

Organizacija doleđivanja robe u hladnom lancu

Kruško, Anamarija

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:113297>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ORGANIZACIJA DOLEĐIVANJA ROBE U HLADNOM LANCU

ORGANIZATION OF THE ARRIVAL OF GOODS IN THE COLD CHAIN

Mentor: izv. prof. dr. sc. tech. Ivona Bajor

Student: Anamarija Kruško

JMBAG: 0135260475

Zagreb, rujan 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 12. srpnja 2024.

Zavod: **Zavod za transportnu logistiku**
Predmet: **Planiranje logističkih procesa**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 7587

Pristupnik: **Anamarija Kruško (0135260475)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Logistika**

Zadatak: **Organizacija doleđivanja robe u hladnom lancu**

Opis zadatka:

U radu će se istaknuti relevantni procesi vezani za doleđivanje robe u hladnom lancu. Istaknuti će se napredni sustavi sa aspekta dostupne tehnologije te prikazati postojeći procesi na primjeru RH te dati prijedlog optimizacije.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

izv. prof. dr. sc. Ivona Bajor

prof. dr. sc. Mario Šafran (komentor)

SAŽETAK

Organizacija doljeđivanja robe u hladnom lancu ključna je za osiguravanje kvalitete i sigurnosti proizvoda osjetljivih na temperaturu, poput hrane, lijekova i bioloških materijala. Hladni lanac podrazumijeva sustav kontroliranih uvjeta temperature, koji se proteže od proizvođača do krajnjeg potrošača. Najvažniji korak u organizaciji hladnog lanca je planiranje transporta koje uključuje odabir odgovarajućih transportnih sredstava i način pakiranja koje osigurava stabilnost temperature. Inovativne tehnologije koriste se za lakšu manipulaciju u transportu, te osiguravaju sigurnost i kvalitetu proizvoda. Organizacija hladnog lanca predstavlja izazovan, ali nužan proces za očuvanje kvalitete i sigurnosti osjetljive robe.

KLJUČNE RIJEČI: skladištenje, dostava na velike udaljenosti, optimizacija procesa, distributivni centar, tehnologije povezivanja

SUMMARY:

The organization of goods delivery in the cold chain is crucial for ensuring the quality and safety of temperature-sensitive products, such as food, medicines, and biological materials. The cold chain involves a system of controlled temperature conditions that extends from the manufacturer to the end consumer. The most important step in organizing the cold chain is transport planning, which includes selecting appropriate transport vehicles and packaging methods that ensure temperature stability. Innovative technologies are used to facilitate handling during transport, ensuring the safety and quality of the products. Organizing the cold chain is a challenging but necessary process for preserving the quality and safety of sensitive goods.

KEYWORDS: storage, long-haul deliveries, process optimization, distribution centres, connectivity technology

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OSNOVE PLANIRANJA LOGISTIČKIH PROCESA	2
2.1. Opća metoda planiranja logističkih procesa.....	2
2.2. Metoda planiranja logističkih procesa u funkciji distribucijskih kanala.....	3
2.3. Metode planiranja logističkih procesa u funkciji opskrbnih lanaca.....	4
2.4. Metoda planiranja logističkih procesa u funkciji vremena.....	5
3. SPECIFIČNOSTI ORGANIZACIJE LOGISTIČKIH PROCESA U HLADNOM LANCU	6
3.1. Ključni aspekti organizacije logističkih procesa u hladnom lancu.....	8
3.2. Transport robe u hladnom lancu.....	10
3.3. Načini pakiranja robe u hladnom lancu.....	11
4. STUDIJA SLUČAJA DOLEĐIVANJA ROBE U HLADNOM LANCU	17
5. INOVATIVNE TEHNOLOGIJE KOD ORGANIZACIJE LOGISTIČKIH PROCESA U HLADNOM LANCU	20
5.1. Automatizirani sustavi praćenja temperature.....	20
5.1.1. Radio-frekvencijska identifikacija.....	21
5.1.2. Internet stvari tehnologija.....	22
5.2. Blockchain tehnologija.....	23
6. ZAKLJUČAK	25
LITERATURA	27
POPIS KRATICA	29
POPIS SLIKA	30

1. UVOD

U današnjem globaliziranom svijetu, upravljanje lancem opskrbe postalo je ključni element uspješnog poslovanja u mnogim industrijama, posebice u prehrambenoj, farmaceutskoj i kemijskoj industriji. Jedan od ključnih segmenata ovog lanca je doleđivanje robe u hladnom lancu, što predstavlja proces kontinuiranog održavanja niske temperature tijekom skladištenja, transporta i distribucije osjetljivih proizvoda poput hrane, lijekova i kemijskih supstanci.

Planiranje logističkih procesa odnosi se na organizaciju, upravljanje i optimizaciju aktivnosti koje su uključene u transport i skladištenje robe, usluga od tačke polaska do tačke isporuke. Planiranje logističkih procesa osigurava da se proizvodi kreću na efikasan, ekonomičan i pravovremen način uz ispunjavanje zahtjeva kupaca i usklađenost sa standardima.

Tema završnog rada je Organizacija doleđivanja robe u hladnom lancu. Rad je podijeljen u šest cjelina.

1. Uvod
2. Osnove planiranja logističkih procesa
3. Specifičnosti organizacije logističkih procesa u hladnom lancu
4. Studija slučaja doleđivanja robe u hladnom lancu
5. Inovativne tehnologije kod organizacije logističkih procesa u hladnom lancu
6. Zaključak

Prvi dio rada bavi se s važnošću organizacije doleđivanja robe u hladnom lancu, analizirajući strategije, tehnologije i izazove s kojima se organizacije suočavaju u ovom složenom procesu.

U drugom dijelu rada prikazani su najnoviji trendovi u organizaciji hladnog lanca te potencijalne koristi koje mogu proizaći iz efikasnog upravljanja ovim ključnim segmentom lanca opskrbe.

U trećem dijelu rada detaljno je objašnjen i prikazan proces organizacije robe u hladnom lancu, te je opisan način pakiranja robe koja se mora prevoziti pod određenom temperaturom.

U četvrtom dijelu opisane su studija slučaja o doleđivanju robe u hladnom lancu, objašnjene su strategije koje se koriste u studiji slučaja.

Peti dio opisuje inovativne tehnologije koje se koriste kod organizacije logističkih procesa u hladnom lancu.

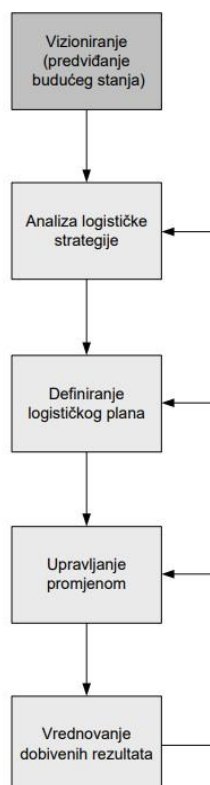
2. OSNOVE PLANIRANJA LOGISTIČKIH PROCESA

Planiranje logističkih procesa podrazumijeva optimizaciju i planiranje sustava prometne infrastrukture, prometnih sustava te tehnike i tehnologije transporta uključenih u cjeloukupni logistički sustav. Neke od najpoznatijih metoda planiranja logističkih sustava su [2]:

1. Opća metoda planiranja logističkih procesa,
2. Metoda planiranja logističkih procesa u funkciji distribucijskih kanala,
3. Metoda planiranja logističkih procesa u funkciji opskrbnih lanaca,
4. Metoda planiranja logističkih procesa u funkciji vremena.

2.1. Opća metoda planiranja logističkih procesa

Opća metoda planiranja logističkih procesa je metoda koja predstavlja osnovu za postavljanje sustavnog planiranja logističkih procesa unutar organizacije. Budući da je postavljena općenito, može se primjenjivati u gotovo svim slučajevima. Piramida strateške logistike se sastoji od četiri koraka ako ga se promatra kao ključni dio planiranja logističkih sustava, specifični proces razvoja i planiranja logističke strategije. [2] Na slici 1 prikazani su elementi opće metode planiranja logističkih procesa.



Slika 1. Skica opće metode planiranja logističko-distribucijskih procesa, [2]

2.2. Metoda planiranja logističkih procesa u funkciji distribucijskih kanala

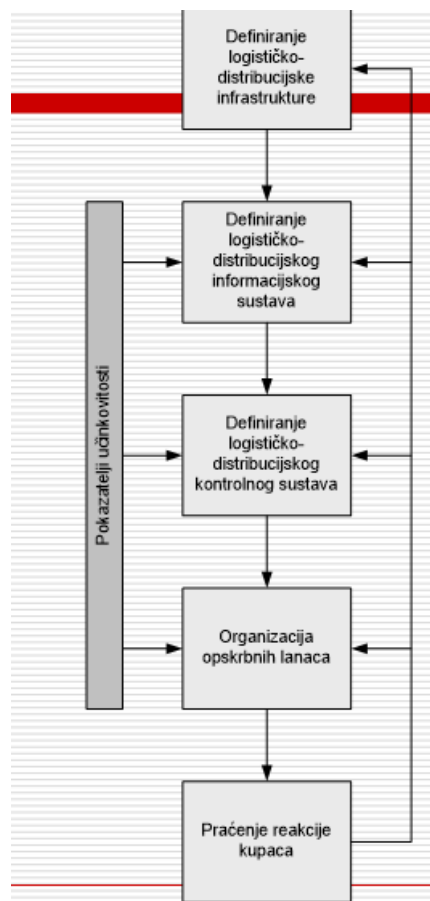
Metoda planiranja logističkih procesa u funkciji distribucijskih (marketinških) kanala sastoji se od osam koraka koji su prikazani na slici 2, koji nisu niti jednostavni niti brzi, ali kompletnost koraka je obavezna. Poduzeće može kratkoročno izmijeniti svoje reklamacije, cijene, unajmiti ili otkazati agenciju za istraživanje tržišta te modificirati proizvodnu liniju, ali kada poslovanje postavi svoje distribucijske kanale, javljaju se veliki otpori prema njihovoj modifikaciji. [2] Koraci opisane metode prikazani su na slici 2.



