, vodik i etilen. Pod plinovima otopljenim pod tlakom smatraju se svi plinovi koji se eksplozivno raspadaju ako se pod njima primjeni veći tlak. Takvi se plinovi otapaju u pogodnim otapalima. U skupinu „E“ ubrajaju se potisnuti plinovi koje možemo naći u raznim kozmetičkim sredstvima i insekticidima. Kao što je prethodno spomenuto u cisternama za prijevoz opasnih tvari može ostati izvjesna količina robe (plina), te se zbog toga smatra kao posebna kategorija plinova. Skupina „G“ uvrštava se kao posebnom kategorija plina, jer je ta količina plina dovoljna da postigne donju granicu eksplozivnosti.

U cestovnom prijevozu plinovi se prevoze u prijenosnim tankovima, metalnim cilindrima, raspršivačima aerosola i bocama pod različitim tlakom. Metalni cilindri koriste se za transport plinova pod visokim tlakom. Svako pakiranje opasnog plina mora biti jasno označeno prema vrsti plina i njegovim opasnostima što uključuje specifične oznake upozorenja. Oznake upozorenja su ključne za identifikaciju opasnosti i uključuju simbol opasnosti, UN broj, naziv tvari i druge relevantne informacije. Prilikom prijevoza opasnih tereta klase 2 prijevoznik je obvezan obratiti pažnju na gornju i donju granicu eksplozivnosti plina. Donja granica eksplozivnosti je najniža koncentracija plina u zraku pri kojoj može nastati eksplozija plina uz izvor paljenja. Gornja granica eksplozivnosti plina je najviša koncentracija plina u zraku pri kojoj još može nastati eksplozija.

Za prijevoz opasnih tereta klase 2 koriste se vozila koja moraju biti specijalno opremljena i dizajnirana kako bi osigurala maksimalnu sigurnost za vozača i teret. Ova vozila često uključuju cisterne za transport ukapljenih plinova i specijalizirane kamione za transport metalnih cilindara. Cisterne moraju biti opremljene sa ventilacijskim sustavima, uređajima za kontrolu tlaka i sustavima za sprečavanje curenja. Specijalizirani kamioni moraju imati sigurnosne pojaseve za pričvršćivanje cilindara kako bi se spriječilo njihovo pomicanje tijekom prijevoza. Sva vozila koja prevoze opasne plinove moraju biti opremljena odgovarajućom zaštitnom opremom koju čine zaštitne maske, zaštitne rukavice i aparati za gašenje požara.

U slučaju nesreće prisutnost odgovarajućih oznaka na vozilima i pakiranjima omogućava dežurnim službama brzu identifikaciju opasnosti i poduzimanje odgovarajućih mjera opreza. Na primjer, u slučaju curenja zapaljivog plina, vatrogasci moraju brzo ukloniti izvore paljenja i osigurati ventilaciju područja. Ako se radi o otrovnom plinu, potrebno je osigurati evakuaciju i zaštitu ljudi od izlaganja.

#### **2.4. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASSE 3**

U prijevozu opasnih tvari najviše se prijevoze tvari iz klase 3. Prema ADR sporazumu tvar pripada u zapaljive tekućine ako joj je plamenište niže ili jednako 60 °C, a na temperaturi od 50 °C imaju tlak para niži od 300 kPa (3 bara). To znači da je pri toj temperaturi tekućine,

iznad njezine površine, dovoljno zapaljivih para koje se uz prisutnost izvora paljenja zapale. Što je plamenište niže, zapaljiva tekućina predstavlja veću opasnost [3, p. 26]

Prilikom rukovanja i prijevoza opasnih tereta klase 3 stupanj opasnosti od zapaljenja određuje plamenište. Plamenište je najniža temperatura pri kojoj se iznad površine zapaljive tekućine stvara najmanja potrebna količina para da se one mogu zapaliti prinošenjem nekog izvora paljenja uz dovoljnu količinu zraka. Plamenište je svojstvo zapaljivih tekućina, pa se taj pojam ne koristi kod plinova i krutina. Temperatura pri kojoj tekućina vrije i prelazi u paru naziva se vrelište. Pri temperaturi vrelišta tlak para zapaljive tekućine jednak je atmosferskom tlaku. [2, p. 95]

Glede nastanka požara ili eksplozija, tekućine kojima je vrelište nisko predstavljaju veću opasnost. Dodatnu opasnost predstavlja to što većina para zapaljivih tekućina ima relativnu gustoću veću od jedan, što znači da su teže od zraka. Takve se pare skupljaju pri dnu i karakteristične su za prostor sa slabom izmjenom zraka kao što su podrumi i kotline. Prisutnošću ovih para raste i opasnost od požara.

Opasni tereti klase 3 se obično pakiraju u metalne ili plastične kontejnere, bačve i specijalizirane spremnike. Svako pakiranje mora biti jasno označeno prema vrsti tekućine i njenim opasnostima, te na ambalaži mora biti naljepnica specifične oznake upozorenja na kojoj piše „FLAMMABLE LIQUID“.

Teret se najčešće prevozi u cisternama i kamionima s prikolicama opremljenim specijaliziranim spremnicima. Cisterne su dizajnirane za prijevoz velikih količina tekućina i opremljene su ventilacijskim sustavima, uređajima za kontrolu temperature i sustavima za sprečavanje curenja. Kamioni s prikolicama često imaju dodatne sigurnosne značajke kao što su barijere protiv eksplozije s pojačanom konstrukcijom i sustavi za kontrolu curenja. Osim tehničkih aspekata vozila za prijevoz opasnih tvari klase 3, važan je i aspekt planiranja ruta. Vozila koja prevoze zapaljive tekućine često na svom putu od točke ishodišta do točke odredišta moraju izbjegavati naseljena područja, tunele i mostove kako bi smanjila rizik od nesreća koje bi mogle imati ozbiljne posljedice. Zbog tog razloga se u cisterne nerijetko ugrađuju GPS sustavi ili drugi uređaji za praćenje vozila. Prilikom planiranja optimalnih ruta

za prijevoz takvog tereta uzimaju se u obzir mogućnosti brzog pristupa hitnim službama u slučaju nezgode.

Osobe koje obavljaju ukrcaj zapaljivih tekućina u prijevozno sredstvo moraju biti opremljene zaštitnim maskama, zaštitnim naočalama, rukavicama i antistatičkom obućom i odjećom. Uporaba zaštitnih maski je neophodna, jer udisanje para zapaljivih tekućina može prouzročiti nesvijest ili smrt.

