

Modernizacijom i robotizacijom do povećanja efikasnosti skladišnog poslovanja

Mikulić, Frane

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Libertas International University / Libertas međunarodno sveučilište**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:223:984899>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-22**



Repository / Repozitorij:

[Digital repository of the Libertas International University](#)



MEĐUNARODNO SVEUČILIŠTE LIBERTAS
ZAGREB

FRANE MIKULIĆ

DIPLOMSKI RAD

MODERNIZACIJOM I ROBOTIZACIJOM DO POVEĆANJA
EFIKASNOSTI SKLADIŠNOG POSLOVANJA

ZAGREB, SVIBANJ 2019.

MEĐUNARODNO SVEUČILIŠTE LIBERTAS
ZAGREB

DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ
MENADŽMENT UNUTARNJE I MEĐUNARODNE TRGOVINE

MODERNIZACIJOM I ROBOTIZACIJOM DO POVEĆANJA
EFIKASNOSTI SKLADIŠNOG POSLOVANJA

MODERNIZATION AND ROBOTIZATION TO INCREASED
EFFICIENCY OF WAREHOUSE OPERATIONS

KANDIDAT: Frane Mikulić, bacc. oec.

MENTOR: Draženka Čosić, univ. spec. oec.

ZAGREB, SVIBANJ 2019.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	4
1.1. Predmet i cilj rada	4
1.2. Istraživačka pitanja.....	5
1.3. Izvor podataka i metode korištene u radu.....	5
1.4. Sadržaj i struktura rada	5
2. POJMOVNO ODREĐENJE SKLADIŠTA I SKLADIŠNIH PROCESA	6
2.1. Osnovna obilježja skladišta	7
2.2. Vrste skladišta.....	9
2.3. Komponente skladišnog sustava.....	10
2.4. Metode pohrane u skladištu	12
2.5. Dijagram protoka materijala.....	13
2.6. Organizacija skladišnog poslovanja.....	14
2.7. Skladišni procesi	15
3. MODERNIZACIJA SKLADIŠNOG POSLOVANJA.....	18
3.1. <i>Warehouse Management System (WMS)</i>	18
3.2. Primjena bar kodova u skladištu.....	22
3.3. Primjena RFID čipova	25
3.4. Automatizacija.....	29
3.5. <i>Pick-to-light</i> sustavi	31
3.6. <i>Pick-to-voice</i> sustav	34
3.7. Pametne naočale	35
3.8. Virtualna realnost	38
3.9. Pametni senzori	41
3.10. <i>Blockchain</i>	42
3.11. 3D printanje	44
4. ROBOTIZACIJA SKLADIŠNOG POSLOVANJA.....	47
4.1. Roboti.....	47
4.2. Dronovi.....	52
4.3. Autonomna vozila.....	56
5. ZAKLJUČAK	61
LITERATURA.....	63
Popis slika.....	67
ŽIVOTOPIS.....	68

1. UVOD

Skladištenje je planirana aktivnost kojom se materijal dovodi u stanje mirovanja, a uključuje fizički proces rukovanja i čuvanja materijala te metodologiju za provedbu tih procesa. Glavni su ciljevi skladišta efikasno korištenje prostora i manipulacija robom, njegova ekonomičnost, fleksibilnost te dobro gospodarenje. Postizanje maksimalne efikasnosti skladišnog poslovanja ima veliku važnost u proizvodnom procesu i u transportnoj djelatnosti. Skladišni sustav trebao bi maksimalno iskoristiti svoje resurse, poput prostora, transportnih sredstava i osoblja koje u njemu radi, uz zadovoljenje zahtjeva korisnika, ili maksimizirati uslugu korisnicima, uz korištenje određenih resursa. Skladišni su resursi, osim prostora, opreme i osoblja, također i vrijeme, kapital, energija te informacije.

Poboljšanje performansi skladišta nužan je uvjet u procesu rekonfiguracije cijelog logističkog lanca. Opskrbni je lanac mreža organizacija uključenih u različite procese i aktivnosti koje stvaraju vrijednost u obliku proizvoda i usluga za opskrbu korisnika prema njegovim zahtjevima. U suvremenim načinima upravljanja poslovnim procesima, zbog dinamike i nesigurnosti današnjeg tržišta, važnu ulogu u optimizaciji skladištenja imaju nove tehnologije. Poduzeća pokušavaju imati što manje zaliha ili, ako je to moguće, biti bez zaliha. U tehnološki naprednijim tvrtkama radi se na potpunoj automatizaciji operacija u skladištu koje kontrolira jedan tim (upravljanje i održavanje). Nastoji se umanjiti potreba za ljudskim faktorom koji je do sada bio neizbježan u obavljanju svih poslova vezanih uz logistički distributivni centar.

Modernizaciju i automatizaciju u skladištu ne treba smatrati troškom nego investicijom koja se brzo vraća. Implementacija novih tehnologija doprinosi minimaliziranju troškova, optimizaciji procesa i povećanju efikasnosti, a time i postizanju konkurentne prednosti poduzeća i ostvarivanju konačnog cilja – zadovoljstva kupaca.

1.1. Predmet i cilj rada

Predmet je rada analiza utjecaja uvođenja novih tehnologija na postizanje efikasnosti skladišnog poslovanja.

Ciljevi rada su:

1. Definirati skladište i skladišne procese.
2. Objasniti načine i tehnike upravljanja zalihama.
3. Opisati suvremene tehnologije kojima se unapređuje i modernizira skladišno poslovanje.
4. Istaknuti prednosti uvođenja tehnoloških inovacija u skladišnom poslovanju, od praćenja ulaska robe, praćenja zaliha, do praćenja izlaska robe iz skladišta.

1.2. Istraživačka pitanja

Sukladno predmetu i ciljevima u radu se postavljaju sljedeća istraživačka pitanja:

IP1: Koje se moderne tehnologije koriste za povećanje efikasnosti skladišnog poslovanja proizvodnog poduzeća?

IP2: Koje su potencijalne prednosti i eventualni nedostaci primjene RFID tehnologije u logistici kao dijelu opskrbnog lanca?

IP2: Je li modernizacija skladišnog poslovanja implementacijom novih tehnologija i robotizacijom nužna za stvaranje konkurentske prednost?

1.3. Izvor podataka i metodologija

Za izradu ovog rada primijenjene su sljedeće metode istraživanja: metoda analize, metoda sinteze, metoda deskripcije, metoda prikupljanja sekundarnih podataka. Za potrebe ovog rada korišteni su sekundarni izvori podataka.

1.4. Sadržaj i struktura rada

Rad se sastoji od pet temeljnih poglavlja. U uvodu se upoznajemo s problematikom rada, s izvorima podataka te metodama korištenima u radu. Drugo poglavlje obuhvaća pojmovno određivanje skladišta i skladišnih procesa u kojem su prikazana osnovna obilježja skladišta, vrste skladišta, skladišni procesi i organizacija skladišnog poslovanja. U trećem poglavlju prikazan je utjecaj modernizacije na skladišno poslovanje prikazom različitih tehnologija koje se primjenjuju kako bi se optimiziralo skladišno poslovanje. U četvrtom poglavlju rada prikazane su primjene robota u skladišnom poslovanju. U petom poglavlju rada donesen je zaključak.

2. POJMOVNO ODREĐENJE SKLADIŠTA I SKLADIŠNIH PROCESA

Skladišta su izgrađeni objekti ili pripremljeni prostori za smještaj i čuvanje robe. Skladište je prostor namijenjen preuzimanju i otpremanju robe te čuvanju robe od raznih fizičkih, kemijskih i atmosferskih utjecaja te krađe. Smještaj i čuvanje obavlja se od trenutka njihova preuzimanja do vremena njihove upotrebe i otpreme.¹

Svako skladište podijeljeno je na nekoliko osnovnih prostornih dijelova:²

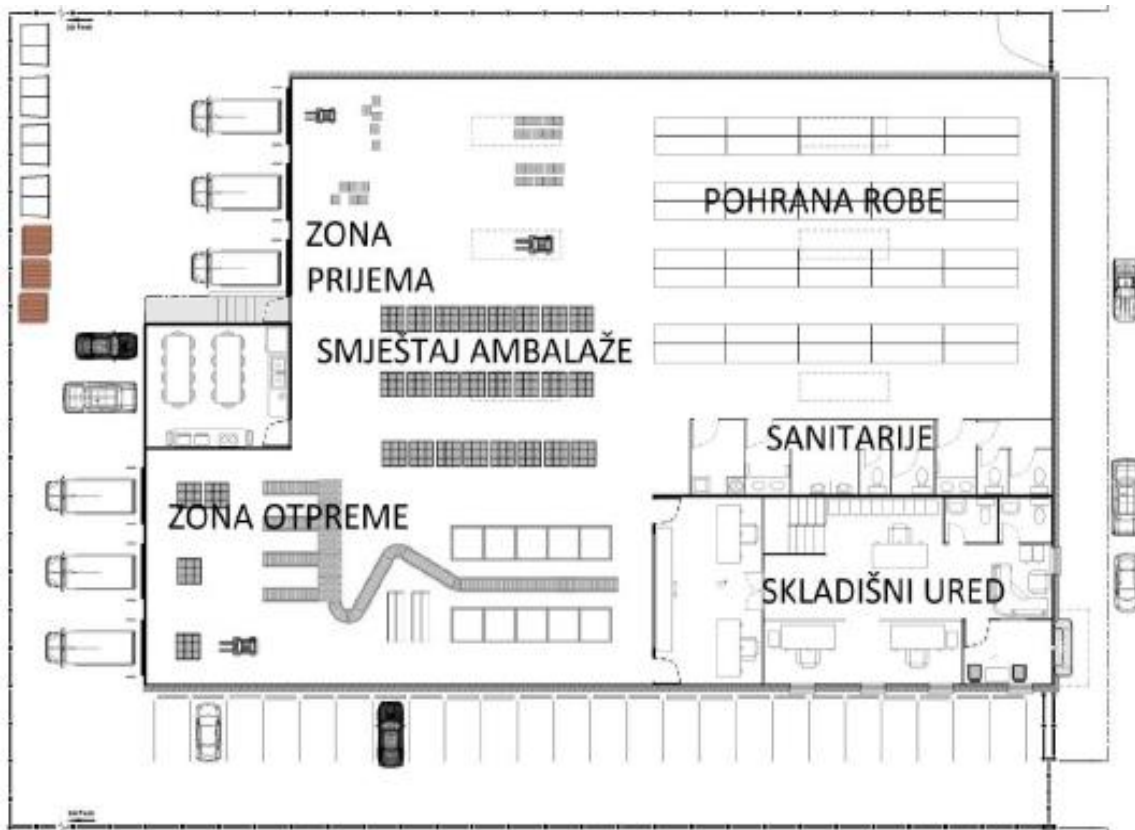
- prostor za smještaj i održavanje transportnih sredstava
- prostor za smještaj ambalaže
- prostor za vraćenu robu
- skladišni ured
- garderobu
- sanitarije.