Slika 2. Skica metode planiranja logističkih procesa u funkciji distribucijskih (marketinških) kanala, [2]

2.3. Metode planiranja logističkih procesa u funkciji opskrbnih lanaca

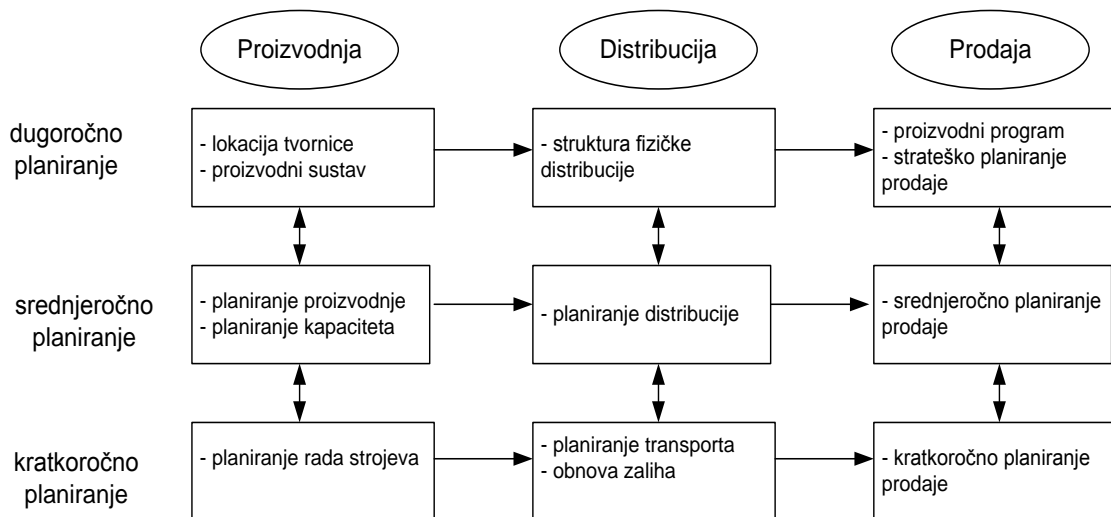
Metoda planiranja logističkih procesa u funkciji opskrbnih lanaca je metoda koja predstavlja takav sustav planiranja gdje opskrbni lanci imaju vodeću ulogu i prema njima se organiziraju i planiraju. Organizacija opskrbnih lanaca se ne može zasebno planirati. Iz tog razloga takva metoda podrazumijeva planiranje logističke infrastrukture, informacijskog i kontrolnog sustava, čije se funkcioniranje prikazuje pokazateljima učinkovitosti, a na funkcioniranje čitavog sustava veliki utjecaj imaju kupci čije se reakcije prate. Određeni elementi sustava mogu se naknadno modificirati u skladu s njihovim željama kupaca. [2] Na slici 3 prikazani su elementi metode planiranja u funkciji opskrbnih lanaca.



Slika 3. Skica metode planiranja logističkih procesa u funkciji opskrbnih lanaca, [2]

2.4. Metoda planiranja logističkih procesa u funkciji vremena

Mreža logističkih procesa dijeli se na interne opskrbne lance za svakog partnera u mreži, a svaki od njih se sastoji od tri glavna postupka opskrbnog lanca s različitim zadacima planiranja. Ograničen kapacitet resursa predstavlja ulaz u proizvodni proces, a sastoji se od različitih pod procesa. Distribucija predstavlja put između lokacije proizvodnje i kupaca, bilo prodavača na malo ili drugih tvrtki koje dalje obrađuju proizvod. [2] Navedeni postupci se ravnaju prema predviđanju potražnje i brojkama narudžbe koje su određene procesom prodaje. Metoda planiranja logističkih procesa u funkciji vremena obuhvaća dugoročno, srednjoročno i kratkoročno planiranje kako je prikazano na slici 4.



Slika 4. Skica metode planiranja logističkih procesa u funkciji vremena, [2]

3. SPECIFIČNOSTI ORGANIZACIJE LOGISTIČKIH PROCESA U HLADNOM LANCU

Doleđivanje robe je proces upravljanja zalihama u kojem se proizvodi ili roba dostavljaju između različitih lokacija ili poslovnih subjekata kako bi se zadovoljile potrebe potrošača ili optimizirao protok materijala unutar lanca opskrbe. Takav proces uključuje praćenje količina robe na različitim lokacijama, upravljanje narudžbama i distribuciju proizvoda na mjesto gdje su najpotrebniji.

Cilj ovog procesa je osigurati da osjetljivi proizvodi poput svježe hrane, lijekova i određenih kemijskih materijala, ostanu u optimalnim uvjetima kako bi se spriječilo njihovo kvarenje, smanjenje kvalitete ili uništenje. Doleđivanje je ključno za očuvanje svojstava proizvoda koji zahtijevaju određenu temperaturu kako bi ostali svježiji i sigurni za korištenje ili konzumaciju.

Na slici 5 prikazan je proces hladnog lanca opskrbe. Određena roba mora se skladištiti nakon proizvodnje dok se ne otpremi na distribucijsko mjesto. Skladištenje određenih vrsta robe mora biti u temperaturno kontroliranim uvjetima koji moraju biti zaštićeni od nestanka struje. Nestanak struje može dovesti do pogoršanja kvalitete ili kvarenja robe.



Slika 5. Prikaz procesa hladnog lanca opskrbe, [3]

Efikasno planiranje logističkih procesa u hladnom lancu ima važnu ulogu u smanjenju troškova skladištenja, poboljšanju usluge prema kupcima i povećanju ukupne produktivnosti poslovanja. Moderne tehnologije poput softverskih rješenja za upravljanje zalihama, automatizacije procesa naručivanja i praćenja u stvarnom vremenu mogu biti od velike pomoći u poboljšanju efikasnosti doleđivanja.

Na slici 6 prikazan je proces u hladnom lancu opskrbe koji započinje sa opremom za skladištenje hladnog lanca opskrbe kao što su izolirani spremnici hladnjače koji su ključni kako bi se hladni lanac opskrbe proveo učinkovito.



Slika 6. Prikaz tijeka hladnog lanca, [1]

Sljedeći korak je transport u kojem je specifično da se lakopokvarljivi tereti prevoze u specijaliziranim vozilima poput kontejnera za hladnjače i vozila hladnjaci koji omogućuju da se održava lanac opskrbe u hladnom pokretu za vrijeme transporta plovnom putem, u zraku ili duž cesta.

Skladišta su mjesta gdje se često obavlja doleđivanje. To može uključivati prijem robe iz proizvodnje ili dobavljača te njeno raspoređivanje na police ili u druge oblike skladišta. U slučaju da se u skladištima otkrije manjak određene robe poduzimaju se koraci za ponovno naručivanje robe kako bi se osigurala dovoljna zaliha.

U velikim maloprodajnim lancima ili tvrtkama koje imaju složene lance nabave distribucijski centri igraju ključnu ulogu u doleđivanju robe. U distribucijskim centrima se prihvaća roba iz različitih izvora i šalje na odredišta koristeći sofisticirane sustave upravljanja zalihama i logističke tehnologije.

Jedan od važnih čimbenika koji ima utjecaj u sudjelovanju odvijanja procesa hladnog režima je carinjenje robe jer omogućava da se roba isporuči brzo i u ispravnosti. U slučaju da se carinjenje robe ne odvija kako je planirano dolazi do situacija poput kašnjenja isporuke povećava se mogućnost gubitka robe, pojave

rizika vezane za kvalitetu proizvoda, te se stvaraju dodatni troškovi vezani za skladištenje transport i same isporuke.

U mnogim organizacijama doleđivanje robe se upravlja pomoću specijaliziranih softverskih rješenja za upravljanje zalihama koji prate stanje zaliha, analiziraju potražnju, automatski generiraju narudžbe i olakšavaju komunikaciju s dobavljačima.