## **2.5. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASSE 4**

Klasu 4 opasnih tereta čine zapaljive krute tvari. Time se smatraju tvari koje nisu klasificirane kao eksplozivi, ali prilikom prijevoza mogu gorjeti, podržavati gorenje ili izazvati požar. Sukladno tome klasa 4 dijeli se u tri podskupine:

- 4.1. zapaljive krute tvari
- 4.2. samozapaljive krute tvari
- 4.3. tvari koje stvaraju zapaljive plinove u dodiru s vodom

### **2.5.1. Klasa 4.1. Zapaljive krute tvari**

U ovu klasu spadaju zapaljive krute tvari, samoreaktivne tvari i desenzibilizirani kruti eksplozivi. Najčešći predmet prijevoza ove podklase čine filmski materijali, prah aluminija, azo spojevi (razni spojevi sumpora i dušika). Nerijetko se prevoze u rasutom stanju u obliku praha. Tereti ove klase predstavljaju značajan rizik jer mogu uzrokovati požar trenjem. Tvari pokazuju brzinu gorenja veću od 2,2 mm u sekundi, a zapaljeni metalni prah reagira po cijeloj svojoj dužini za 10 minuta ili manje. Zrnca prašine reagiraju sa zrakom i zapale se. Kako plinove i pare zapaljivih tekućina imaju svoje granice eksplozivnosti, tako i prašina krute tvari ima svoju granicu eksplozivnosti. Prašine lakih metala magnezija i aluminija imaju vrlo jaku eksplozivnu moć i mogu postići temperaturu od 2500 °C. Iz tog razloga korištenje specijaliziranih spremnika koji su otporni na udarce neophodno je u prijevozu ovih tereta.

Prilikom prijevoza samoreaktivnih tvari teretu se mora kontrolirati temperatura. U slučaju da se tvar ne prevozi pod zahtjevanom temperaturom ona se počne razgrađivati pri čemu može doći do eksplozije cijelog tereta ili prijevoznog sredstva. Prilikom razgradnje dolazi do oslobađanja velike količine topline. Zbog navedenog razloga prilikom skladištenja, pretovara i prijevoza azo spojevi ne smiju biti zagrijani iznad 40 °C. [6]

### **2.5.2. Klasa 4.2. Samozapaljive krute tvari**

Klasa 4.2. obuhvaća tvari koje su sklone spontanom zapaljenju. Pod terminom „samozapaljive“ smatra se da se tvar u dodiru sa kisikom iz zraka spontano zapali. Spontano zapaljivi materijal je pirofori materijal, tj. krutina koja se može zapaliti unutar pet minuta nakon što dođe u dodir sa zrakom ili samozagrijavajući materijal koji je u kontaktu sa zrakom i bez opskrbe energijom podložan samozapaljenju. U ovu klasu pripadaju bijeli ili žuti fosfor, nitrocelulozni filmovi, sirovi pamuk, aluminijevi alkili, cinkovi-alkili itd. Samozapaljive tvari zahtijevaju posebne mjere za kontrolu temperature i izbjegavanje kontakta s kisikom.

Prilikom pakiranja tereta na ambalažu se osim standardnog UN broja i klase opasnosti dodatno mora zalijepiti naljepnica specifične oznake upozorenja. Na primjer, tvari sklone samozapaljenju moraju biti označene znakom „SPONTANEOUSLY COMBUSTIBLE“. Također, zbog njihove sklonosti samozapaljenju ove se tvari čuvaju u posebnoj vatrootpornoj ambalaži. Ako je predmet prijevoza bijeli ili žuti fosfor (temperatura samozapaljenja fosfora je 50 °C) mora ga se čuvati pod vodom zbog njegove visoke reaktivnosti na zraku. Među tvarima koje su sklone samozapaljenju pripadaju i aluminijevi alkili koji lako reagiraju s brojnim tvarima. Tvari kao što su voda, kisik iz zraka, ugljik, papir, kiselina reagiraju s aluminijevim alkilima pri čemu se oslobađa toplina. U određenim uvjetima razvijaju se i zapaljivi plinovi. Ako aluminijevi silikati dođu u dodir s kožom, dolazi do oštećenja tkiva i stvaranja opekline. [3, p. 29]

### **2.5.3. Klasa 4.3. Tvari koje stvaraju zapaljive plinove u dodiru s vodom**

Klasu 4.3. čine krute zapaljive tvari koje stvaraju zapaljive plinove u dodiru s vodom. Prilikom doticaja s vodom razvijaju se plinovi koji se pale u dodiru s plamenom ili iskrom. Takve tvari su natrij, kalij, kalcij, kalcijev karbid. Na primjer, kalcijev karbid u dodiru s vodom daje zapaljiv plin acetilen. Prilikom prijevoza ambalaža mora biti nepropusna, jer ako tvar dođe u kontakt s vlagom iz zraka stvaraju se zapaljivi plinovi. Kao i kod klase 4.2. na ambalažu se lijepi specifična oznaka upozorenja „DANGEROUS WHEN WET“. Kako bi se rizik od eksplozije ili požara smanjio tvari se čuvaju u nepropusnim posudama (npr. natrij se čuva u ulju). Vozila koja prevoze tvari sklone samozapaljenju ili tvari koje ispuštaju zapaljive plinove u kontaktu s vodom moraju imati posebne spremnike koji sprječavaju kontakt tih tvari s kisikom i vodom. Također, vozila moraju biti opremljena sustavima za ventilaciju, uređajima za kontrolu temperature i sustavima za sprječavanje curenja.

## **2.6. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASE 5**

Oksidirajuće tvari su tvari koje u dodiru s drugim tvarima razlažu te pritom mogu uzrokovati zapaljenje. Klasa 5 opasnih tereta se dijeli na dvije podskupine:

- 5.1. oksidirajuće tvari
- 5.2. organski peroksidi

### **2.6.1. Klasa 5.1. Oksidirajuće tvari**

Sve tvari ove klase imaju zajedničku osobinu da vrlo lako otpuštaju kisik koji je jako reaktivan. Oksidansi daju drugim tvarima kisik i na taj način omogućuju gorenje, ali sami ne gore. Sposobnost da otpuštaju kisik predstavlja rizik u prijevozu, jer ako takve tvari dolaze u kontakt s gorivom tvari postoji opasnost od požara. Prijevozni supstrat u ovoj klasi su najčešće: amonijev nitrat (često korišten kao gnojivo u poljoprivredi), sredstva za čišćenje



bazena koja sadrže kalcijev hipoklorit, kalijev permanganat, kalijev dikromat i vodik peroksid. Osim što ne smiju dolaziti u dodir s gorivom tvari, opasnost predstavlja i dodir s tekućim kiselinama, jer može doći do kemijske reakcije pri kojoj se razvijaju otrovni plinovi. Prilikom skladištenja i prijevoza također treba pripaziti na potencijalne opasnosti [4, p. 30]:

- vodik peroksid u koncentraciji iznad 60% uzrokuje spontano gorenje, te ne smije biti u blizini drvenih paleta (gorive tvari)
- amonijev nitrat (gnojivo) zajedno s naftom tvori eksplozivnu smjesu
- kalijev permanganat s nekim prašinama metala stvara eksplozivne smjese, a snažno reagira sa sumpornom kiselinom i vodikovim peroksidom.