Skladištenje je proces prihvaćanja, slaganja, čuvanja, dorade i skladištenja tereta, a može se obavljati kao javna funkcija te koristiti za interne potrebe pojedinih organizacijskih cjelina. Skladište može biti ograđeni ili neograđeni prostor te pokriveni ili nepokriveni prostor koji se koristi za čuvanje sirovina, poluproizvoda ili gotovih proizvoda. U njemu se roba preuzima i otprema te čuva od raznih fizičkih, kemijskih i atmosferskih utjecaja. Skladišta su važan preduvjet za nesmetani i racionalni kombinirani transport svih vrsta robe.

¹ Dvorščak, M. (2018). Analiza utjecaja implementacije WMS-a na skladišne procese. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 4.

² Rogić, K. (2009). Unutrašnji transport i skladištenje. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 47.

Slika 1. Osnovni prostorni raspored skladišta



Izvor: Dvorščak, M. (2018). Analiza utjecaja implementacije WMS-a na skladišne procese, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str. 5.

Skladišta imaju veliku važnost u proizvodnom procesu te u transportnoj djelatnosti. U suvremenim načinima upravljanja poslovnim procesima skladište je definirano kao točka u logističkoj mreži na kojoj se predmet skladištenja prihvaća ili prosljeđuje u nekom drugom smjeru unutar mreže.³

2.1. Osnovna obilježja skladišta

Skladište kao objekt i zalihe koje se čuvaju u njemu predstavljaju trošak koji je potrebno smanjiti na bilo koje načine. Skladišta zbog svoje veličine troše energiju da bi normalno funkcionirala (troškovi struje, grijanja, vode). Zalihe u skladištima same su po sebi trošak dok su u stanju mirovanja pa se takve zalihe nastoji smanjiti. Zalihe materijala, poluproizvoda ili gotovih proizvoda u proizvodnim društvima važne su jer omogućuju kontinuitet i

³ Belak, V. i dr. Upravljanje zalihama i skladišno poslovanje. Zagreb: RRIF-plus d. o. o., str 1.

neometanost proizvodnje, a u trgovačkim društvima prodajnu spremnost, koja je bitan preduvjet uspješnog održavanja položaja na tržištu.⁴

U veletrgovinama i distribucijskim skladištima roba se čuva u skladištima do trenutka otpreme drugim veletrgovcima, velikim potrošačima (hoteli i dr.) ili trgovinama na malo. U društvima trgovine na malo dio robe odlaže se u prodajni prostor, a dio u priručno skladište ako ga prodavaonica ima. Može se zaključiti da se u skladištima veletrgovina te u distribucijskim skladištima čuvaju zalihe velike financijske vrijednosti, bez obzira na to o kojoj se vrsti djelatnosti radi. Skup svih aktivnosti s materijalom u skladištu predstavlja skladišni proces, a uobičajen naziv „skladište“ podrazumijeva skladišni sustav. Skladišni sustav jedan je od tehničkih sustava kojim se ostvaruje dinamičko uravnotežavanje tokova materijala.⁵

Slika 2. Suvremeni logistički centar



Izvor: https://tockanai.hr/wp-content/uploads/2018/07/Logisticki-centar_Hrvatska-posta.jpg

16. 4. 2019.

⁴ Dvorščak, M. (2018). op. cit., str. 5.

⁵ Ibidem, str. 6.

Najvažniji zadaci skladišne službe, a time i najvažnije operacije skladišnog sustava su:⁶

- prijem robe
- smještaj i čuvanje robe
- komisioniranje
- izdavanje i otprema robe.

2.2. Vrste skladišta

U prometnim skladištima roba se kratko zadržava, posebice ona tranzitna. Priručna skladišta posebna su vrsta prometnih skladišta u koje se pohranjuje roba u uvjetima trenutno nedostatnog skladišnog prostora ili eventualne neispravnosti transportnih sredstava. U trgovačkim skladištima roba se dulje zadržava. U njima se roba oplemenjuje, sortira, pakira i priprema za trgovačku namjenu. Industrijska skladišta namijenjena su industriji smještenoj u luci ili u području koje gravitira luci.⁷

Slika 3. Prikaz skladišta zatvorenog tipa



Izvor: <http://makeitmovee.weebly.com/uploads/4/9/2/3/49230541/8984837.jpg?341> 17. 4. 2019.

⁶ Rogić, K. (2009). op. cit., str. 57.

⁷ Stojanović, L. (2016). Unutrašnji transport i skladištenje. Varaždin: Sveučilište Sjever, str. 22.

Skladišta prema načinu izgradnje mogu biti:⁸

a) Otvorena – u otvorenim skladištima čuva se roba koja nije osjetljiva na atmosferske prilike i ne zahtijeva posebnu zaštitu, jer se najčešće radi o robi velikih dimenzija kao što su trupci, kamen, željezničke tračnice i slično, a skladišti se na tlu.

b) Natkrivena – radi se o robi koja je masovnijih dimenzija i većih pojedinačnih težina, ali je znatno osjetljivija na atmosferske prilike. Najčešće je riječ o drvenoj građi, cementu, vapnu, umjetnom gnojivu i slično.

c) Zatvorena – mogu biti smještene u prizemlju zgrada ili čak u zgradama na katove, a sastoje se od jedne ili više prostorija. Kod zatvorenih skladišta razlikujemo opća i specijalizirana skladišta (silosi za žito, podrumi za vino, rezervoari za naftu).

Prema funkciji, u logističkom sustavu postoje:⁹

- skladišta za izdavanje
- skladišta za prekrcaj
- distribucijska skladišta.

2.3. Komponente skladišnog sustava

Glavne komponente skladišnog sustava su:

- skladišni objekti (zgrade, uređene površine...)
- sredstva za skladištenje i sredstva za odlaganje materijala
- transportna sredstva
- pomoćna skladišna oprema (računalna oprema, oprema za pakiranje, sredstva za paletizaciju i depaletizaciju, kontrolu i mjerenje
- dodatna oprema (protupožarna, oprema za grijanje i hlađenje, rasvjeta, oprema za održavanje čistoće).¹⁰

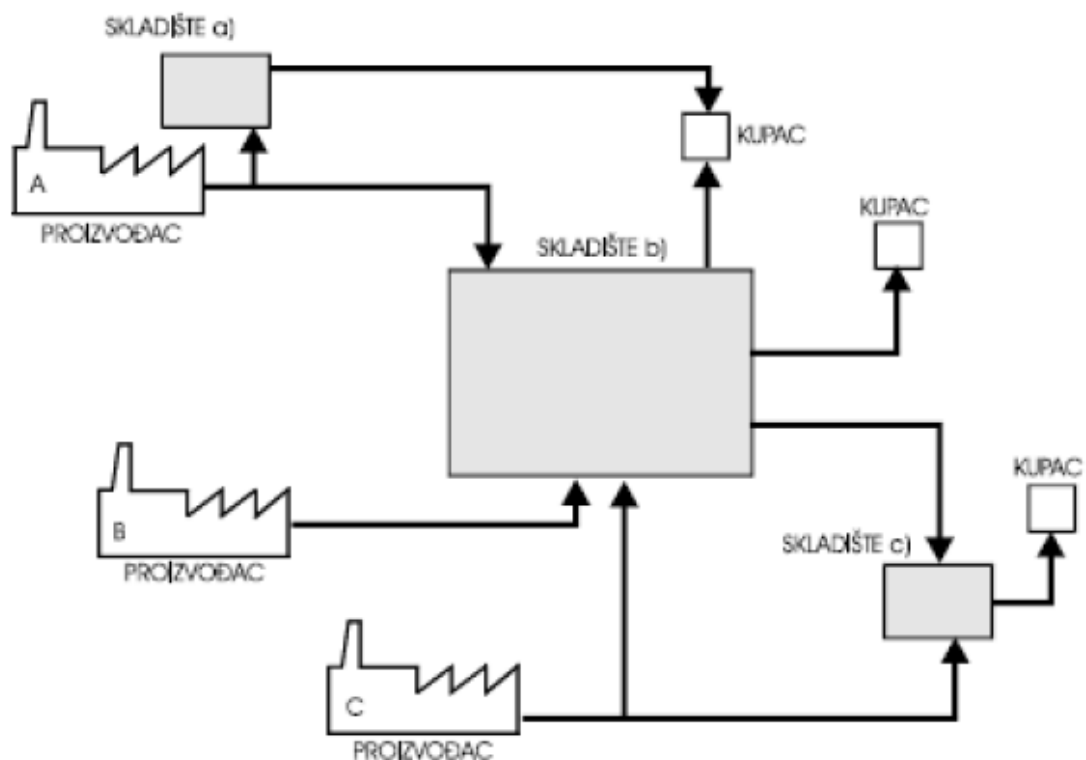
⁸ Šamanović, J. (2009). Prodaja, distribucija, logistika. Split: Ekonomski fakultet, str.12.

⁹ Stojanović, L. (2016). op. cit., str. 22.

¹⁰ Rogić, K. (2009). op. cit., str. 35.