Općenito se doleđivanje robe obavlja na temelju analize potražnje, praćenja zaliha i planiranja s ciljem osiguranja da su potrebni proizvodi dostupni bez gomilanja zaliha ili rizika od nestašica. Njega obično obavljaju poslovni subjekti koji su uključeni u lancu nabave poput proizvođača, distributera, trgovaca ili drugih posrednika. Odgovornost robe može biti raspoređena između više različitih poslovnih subjekata ovisno o složenosti lanca nabave i industriji.

Proizvođači su odgovorni za planiranje proizvodnje i osiguranje da proizvodi budu dostupni u potrebnim količinama, te prate potražnju za svojim proizvodima i naručuju sirovine ili poluproizvode kako bi zadovoljili proizvodne potrebe.

Distributeri su posrednici između proizvođača i krajnjih korisnika. Oni zaprimaju robu od proizvođača i distribuiraju je do različitih prodajnih mjesta ili kupaca. Distributeri su odgovorni za planiranje logističkih procesa hladnog lanca, te praćenje zaliha i naručivanje robe kako bi zadovoljili potražnju svojih kupaca.

Trgovci poput maloprodajnih lanaca ili online trgovina obavljaju doleđivanje robe kako bi održali zalihe na razini potrebnoj za prodaju svojim kupcima. Također prate prodaju proizvoda i naručuju robu od distributera ili direktno od proizvođača kako bi osigurali da imaju dovoljno zaliha za zadovoljavanje potražnje.

Logističke tvrtke mogu biti uključene u doleđivanje robe kao dio njihovih usluga upravljanja zalihama i distribucije. One pružaju usluge kao što su skladištenje, upravljanje inventarom, isporuka i upravljanje transportom robe.

3.1. Ključni aspekti organizacije logističkih procesa u hladnom lancu

Efektivno upravljanje hladnim lancem uključuje pažljivo planiranje logističkih procesa u koje spadaju rute i raspored transporta kako bi se minimiziralo vrijeme provedeno u transportu. Također uključuje strateško pozicioniranje distribucijskih centara kako bi se optimizirala efikasnost i smanjila vjerojatnost zastoja ili kašnjenja. Ključni aspekti hladnog lanca su:

- a) Kontrola temperature,
- b) Izolacija i pakiranje proizvoda,
- c) Rashladni sistemi,
- d) Praćenje i nadzor temperature.

Održavanje odgovarajuće temperature je ključno za očuvanje kvalitete i sigurnosti proizvoda. To može uključivati hlađenje, zamrzavanje ili održavanje

određene temperature ovisno o vrsti proizvoda, svaki proizvod ima specifične temperaturne zahtjeve koji moraju biti zadovoljeni tijekom cijelog transportnog procesa.

Kvalitetna izolacija vozila i kontejnera je neophodna kako bi se minimalizirali toplinski gubici. Materijali poput poliuretanske pjene i stiropora često se koriste za izolaciju. Također pakiranje ima ključnu ulogu u održavanju temperature. Upotreba termo izolacijskih materijala i gel pakiranja može pomoći u očuvanju stabilne temperature.

Vozila koja se koriste u hladnom lancu poput kamiona i prikolica hladnjača opremljena su naprednim rashladnim sustavima koji mogu održavati stabilne temperature tokom transporta. Rashladni sustavi mogu biti pogonjeni dizel motorima, električnim generatorima ili čak solarnom energijom ovisno o specifičnim potrebama i konfiguraciji vozila.

Suvremeni sustavi za praćenje temperature omogućavaju kontinuirano nadgledanje temperaturnih zahtjeva unutar vozila i kontejnera. Uređaji za praćenje često šalju upozorenja i izvještaje u realnom vremenu omogućavajući brzo reagiranje na bilo kakva odstupanja od željene temperature.

Glavni aspekt hladnog lanca je održavanje prikladnih temperatura tijekom cijelog lanca nabave uključujući prijevoz, skladištenje i distribuciju. To zahtijeva korištenje specijalizirane opreme poput rashladnih vozila, hladnjaka i zamrzivača te sustava za nadzor temperature koji mogu pratiti i održavati temperaturu unutar prihvatljivih granica.

Skladišta u hladnom lancu moraju biti specijalno dizajnirana i opremljena sustavima za održavanje niske temperature i kontroliranim uvjetima vlage kako bi se osiguralo da proizvodi ostanu svježi i sigurni tijekom skladištenja. Proizvodi moraju biti pohranjeni u skladu s njihovim specifičnim zahtjevima za temperaturom.

Konstrukcija samog skladišta mora biti dobro izolirana kako bi se minimalizirali gubitci temperature i osigurala energetska efikasnost. Za konstrukciju takve vrste skladišta koriste se najčešće materijali otporni na vlagu i kondenzaciju poput poliuretanska pjene i polistirena pjene, stiropora i slično.

Skladišta moraju imati sposobnost održavanja konstantne temperature u skladu sa zahtjevima proizvoda. To može uključivati različite temperaturne zone unutar skladišta za različite vrste proizvoda, na primjer 2-8°C za rashlađene proizvode, -20°C za zamrznute proizvode, a ispod -70°C za ultra-hladne proizvode.
[3]

Kontinuirani nadzor temperature je važan kod upravljanja hladnim lancem. Upotreba senzora i sustava za praćenje temperature u realnom vremenu omogućava brzo reagiranje na bilo kakva odstupanja. Moraju sadržavati alarmne sustave koji upozoravaju na bilo kakve promjene temperature izvan dozvoljenog opsega.

Pravilna ventilacija važna je za održavanje kvalitete zraka unutar skladišta, sprječavanje vlage i kondenzacije. Na taj način se osigurava da u skladištu nema nakupljanja štetnih plinova. U nekim slučajevima posebno za farmaceutske proizvode kontrola vlažnosti može biti kritična, te iz tog razloga skladišta moraju imati sposobnost održavanja odgovarajućeg nivoa vlažnosti.

Sustavi za praćenje i upravljanje ključni su za učinkovitu organizaciju logističkih procesa u hladnom lancu. To uključuje praćenje temperature proizvoda tijekom transporta i skladištenja te brzu intervenciju u slučaju odstupanja od zadanih uvjeta.

3.2. Transport robe u hladnom lancu

Uspješno doleđivanje robe u transportu ključno je za tvrtke koje se bave proizvodima osjetljivim na temperaturu, jer im omogućava da održe kvalitetu proizvoda, smanje gubitke i poštuju regulatorne zahtjeve čime se osigurava sigurnost i zadovoljstvo krajnjih korisnika.

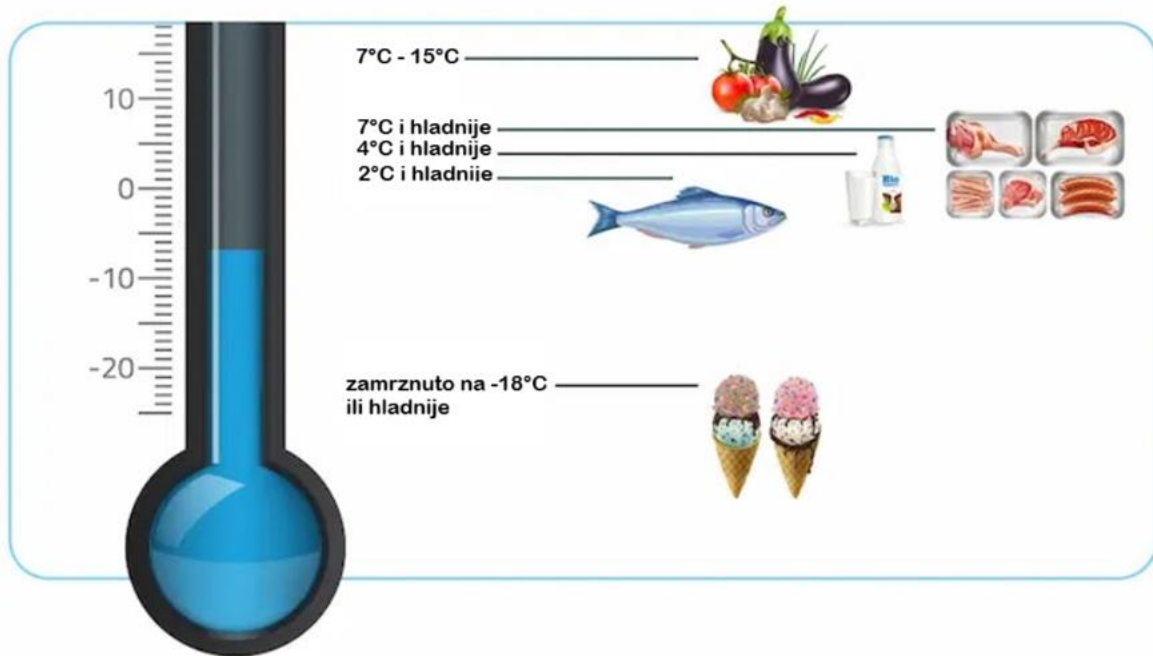
Temperatura u hladnom lancu ovisi o vrsti robe koja se transportira. Kako bi se održala sigurnost i kvaliteta hrane poput poljoprivrednih proizvoda kao što su povrće, voće, meso, jaja, cvijeće i slično postoje određene maksimalne temperature.