Kamioni s prikolicama su često korištena vozila za prijevoz opasnih tvari iz razloga što omogućuju fleksibilnost u transportu različitih vrsta tereta, uključujući oksidirajuće tvari. Prikolice mogu biti specijalno dizajnirane s dodatnim sigurnosnim značajkama kao što su barijere protiv eksplozije i sustavi za kontrolu curenja. Također, koriste se specijalne kontejnerske prikolice prilagođene za transport opasnih tvari. Omogućuju sigurno i efikasno pakiranje oksidirajućih tvari u specijalizirane kontejnere. Kontejneri su dizajnirani da izdrže mehanička opterećenja i osiguraju da tvari ne dođu u kontakt s vanjskim elementima koji bi mogli izazvati reakciju.

## **2.6.2. Klasa 5.2. Organski peroksidi**

Organski peroksidi svrstavaju se u zasebnu kategoriju, jer je njihov stupanj oksidacije viši od oksidirajućih tvari. Izuzev toga što imaju viši stupanj oksidacije, organski peroksidi i sami gore, te mogu izazvati štetne posljedice za zdravlje ili život ljudi ili uništiti materijalno dobro. Neke od ovih tvari su toliko opasne da se smiju prevoziti u izrazito malim količinama, jer si pri minimalnom porastu temperature počinju vrlo brzo raspadati. Tvari ove klase su vrlo osjetljive na toplinu tj. temperaturu okoline. Kada temperatura dosegne određenu vrijednost, organski peroksidi se zapale ili eksplodiraju sami od sebe. Primjer organskih peroksida koji se mogu pronaći u cestovnom procesu su: benzoil peroksid koji se često koristi kao inicijator polimerizacije u proizvodnji plastike i metiletilketon peroksid koji je katalizator u proizvodnji

poliesterskih smola i stakloplastike. Benzoil peroksidu je nužno kontrolirati temperaturu tokom cijelog prijevoznog procesa. Ako se tvar ne prevozi pod određenom temperaturom, ona se počinje razgrađivati, pri čemu može doći i do eksplozije cijelog tereta. Temperatura pri kojoj proces razgradnje započinje zove se temperatura samoubrzavajuće razgradnje. [3, p. 30]

Organske peroksidge zabranjeno je prevoziti ili skladištiti u neposrednoj blizini zapaljivih tvari. Ambalaža mora imati specifičnu oznaku upozorenja na kojoj je naznačeno „ORGANIC PEROXIDE“. Pri prijevozu mnogih organskih peroksidge treba kontrolirati temperaturu, a pogotovo ko onih tvari čija je temperatura samoubrzavajuće razgradnje ispod 50 °C. Zato se organski peroksidge najčešće prevoze u hladnjačama, jer kontrolna temperatura mora biti dosta ispod temperature samoubrzavajuće razgradnje. Korištenjem novih tehnologija, u vozila za prijevoz ove klase opasnih tereta, ugrađuju se monitoring sustavi. Oni omogućuju praćenje temperature, tlaka i drugih parametara unutar spremnika u stvarnom vremenu, što pomaže u prevenciji nesreća. Osim toga, napredni sigurnosni sustavi, kao što su detektori curenja i alarmi za pregrijavanje, dodatno povećavaju sigurnost tijekom transporta. U slučaju da u nekom trenutku prijevoza temperatura tereta naraste iznad kontrolne temperature, postupa se u skladu s uputom o postupanju u slučaju nesreće, što znači da je potrebno pozvati hitne službe.

## **2.7. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASSE 6**

Klasu 6 opasnih tvari čine otrovne tvari ili otrovi. Za prijevoz unutar Republike Hrvatske i za prijevoz preko državne granice potrebno je ishoditi odobrenje poput onoga za prijevoz eksplozivnih tvari. Takvo odobrenje izdaje Ministarstvo zdravstva odnosno Sanitarna inspekcija. Ako se otrov prevozi izvan granica Republike Hrvatske odobrenje izdaje Sanitarna inspekcija u sjedištu, a ako se prijevoz odvija unutar granica odobrenje izdaje Sanitarna inspekcija iz mjesta odakle se otrov prevozi. Odobrenje za prijevoz otrova nije potrebno ishoditi ako se prevozi mala količina otrova namijenjena za laboratorijske i znanstvene svrhe.

Klasa 6 može se podijeliti u dvije podskupine [2, p. 67]:

- 6.1. otrovne tvari
- 6.2. zagađujuće i infektivne tvari

### 2.7.1. Klasa 6.1. Otrovnostne tvari

Otrovne tvari se u današnjem svijetu upotrebljavaju u velikim količinama, i postaju sastavnim dijelom čovjekova života. Otrovnostne tvari dospijevaju u čovjekov organizam na različite načine, na primjer, kroz probavne organe (usta), udisanjem otrovnih para ili kroz kožu ako osoba ne koristi sigurnosne rukavice. Pritom je potrebno razlikovati otrovne tvari koje djeluju odmah (akutna otrovnost) i one koje se s vremenom nakupljaju u tijelu, a posljedice pokazuju nakon nekog vremena (kronična otrovnost). Također, nisu sve otrovne tvari jednako štetne za ljudski organizam. Toksičnost neke tvari izražava se pomoću LD50 tj. prosječne letalne (smrtne) doze. LD50 izražava se u mg otrova po 1 kg tjelesne težine. [2, p. 103]

Opasni tereti klase 6.1 uključuju različite otrovne tvari koje se koriste u industriji, poljoprivredi i medicini. Neki od najčešće prevoženih tereta u ovoj klasi su: arsen i njegovi spojevi koji se koriste za proizvodnju pesticida, cijanidni spojevi i fenol za proizvodnju plastike i drugih kemikalija. Za pakiranje opasnih tereta, u pravilu, se koriste tri vrste ambalaža, a to su:

- primarna ambalaža
- sekundarna ambalaža
- tercijarna ambalaža

Primarna ambalaža dolazi u izravni kontakt s opasnim tvarima. Može biti izrađena od stakla, metala, plastike ili drugih materijala otpornih na kemijske reakcije. Primarna ambalaža mora biti hermetički zatvorena kako bi se spriječilo curenje ili isparavanje. Sekundarna ambalaža pruža dodatnu zaštitu jer se primarna ambalaža stavlja u nju. Ova ambalaža je obično izrađena od čvrstih materijala kao što su karton ili plastika, te mora biti otporna na udarce i fizička oštećenja. Tercijarna ambalaža obuhvaća sekundarnu ambalažu i osigurava dodatnu sigurnost tijekom transporta. Tercijarna ambalaža uglavnom uključuje palete, kontejnere ili druge oblike zaštite koji olakšavaju rukovanje i skladištenje. Također, ambalaža mora imati specifičnu oznaku upozorenja na kojoj je naznačeno „TOXIC“.

Sve osobe koje rade ili su u doticaju s opasnim tvarima moraju koristiti osobna zaštitna sredstva, kao što su zaštitne rukavice, naočale i obuća. Ako se radi s vrlo jakim otrovima nosi

se čitava zaštitna oprema tj. odjeća od PVC-a, zaštitna maska i izolacijski aparat. U slučaju da osoba dođe u dodir s otrovnom tvari mora odmah isprati mjesto kontaminacije i potražiti liječničku pomoć. Neki se otrovi ne mogu lako isprati pa ih je potrebno ukloniti posebnim otapalima.