Detaljnijom analizom aktivnosti skladišnog procesa, odnosno funkcije i dijelova skladišta, uviđa se velika složenost i važnost takvih sustava u optimizaciji cjelokupnog logističkog lanca. Takva se optimizacija ponajviše ostvaruje adekvatnim oblikovanjem skladišnog sustava. Skladišni sustavi (skladišta) važan su, ali zbog neupućenosti u njihovu važnost i neznanja njihovih korisnika često u praksi zanemaren faktor u logističkom lancu. Tako se događa da se kod projektiranja i lokacije skladišta ne uzimaju u obzir svi relevantni parametri pa takva skladišta bespotrebno generiraju određene troškove. Uspješno oblikovanje skladišta nužan je preduvjet uspješnosti procesa optimizacije cijelog logističkog lanca. Svako je skladište dio logističkog lanca (Slika 4.). Logistički lanac (eng. *supply chain*) mreža je organizacija uključenih u različite procese i aktivnosti koje proizvode vrijednost u obliku proizvoda i usluga za opskrbu korisnika prema njihovim zahtjevima. Aktivnosti koje povezuju dijelove logističkog lanca, npr. mjesto izvora robe i njezina isporuka, prolaze kroz nekoliko koraka sustava poslovne logistike.¹¹

Slika 4. Funkcija skladišta u logističkom lancu



Izvor: Đukić, G. (2000). Analiza i oblikovanje skladišnih sustava, Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

¹¹ Dvorščak, M. (2018). op. cit., str. 7.

2.4. Metode pohrane u skladištu

Optimizacija sustava teško je ostvariva. Iz tog se razloga poboljšavaju oni sustavi kod kojih se može očekivati najveći kvalitativni pomak. Razlikujemo sljedeće sustave pohrane u skladištu:

- **Sustavi zasnovani na pamćenju** – najjednostavniji sustavi, bez puno papirologije ili unosa podataka. Takvi sustavi ovise o ljudima, a to im daje određene značajke i ograničenja poput ograničenog broja mjesta za skladištenje, ograničene veličine skladišnih mjesta, ograničenog broja i vrsta robe koja se skladišti, malog broja osoba zaduženog za rad u skladišnoj zoni, relativno malo premještanja robe unutar skladišne zone. Prednosti takvih metoda pohrane su: razumljivost, malo papirologije, iskoristivost prostora i to što nije nužno povezivanje lokacije skladišta i jedinice na skladištu, dok su nedostaci ovisnost organizacije skladišta o osoblju i ovisnost rezultata o uvjetima rada.
- **Sustavi s fiksnom lokacijom** – u ovom sustavu svaka jedinica ima svoju adresu. Postoje i podvarijante tog sustava gdje se jedna ili više jedinica pridružuju istoj adresi, a takav sustav postoji zbog planiranja i težnje za boljim iskorištenjem prostora, zbog različitih značajki robe, npr. oblika proizvoda, načina odlaganja i pravila o držanju pojedinih vrsta robe. Prednosti su takvog sustava mogućnost brzog lociranja tražene robe, smanjeno vrijeme potrebno za obuku osoblja, jednostavna procedura kod zaprimanja i otpreme robe, mogućnost kontrole načina punjenja, mogućnost optimiziranja smještaja robe ovisno o veličini, težini i ostalim značajkama robe. Nedostaci su manja iskoristivost prostora i krutost sustava.
- **Zonski sustavi** – ovi sustavi koncipiraju se prema značajkama robe koja se skladišti. Slično sustavima s fiksnom lokacijom, samo roba s određenim značajkama može biti smještena u određenu zonu te na određenu policu ili regal. Sličnost sustavima s fiksnom lokacijom očituje se i u tome što iskoristivost prostora ovdje nije optimalna jer se ponajprije vodi računa o značajkama roba koja se skladišti.
- **Sustavi sa slučajnom lokacijom** – sustavi omogućuju dobro iskorištavanje prostora jer se roba može smještati tamo gdje ima slobodnog prostora. Sustavi sa slučajnom

lokacijom roba kombiniraju značajke sustava temeljenog na pamćenju i sustava s fiksnom lokacijom. Roba se može smjestiti na bilo koje mjesto koje se bilježi, ili računalno ili dokumentacijom.

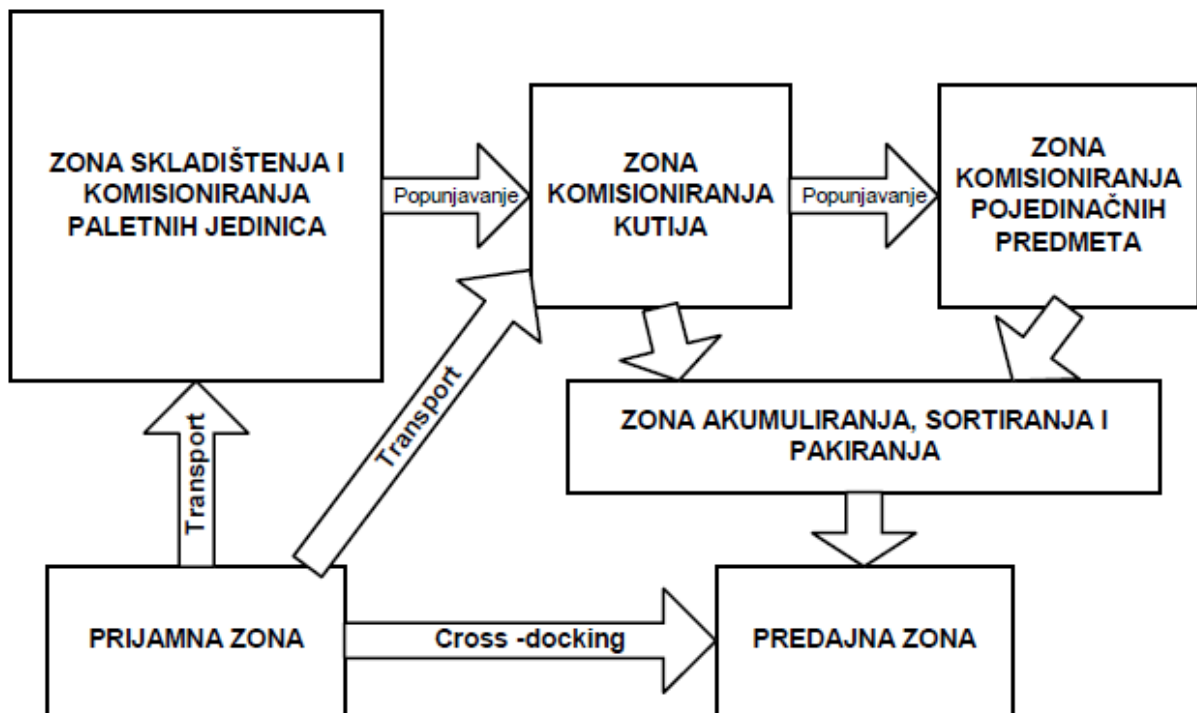
- **Kombinirani sustavi** – omogućuju pridruživanje lokacija onim robama koje traže posebnu brigu ili postupak rukovanja, dok se ostali proizvodi smještaju prema sustavu sa slučajnim dodjeljivanjem lokacije. Tako se nastoji iskoristiti najbolje značajke obaju sustava – sustava s fiksnom lokacijom i sustava s promjenjivom lokacijom. Na taj se način prostor koristi dvojako: za odabranu robu odvaja se prostor s fiksnom lokacijom, dok se za ostale vrste roba prostor koristi u najvećoj mogućoj mjeri, promjenom sustava sa slučajnom dodjelom lokacije.¹²

2.5. Dijagram protoka materijala

Da bi se smjer kretanja i količina toka materijala u određenom smjeru lakše i bolje dočarali i shvatili izrađen je dijagram protoka materijala. U njemu se smjer materijala označava obično crtom i strelicama koje pokazuju smjer kretanja kada se prati pojedini materijal ili kada se želi samo načelno prikazati tok materijala. Prikaz količine materijala na određenom putu u nekom vremenskom razdoblju (sat, mjesec, godina) upisuje se pored strelice toka materijala (npr. 500 t / mjesečno) ili pak, radi bolje uočljivosti, strelica koja određuje smjer toka prikazuje se u debljini koja po mjerilu odgovara količini materijala u odabranom razdoblju.

¹² Dvorščak, M. (2018). op. cit., str. 14–16.

Slika 5. Dijagram protoka materijala



Izvor:

https://www.fsb.unizg.hr/atlantiss/upload/newsboard/07_06_2013__19011_Skladistenje_TL-5_7.pdf 28. 3. 2019.

2.6. Organizacija skladišnog poslovanja

Mnogi čimbenici ovise o organizaciji skladišne funkcije, a neki od najvažnijih su: veličina, vrsta i lokacija poduzeća, kadrovska struktura poduzeća te razina informacijske tehnologije. Organizacija skladišne funkcije pojavljuje se u dva oblika i to kao vanjska i unutarnja organizacija.

Kod oblikovanja vanjske organizacijske funkcije najprije treba odrediti:

- stupanj centralizacije/decentralizacije u okviru poduzeća
- mjesto skladišne službe u organizacijskoj strukturi poduzeća

S obzirom na stupanj centralizacije/decentralizacije postoje tri organizacijska modela:¹³

- centralizirani – prikladan je za manja poduzeća, sve se djelatnosti odvijaju na jednom mjestu – u skladištu
- decentralizirani – skladištenje se obavlja na više prostorno odvojenih mjesta
- centralno-decentralizirani – jedno centralno skladište na razini poduzeća i nekoliko prostorno odvojenih skladišta po pogonima.