Standardi u prijevozu uključuju sljedeće kategorije i temperature [3]:

- a) Duboko zamrzavanje (koristi se za izvoz mesa, morskih plodova) potrebno je prevoziti na temperaturi od -28 °C do -30 °C.
- b) Smrznuto (meso) prijevoz se vrši na temperaturi od -16 °C do -20 °C.
- c) Hlađeni proizvodi (mliječni proizvodi, voće i povrće, svježije meso itd.) moraju se prevoziti na temperaturi između 2 °C do 4 °C.
- d) Farmaceutski proizvodi (lijekovi, cjepiva) na temperaturi od 2 °C do 8 °C.
- e) Rashladni lanac koji uključuje svježe proizvode, lijekove bez recepta te prerađenu hranu moraju se prevoziti na temperaturi od 12 °C do 14 °C.

Transport proizvoda poput svježeg voća zahtjeva pažljivo planiranje i pridržavanje određenih protokola kako bi se osigurala kvaliteta i svježina voća. Većina svježeg voća zahtjeva temperature između 7°C i 15°C kako je prikazano na slici 7. Pravilna vlažnost je ključna za sprečavanje dehidracije voća, a ona bi trebala biti između 85% i 95%. [3]

Za kontrolu vlažnosti koriste se ovlaživači i uređaji koji održavaju optimalnu vlažnost tokom transporta. Kod prijevoza takve vrste tereta bitna je brzina kako bi se očuvala svježina voća, što znači da transport treba organizirati na način da teret što prije stigne do odredišta. Kamioni i kontejneri moraju biti opremljeni sustavima za ventilaciju kako bi se omogućila cirkulacija zraka i spriječilo nakupljanje topline i vlage.



Slika 7. Temperaturni režim skladištenja određenih proizvoda, [3]

Proizvodi poput farmaceutskih lijekova zahtijevaju posebne uvjete tijekom transporta. Njihovo pakiranje zahtjeva stroge protokole kako bi se osiguralo očuvanje njihove kvalitete, sigurnosti i efikasnosti. Proces pakiranja može se razlikovati ovisno o vrsti farmaceutskog proizvoda, njegovih temperaturnih zahtjeva i specifičnih režima transporta. [3]

Temperaturni režim kod transporta mesnih proizvoda razlikuje se ovisno o vrsti mesa. Svježe meso mora se prevoziti na temperaturi između 0°C i 2°C, ohlađeno meso između 0°C i 4°C, zamrznuto meso na temperaturi ispod -18°C, a duboko zamrznuto meso ispod -30°C. [3]

3.3. Načini pakiranja robe u hladnom lancu

Proizvodi u hladnom lancu moraju biti pravilno pakirani kako bi se osiguralo da ostanu zaštićeni od vanjskih utjecaja i da se održi stabilna temperatura. [12]

Postoji veliki izbor rashladnih proizvoda koji se koriste za pakiranje proizvoda kako bi pokvarljiva roba ostala hladna. Postoje dvije glavne kategorije takvih tehnologija.

Pod prvu kategoriju spadaju pasivni hladni spremnici koji se oslanjaju na suhi led, pakiranja gelova, gel boce, tekući dušik, toplinske deke i druge rashladne i pomoćne tvari kako bi unutarnja temperatura bila niska.

Farmaceutski proizvodi mogu biti zahtjevniji i zahtijevaju iznimno nisko zamrzavanje, pa se razvijaju specijalizirani spremnici kako bi zadovoljili potrebe industrije. [8]

Pod drugu kategoriju spadaju aktivni hladni spremnici, odnosno kontejneri koji mogu pratiti i kontrolirati unutarnju razinu temperature. Takve rashladne jedinice s napajanjem uključuju senzore, upravljačku jedinicu i ventilatore koji automatski podešavaju temperaturu kako bi bila stabilna.

Način pakiranja ovisi o nekoliko bitnih čimbenika poput duljine trajanja prijevoza te veličine tereta koji se prevozi. Pakiranje može uključivati upotrebu izolacijskih materijala, termo izoliranih kontejnera ili ambalaže s kontroliranim atmosferama. Izolacijski materijali prikazani na slici 8 koriste se za prijevoz materijala koji imaju posebne temperaturne zahtjeve.



Slika 8. Tehnologije pakiranja u hladnom lancu, [4]

Toplinske deke su obloge koje se koriste za održavanje temperature tereta unutar spremnika. Termalne vrećice također koriste istu tehnologiju koja dugo drži materijal unutra hladnim. Izolirane vakuumske ploče imaju vakuum između dva izolacijska sloja koji su obloženi na zidovima spremnika kako bi zaštitili robu od temperaturnih fluktuacija. To je važno u ekstremnim klimatskim uvjetima gdje visoke vanjske temperature mogu ugroziti efikasnost hladnog lanca. [4]

Koriste se hladne kutije koje su izolirane kutija i one služe za hitno skladištenje cjepiva i leda. Dostupne su u dvije veličine, male i velike. Koriste se u slučajevima [4]:

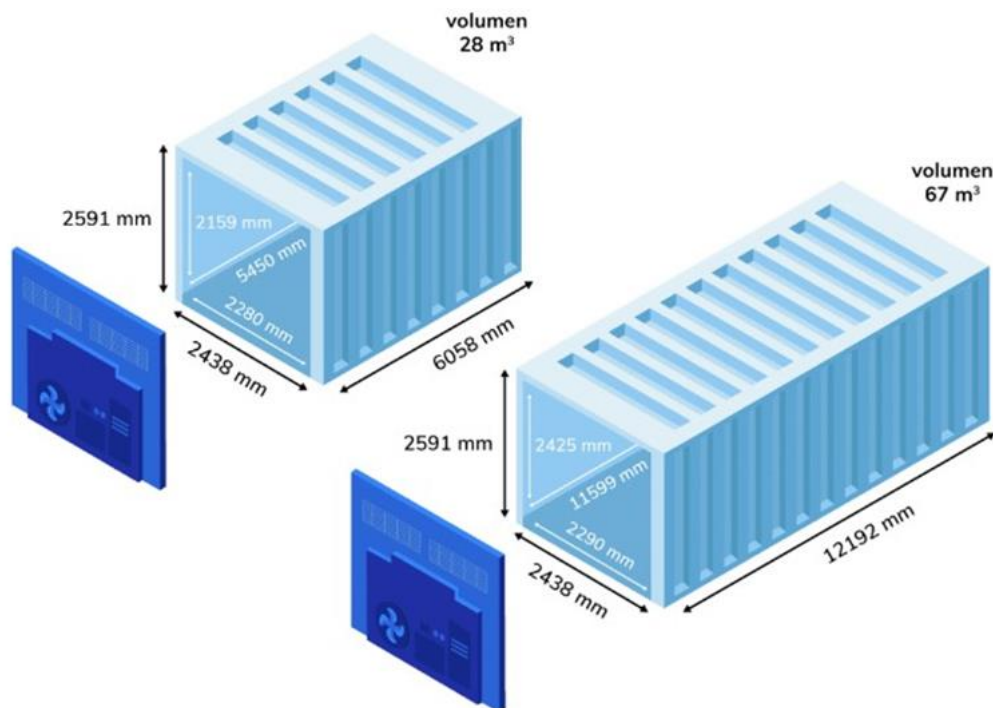
- a) Prikupljanja i prijevoza velikih količina cjepiva,
- b) Čuvanja cjepiva za prijenos do pet dana u slučaju nestanka struje,
- c) Skladištenje cjepiva u slučaju nepredviđenih situacija
- d) Skladištenje smrznutih pakiranja leda

Gel pakiranja najčešće se koriste za medicinsku i farmaceutsku robu, dok se suhi led koristi za opasne tvari i hranu iz razloga jer može dulje držati robu zamrznutom. Tekući dušik koristi se za prijevoz biološkog tereta poput organa ili tkiva, upravo iz razloga jer je izuzetno hladan. [4]

Prednosti gel pakiranja su mogućnost efikasnog održavanja stabilne temperature unutar transportnog kontejnera ili kutije. Time se sprječava zagrijavanje ili zamrzavanje proizvoda koji imaju određene temperaturne zahtjeve. Također imaju sposobnost zadržavanja hladnoće što ih čini pouzdanim izvorom hlađenja za teret. Pružaju neprekidno hlađenje tokom transporta, bez naglih oscilacija temperature, a proizvode se ekološki prihvatljivim materijalima i mogu se reciklirati nakon upotrebe što ih čini ekološki prihvatljivim izborom za transport robe. Jednostavni su za upotrebu, samo ih treba zamrznuti ili ohladiti prije upotrebe, a zatim staviti u kontejner zajedno sa teretom.

Kontejneri za održavanje temperature poznati kao hladnjaci ili reefer kontejneri koriste se za transport robe koja zahtjeva specifične temperaturne režime tokom transporta. Takvi kontejneri su ključni za logističku industriju jer omogućavaju prijevoz kvarljive robe na velike udaljenosti poput hrane, lijekova i kemikalija.

Najčešće se za prijevoz smrznutog tereta koriste standardni rashladni kontejneri, koji mogu biti 20 stopni ili 40 stopni. Dimenzije takvih kontejnera prikazane su na slici 9.