### **2.7.2. Klasa 6.2. Zagađujuće i infektivne tvari**

Unutar ove klase prevoze se razne infektivne tvari u koje pripadaju mikroorganizmi (bakterije i virusi), patogeni, te otpaci iz bolnica koje su namijenjene za spaljivanje. Prijevoz tvari klase 6.2. zahtijeva izuzetno stroge mjere sigurnosti kako bi se spriječila potencijalna kontaminacija ili širenje bolesti. U slučaju da su infektivne tvari ispuštene u okolinu, mogu imati štetan utjecaj na ljude, životinje i biljni svijet. Iz tog razloga za njih je propisana posebna ambalaža. Infektivne tvari označavaju se znakom „BIOHAZARD“. U pravilu se tekući otpatci iz bolnica prevoze u cisternama, a u dodiru s njima postoji mogućnost od zaraze žuticom. Za prijevoz infektivnih tvari, osim cisterni koriste se i hladnjače. Hladnjače se koriste za prijevoz infektivnih tvari koje zahtijevaju održavanje određenih temperaturnih uvjeta kako bi se spriječila degradacija ili rast mikroorganizama. Ovakav teret može biti i radioaktivan, ali ne predstavlja veću opasnost, jer mu je vrijeme poluraspada kratko. U slučaju da se prevoze zavoji, korištene injekcije ili slična iskorištena medicinska oprema, ona se pakira u vreće. Dokumentacija koja prati teret mora sadržavati sve potrebne informacije za identifikaciju tvari, njihove opasnosti i postupke u slučaju nezgode.

## **2.8. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASA 7**

Klasu 7 opasnih tvari čine radioaktivne tvari tj. tvari kod koji je specifična aktivnost veća od 74 bekerela (Bq), odnosno 0,002 mikrokirija po gramu. Becquerel (Bq) i Curie (kiri) jedinice su za aktivnost. Radioaktivnost je svojstvo nekih vrsta atoma da im se jezgra spontano mijenja i pritom nastaje emitirajuće zračenje. Takva promjena jezgre naziva se radioaktivnim raspadom. Pritom se razlikuju tri vrste radioaktivnog raspada tj. tri vrste zračenja, a to su alfa-

zračenje, beta-zračenje i gama-zračenje. Gama-zračenje predstavlja najveću opasnost, vrlo je prodorno i potreban je deblji sloj betona ili olova da bi se zaustavilo. [1, p. 322]

Radioaktivno zračenje se ne može nikako zamijetiti osjetilima, osobe koje dolaze u doticaj s njima neophodno je opremiti odgovarajućim uređajima za njihovu detekciju. Za detekciju se koriste različiti tipovi dozimetara, tj. džepni ili osobni dozimeter. Radioaktivne tvari smiju se pakirati i prevoziti isključivo u ambalaži namijenjenoj za određenu vrstu radioaktivnih tvari. Radioaktivni materijali dosta se primjenjuju u medicini, te svaka pošiljka s radioaktivnim sadržajem priprema se za prijevoz na način da se radijacija smanji na prihvatljivu mjeru. U slučaju da je određena tvar istovremeno toksična, eksplozivna ili zapaljiva poduzimaju se mjere sigurnosti koje su propisane za svaku navedenu vrstu opasnosti. Terete klase 7 zabranjeno je prevoziti u unutarnjem prometu u istome teretnom prostoru sa lijekovima, stočnom hranom i predmetima opće uporabe.

Vozači koji upravljaju vozilima za prijevoz radioaktivnih materijala moraju proći specijaliziranu obuku i posjedovati certifikate za rukovanje takvim tvarima. Obuka vozača uključuje razumijevanje specifičnih opasnosti povezanih s radioaktivnim materijalima, postupanje u hitnim slučajevima i ispravno korištenje zaštitne opreme. [7]

## **2.9. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASSE 8**

Korozivne ili nagrizajuće tvari su tvari koje u dodiru s drugim tvarima i živim organizmima uzrokuju njihovo oštećenje ili uništenje. Korozivne tvari imaju jako djelovanje na epitelno tkivo kože i probavne i dišne organe ako dospiju u organizam. Tvari iz klase 8 mogu se podijeliti s obzirom na njihovu namjenu i kemijska svojstva na [3, p. 109]:

- anorganske kiseline
- organske kiseline
- lužnate ili bazne tvari
- ostale korozivne i nagrizajuće tvari

Agresivnost kiselina i lužina ovisi o njihovom udjelu vode. Sumporna 80%-tna kiselina sadrži 20% vode i jako je nagrizajuća za ljudsku kožu, dok 30%-tna djeluje jako agresivno na

metale. Nošenje odgovarajuće zaštitne odjeće i obuće ključno je za sigurnosti radnika. Osoba koja radi s korozivnim tvarima mora biti opremljena rukavicama koje su izrađene od materijala otpornog na kemikalije, kao što su nitril, neopren, PVC ili butilna guma. Rukavice moraju biti nepropusne i otporne na probijanje, te pružiti dovoljnu zaštitu od kemikalija s kojima se radi. Osobe koje rade s korozivnim tvarima moraju nositi i zaštitne nepropusne kombinezone ili pregače. Oni su izrađeni od PVC-a, Tyvek-a ili neke druge posebne kemijski otporne tkanine. Mogu biti jednodjelni ili dvodjelni s dodatnim značajkama kao što su kapuljače. Osim rukavica i kombinezona osobe koje su u dodiru s opasnim tvarima nose zaštitne naočale, štitnike za lice i zaštitne čizme. Naočale i štitnici za lice omogućuju dodatnu zaštitu lica i očiju, a obavezno ih se mora nositi ako postoji rizik od prskanja kemikalija. Zaštitne čizme trebaju biti visoke kako bi osigurale zaštitu nogu i spriječile ulazak tekućina. Uglavnom se izrađuju od PVC-a ili gume. [8]

Za prijevoz tekućih korozivnih tvari kao što su sumporna i klorovodična kiselina koriste se IBC spremnici. IBC spremnici namijenjeni su za manipulaciju pomoću mehaničkih uređaja, a imaju volumen do 3000 litara. Mogu biti napravljeni od različitih materijala kao što su plastika ili metal. Nakon što su korozivne tvari sigurno smještene u IBC spremnike, ukrcavaju se na kamionske prikolice. Prikolice su dizajnirane kako bi spriječile fizička oštećenja ambalaže i curenje tijekom transporta. Za prijevoz velikih količina tekućih korozivnih tvari koriste se cisterne koje su opremljene sigurnosnim ventilima, sustavima za sprječavanje curenja i zaštitnim barijerama.