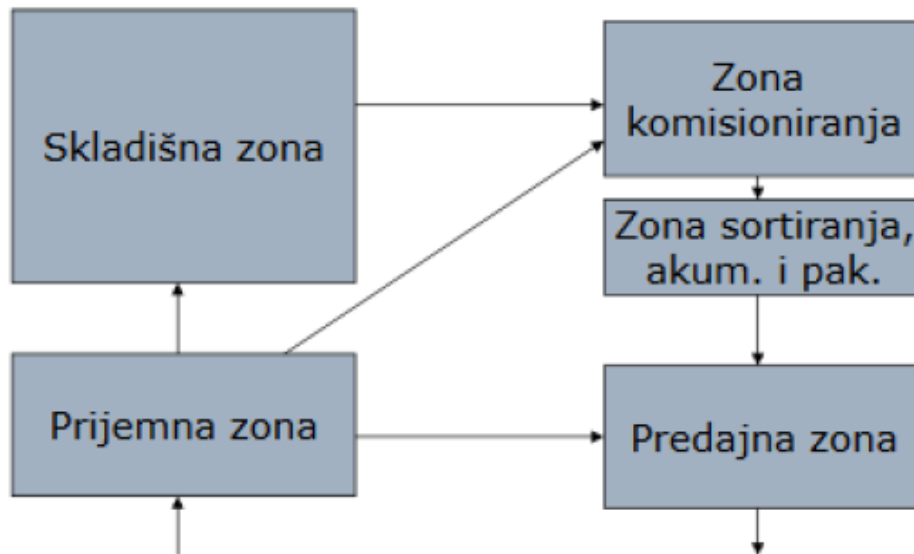
2.7. Skladišni procesi

U početku skladišta su bila dopuna transportnom sustavu te su bila smještena u neposrednoj blizini prometnih objekata (željezničke postaje, luke), često i u središtima gradova. Skladišta se prema rubovima gradova sele u trenutku kad rastu zahtjevi za prostorom, a pritom se razvijaju sustavi koje bolje iskorištavaju prostor. U razdoblju do I. svjetskog rata kao mehanizacija su se koristila ručna kolica, a roba se prekravala ručno. Visina slaganja bila je do 4 m. II. svjetski rat vrijeme je uvođenja viličara, što rezultira povećanjem visine slaganja do 10 m i bržim kretanjem robe unutar skladišta. Iako su objekti i oprema tijekom vremena napredovali, osnovni se principi skladištenja kroz povijest nisu promijenili. Učinkovitost poslovanja skladišta ključ je za uspjeh bilo koje tvrtke koja obrađuje zalihe i isporučuje narudžbe. Kada dolazi do zaostatka učinkovitosti, proizvodi možda neće stići na vrijeme na određeno mjesto kupca, roba se može zagubiti, a niske razine zaliha mogu dovesti do nedostatka robe za isporuku.¹⁴

¹³ Rogić, K. (2009). op. cit., str. 60.

¹⁴ Sesar, J. (2016). Analiza i optimizacija skladišnog procesa u tvrtki V.B.Z. d. o. o. za trgovinu i nakladničku djelatnost. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, str.4.

Slika 6. Četiri osnovna procesa skladištenja



Izvor:

https://www.fsb.unizg.hr/atlantiss/upload/newsboard/05_06_2013__18997_Skladistenje_TL-5_1.pdf 17. 4. 2019.

Osnovni skladišni procesi su:

- a) Prijem robe – kao i svaku aktivnost koja se redovno ponavlja u poslu i ulaz robe u skladište, kao jednu od osnovnih aktivnosti kojom se zaposleni u skladištu bave, neophodno je formalizirati. To znači donijeti jasna pravila kojih se moraju pridržavati zaposlenici u skladištu, koji obavljaju posao ulaska robe u skladište, te po mogućnosti napisati proceduru u kojoj se objašnjava svaki korak tog procesa. Cilj procedure je formalizirati proces ulaska robe u skladište, od trenutka dolaska dobavljača s robom koja se isporučuje, preko iskrcaja i izrade ulaznog dokumenta, pa do trenutka smještanja robe na pozicije u skladištu.

Aktivnosti pri prijemu robe su:

- definiranje zone iskrcavanja
- bilježenje podataka o dolasku vozila
- provjera dokumentacije
- osiguranje vozila za iskrcaj
- iskrcaj vozila

- slaganje vozila u zoni prijema
 - provjera robe (stanje, količina...)
 - premještanje robe iz prijemne zone skladišta.
- b) Pohrana – poslovi i zadaci smještaja i čuvanja robe su: sortiranje, pronalaženje mjesta za smještaj robe, dopunsko pakiranje, čuvanje, osiguranje i kontrola razine zaliha uskladištene robe. Smještaj i rukovanje robom tijekom skladištenja i unutarnjeg transporta treba obavljati u skladu s fizičko-kemijskim obilježjima robe i racionalnim korištenjem skladišnog prostora. Pohrana robe vrlo je odgovoran zadatak jer se nepravilnim skladištenjem upropaštava roba, povećavaju se troškovi poslovanja, mogući su problemi s raznim inspekcijama. Za vrijeme uskladištenja može doći do gubitaka. Uzroci gubitaka mogu biti u prirodi robe (lako topljiva ili hlapljiva roba, roba koja gubi vlagu), uvjetima uskladištenja, nesavjesnom ili neispravnom manipuliranju robom i sl. Ako se roba pravilno uskladišti, čuva se od nepovoljnih utjecaja, gubitaka i kvarenja.
- c) Komisioniranje – komisioniranje robe zadaća je u kojem skladišni djelatnici, koji se kreću određenim pravcem pokraj uskladištene robe, sastavljaju naručenu pošiljku prema nalogima za izdavanje robe sa skladišta. Sve aktivnosti komisioniranja prikazane su na Slici 6. Pod pojmom komisioniranja robe podrazumijeva se pronalaženje i uzimanje robe s mjesta uskladištenja te komplementiranje pošiljke po narudžbi kupca ili pojedinih prodavaonica u istom poduzeću.
- d) Otprema (izdavanje) robe – u ove poslove spadaju: priprema dokumenata za izdavanje i otpremu robe, komisioniranje narudžbe, pakiranje, izdavanje, kontrola točnosti izdavanja i utovara robe na transportna sredstva. Nakon primitka naloga za izdavanje robe skladištar provjerava je li nalog za izdavanje pravilno napisala i potpisala ovlaštena osoba. Osnovna je zadaća robu složenu po komisijama pakirati i predati na prijevoz vlastitoj transportnoj službi ili javnom transportu, i to izravno ili putem špeditera.

3. MODERNIZACIJA SKLADIŠNOG POSLOVANJA

Prikazom primjene različitih tehnologija kao što su RFID čipovi i automatizacija te korištenje različitih vrsta tehnologija u ovom poglavlju prikazani su načini na koji te tehnologije povećavaju efikasnost u skladišnom poslovanju.

3.1. Warehouse Management System (WMS)

Warehouse management system skladišni je i transportni sustav koji pomoću informacijske tehnologije upravlja skladišnim procesima. WMS informacijski sustav značajno olakšava skladištenje, manipulaciju, rezervacije i otpremu skladišnih artikala.

WMS je kompjuterizirani sustav za upravljanje skladištem, koji je najčešće integracija podsustava:¹⁵

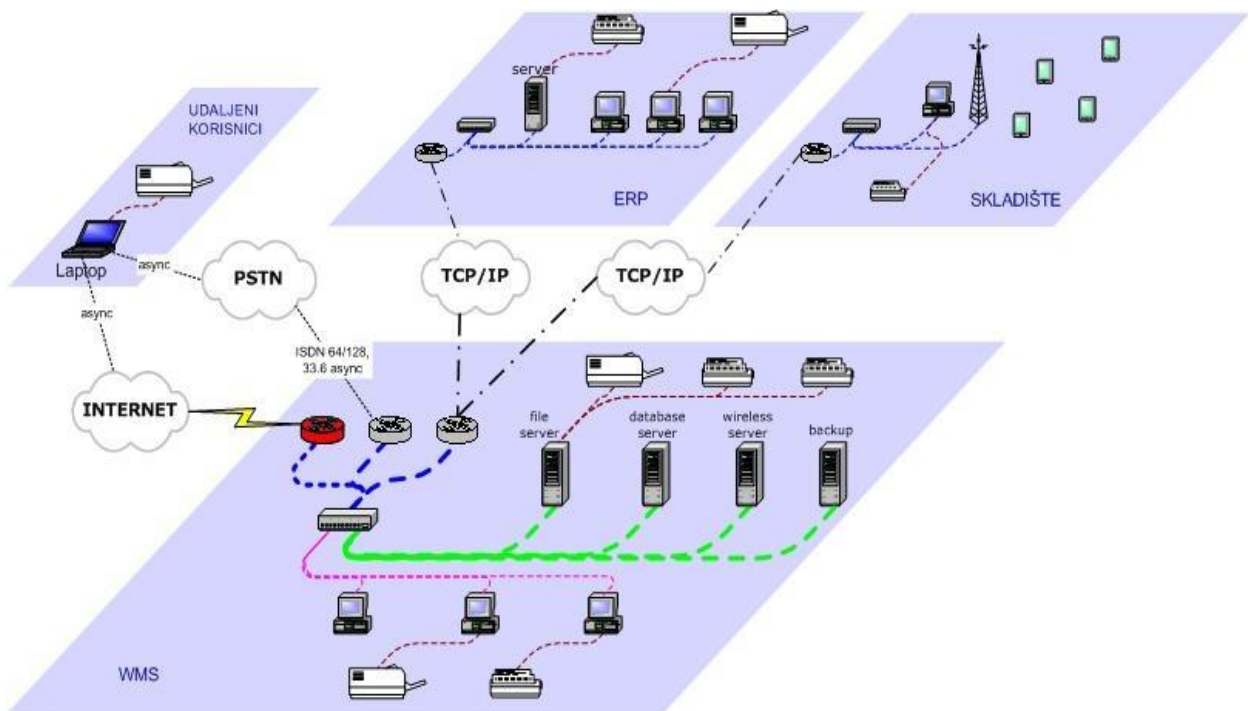
- identifikacijski podsustav (najčešće s bar kod tehnologijom)
- komunikacijski podsustav (najčešće radiofrekvencijska oprema)
- hardver i softver.

Kao glavna komponenta WMS-a pojavljuje se softver, koji služi za optimizaciju skladišnih i sa skladištem povezanih operacija. Stupanj sofisticiranosti WMS-a varira od jednostavnih sustava za kontrolu lokacija materijala u skladištu do sustava koji optimiziraju uslugu korisnicima, prostor, ljudski rad i korištenje opreme u skladištu. Pritom se WMS ne smije poistovjetiti s aplikacijom za upravljanje zalihama ili takvim modulom kao sastavnim dijelom nekog poslovnog sustava (ERP sustava, eng. *Enterprise Resource Planning*).¹⁶

¹⁵ Finkel, K. (1996). How to launch a successful warehouse management system. Washington: IIE Solutions, str. 17.