20' rashladni kontejner (20'X8'X8,6')					
Dimenzije	Dužina	Širina	Visina	Težina	Zapremnina
Izvana	6058 mm	2438 mm	2591 mm	2,8 t nosivost 29t	28 m3
Iznutra	5450 mm	2280 mm	2159 mm		

40' rashladni kontejner (40'X8'X8,6')					
Dimenzije	Dužina	Širina	Visina	Težina	Zapremnina
Izvana	12192 mm	2438 mm	2591 mm	4,4 t nosivost 29t	67 m3
Iznutra	11599 mm	2290 mm	2425 mm		

Slika 9. Dimenzije rashladnog kontejnera, [5]

Rashladni kontejneri dolaze sa sustavima za daljinsko praćenje koji omogućavaju operaterima da prate temperaturu, vlažnost i druge ključne parametre u realnom vremenu što ima velik utjecaj za osiguranje integriteta kvarljive robe. Takvi kontejneri imaju precizne sustave za kontrolu temperature koji omogućavaju podešavanje i održavanje specifičnih temperaturnih uvjeta. Imaju ugrađene digitalne termostate zbog kojih mogu održavati temperaturu u rasponu od -30°C do $+30^{\circ}\text{C}$ ili čak šire, zavisno od modela i potreba. [5] Prednosti rashladnih kontejnera su održavanje kvalitete proizvoda koji se prevozi, odnosno sprječavanje kvarenja i osiguranje svježine proizvoda, povećanje roka trajanja pokvarljive robe, te mogućnost transporta različitih vrsta robe pod kontroliranim režimom.

Neki od proizvoda koji se prevoze u rashladnim kontejnerima su svježe meso, riba, voće i povrće, prerađena hrana, mliječni proizvodi, sokovi, vino i slično. [10]

Rashladni kontejneri imaju ugrađen sustav za hlađenje na jednom kraju kao što je prikazano na slici 10. Imaju posebne oznake i naljepnice koje ih identificiraju kao kontejnere sa rashladnim sustavima. Opremljeni su ventilacijskim rešetkama koje omogućavaju cirkulaciju zraka kako bi temperatura bila ravnomjerno raspoređena. Na kraju kontejnera na mjestu gdje je ugrađen sustav za hlađenje nalazi se kontrolna ploča koja omogućava podešavanje i praćenje temperature unutar kontejnera.



Slika 10. 40 stopni rashladni kontejner, [5]

U cestovnom transportu u hladnom lancu koriste se kamioni hladnjače. Kamioni hladnjače su specijalizirana vozila koja se koriste za transport lako pokvarljive robe koja zahtjeva kontrolirani temperaturni režim. Takva vozila su opremljena rashladnim sustavima koji omogućavaju održavanje konstantne temperature unutar tovarnog prostora čime se osigurava svježina i sigurnost proizvoda tokom transporta.

Rashladni sustavi u kamionima hladnjačama mogu biti pokretani dizel motorima, električnim generatorima ili čak solarnim panelima. Temperatura unutar kamiona može se podešavati ovisno o tipu tereta od nekoliko stupnjeva iznad nule do duboko ispod nule.

Kamioni hladnjače su izuzetno dobro izolirani kako bi se minimalizirali toplinski gubitci. Zidovi, podovi i krovovi su obloženi specijalnim materijalima poput poliuretanske pjene ili stiropora.

Također u cestovnom transportu koriste se prikolice hladnjače. One su opremljene rashladnim jedinicama koje mogu održavati unutrašnju temperaturu u određenom rasponu, često od -25°C do $+25^{\circ}\text{C}$ ovisno o uvjetima tereta koji se prevozi. Izolacija im je slična kao i kod kamiona hladnjača. [6]

Nedostatci kamiona hladnjača i prikolica hladnjača su visoki troškovi, tehnička izloženost te energetska efikasnost. Nabava, održavanje i operativni troškovi prikolica i kamiona hladnjača su veći u usporedbi sa standardnim prikolicama i kamionima, a njihovi rashladni sustavi zahtijevaju redovito održavanje kako bi se osigurala njihova ispravnost i efikasnost. Rashladni sustavi kod takvih prijevoznih sredstva mogu biti energetske zahtjevni.

Kamioni hladnjače i prikolice hladnjače imaju slične funkcije, ali se razlikuju u nekoliko ključnih aspekata uključujući konstrukciju, fleksibilnost, i upotrebu. Kamioni hladnjače imaju manje kapacitete u usporedbi sa prikolicama hladnjačama i koriste se za kraće ili srednje udaljenosti, a pogodni su za isporuke u urbanim sredinama i za distribuciju robe na kraćim udaljenostima.

Prikolice hladnjače obično imaju veći kapacitet i koriste se za transport veće količine robe na većim udaljenostima. Također mogu se odvojiti od vučnog vozila, omogućavajući da se kabina kamiona koristi za druge zadatke dok je prikolica na ukrcaju ili iskrcaju kako je prikazano na slici 11.



Slika 11. Prikolica hladnjača, [7]

4. STUDIJA SLUČAJA DOLEĐIVANJA ROBE U HLADNOM LANCU

Studija slučaja o doleđivanju robe u hladnom lancu fokusira se na primjenu strategija upravljanja zalihama i logističkih procesa kako bi se osiguralo da se svježa hrana isporučuje na siguran i efikasan način.

Pod elementima studije slučaja podrazumijevaju se analiza potražnje, upravljanje zalihama, logistički procesi, sigurnost te efikasnost i troškovi. Studija slučaja bi na temelju nekoliko ključnih elemenata mogla pružiti uvid u uspješnost primijenjenih strategija upravljanja zalihama i logističkih procesa te identificirati moguće prilike za poboljšanja u efikasnosti, sigurnosti hrane i smanjenju troškova u hladnom lancu.

Kod analize potražnje studija bi mogla istražiti kako tvrtka analizira potražnju za svojim proizvodima kako bi bolje predvidjela koliko robe treba naručiti i distribuirati. Istraživanje bi moglo obuhvatiti kako tvrtka upravlja zalihama svježe hrane, uključujući praćenje datuma isteka, rotaciju zaliha i minimiziranje gubitaka uslijed propadanja.

Analiza bi mogla istražiti logističke procese koji su uključeni u doleđivanje robe u hladnom lancu, uključujući transport, skladištenje i distribuciju. To bi moglo uključivati i analizu korištenih tehnologija i infrastrukture poput hladnjaka, rashladnih prikolica i sustava praćenja temperature.

Upravljanje zalihama jedan je od bitnijih elemenata studije slučaja. Zalihe se u opskrbnom lancu nalaze u svim njegovim fazama: fazi nabave, fazi proizvodnje, fazi distribucije i fazi potrošnje. Upravljanje zalihama generira niz složenih aktivnosti koje zahtijevaju istraživački rad i stručnost kako bi se zalihe pravilno planirale, nabavljale, kontrolirale, odnosno kako bi se njima pravilno upravljalo. Dobro upravljanje zalihama podrazumijeva njihovu optimizaciju, odnosno držanje zaliha u količini koja nije prevelika, ali je dovoljna za realizaciju proizvodnje, distribucije i prodaje. Optimiranje zaliha uvelike bi bilo olakšano kada bi sudionici opskrbnog lanca mogli precizno prognozirati potražnju za svojim proizvodima. [2]

Dobro upravljanje zalihama smanjuje troškove, omogućava ekonomičnu nabavu i proizvodnju, štiti poslovanje u uvjetima neizvjesnosti, te omogućuje tok materijala unutar poslovnog sustava. Studija bi mogla istražiti kako tvrtka osigurava sigurnost hrane tijekom cijelog lanca opskrbe uključujući mjere za sprječavanje kontaminacije i održavanje odgovarajućih temperatura tijekom prijevoza i skladištenja. Istraživanje bi moglo procijeniti efikasnost poslovnih procesa u hladnom lancu uključujući troškove povezane s doleđivanjem, transportom, skladištenjem i upravljanjem zalihama.

Studija slučaja o doleđivanju robe u hladnom lancu jasno pokazuje važnost optimizacije samo procesa doleđivanja kako bi se osigurala svježina, kvaliteta i sigurnost proizvoda tijekom procesa distribucije. Korištenje naprednih tehnologija, inovativnih materijala i efikasnih logističkih rešenja omogućava kompanijama da

unaprijede svoje operacije u hladnom lancu, smanje troškove i smanje negativan ekološki utjecaj.

Logistički procesi obuhvaćaju različite aktivnosti i korake koji se odvijaju tijekom cijelog lanca opskrbe poput planiranja, nabave, proizvodnje, skladištenja, upravljanja zalihama, transporta, distribucije i zadovoljavanje potražnje kupaca. [13]

Logistički proces hladnog lanca je vrsta logistike koja se koristi za transport, skladištenje i rukovanje proizvodima koji zahtijevaju kontrolu temperature proizvoda kako bi se očuvala njihova svježina i kvaliteta. Taj proces je od iznimne važnosti u prehrambenim, farmaceutskim i biotehnološkim industrijama u kojima temperature izvan dozvoljenog ograničenja mogu dovesti do kvarenja ili gubitka efikasnosti proizvoda.