## **2.10. PRIJEVOZ OPASNIH TERETA KLASE 9**

Ostale opasne tvari i predmeti koji se ne mogu svrstati u prethodnih 8 klasa klasificiraju se kao klasa 9 opasnih tereta. Također, ne postoji zajednička opasnost kao kod drugih klasa. U ovu klasu spadaju tvari kao što su: azbest, suhi led, rastaljeni metali, litijske baterije, tvari povišene temperature itd. [2, p. 111]

Za pakiranje opasnih tvari klase 9 koristi se ambalaža koja najbolje odgovara svojstvima opasne tvari. Potrebno je pripaziti da opasna tvar ne reagira s ambalažom. Klasom 9 opasnih tereta smatraju se i tereti koje su iz prethodnih iskustava pokazali da mogu biti opasni. Iz tog

razloga automobil u kontejneru se također može smatrati opasnim teretom klase 9. Azbest kao najpoznatiji teret klase 9 je kancerogena tvar. Iskustvo pokazuje da osobe koje nepropisno rade s azbestom mogu razviti tumor čak i nakon 20 ili 30 godina. Utovar i istovar azbesta mora se provoditi tako da se minimizira rizik od ispuštanja azbestnih vlakana. To uključuje pažljivo rukovanje i korištenje odgovarajuće opreme za radnike. Radnici moraju biti opremljeni s filter maskama koje prekrivaju nos i usta. Kada se azbest ukrcava na kamione s prikolicama, prikolice moraju biti potpuno pokriveno ceradama koje sprječavaju izlazak azbestnih vlakana. U okviru rastaljenih materijala najzastupljeniji je prijevoz tekućeg aluminija. Za takav prijevoz koriste se posebne posude koje su nerijetko vruće, pa je potrebno tokom prijevoza provjeravati temperaturu tereta. U tvari povišene temperature pripadaju tekućine koje se prevoze zagrijane iznad 100 °C i krute tvari koje se prevoze iznad 240 °C. Osobe koje dolaze u kontakt s ovim tvarima moraju pripaziti da ne zadobiju opekline. Litijske baterije također se svrstavaju kao opasni teret. Koriste se u raznim uređajima poput mobilnih telefona, laptopa i električnih vozila. Litijske baterije predstavljati opasnost zbog mogućnosti pregrijavanja, požara i eksplozije. Prevoze se u čvrstim spremnicima i moraju biti izolirane jedna od druge i od drugih metalnih predmeta kako bi se spriječio kratki spoj. Baterije se oblože sa izolacijskim materijalom ili se pojedinačno pakiraju. Vozila koja prevoze litijske baterije često imaju sustave za hlađenje i protupožarne mjere jer pri višim temperaturama one eksplodiraju.[9-10]

### 3. SPECIJALNI TERETI

U ovom dijelu rada analizirati će se cestovni prijevoz specijalnih tereta kao što su transformatori i vjetroturbine.

U cestovnom prijevozu teret se klasificira kao težak ili vangabaritan kada premaši standardnu težinu ili dimenzijski limit. Teret se klasificira kao težak kada ima minimalnu težinu iznad 40 tona, dok za vangabaritni teret mora premašiti dimenzije od 4,2 metra visine, 2,5 metra širine, i 18,75 metara dužine. S obzirom na posebnosti ovih tereta, svakom pojedinom teretu prilikom prijevoza i manipulacije treba pristupiti individualno, te izraditi plan ukrcaja, iskrcaja i skladištenja. U transportu se pojavljuju sljedeći tereti: turbine, reaktori, lokomotive, željezničke pruge, transformatori, vojna oprema i plovila, jahte, čelične konstrukcije, teška mehanizacija, dizalice itd. [1, p. 287]

Tehnologija i organizacija kopnenog prijevoza teških i vangabaritnih tereta predstavlja složen proces zbog svojih velikih opterećenja i konfiguracije cestovne infrastrukture. Iz tog razloga duljina kopnenog puta pokušava se svesti na minimum. Budući da su specijalni tereti, u pravilu, vrlo skupocjen teret, rad s njima predstavlja izrazito osjetljiv posao. Za prijevoz ovakvih tereta koriste se posebna prijevozna sredstva. Upotrebljavaju se prikolice velike nosivosti kao što su niskopodne prikolice, hidraulične prikolice i modularne prikolice.

S obzirom da se prijevoz specijalnih tereta odvija pomoću više grana prijevoza, nerijetko se manji vangabaritni tereti prevoze u različitim kontejnerima. Teret se utovaruje u specijalni kontejner i mora se propisno osigurati od pomicanja u vožnji kako ne bi došlo do štete samog tereta i kontejnera. Kontejneri mogu biti različitih izvedbi, s obzirom na gabarite tereta. Razlikuju se „flat rack“ kontejneri, „open top“ kontejneri i kontejnerske platforme. „Flat rack“ kontejneri se sastoje od podne konstrukcije, visoke nosivosti, sastavljene od čeličnog okvira i poda od mekog drveta i dva krajnja zida, koji mogu biti fiksni ili sklopivi. Krajnji zidovi su dovoljno stabilni kako bi omogućili sigurnost tereta kao i slaganje više flat rack kontejnera jednog na drugi. Ovi se kontejneri koriste kada dimenzije vangabaritnog tereta premašuju njegovu širinu.





Slika 3. Prikaz „flat rack“ kontejnera s teretom

Izvor: <https://www.container-xchange.com/blog/platform-container/>

Zidovi „open top“ kontejnera su uglavnom napravljeni od valovitog čelika, a pod je izrađen od drveta. Ovi kontejneri imaju tipične, prepoznatljive strukturne karakteristike. Krov se sastoji od prenosivih lukova i prenosivih cerada, a zaglavlje vrata se može rotirati. Za prijevoz specijalnog tereta „open top“ kontejneri se koriste kada teret premaši visinu standardnog kontejnera.



Slika 4. Prikaz „open top“ kontejnera koji je ukrcan na cestovno vozilo

Izvor: [https://guysloveov.shop/product\\_details/58926876.html](https://guysloveov.shop/product_details/58926876.html)

Kontejnerske platforme se sastoje samo od donje strukture sa izuzetno visokim kapacitetom nosivosti. U pravilu, nemaju bočne ili krajnje zidove. Visok kapacitet nosivosti omogućava

koncentriranje velikih težina na malim površinama. Koriste se kada su dimenzije tereta previše visoke i široke da bi se sigurno složio u standardni kontejner. [11]



Slika 5. Prikaz kontejnerske platforme s teretom

Izvor: <https://cargorestraintsystems.com.au/cordstrap-applications/cargo-restraint-flat-racks/>

### 3.1. IZVANREDNI PRIJEVOZ

Prijevoz specijalnog tereta cestovnim vozilom tretira se kao izvanredni prijevoz. Prema Zakonu o cestama (NN 84/11) prijevoz vozilom ili skupom vozila koje samo ili zajedno s nedjeljivim teretom premašuje propisane dimenzije (širina, dužina, visina) ili ukupnu masu odnosno propisana osovinska opterećenja može se obaviti samo na temelju dozvole za izvanredni prijevoz.