¹⁶ Sesar, J. op. cit., str. 40.

Slika 7. WMS sustav



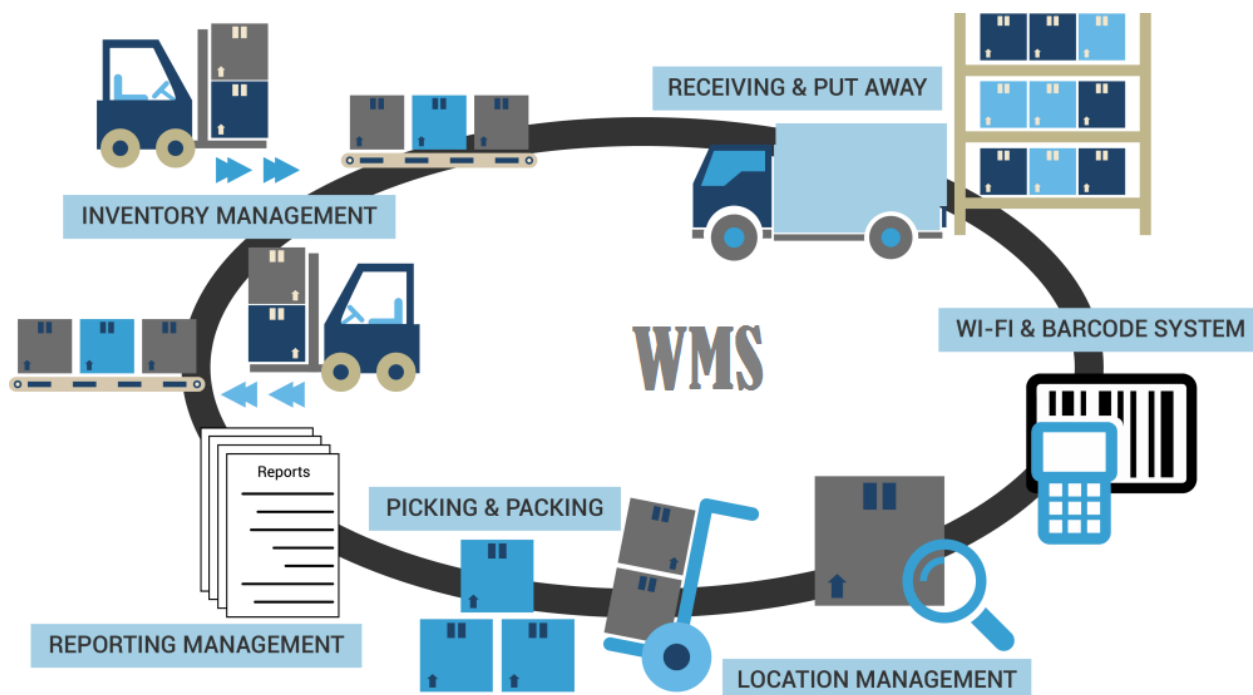
Izvor:

<http://www.primatlogistika.hr/datastore/imagestore/original/1274099944Drawing1.jpg?v=0>

31. 3. 2019.

Cilj je WMS-a pružiti standardizirane podatke i procese kojima se proizvodi primaju u skladište, uskladište na točno određena mjesta unutar skladišta, prikupljaju sa točno određenih mjesta unutar skladišta i otpremaju iz skladišta. Drugim riječima, WMS mora pružiti uvid u fizičko kolanje robe od trenutka ulaska do trenutka izlaska iz skladišta.

Slika 8. Moguća primjena WMS-a



Izvor: <http://alexisglobal.in/wp-content/uploads/2018/11/wms.png> 15. 4. 2019.

Rezultati upotrebe WMS-a:¹⁷

- cjelovita optimizacija i nadzor skladišta
- upravljanje različitim tipovima skladišta
- skladište bez papira
- podrška produkcijskim planovima
- veza s poslovnim informacijskim sustavom
- slijednost serija i skladišnih aktivnosti
- uporaba FIFO i FEFO metode
- automatsko upravljanje i nadzor svih skladišnih lokacija
- varijabilne i dinamičke lokacije
- nadzor skladišnih transportnih putova, transportnih sredstava i osoblja
- stalno izvođenje inventure
- poboljšana kvaliteta i racionalizacija te optimizacija procesa
- podrška velikom broju radnih mjesta

¹⁷ Primat logistika: plog*wms: http://www.primatlogistika.hr/datastore/filestore/17/pLog_wms_2011.pdf, 31. 3. 2019.

- optimizacija prostora i transportnih putova
- transparentnost i povećanje organizacijskog stupnja skladišta
- upravljanje i nadzor zaliha
- smanjenje troškova poslovanja.

Kao skladišno transportne jedinice moguće je u ovakvim sustavima koristiti jednostrane, dvostrane i četverostrane palete te plastične kutije, a za manje prekrcajne i manipulativne jedinice na primjer kartone ili pojedinačne jedinice. Automatizirani se sustavi projektiraju prema željama poduzeća i mogu se koristiti za skladišta bilo kojih vrsta roba. Ovakva rješenja moguće je koristiti u svim granama industrije i distribucije (prehrambena, farmaceutska, kemijska, rashladne komore...). Cjelokupni sustav za upravljanje skladišta zamišljen je da na potpuno transparentan način „suraduje“ sa skladišnim sustavom. Od njega prima naloge, a u mogućnosti je i predati potvrdu o učinjenoj transakciji. Na taj način nema dupliciranja posla, tj. nalozi pristigli iz nadređenog sustava ne unose se ponovno, nego se samo uključuju u postupak obrade, a i osigurano je kvalitetno izvješćivanje nadređenog sustava.

Osim navedenih primarnih ciljeva potrebno je zadovoljiti i niz zahtjeva koji nisu karakteristični samo za određeni poslovni sustav, nego su dijelovi suvremenih poslovnih sustava u svijetu:

- upotrebu papirnatih dokumenata treba smanjiti što je više moguće
- sve događaje tijekom poslovnih procesa treba bilježiti i omogućiti njihov nadzor
- pregledi o stanju raspoloživi su ovlaštenim korisnicima sustava u trenutku potrebe
- suvremeno oblikovanje sustava i maksimalna ostvariva neovisnost o organizacijskim promjenama
- efikasno upravljanje stanjima sustava na razini kontrolnih vremenskih perioda
- uspostavljanje novog sustava bez narušavanja kontinuiteta rada poslovnog sustava korisnika
- kvalitetno uspostavljen sustav sigurnosti i zaštite sustava.¹⁸

Do ostvarenja postavljenih ciljeva, odnosno do opravdanosti investicijskog troška uvođenja WMS-a ne vodi kupnja nekog od postojećih paketa na tržištu. WMS je projekt i mora se

¹⁸ Vrdoljak, I. „Upravljanje zalihama i skladišno poslovanje“. *Ekonomski pregled* 53 (9 – 10). Zagreb: RRiF-plus d. o. o., str. 144.

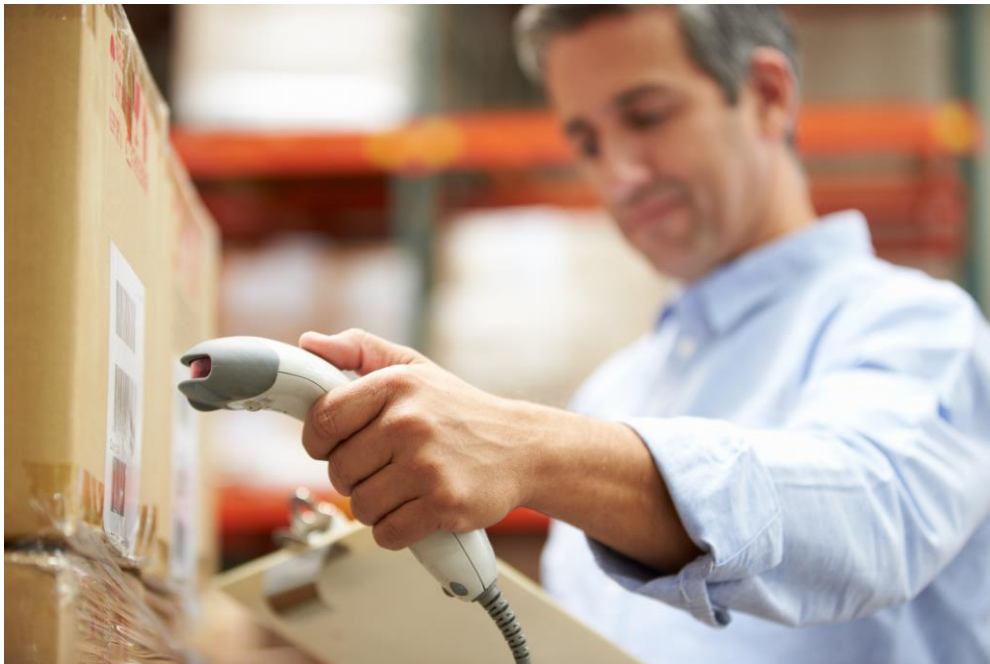
kupovati i ugraditi zajedno s ljudima, što znači uključenje znanja i iskustva proizvođača softvera te znanja i iskustva zaposlenih u skladištu. Drugo, instaliranje WMS-a timski je rad koji uključuje ljude iz svih razina poduzeća i proizvođača poslovnog sustava. I treće, kao glavno polazište, potrebno je točno znati potrebe, što se može očekivati kao rezultat uvođenja te istražiti što je sve na tržištu dostupno.