Na slici 12 prikazani su procesi hladnog lanca koji uključuju planiranje i pripremu robe, skladištenje, pakiranje, transport, distribuciju, te dolazak na krajnje odredište.



Slika 12. Logistički procesi u hladnom lancu, [13]

Prije samog procesa potrebno je pravilno isplanirati rutu, odabrati odgovarajuću opremu i prijevozna sredstva, te osigurati da svi sudionici u procesu hladnog lanca razumiju specifične zahtjeve. To uključuje razmatranje zahtjeva temperaturnog režima proizvoda, vremena dostave, specifičnih uvjeta prijevoza i skladištenja. Važan korak je odabrati optimalno prijevozno sredstvo za prijevoz robe u hladnom lancu. Odabir optimalne rute može smanjiti rizik od kvarova, a izbjegavanje kašnjenja može pomoći kod očuvanja kvalitete proizvoda.

Proizvodi u hladnom lancu moraju biti skladišteni u skladištima koja imaju mogućnost kontrole temperature. Za skladištenje proizvoda kao što su meso, mliječni proizvodi, voće, povrće i lijekovi koriste se hladnjače. Nakon završetka proizvodnje proizvoda, proizvod se mora skladištiti u predviđenom prostoru do trenutka kada se treba transportirati na željeni prostor. [13]

Pravilno pakiranje proizvoda omogućuje očuvanje njegove kvalitete i sprječavanje kvarljivosti tokom transporta i skladištenja. Specijalizirani materijali za pakiranje poput izolacijskih kutija, gel paketa za hlađenje ili suhog leda pomažu u održavanju temperature tokom transporta, čak i u slučaju promjene vremenskih uvjeta izvan vozila u kojem se prevoze.

Transport je ključan proces u hladnom lancu, koji se odnosi na prijevoz od početne točke, odnosno proizvodnje do krajnje točke, odnosno potrošača ili korisnika.

Transport u hladnom lancu obično uključuje korištenje rashladnih kamiona, kontejnera ili vagona koji su opremljeni hlađenjem ili zamrzavanjem. Vozači i radnici u logistici moraju biti obučeni za pravilno rukovanje s proizvodima osjetljivim na temperaturu i za održavanje temperaturnih uvjeta tijekom prijevoza. Ovi sustavi su ključni za sprječavanje fluktuacija temperature koje mogu utjecati na kvalitetu proizvoda.

Glavni cilj transporta u hladnom lancu je očuvanje proizvoda u određenom definiranom temperaturnom režimu. Tokom transporta temperatura sredstva u kojem se prevoze proizvodi mora se neprekidno pratiti. U praćenju temperature pomažu različiti sustavi i tehnologije za praćenje temperature koji omogućavaju uvid u stvarno stanje proizvoda u realnom vremenu.

Po samom dolasku na destinaciju proizvodi moraju biti pravilno skladišteni ili distribuirani dalje krajnjim korisnicima. U procesu distribucije mora osigurati da se proizvodi ne izlažu neželjenim temperaturama.

Kao primjer studije slučaja može se uzeti distribucija farmaceutskih proizvoda. U slučaju da tokom transporta na veće udaljenosti dođe do kašnjenja u isporuci zbog nepovoljnih vremenskih uvjeta to može rezultirati prekidom hladnog lanca na nekoliko sati. Promjena temperaturnih uvjeta farmaceutskih proizvoda može pokvratiti njihovu efikasnost. Da bi se problem riješio mora se brzo procijeniti situacija i donijeti odluka o obnovi hladnog lanca. Upotrebom uređaja za praćenje temperature u realnom vremenu može se precizno procijeniti kada i na koliko dugo je došlo do prekida temperature, što pomaže kod procijene jesu li proizvodi bili izloženi u uvjetima koji prelaze sigurnosne granice. Na prekrcajnim točkama transporta mogu se koristiti mobilni rashladni uređaji kako bi brzo vratili proizvod na odgovarajuću temperaturu. Takođe, korištenjem suhog leda i gel paketa može se postići stabilizacija temperature prije nego proizvodi dođu do krajnjeg korisnika.

Po dolasku farmaceutski proizvodi moraju proći dodatne testove kako bi bili sigurni da nisu izgubili efikasnost. Ako su proizvodi ostali unutar okvira dozvoljenih prekoračenja sigurni su za upotrebu.

Nakon mogućih problema važno je unaprijediti planiranje logističkih procesa uvođenjem dodatnih sustava za hlađenje i boljim planiranjem ruta kako bi se smanjio rizik od prekida hladnog lanca u budućnosti.

5. INOVATIVNE TEHNOLOGIJE KOD ORGANIZACIJE LOGISTIČKIH PROCESA U HLADNOM LANCU

U organizaciji logističkih procesa u hladnom lancu inovativne tehnologije imaju ključnu ulogu u poboljšanju učinkovitosti, sigurnosti i preciznosti. Neke od inovativnih tehnologija koje se koriste u hladnom lancu su automatizirani sustavi praćenja temperature, Blockchain tehnologija, Internet stvari, robotika i automatizacija, te napredna analiza podataka. Moderni teški rashladni sustavi pomažu u održavanju tih temperatura tijekom skladištenja i prijevoza robe.

Kombinacija ovih inovativnih tehnologija omogućava organizacijama u hladnom lancu da osiguraju visoku razinu sigurnosti, kvalitete i efikasnosti u transportu i skladištenju osjetljive robe poput hrane, lijekova ili kemijskih proizvoda.

Neke od tehnologija hlađenja su mehaničko hlađenje, termoelektrično hlađenje te kriogeno hlađenje. Većina rashladnih kontejnera koristi mehaničke sustave hlađenja, koji su slični onima u kućnim frižiderima. Kod tih sustava koriste se kompresori i rashladne tekućine. Funkcioniraju na principu kompresije i ekspanzije rashladnog fluida kako bi apsorbirali i odvodili toplinu omogućavajući precizno održavanje željenih temperaturnih uvjeta. Ovi sustavi su dizajnirani za dugotrajan rad uz minimalno održavanje što ih čini pouzdanim za dugotrajne transportne operacije. Također omogućuju preciznu kontrolu temperature unutar kontejnera što je važno za transport osjetljive robe poput farmaceutskih proizvoda i hrane. Jedna od prednosti korištenja takovog sustava je da mogu održavati širok raspon temperatura što ih čini pogodnim za različite vrste tereta.

5.1. Automatizirani sustavi praćenja temperature

Napredni senzori i sustavi za praćenje temperature mogu kontinuirano nadzirati temperaturu unutar hladnjaka, rashladnih prikolica ili kontejnera tijekom transporta. Ovi sustavi mogu automatski detektirati i reagirati na bilo kakva odstupanja od postavljenih parametara te pružiti realno vremenske podatke o temperaturi putem mobilnih aplikacija ili internetskih platformi.

Većina proizvoda osjetljivih na temperaturu također je osjetljiva i unatoč odgovarajućim uvjetima skladištenja. Takvi proizvodi moraju se transportirati bez kašnjenja. Postoji puno sustava za praćenje poput globalnog položajnog sustava (*Global Positioning System* - GPS), radio-frekvencijske identifikacije (*Radio-frequency identification* - RFID) i bluetooth niske energije (*Bluetooth Low Energy* - BLE). Ti sustavi još uvijek ne pružaju samostalno praćenje u stvarnom vremenu. Da bi primali ažuriranja uživo moraju biti povezani s Internet stvarima (*Internet of things* - IoT) i njihovom infrastrukturom.

5.1.1. Radio-frekvencijska identifikacija

Jedna od često korištenih tehnologija je radio-frekvencijska identifikacija (*Radio-frequency identification* - RFID) koja koristi radio valove za prijenos podataka između radio-frekvencijske oznake i čitača. Često se koristi kod doleđivanja robe zbog svoje sposobnosti efikasnog praćenja, identifikacije i kontrole robe u različitim fazama logističkog procesa. [6]

Kod skladištenja radio-frekvencijske oznake omogućavaju automatsko prepoznavanje artikla bez potrebe za ručnim skeniranjem što rezultira uštedom vremena kod obavljanja skladišnih poslova. Ima mogućnost brzog praćenja statusa robe u skladištu što omogućava korisnicima skladišta uvid u dostupnost proizvoda u realnom vremenu. Također prednost takve vrste tehnologije je njegova sposobnost lociranja robe u velikim skladištima što smanjuje vrijeme potrebno za traženje određenih artikla.

Tokom transporta radio-frekvencijska tehnologija koristi se za praćenje robe. Oznake na kontejnerima, kutijama ili pojedinačnim proizvodima omogućavaju praćenje pošiljki od skladišta do krajnjeg odredišta u realnom vremenu. Na ulazima i izlazima iz skladišta takva tehnologija može automatski očitati oznake na robi bez potrebe za ručnim skeniranjem što smanjuje vrijeme trajanja određenih procesa, odnosno zastoja.