Dozvola za izvanredni prijevoz može se izdati:

- ako je vozilo ili teret konstrukcijski nedjeljiv na način da jednostavnom demontažom dijelova vozila ili tereta nije moguće uskladiti ukupnu masu, osovinska opterećenja ili

dimenzije s propisanim iznosima ili ograničenjima označenim prometnim znakom za cestu ili njezin dio

- ako prijevoz vozila ili tereta nije moguće u cijelosti obaviti drugim prijevoznim sredstvom
- ako su troškovi organizacije i izvršenja prijevoza drugim prijevoznim sredstvima složeni i nerazmjerno visoki

Vozač vozila kojim se obavlja izvanredni prijevoz mora tijekom obavljanja izvanrednog prijevoza imati dozvolu, presliku dozvole ili dozvolu u elektroničnom obliku. Izvanredni prijevoz se s obzirom na prekoračenje ukupne mase, osovinskih opterećenja i dimenzija dijeli na pet kategorija. Izvanredni prijevoz I. kategorije je prijevoz vozilom, koje samo ili zajedno s teretom ne premašuje 44 tone za sklop do 5 osovina, odnosno 48 tona za sklop od 6 ili više osovina. Vozila s ukranim teretom maksimalno imaju 3 metra širine, 4,2 metra visine i 23 metra dužine. Takva vozila ne smiju premašiti propisana osovinska opterećenjima ili osovinska opterećenja na određenim prometnim znakovima. Za izvanredni prijevoz II. kategorije vrijednosti ukupne mase, dimenzija ili osovinskih opterećenja ne smije biti iznad 44 odnosno 48 tona do najviše 60 tona ukupne mase. Dimenzije ne premašuju 3 do najviše 3,5 metra širine, 4,2 do najviše 4,5 metra visine i 23 do najviše 30 metara dužine. Vozilo ne smije premašiti osovinska opterećenja za 20% od najvećih propisom dozvoljenih ili određenih prometnih znakova. Izvanredni prijevoz III. kategorije čini svaki prijevoz vozilom, koje samo ili zajedno s teretom premašuje gornje granice ukupne mase i/ili dimenzija i/ili osovinskih opterećenja, za izvanredni prijevoz II. kategorije. Izvanredni prijevoz IV. kategorije odnosi se na prijevoz vozilima bez tereta. Vozila su registrirana za sudjelovanje u prometu, ali im ukupna masa premašuje propisanu dozvoljenu ukupnu masu. Primjer takvih vozila su dizalice, radni strojevi itd. Izvanredni prijevoz V. kategorije je prijevoz vozilima bez tereta, kad to vozilo premašuje propisane dimenzije za I. kategoriju izvanrednog prijevoza, odnosno dimenzije određene prometnim znakom. Primjer za to su vozila za obavljanje poljoprivrednih radova. [12]

Vozilo s kojim se obavlja izvanredni prijevoz, u pravilu, ne smije premašiti osovinska opterećenja koja iznose više od 10 tona po osovini. Veće premašivanje se može odobriti dozvolom uz uvijete koji se odnose na stanje kolnika, način vožnje, te tehničke značajke

vozila. Svako vozilo koje obavlja izvanredni prijevoz obavezno mora biti označeno sa prednje i stražnje strane. Za označavanje se koristi specijalna oznaka s natpisom „IZVANREDNI PRIJEVOZ“ koja je veličine 400 x 600 mm. Također, vozilo mora biti opremljeno s ispravnim parovima žutih rotirajućih ili trepćućih svjetala s prednje i stražnje strane. U pravilu, za izvanredni prijevoz specijalnih tereta osigurava se pratnja policijskim vozilima ili vozilima drugih sigurnosnih službi. Zadaća vozila u pratnji je postavljanje signalizacije i upozorenja na cesti, ali i organizacija zaobilaznih puteva ili privremeno zatvaranje cesta dok traje prolaz vozila sa specijalnim teretom.



Slika 6. Prikaz vozila koje obavlja izvanredni prijevoz

Izvor: <https://www.zagrebtrans.hr/>

## 4. CESTOVNI PRIJEVOZ TRANSFORMATORA

Transformatori su električni uređaji namijenjeni za transformaciju struje i napona u električnim mrežama. Osnovna funkcija transformatora je povećanje ili smanjenje naponskog nivoa bez promjene frekvencije izmjenične struje. Ovaj rad se bavi prijevozom energetskih transformatora koji se koriste za napajanje industrijskih postrojenja. Prijevoz transformatora u Republici Hrvatskoj obavlja se iz mjesta proizvodnje - Zagreba za prekomorske zemlje preko riječke luke. Tvrtka Končar Siemens jedna je od najvećih izvoznih tvrtki u Republici Hrvatskoj koja izvozi transformatore preko Luke Rijeka, Luke Vukovar, Luke Rotterdam, Luke Antwerpen, te cestovnim i željezničkim putevima unutar Europe.

Težina energetskih transformatora, koje KET (Končar Energetski Transformatori) proizvode i izvoze, varira od 70 do 280 tona ovisno o jačini transformatora u kWh. Iz tog razloga transformatori se klasificiraju kao specijalni teret.

Dostava transformatora iz proizvodnog pogona do mjesta njegove instalacije može se činiti jednostavnom, ali u stvarnosti u transportu transformatora dolazi do raznih komplikacija. Transport energetskih transformatora zahtijeva temeljito planiranje kako bi se izbjegli troškovi i minimiziralo vrijeme isporuke. Prva prepreka s kojom se prijevoznici suočavaju jest da samo odabrana vozila mogu prevoziti transformatore. Kao primjer, jedan mrežni transformator može težiti preko 170 tona i biti visok kao dvokatnica, a većina opreme ne može na siguran način prevesti tako glomazan teret. S obzirom na masu i dimenzije transformatora željeznički promet se može činiti kao optimalno rješenje za takav prijevoz, ali i on ima svoje prepreke. Kako bi podnijeli velike terete i istovremeno spriječili sudaranje skupe opreme s drugim vagonima vlakovi koriste specijalizirane teretne vagone tj. Schnabel vagone, ali zbog nedostatka fleksibilnosti željeznice za kraće i srednje duge relacije cestovni prijevoz prikazuje se kao bolje rješenje.

Prijevozni proces transformatora od početne do završne točke uključuje temeljito planiranje rute, a to predstavlja izazovan zadatak pogotovo kada se radi s velikim transformatorima. Najbolji način, kao i u svim granama prijevoza, je pronaći najučinkovitiju i najkraću rutu, ali neki izravni putevi mogu biti nedostupni zbog veličine transformatora. Prije

početka samog prijevoza radi se itinerer puta kako bi se utvrdila trasa prijevoza specijalnog tereta. Itinererom puta utvrđuje se mogućnost prolaska tunelima ili mostovima. Također, neke ceste do odredišta mogu imati preuske zavoje za duga specijalizirana vozila. U takvom slučaju, ako je moguće, prijevoznik korigira prometnicu na način da vozilo može njome sigurno proći (proširuje se zavoj, uklanjaju se ograde i prometni znakovi koji se vraćaju nakon prolaska specijalnog tereta).