3.2. Primjena bar kodova u skladištu

Bar kod je sustav identifikacijske oznake koji se očitava i tumači optičkim ili laserskim čitačem radi identifikacije proizvoda. Bar kodovi spadaju u dvije kategorije: jednodimenzionalni (1D) i dvodimenzionalni bar kodovi (2D). 1D bar kodovi koriste paralelne linije različitih širina i razmaka za prikaz znakova. 2D bar kodovi koriste dvodimenzionalno kodiranje (trake i oblici), koje može sadržavati mnogo više podataka. S rastućim globalnim tržištem jedan od glavnih prioriteta u poslovanju bio je uspostaviti niz standarda koji bi poboljšali zahtjeve za opskrbom u bilo kojoj vrsti usluga ili lancu trgovina bilo gdje u svijetu. U današnjem globalnom gospodarstvu oko 5 milijardi bar kodova skeneri u svijetu očitavaju svaki dan, što omogućuje korisnicima da prate koji je inventar prodan i koji treba naručiti. Bar kod omogućuje da se proizvod iz jedne zemlje isporuči u drugu, bez potrebe da se bar kod mijenja i bez potrebe da se dodaju nove informacije.¹⁹

¹⁹ Burke, E. M., & Ewing Jr, D. L. (2014). Improving warehouse inventory management through rfid, barcoding and robotics technologies. Monterey: Naval Postgraduate School str. 20.

Slika 9. Skeniranje bar koda

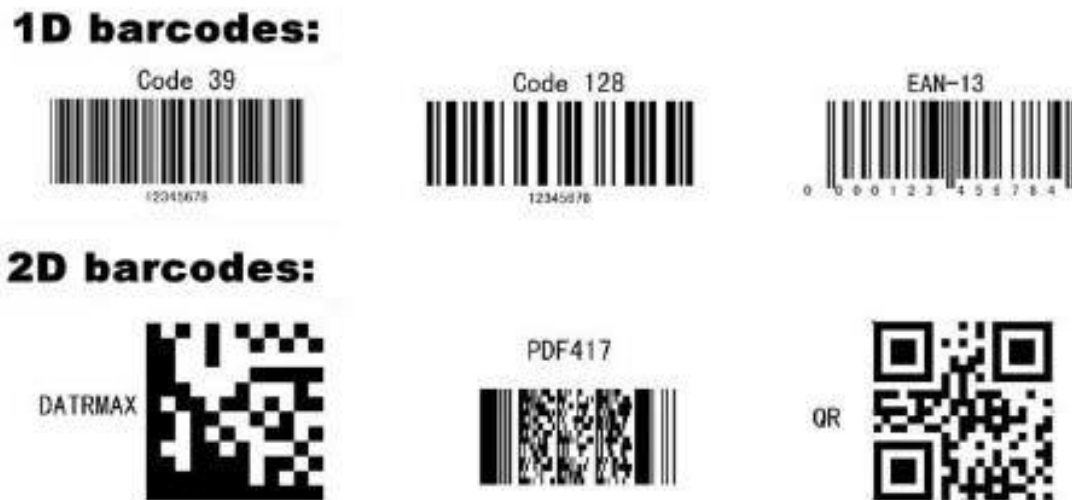


Izvor: <http://lo35k3w4xot3ofhwt28gospo-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2014/12/bigstock-Worker-Scanning-Package-In-War-474698381.jpg> 15. 4. 2019.

Svaki proizvod koji je kupljen na komercijalnom tržištu ima bar kod. Razvijen 40-ih godina prošlog stoljeća, patentiran 50-ih godina prošlog stoljeća bar kod usvojen je u svim industrijama, od supermarketa do distribucijskih centara. Bar kodovi postali su globalni standard za identifikaciju i praćenje proizvoda. Danas se svakom proizvodu koji je proizveden dodjeljuje bar kod koji će ga identificirati. To uvelike pomaže trgovcima na malo u praćenju zaliha i proizvoda te identificiranju karakteristika artikla. Budući da trgovci mogu skenirati stavku i povratiti cijenu za potrošača, a istovremeno računati na kupnju i smanjiti je iz maloprodajnog inventara, bar kod omogućuje smanjenje vremena ciklusa u različitim industrijama.²⁰

²⁰ Burke, E. M., & Ewing Jr, D. L. op. cit., str. 21.

Slika 10. 1D i 2D bar kod



Izvor: https://www.google.com/search?q=1d+barcode&client=firefox-b-d&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiHvM2DvbHhAhWLzoUKHePZCoEQ_AUIDigB&biw=1374&bih=839#imgrc=SFjNnrj6YUcerqM 31. 3. 2019.

Korištenje tehnologije bar koda ima mnoge prednosti. Većina distributivnih tvrtki u poslovanju koristi ovu tehnologiju u nekom obliku. Tiskanje bar kodova je jeftino. Bar kod pisači jeftiniji su od RFID pisača, a jeftine su i naljepnice. Niska cijena omogućuje označavanje svake stavke koja stiže u skladište zbog obrade i praćenja. Bar kodovi omogućuju veliku brzinu, točan unos podataka i čitanje. Za vrijeme koje je potrebno radniku da upiše dva slova na tipkovnici može se skenirati cijeli bar kod, koji predstavlja do 7000 znakova. Osim toga, za svakih 1000 znakova koje je napisao radnik postoji prosječno 10 pogrešaka. Korištenje čitača bar koda uvelike smanjuje stope pogrešaka. S optičkim čitačem znakova (OCR) pojavljuje se jedna pogreška na svakih 1000 očitavanja, s LED skenerima postoji jedna pogreška u 3 000 000 znakova, a novom laserskom tehnologijom postoji jedna pogreška u približno 70 000 000 unosa.²¹

U posljednjih nekoliko godina mobilni telefoni sve su se češće koristili za čitanje 2D kodova brze reakcije (QR), iako su oni znatno ograničeniji. Bar kod sustavi pružaju niz prednosti, uključujući operativnu učinkovitost, bolju korisničku uslugu i poboljšanu vidljivost ključnih poslovnih informacija upravi. Troškovi sustava relativno su niski jer je tehnologija bar koda vrlo zrela, a postoji i značajno tržište sučelja hardvera i softvera. Obučavanje radnika također

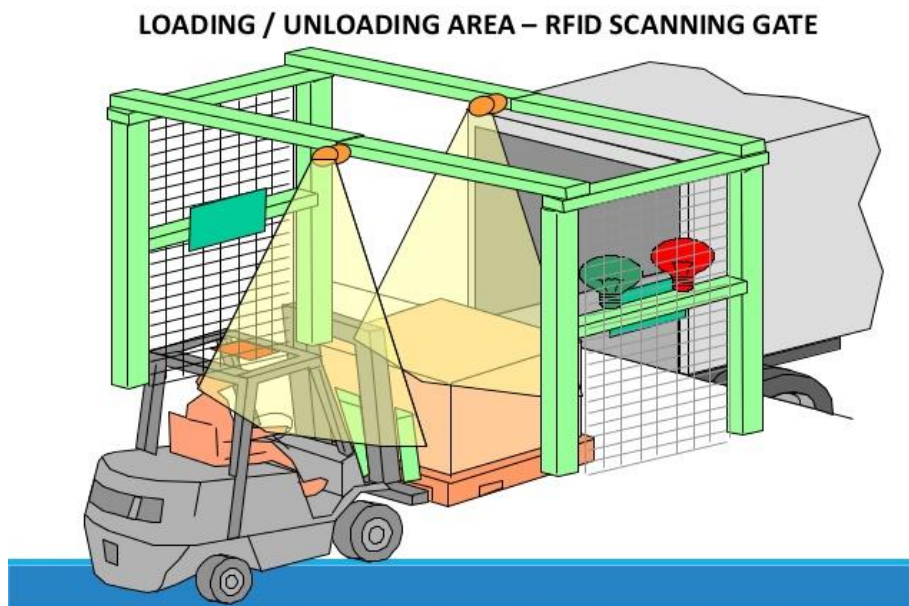
²¹ Burke, E. M., & Ewing Jr, D. L. op.cit., str. 24.

ima vrlo nisku cijenu. Radnik može naučiti kako koristiti sustav u manje od 15 minuta. U smislu isplativosti, bar kod sustavi imaju dokazano razdoblje povrata od šest do osamnaest mjeseci i pružaju najvišu razinu pouzdanosti u raznim aplikacijama za prikupljanje podataka.²²

3.3. Primjena RFID čipova

Radiofrekvencijska identifikacija (RFID) zamišljena je kao jednostavna zamjena bar kodova. Identifikacija proizvoda obavljala bi se bežičnim putem, putem radiovalova. Korištenjem takvog sustava uklanjaju se određena ograničenja u korištenju bar kodova kao što su npr. potreba za izravnom vidljivošću koda kako bi ga čitač uspio očitati, mala udaljenost na kojoj je bar kod moguće očitati, problemi s istrošenošću ili oštećenjima naljepnica s oznakama bar kodova, sporost tijekom očitavanja veće količine proizvoda i sl.²³

Slika 11. Primjena RFID čipova



Izvor: <https://image.slidesharecdn.com/warehouse-20automation-140113122922-phpapp01/95/warehouse-automation-19-638.jpg?cb=1389616531> 17. 4. 2019.

²² Burke, E. M., & Ewing Jr, D. L. op.cit., str. 24.

²³ Žubrinić, K. (2004). RFID Technology in Business Systems. Dubrovnik: LAUS, str. 3.