Postoje radio-frekvencijske oznake sa sensorima za praćenje temperature koje mogu bilježiti temperaturu kada se očitaju i one koje aktivno mjere temperaturu i bilježe je u određenim vremenskim intervalima. One se koriste u transportu i skladištenju robe koja je osjetljiva na promjenu temperature poput lijekova, svježe hrane ili kemikalija. Mogu pratiti temperaturu u rashladnim kontejnerima i kamionima kako bi se osiguralo da se proizvodi prevoze pod odgovarajućim uvjetima tijekom transporta. Takva tehnologija ima mogućnost provjere koja ukazuje na velike oscilacije u temperaturama.

Radio-frekvencijska oznaka je mali uređaj koji sadrži mikroprocesor i antenu kako je prikazano na slici 13. Čitač emitira radio valove i čita informacije sa oznake, a može slati i informacije prema bazi podataka ili sustavu za praćenje. [6]



Slika 13. Radio-frekvencijski uređaj, [6]

5.1.2. Internet stvari tehnologija

Internet stvari (*Internet of things* - IoT) su vrsta tehnologije koja se povezuje s podacima u stvarom vremenu. Infrastruktura takve tehnologije uključuje bluetooth senzore, prijenosnu pristupnu točku, pohranu, te aplikaciju ili platformu za korisnika.

Takva tehnologija bavi se povezivanjem podataka u stvarnom vremenu. Infrastruktura takve tehnologije uključuje bluetooth senzore koji su pričvršćeni na spremnike, pakete ili palete i koji mjere temperaturu, a ponekad i vlažnost, razinu ispušnih plinova, prijenosnu pristupnu točku koja prikuplja mjerenja sa senzora i prenosi zapise u virtualnu pohranu, pohranu koja prima zapise, pohranjuje ih, obrađuje i omogućuje dohvaćanje podataka po potrebi, te aplikaciju ili platformu koja je prilagođena korisniku.

Princip rada takve tehnologije prikazan je na slici 14. Odvija se putem prijenosnog Hot spota koji prikuplja podatke mjerenja sa senzora i prenosi ih u virtualnu pohranu. Podatci se pohranjuju u pohranu koja zaprima zapise, pohranjuje ih, te obrađuje, a također ima mogućnost dohvaćanja podataka po potrebi. Aplikacija ili platforma koja je dostupna korisniku vizualizira informacije za korisnike putem nadzornih ploča. [8]



Slika 14. Princip rada IoT tehnologije u hladnom lancu, [8]

5.2. Blockchain tehnologija

Integracija blockchain tehnologije u logističke procese hladnog lanca omogućava transparentno praćenje putanja i stanja proizvoda od proizvođača do krajnjeg korisnika. Takva tehnologija omogućava stvaranje sigurnih i neizbrisivih zapisa o temperaturi, vlažnosti, vremenu transporta i drugim važnim podacima što pomaže u osiguravanju sigurnosti hrane i identifikaciji problema u slučaju incidenta.

Blockchain se često čuva na mreži računala širom svijeta što podrazumijeva da nema centralnog autoriteta koji kontrolira sustav. To pomaže u sprečavanju cenzure i manipulacije podacima. Transakcije koje se jednom unesu u blockchain ne mogu se mijenjati ili obrisati što osigurava nepovratnost i integritet podataka.

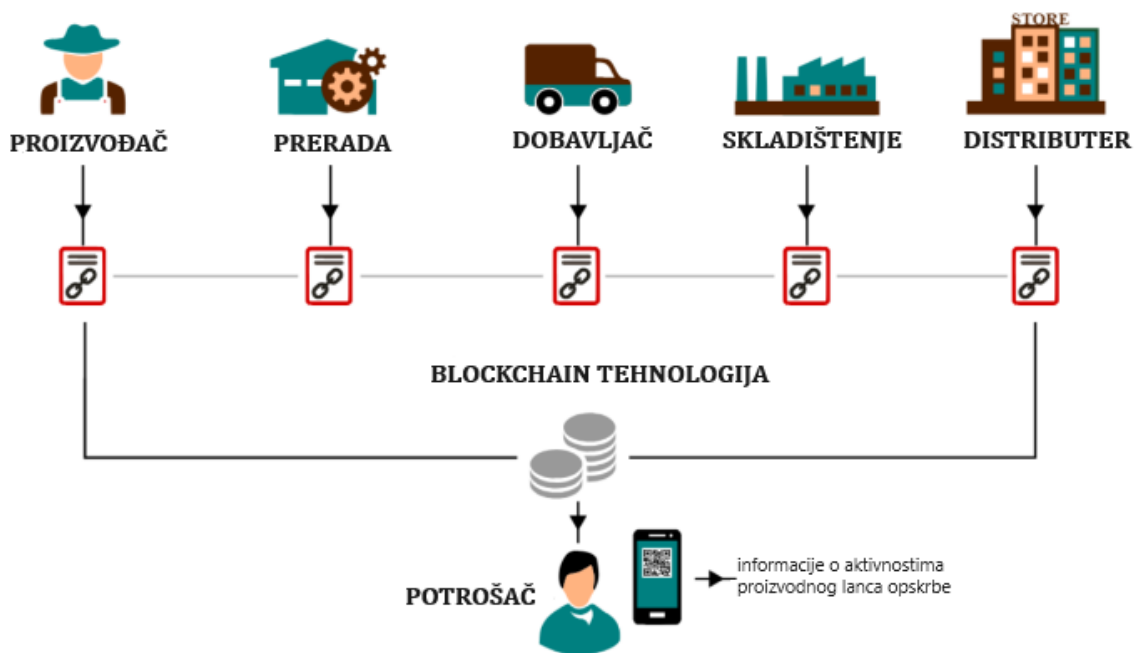
Blockchain tehnologija može imati značajnu primjenu u transportnoj industriji, posebno u planiranju logističkih procesa, praćenju tereta, upravljanju transportnog lanca i osiguranju transparentnosti i sigurnosti podataka. Ono omogućava praćenje tereta tokom čitavog transportnog procesa. Svaka promjena vlasništva ili lokacije tereta može se evidentirati u blockchainu, pružajući svim sudionicima transportnog lanca uvid u trenutni status pošiljke. To može pomoći u smanjenju gubitaka, krađa i nedostataka u isporuci.

Transportni dokumenti poput računa, ugovora, otpremnica i carinskih dokumenata mogu biti podložni falsifikaciji ili gubitku. Korištenjem blockchain tehnologije dokumenti se mogu digitalno evidentirati i sigurno čuvati omogućavajući brzu razmjenu između različitih sudionika transportnog lanca.

Također takva tehnologija može se koristiti za praćenje i upravljanje inventarom u skladištima što omogućava bolje planiranje zaliha, smanjenje zaliha koje se gube ili ističu i optimizaciju procesa naručivanja i isporuke. U slučaju povlačenja proizvoda blockchain omogućava brzo i precizno identificiranje i praćenje pogođenih serija proizvoda čime se smanjuje rizik za potrošače i troškovi povrata.

Prednosti korištenja takve tehnologije očituju se kroz sigurnost, transparentnost, smanjenje troškova i povećanje efikasnosti. Kriptografska zaštita podataka osigurava njihovu nepovredivost, pa se tehnologija oslanja na sigurnost podataka. Direktne transakcije smanjuju potrebu za posrednicima što smanjuje troškove i povećava efikasnost. Svi sudionici imaju uvid u sve transakcije što povećava povjerenje, te čini tehnologiju transparentnom. Zbog toga postoji potencijal za unaprijeđenje logističkih procesa u hladnom lancu.

Nedostatci takve tehnologije su što upravljanje velikim količinama podataka može biti izazovno i zahtijeva značajne resurse. Također pravna regulacija blockchain tehnologije još uvijek nije u potpunosti definirana u mnogim jurisdikcijama. Izazov je usklađivanje blockchain tehnologije s postojećim informacijskim sustavima i procesima. Na slici 15 prikazan je princip rada Blockchain tehnologije u lancu opskrbe od proizvođača do potrošača.



Slika 15. Princip rada Blockchain tehnologije u lancu opskrbe hranom, [9]

6. ZAKLJUČAK

Planiranje logističkih procesa je ključno za osiguranje nesmetanog toka robe, smanjenje troškova i maksimizaciju efikasnosti lanca opskrbe. Pravilno planirani logistički procesi omogućavaju proizvođačima da budu konkurentni na tržištu, poboljšaju zadovoljstvo kupaca i postignu održiv rast.

Razvoj logistike hladnog lanca izravna je posljedica rasta globalne trgovine i lanca opskrbe. Dozvoliti proizvodima da budu izloženi neadekvatnim uvjetima temperature može rezultirati gubitkom kvalitete, propadanjem, pa čak i opasnostima po javno zdravlje. Iz tog razloga osiguravanje stabilnih i optimalnih temperatura tijekom cijelog lanca opskrbe ključno je za očuvanje kvalitete proizvoda, smanjenje otpada i osiguranje sigurnosti potrošača.

Logistički procesi u hladnom lancu su specifični i kompleksni zbog potrebe održavanja kontrolirane temperature tijekom cijelog lanca opskrbe. Ovi procesi uključuju sve korake od skladištenja, prijevoza do distribucije osjetljivih proizvoda poput hrane, lijekova i kemijskih supstanci.