Prijevoznik mora razmotriti mjesto gdje će se obavljati utovar ili istovar transformatora. Svako mjesto, gdje se transformatori pomiču s vozila ili na vozilo, mora biti opremljeno dizalicom koja može podići stotine tona. Također, prijevoznik mora nabaviti specijaliziranu opremu za prijevoz transformatora. Za cestovni prijevoz energetskih transformatora uglavnom se koriste modularne kombinirane hidraulične prikolice ili hidraulične višeosovinske modularne prikolice. Ove prikolice su namijenjene za terete nosivosti od 300 do 2000 tona.



Slika 7. Transformator ukrcan na modularnoj kombiniranoj hidrauličnoj prikolici

Izvor: <https://www.zagrebtrans.hr/>

Transport transformatora može biti dugotrajan i skup proces. Specijalizirana vozila su u većini slučajeva skuplja od ostale prijevozne opreme. Vozila koja obavljaju prijevoz specijalnog tereta, kao što su transformatori, kreću se sporije na prometnicama što rezultira

većim troškovima. Kako bi teret bio siguran, vozač će na nekim prometnicama voziti mnogo ispod propisanog ograničenja. Kao rezultat toga, ruta može trajati dulje nego što sugerira GPS softver, pa prijevoznici i to moraju uzeti u obzir. Čak i prilikom izbora optimalne rute javljaju se moguće smetnje prilikom prijevoza. Tipične smetnje koje se javljaju prilikom prijevoza transformatora:

- obustavlja se promet vozila i pješaka na mnogim dijelovima prometne rute, dok vozilo sa specijalnim teretom i vozila iz pratnje potpuno ne prođu tom dionicom
- kretanje mostovima odvija se maksimalnom brzinom od 5 km/h, bez mogućnosti zaustavljanja
- prelazak preko jednog od mostova ometa promet
- prolazak vozila cestom odvija se samo tokom dana (pri prirodnom svjetlu), a u slučaju magle s vidljivošću ispod 100 m, jakog vjetra ili skliskog kolnika kretanje se obustavlja
- neke se rute isključuju zbog niske nosivosti ili ograničenja visine, poput mosta preko ceste

S obzirom na složenost prijevoznog procesa, u novije vrijeme prijevoznici se odlučuju na korištenje umjetne inteligencije i drugih alata koji optimiziraju prijevoz transformatora. Statistika pokazuje da prijevoznici koji koriste umjetnu inteligenciju za analizu idealnih ruta uštede 15% do 60% vremena, udaljenosti i goriva. Takve uštede značajno smanjuju financijske i vremenske troškove prijevoza energetskih transformatora i uporaba takvih alata prikazuje novi pristup koji bi se trebao implementirati u logistiku prijevoza.

## 5. CESTOVNI PRIJEVOZ VJETROTURBINA

Vjetroturbine su energetska strojevi koji pretvaraju kinetičku energiju vjetra u mehanički rad. One značajno smanjuju CO<sub>2</sub>, čime će se snižava utjecaj ljudske aktivnosti na globalno zatopljenje. Promicanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora svakim je danom sve popularnije, a u posljednjem desetljeću povećava se njihova primjena, te se tako i javlja veća potražnja za prijevozom tog tereta. Prijevoz vjetroturbina predstavlja izuzetno važnu usluga za sektor obnovljive energije. Iako je ova usluga važna, postoje mnogi izazovi s kojima se prijevoznici susreću prilikom prijevoza vjetroturbina i njihovih lopatica.

Mnoge turbine se proizvode u inozemstvu. Brodom dolaze do luke iskrcaja, a obično ih se kamionom prevozi do konačnog odredišta. Planiranje transporta vjetroturbina predstavlja zahtjevan zadatak koji može potrajati skoro godinu dana. Jedna komercijalna vjetroturbina dijeli se na:

- 3 dijela tornja
- gondolu koja drži generator turbine
- generator i električne komponente
- 3 lopatice vjetroturbine

Gondola koja se nalazi na vrhu tornja može težiti 75 tona, a sklop s tri lopatice može težiti 36 tona, tj. oko 12 tona po lopatici. Lopatice vjetroturbina su obično duge između 40 i 80 metara. Najnoviji modeli turbina imaju lopatice dužine 100 metara, a ponekad i više. Postolje tj. toranj koji podupire gondolu težak je 24 tone, a dužine je između 80 i 120 metara za kopnenu turbinu. Za turbine na moru (offshore turbine) visina može biti i veća.. Svaka od ovih komponenti mora se prevoziti zasebno kao specijalan teret.

U cestovnom prijevozu vjetroturbina najčešće se koriste hidraulične niske prikolice (prikolice s niskim podnožjem) i kombinirane višeosovinske prikolice. Toranj vjetroturbine se podijeli na tri ili više dijelova, te se svaki dio prevozi specijaliziranim prikolicama. Za prijevoz tornja najčešće se koristi posebna „schnabel“ prikolica koja funkcionira na način da teret čini dio vozila.





Slika 8. Toranj vjetroturbine ukrcan na specijaliziranu „schnabel“ prikolicu

Izvor: <https://peerless.ca/trailers/schnable/>

U novije vrijeme za prijevoz lopatica vjetroturbine koristi se specijalni adapter za vjetrobrian s podiznom snagom od 340 tona. Adapter je specijalizirana desetosovinska prikolica s hidrauličnim pogonom nosivosti od 25 do 60 tona. Također, koriste se i kombinirane metode transporta kojima se jedna lopatica prevozi na dvije troosovinske prikolice.



Slika 9. Adapter za prijevoz lopatica vjetroturbine

Izvor: <https://vtt.com.vn/en-US/media-equipment/specialized-equipment/blade-adapter-1>

Ova specijalizirana oprema se koristi za prijevoz u planinskim područjima s mnogo zavoja i prepreka kao što su električni vodovi. U prikolice se ugrađuju sustavi za automatsko praćenje vozila kako bi prijevoz bio pod kontrolom tokom cijelog prijevoznog pothvata. Vjetroturbine se najčešće ugrađuju na teško dostupnim i brdovitim područjima. Kao i kod prijevoza transformatora, prijevoznici često korigiraju prometnicu, a nerijetko moraju i samostalno konstruirati put ili cestu kako bi dopremili teret do ugovorene pozicije.

Prilikom transporta vjetroturbina najzahtijevniji zadatak predstavlja utovar tornja. Uporabom „schnabel“ prikolice, toranj se podiže hidraulikom s prednje i stražnje strane, bez pomoći dizalice. Dijelovi tornja postaju samoutovarni, a ostale komponente utovaruju se dizalicom ili viličarem.

Trenutna prosječna veličina lopatica vjetroturbine iznosi od 40 do 60 metara. Prelaskom na zelenu energiju infrastruktura kamionskog prijevoza svakim se danom dovodi u pitanje jer se razvoj kreće prema većim, višim vjetroturbinama s lopaticama koje se približavaju do 115 metara dužine.

## 6. ZAKLJUČAK

Prijevoz opasnog i specijalnog tereta predstavlja složen i zahtjevan proces koji iziskuje strogo pridržavanje regulativa, adekvatnu obuku osoblja i spremnost hitnih intervencija. Samo kroz zajedničke napore svih sudionika u prijevozom procesu može se osigurati sigurnost i zaštita zdravlja, imovine i okoliša.