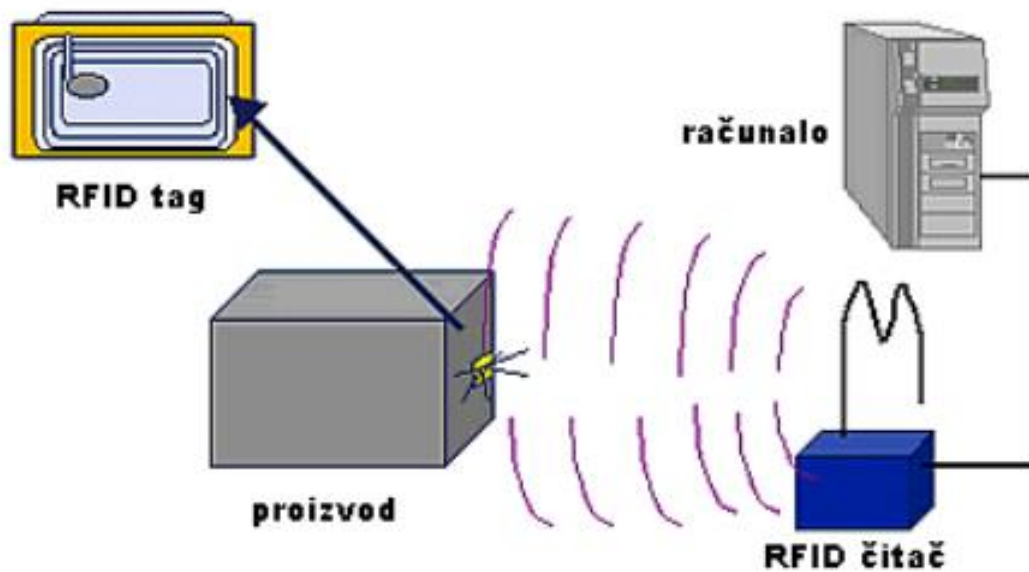
RFID je automatizirana tehnologija za prikupljanje podataka razvijena 1950-ih koja se može koristiti za elektroničko identificiranje, praćenje i pohranjivanje informacija koje se nalaze na oznaci. RFID sustavi sastoje se od transpondera, senzora (čitača) i baze podataka, koja prikuplja i pohranjuje podatke iz čitača. Transponder, također poznat kao oznaka, sastoji se od dva dijela, čipa i antene. Čip može pohraniti detaljne informacije specifične za stavku na koju je priključen. Ova informacija može biti bilo što. Dok su serijski brojevi, datumi proizvodnje i lokacija najčešći, kapacitet pohranjivanja informacija ograničen je samo veličinom čipa i brzinom kojom se može prenijeti. Antena je priključena na čip i prenosi informacije pohranjene na čitač. Čitač je odgovoran za skeniranje oznake za pohranjene podatke stavke te zatim prosljeđivanje tih podataka u bazu podataka. Oznaka se, na primjer, može pričvrstiti na paletu. Kad se paleta kreće unutar skladišta, senzori detektiraju i prosljeđuju informacije dobivene skeniranjem oznake u bazu podataka, koja pohranjuje sve informacije. Te informacije mogu uključivati identifikator stavke, opis proizvođača, kretanje stavke i mjesto.²⁴

RFID tagovi mogu biti aktivni i pasivni. Pasivni tagovi energiju crpe iz elektromagnetskog polja koje emitira RFID čitač. Aktivni tagovi skuplji su i koriste se rijetko, uglavnom za prijenose na većim udaljenostima, te imaju vlastiti izvor napajanja. RFID čitač sastoji se od antene i upravljačkog uređaja. Antena razmjenjuje podatke sa RFID tagovima, a upravljački uređaj obrađuje podatke i komunicira s računalom. Računalo inicira proces i daje nalog čitaču da emitira radiosignal. Antena RFID čitača emitira radiosignale koji aktiviraju RFID tag. Ovisno o primljenom signalu, RFID tag šalje podatke prema čitaču ili prima podatke od čitača i zapisuje ih u svoju memoriju.²⁵

²⁴ Burke, E. M., & Ewing Jr, D. L. op.cit., str. 11.

²⁵ Žubrinić, K. op. cit., str. 4.

Slika 12. Komponente RFID tehnologije



Izvor: Žubrinić, K. (2004). RFID Technology in Business Systems, str. 3.

RFID tehnologija primjenjuje se u svim područjima života (označavanje životinja, imovine, proizvoda itd.). Korištenje počinje na visokorazvijenim tržištima, koja mogu opravdati značajne troškove ulaganja u nove tehnologije. RFID tagovi trenutno nadopunjuju tehnologiju bar koda, a uskoro bi je mogli i u potpunosti zamijeniti. U Hrvatskoj je ta tehnologija još u početnoj fazi. Razvoj RFID tehnologije rezultira sve jeftinijom proizvodnjom opreme (transpondera čitača), sve većom memorijom, širim dometom prijenosa signala i bržim procesiranjem. Uređaji koji se koriste pri komisioniranju, skladištenju i u vozilima u formi bar kod skenera sve se više zamjenjuju RFID čitačima. Tag uređaj postavlja se na proizvod ili se integrira u proizvod, a sve u svrhu identificiranja i praćenja. Komunikacija između tag uređaja i uređaja za čitanje obavlja se pomoću radiovalova. Tag se sastoji od silikonskog mikročipa (u čiju se memoriju zapisuju podaci) i antene (koja prima i odašilje radijske valove). Ova dva elementa obično su zalivena u kućište otporno na utjecaj okoline. Označavanje RFID tagovima omogućuje jednostavnije praćenje i rukovanje proizvodima. Postoji niz prednosti pred bar kodom, a jedna od važnijih je podatak o tome da ova tehnologija sadrži mnogo veću količinu podataka čije su očitavanje i izmjena jednostavniji.²⁶

²⁶ Džido, S. (2014). „Modernizacija tehnoloških procesa u transportu i skladištenju rashlađenog tereta u luci rijeka“, diplomski rad, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, str. 30.

RFID tehnologija ima neke velike prednosti, ali i nedostatke u odnosu na bar kod. Proizvodi označeni RFID tagovima mogu se očitavati i u slučajevima kada nisu izravno dostupni čitaču. Čitač podatke može očitavati s udaljenosti čak i do 10 metara. Brzina očitavanja vrlo je velika, tako da se u jednoj sekundi može očitati više stotina tagova. Za razliku od bar kodova koji se vrlo lako mogu oštetiti i time izgubiti informaciju, RFID tagovi vrlo su otporni na fizička oštećenja. U RFID tagove odgovarajuće vrste mogu se naknadno upisivati informacije (npr. da je određeni komad proizvoda rezerviran ili već plaćen, informacije o uvjetima garancije i sl.). Za razliku od tehnologije bar koda, koja je jeftina, RFID tehnologija znatno je skuplja. Budući da se bazira na radiovalovima, pati od svih nedostataka radiokomunikacije: radiovalovi se loše ponašaju u vlažnim uvjetima, u prisutnosti veće količine metala u okruženju kao i u prisutnosti „elektroničke buke“. Mnoštvo podataka koji se žele kodirati u RFID tagove poskupljuju njihovu izradu jer je potrebno izrađivati sve veće memorijske čipove. Posljedica toga je povećanje vremena potrebnog za očitavanja i prijenos podataka. Kod naknadnog zapisivanja informacija u RFID tagove potrebno je osigurati sigurnosne mehanizme kako bi se spriječilo da neovlaštene osobe zapisuju pogrešne informacije.

U skladište se može postaviti fiksni RFID čitač koji će kontrolirati kompletan ulaz i izlaz robe u skladište. Svaki prolazak robe kroz vrata skladišta aktivira čitač koji očitava robu koja izlazi iz skladišta, odnosno robu koja ulazi u skladište. Na takav je način omogućeno automatsko očitavanje prometa robe i održavanje ažurne evidencije skladišnog stanja. Ne može se dogoditi slučaj da ulaz ili izlaz roba sa skladišta nije evidentiran.

Slika 13. Korištenje RFID tehnologije u skladištu



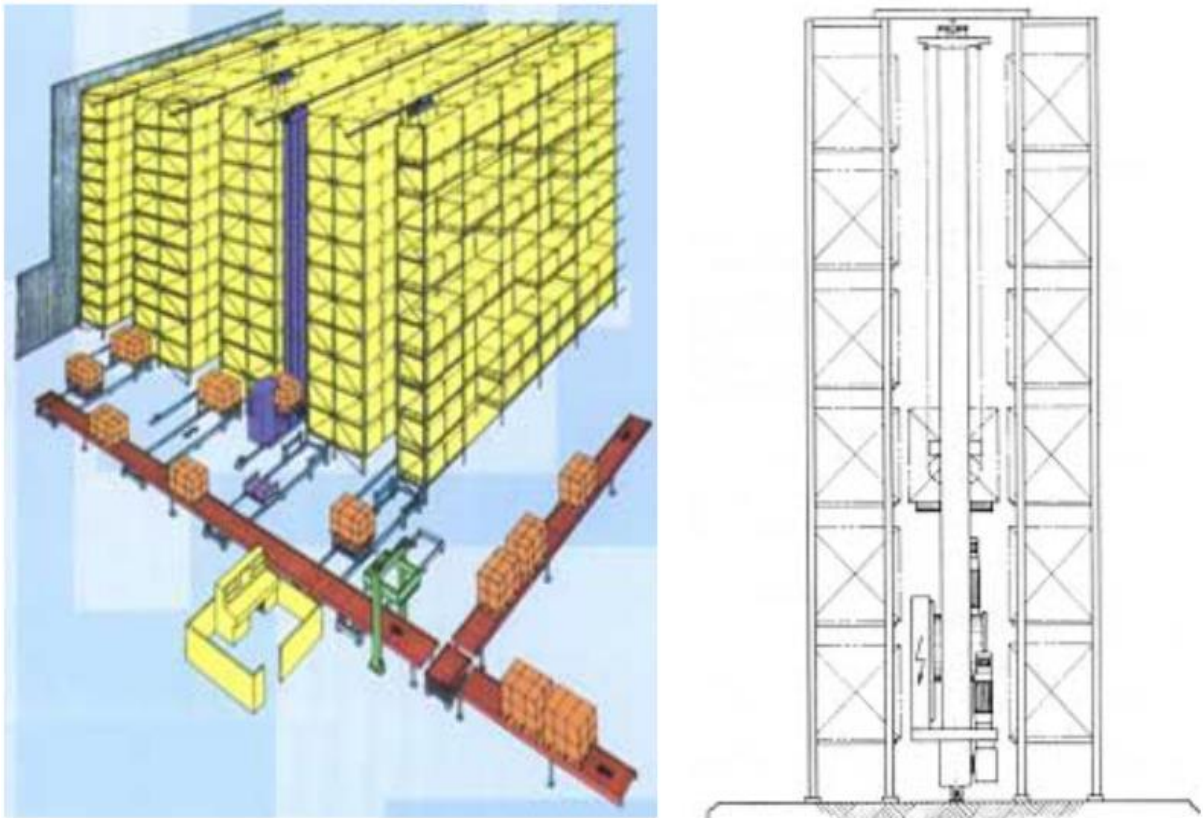
Izvor: Žubrinić, K. (2004). RFID Technology in Business Systems. Zagreb: LAUS novosti, str. 4.