Doleđivanje robe obuhvaća proces praćenja zaliha, analizu potražnje, naručivanje robe i distribuciju na odgovarajuće lokacije kako bi se zadovoljile potrebe kupaca. Moderne tehnologije poput softverskih rješenja za upravljanje zalihama i automatizaciju naručivanja često se koriste kako bi se olakšalo planiranje logističkih procesa i poboljšala efikasnost u lancu nabave.

Doleđivanje robe u transportu odnosi se na proces održavanja kontrolirane, niske temperature proizvoda tijekom transporta od jednog mjesta do drugog unutar hladnog lanca. Cilj ovog procesa je osigurati da osjetljivi proizvodi, poput svježih hrane, lijekova i određenih kemijskih materijala, ostanu u optimalnim uvjetima kako bi se spriječilo njihovo kvarenje, smanjenje kvalitete ili uništenje. Ono je ključno za očuvanje svojstava proizvoda koji zahtijevaju određenu temperaturu kako bi ostali svježiji i sigurni za korištenje ili konzumaciju.

Kontejneri za održavanje temperature su neophodni za globalnu logistiku i opskrbu osiguravajući da proizvodi stižu do krajnjih korisnika u optimalnom stanju, bez obzira na udaljenost i vreme transporta. Rashladni kontejneri su ključni za hladni lanac opskrbe koji uključuje kvarljivu robu osiguravajući da proizvodi stignu do krajnjih korisnika u najboljem mogućem stanju neovisno o udaljenosti i vremenskim uvjetima.

Transport robe u hladnom lancu je važan je za mnoga tržišta i industrije osiguravajući da proizvodi stignu do potrošača u optimalnom stanju. Postoji niz propisa i standarda koji se moraju poštovati prilikom transporta kvarljivih proizvoda. Pridržavanje tih pravila je ključno za osiguranje sigurnosti i kvaliteta proizvoda. Kontinuirani napredak u tehnologiji rashladnih sustava, izolacijskih materijala i logističkih rešenja doprinosi sve efikasnijem i pouzdanijem transportu u hladnom lancu.

Primjena tehnologija pomaže u osiguravanju kontinuiranog i stabilnog hladnog lanca smanjujući rizik od kvarenja proizvoda i optimizirajući operativne troškove. Radio-frekvencijska tehnologija je ključna tehnologija koja povećava efikasnost i smanjuje troškove u logistici, upravljanju zalihama i maloprodaji. Radio-frekvencijske oznake sa temperaturnim sensorima su korisna tehnologija u slučajevima gdje je praćenje i očuvanje temperature od važnosti, posebno u hladnom lancu opskrbe.

Inovativne tehnologije u hladnom lancu predstavljaju glavnu stavku za unapređenje kvalitete i sigurnosti prehrambenih proizvoda, farmaceutskih proizvoda i drugih osjetljivih materijala. Implementacija naprednih rješenja kao što su internet stvari, blockchain tehnologija, automatizacija i napredne metode praćenja temperature omogućava preciznu kontrolu i optimizaciju svih faza hladnog lanca od proizvodnje do krajnjeg potrošača.

Primjena uređaja i senzora Internet stvari omogućava kontinuirano praćenje temperature i stanja proizvoda u realnom vremenu što smanjuje rizik od kvarenja i omogućava brzu reakciju na eventualne probleme.

Blockchain tehnologija donosi transparentnost i sigurnost podataka, čime se povećava povjerenje između svih sudionika u lancu opskrbe. Automatizacija poput robota poboljšava efikasnost i smanjuje ljudske pogreške.

Takve inovativne tehnologije uz unapređenje operativne efikasnosti, također doprinose smanjenju otpada, zaštiti životne sredine i očuvanju resursa. Usvajanje tehnologija donosi koristi potrošačima kroz poboljšanu sigurnost i kvalitet proizvoda, dok istovremeno podržava održivost i ekonomsku isplativost u hladnom lancu.

Investicije u inovativne tehnologije predstavljaju strateški potez koji omogućava poduzećima da ostanu konkurentne i odgovore na rastuće zahtjeve tržišta i regulative pružajući visoko kvalitetne i sigurne proizvode krajnjim potrošačima.

LITERATURA

- [1] Ivaković, Č., Stanković, R., Šafran, M. *Špedicija i logistički procesi*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2010.
- [2] Šafran M. *Planiranje logističkih procesa*. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti. Preuzeto s: <https://moodle.srce.hr/2023-2024/course/view.php?id=167319> (Pristupljeno 19. svibnja 2024.)
- [3] Kranz A. Beacon Technology Helps Prevent Cold Chain Break. *MOKO BLUE*. 2022. Preuzeto s: <https://www.mokoblue.com/beacon-prevent-cold-chain-break/> (Pristupljeno 19. svibnja 2024.)
- [4] Menon H. Guide to Cold Chain Logistics – Things You Must Know. *Marine Insight*. 2021. Preuzeto s: <https://www.marineinsight.com/maritime-law/guide-to-cold-chain-logistics-things-you-must-know/> (Pristupljeno 19. svibnja 2024.)
- [5] Pomorac.hr. *Što sve trebate znati o kontejnerima*. Preuzeto s: <https://pomorac.hr/2020/11/18/sto-sve-trebate-znati-o-kontejnerima/> (Pristupljeno 23. svibnja 2024.)
- [6] Amsler S. RFID. *TechTarget*. Preuzeto s: [What is RFID and how does it work? \(techtarget.com\)](https://www.techtarget.com/what-is-rfid/) (Pristupljeno 23. svibnja 2024.)
- [7] CIMC TRAILERS. *CIMC AU90 Refrigerated Reefer Van Trailer*. Preuzeto s: <https://cimc.com.au/product/trailers/refrigerated-trailers/cimc-au90-refrigerated-reefer-van-trailer/> (Pristupljeno 23. svibnja 2024.)
- [8] Altexsoft. *Cold Chain Logistics Management: How to Handle Temperature-Sensitive Goods*. Preuzeto s: <https://www.altexsoft.com/blog/cold-chain-logistics/> (Pristupljeno 01. lipnja 2024.)
- [9] Haneefa H. Blockchain Technology in the Food Supply Chain. *Pulse*. 2023. Preuzeto s: https://www.linkedin.com/pulse/blockchain-technology-food-supply-chain-hiba-haneefa (Pristupljeno 03. lipnja 2024.)
- [10] Container xChange. *What is a Reefer container?* Preuzeto s: <https://www.container-xchange.com/blog/reefer-containers-meaning-and-how-they-work/#what-is-a-reefer-shipping-container-used-for> (Pristupljeno 10. lipnja 2024.)
- [11] Simić I., Peterlić S. *Logistika: Skladištenje i transport hrane u hladnom lancu*. *Ja trgovac*. 2011. Preuzeto s: <https://jatrgovac.com/logistika-skladistenje-i-transport-hrane-u-hladnom-lancu/> (Pristupljeno 13. lipnja 2024.)
- [12] ShipCalm. *What is Cold Chain Logistics & Management?* Preuzeto s: <https://www.shipcalm.com/blog/cold-chain-logistics-management/> (Pristupljeno 13. lipnja 2024.)

[13] Staraj K. Logistika i logistički procesi u korelaciji s održivim poslovanjem. Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet; 2023. Preuzeto s: <https://www.unirepository.svkri.uniri.hr/islandora/object/pfri%3A3778/datastream/PDF/view> (Pristupljeno 10. rujna 2024.)

POPIS KRATICA

GPS (Global Positioning System) globalni položajni sustav

RFID (Radio-frequency identification) radio-frekvencijska identifikacija

BLE (Bluetooth Low Energy) bluetooth niske energije

IoT (Internet of things - IoT) Internet stvari

POPIS SLIKA

Slika 1. Skica opće metode planiranja logističko-distribucijskih procesa, [2].....	2
Slika 2. Skica metode planiranja logističkih procesa u funkciji distribucijskih (marketinških) kanala, [2].....	3
Slika 3. Skica metode planiranja logističkih procesa u funkciji opskrbnih lanaca, [2]...	4
Slika 4. Skica metode planiranja logističkih procesa u funkciji vremena, [2].....	5
Slika 5. Prikaz procesa hladnog lanca opskrbe, [3].....	6
Slika 6. Prikaz tijeka hladnog lanca, [1].....	7
Slika 7. Temperaturni režim skladištenja određenih proizvoda, [3].....	11
Slika 8. Tehnologije pakiranja u hladnom lancu, [4].....	12
Slika 9. Dimenzije rashladnog kontejnera, [5].....	14
Slika 10. 40 stopni rashladni kontejner, [5].....	15
Slika 11. Prikolica hladnjača, [7].....	16
Slika 12. Logistički procesi u hladnom lancu, [13].....	18
Slika 13. Radio-frekvencijski uređaj, [6].....	22
Slika 14. Princip rada IoT tehnologije u hladnom lancu, [8].....	23
Slika 15. Princip rada Blockchain tehnologije u lancu opskrbe hranom, [9].....	24

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 _____
(vrsta rada)

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Organizacija doleđivanja robe u hladnom lancu , u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

Anamarija

Kruško

U Zagrebu, 12.09.2024.



(ime i prezime, potpis)