Prilikom prijevoza svih klasa opasnih tereta pakiranje, označavanje i listice opasnosti predstavljaju ključne elemente za siguran prijevoz. Svaki teret se mora smjestiti u ambalažu koja odgovara svojstvima opasne tvari, te je u stanju izdržati fizičke udarce i spriječiti curenje ili oslobađanje opasnih materijala. Potrebno je strogo provoditi mjere označavanja tereta jer se u slučaju nesreće, na taj način, rizik minimizira. Radnici, vozači i ostale osobe koje dolaze u kontakt s opasnim teretom moraju biti dobro educirani o hitnim postupcima u slučaju nesreće, što uključuje evakuaciju, kontrolu izlivanja i korištenje protupožarne opreme. Pridržavanje međunarodne regulative tj. ADR pravilnika nije samo zakonska obveza, već i temelj kojim se održava visok standard sigurnosti i zaštite.

U okviru prijevoza specijalnih tereta valjalo bi istaknuti važnost temeljitog planiranja i pridržavanja sigurnosnih protokola svih sudionika prijevoznog procesa kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost transporta. U specijalne terete spadaju vangabaritni, teški i visoko vrijedni tereti koji zahtijevaju posebne uvjete tijekom transporta. Prijevoznici koji se bave transportom specijalnog tereta trebaju imati specijalizirano znanje, ali i iskustvo. Ključni element uspješnog prijevoza specijalnog tereta jest izrada kvalitetnog itinerera puta. Za uspješan prijevoz potrebno je pribaviti odgovarajuće dozvole i suglasnosti od nadležnih vlasti. Planiranje rute prijevoza mora uzeti u obzir dimenzije tereta i njegovu težinu, te specifične zahtjeve za rukovanje. Također, prijevoznik mora posvetiti dužnu pažnju infrastrukturi planirane rute, kao što su nagib i dozvoljena opterećenja prometnice. Nakon izrađenog detaljnog plana prijevoza odabire se odgovarajuće vozilo koje najbolje odgovara karakteristikama specijalnog tereta. Koriste se različite vrste vozila kao što su niskopodne prikolice, kamioni s dizalicama, tegljači s više osovina i druge specijalizirane prikolice. Svaki vozač koji upravlja specijalnim vozilom mora biti adekvatno obučan i iskusan u rukovanju istog.

Na samome kraju valjalo bi napomenuti da uspješan prijevoz tereta osigurava zadovoljstvo klijenta, ali i potiče učinkovitost logističkog sustava. Kroz kontinuiranu obuku osoblja i tehnološki napredak opasni i specijalni tereti transportirat će se na najvišoj razini sigurnosti i profesionalizma.

## LITERATURA

### Knjige:

- [1] Baričević H., Poletan Jugović T., Vilke S., Tereti u prometu, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010.
- [2] Kaučić N., Nemet Z., Šegović M., Prijevoz opasnih tvari, 4. Izdanje, Zagreb, 2000.
- [3] Aurer Jezerčić I., Kozjak A., Žunić M., Čolja D., Prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu 2009, 5. Izdanje, 2009.

### Internetski izvori:

- [4] Prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu – ADR. Dostupno na:  
<https://mmpi.gov.hr/promet/cestovni-promet-124/prijevoz-opasnih-tvari-u-cestovnom-prometu-adr/12546> (5.5.2024.)
- [5] Prijevoz opasnih tereta klase 1 – NTWorkSafe. Dostupno na:  
<https://worksafe.nt.gov.au/forms-and-resources/bulletins/dangerous-goods-transport-class-1-explosives> (18.5.2024.)
- [6] IMO klase opasnih tereta – Logiciall. Dostupno na:  
<https://www.normanglobal.com/imo-classes/> (18.5.2024.)
- [7] Transport of Dangerous Goods – REACH24H. Dostupno na:  
<https://www.reach24h.com/en/service/chemical-service/tdg.html> (19.5.2024.)
- [8] Corrosive Safety: Protecting Workers from Harmful Substances - OSHA training school. Dostupno na: <https://www.oshatrainingsschool.com/blog/corrosive-safety> (25.6.2024.)
- [9] Opasnost od azbesta – Ministarstvo zdravstva RH. Dostupno na:  
<https://zdravlje.gov.hr/djelokrug-1297/javnozdravstvena-zastita/kemikalije-i-biocidni-pripravci-1357/kemikalije-1785/azbest-i-opasnosti-za-zdravlje-1857/1857> (26.6.2024.)

[10] Lithium battery transport – FLASH BATTERY. Dostupno na:

<https://www.flashbattery.tech/en/lithium-battery-transport/> (26.6.2024.)

[11] Vrste kontejnera – WORLD TRANSPORT OVERSEAS. Dostupno na:

<https://www.wtgroup.com/hr/korisne-informacije> (26.5.2024.)

[12] Pravilnik o izvanrednom prijevozu - MINISTARSTVO MORA, PROMETA I INFRASTRUKTURE. Dostupno na:

[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_10\\_92\\_1802.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_10_92_1802.html) (27.6.2024.)

### **Ostali izvori:**

### **Časopisi:**

1. Karau W., Heavy Cargo News, 17.-19. May 2022. Rotterdam, Netherlands
2. „HEAVY LIFT & PROJECT FORWARDING INTERNATIONAL“ July/August 2018., Issue 63
3. „HEAVY LIFT & PROJECT FORWARDING INTERNATIONAL“ May/June 2019., Issue 68
4. „HEAVY LIFT & PROJECT FORWARDING INTERNATIONAL“ January/February 2019., Issue 66

### **Internetski izvori:**

1. LPT transport – Electrical engineering portal. Dostupno na:  
<https://electrical-engineering-portal.com/how-challenging-can-be-transporting-of-a-large-power-transformer-lpt> (30.4.2024.)
2. Transformer transport – MAMMOET. Dostupno na:  
<https://www.mammoet.com/power-grid/transformer-transport/> (30.4.2024.)
3. Wind turbine transport - ONZE  
<https://www.onze.lt/en/wind-turbine-transport/> (30.4.2024.)

## POPIS SLIKA

1. Slika 1. Prikaz ploče za označavanje vozila.....	4
2. Slika 2. Prikaz listica opasnosti.....	5
3. Slika 3. Prikaz „flat rack“ kontejnera s teretom.....	25
4. Slika 4. Prikaz „open top“ kontejnera koji je ukrcan na cestovno vozilo.....	25
5. Slika 5. Prikaz kontejnerske platforme s teretom.....	26
6. Slika 6. Prikaz vozila koje obavlja izvanredni prijevoz.....	28
7. Slika 7. Transformator ukrcan na modularnoj kombiniranoj hidrauličnoj prikolici.....	30
8. Slika 8. Toranj vjetroturbine ukrcan na specijaliziranu „schnabel“ prikolicu.....	33
9. Slika 9. Adapter za prijevoz lopatica vjetroturbine.....	33