3.4. Automatizacija

Prva automatizirana skladišta uvedena su prije 50 godina. Od tada se razvoj nastavio brzim tempom. U početku se automatizacija uglavnom fokusirala na paletna skladišta. Glavni je razlog za implementaciju automatizacije povećanje gustoće skladištenja, što se može postići rastom skladišta u visinu. Kasnije su bila automatizirana i miniskladišta te skladišta za komisioniranje. Ta skladišta postoje već od 60-ih godina. Od tada su razvijene mnoge varijante. U takvom skladištu (AS / RS: Automatizirani sustav za skladištenje i dohvaćanje) dizalica koja hvata prolaz dohvaća teret, obično s transportera, i automatski ga pohranjuje u regale na visinama do 30 m. Vožnja i podizanje odvijaju se istovremeno. Dohvaćanje je upravo suprotno. Također je moguće izvesti takozvane cikluse dvostruke naredbe, pri čemu se naredba za pohranu kombinira s naredbom dohvaćanja, koja štedi jedan pokret po dvostrukom ciklusu naredbe. Ako se pohranjeni jedinični tereti sastoje od spremnika, sustav se također naziva miniopterećenje.²⁷

²⁷ de Koster, R. (2018). Automated and Robotic Warehouses: Developments and Research Opportunities. Logistics and Transport Rotterdam Erasmus University Rotterdam, str. 3.

Slika 14. Klasična konfiguracija AS/RS sustava



Izvor:

https://www.fsb.unizg.hr/atlantiss/upload/newsboard/07_06_2013__19011_Skladistenje_TL-5_8.pdf 31. 3. 2019.

Automatizirani skladišni sustavi projektiraju se namjenski za skladištenje različitih vrsta artikala. Sustavi rade prema principu „roba k čovjeku“. Skladišne jedinice lociraju se na policama automatski. Transport se odvija pomoću automatskih dizalica i transportnih sustava. Skladišno se poslovanje vodi pomoću računala integracijom WMS-a. Kao skladišno transportne jedinice moguće je u ovakvim sustavima koristiti Europalette, plastične kutije i sl. Regalne dizalice projektiraju se i izvođe sukladno željenim brzinama i visinama rada te nazivnom opterećenju. Ovakva rješenja moguće je koristiti u svim granama industrije i distribucije (prehrambena, farmaceutska, kemijska, rashladne komore i sl.).

Slika 15. Automatizirano skladište



Izvor:

https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/07_06_2013__19011_Skladistenje_TL-5_8.pdf 31. 3. 2019.

3.5. *Pick-to-light* sustavi

Zahtjevi distribucijskih centara dovode do usvajanja naprednijih hardverskih i softverskih rješenja. Trgovci na malo imaju zadatak ispunjavati ne samo tradicionalne zahtjeve u trgovini vezane uz čuvanje proizvoda na policama nego i izazove e-trgovine, uključujući veliki broj pojedinačnih artikala te sezonske vrhove u prodaji. Suočeni s tim ponekad konkurentnim zahtjevima menadžeri distribucijskih centara traže sustave i procese ispunjavanja narudžbi koji maksimiziraju produktivnost radne snage i minimiziraju pogreške. *Pick-to-light* sustavi omogućuju lakšu nabavu i fleksibilno skladištenje te se mogu primijeniti za rješavanje

specifičnih izazova, bilo kao samostalni sustav ili kao tehnologija koja omogućuje integriranje u veći sustav.²⁸

Pick-to-light je tehnologija ispunjavanja narudžbi koja koristi alfanumeričke zaslone i gumb na mjestima pohrane za usmjeravanje ručnog biranja i snimanja stavki za isporuku. U tipičnom sustavu *pick-to-light* operater skenira barkod koji je pričvršćen na kutiju za dostavu ili torbu, koja je privremeno spremna za upotrebu. Alfanumerički prikazi, diode koje emitiraju svjetlo (LED-ovi), osvjetljavaju se kako bi uputili operatera na pravo mjesto za pohranu i naznačili broj stavki koje treba odabrati. Operater stavlja predmete u spremnik i potvrđuje aktivnost, obično pritiskom na gumb blizu zaslona. Zaslone se i dalje pale u radnoj zoni operatera i usmjeravaju ih na sljedeću lokaciju. Mogu postojati i drugi gumbi koji omogućuju operatoru snimanje varijacija u veličini odabira i drugim osnovnim podacima. Na nekim zaslonima mogu se navesti i brojevi narudžbi, sljedeća zona na koju treba proslijediti narudžbu i posebne upute za operatore. Promjenom smjera protoka, sustav može postati sustav koji se stavlja na svjetlo i omogućuje povratno biranje, pri čemu se ulazna roba stavlja na lokacije grupirane prema narudžbi kupca ili maloprodajnoj trgovini.²⁹

Slika 16. *Pick-to-light* sustavi



Izvor: https://www.gebhardt-foerdertechnik.de/fileadmin/user_upload/img/Software/Kommissionierung/Software_Kommissionierung.jpg 15. 4. 2019.

²⁸ The viability of modern pick-to-light systems: https://scg-mmh.s3.amazonaws.com/pdfs/intelligated_pick_to_light_110216.pdf 15. 4. 2019.

²⁹ <https://searcherp.techtarget.com/definition/pick-to-light> 15. 4. 2019.

Organiziranje procesa po radnim zonama pojedinih operatera pomaže smanjiti nepotrebno hodanje u skladištu. Međutim, nalozi mogu proći kroz više od jedne zone, s operaterima koji rade u montaži kako bi dovršili svaku narudžbu. Redoslijed je često strukturiran tako da minimizira vrijeme neaktivnosti. Moduli za prikazivanje svjetla obično su umreženi preko žičane sabirnice koja daje podatke i električnu energiju, iako su neki moduli bežični. Oni dobivaju snagu i podatke neovisno, što smanjuje vjerojatnost neuspjeha na razini cijelog sustava. Neki sustavi s priključkom na svjetlo mogu se postaviti na mobilne kolica, što operaterima omogućuje da ispune više narudžbi u jednoj šetnji kroz skladište. Sustavi se također mogu koristiti s automatiziranim sustavima za rukovanje materijalom i transportne sustave.

Slika 17. *Pick-to-light* prikaz radne jedinice



Izvor: <https://www.bahrns.com/blog/wp-content/uploads/pick-to-light.jpg> 15. 4. 2019.

Pick-to-light sustavi dolaze sa specijaliziranim softverom koji se može integrirati s sustavima za upravljanje lancem opskrbe i sustavom upravljanja skladištem (WMS). Napredni softver dodaje mogućnost mijenjanja veličine radnih zona kako bi se bolje uskladio rad s opsegom narudžbi, ili proizvesti izvješća o stopama odabira, produktivnosti i drugim korisnim mjernim podacima. Prednosti sustava *pick-to-light* uključuju poboljšanu produktivnost i točnost, niže

troškove rada i učinkovitije vođenje evidencije. Veći dio učinkovitosti proizlazi iz smanjenja vremena koje operateri troše na šetnju do mjesta i čitanja zapisa na papiru.

3.6. *Pick-to-voice* sustavi

Brzorastuća industrija utjecala je na trgovce na malo i skladišne operatore koji neprestano traže rješenja koja će povećati učinkovitost i produktivnost svakodnevnih skladišnih operacija, posebno komisioniranje. Logističke operacije u skladištima teže optimizaciji, gdje sekunde u obavljanju neke aktivnosti mogu biti izazov za dobivanje izravnog utjecaja na smanjenje ukupnog vremena procesa. S obzirom na to da zbog poremećenih procesa često u procese ulaze dodatni operateri, s nedefiniranom normativnom i smanjenom produktivnošću, ukupno vrijeme procesa nije zanemarivo.³⁰

Slika 18. *Pick-to-voice* sustavi



Izvor: <https://www.speech-interface.com/hs-fs/hubfs/Voice-directed%20case%20picking.png?width=483&name=Voice-directed%20case%20picking.png>
15. 4. 2019.

³⁰ Dujmešić, N., Bajor, I. i Rožić, T. (2018). „Warehouse Processes Improvement by Pick by Voice Technology“. *Tehnički vjesnik* 25 (4), str. 1227.

Glasovno usmjereno skladištenje (*pick-to-voice*) odnosi se na korištenje softvera za usmjeravanje glasa i prepoznavanje govora u skladištima i distribucijskim centrima. Glasovno usmjereno skladištenje je u uporabi od kasnih 1990-ih, a očekuje se da će se njegova uporaba ubrzano povećavati zbog napretka u tehnologiji i smanjenja troškova za glasovno usmjereni softver te za mobilna računala na kojima radi. U skladištu s glasovnim usmjeravanjem, radnici nose slušalice povezane s malim prijenosnim računalom, slične veličine kao Sony Walkman, a radnik dobiva verbalne upute o tome kamo treba ići i što treba učiniti. Radnici potvrđuju svoje zadatke govoreći unaprijed definirane naredbe i čitajući kodove za potvrdu koji su tiskani na lokacijama ili proizvodima u cijelom skladištu. Softver za prepoznavanje govora koji se koristi na nosivom računalu „razumije“ odgovore radnika. Skladištenje koje se usmjerava glasom obično se koristi umjesto sustava na papiru ili mobilnom računalu koji zahtijevaju od radnika da pročitaju upute i skeniraju barkodove ili podatke za unos ključa kako bi potvrdili svoje zadatke. Oslobađajući ruke i oči radnika, sustavi usmjereni glasom obično poboljšavaju učinkovitost, točnost i sigurnost. Dok je glasovno usmjereno skladištenje izvorno korišteno u biranju narudžbi, sada sve funkcije skladišta kao što su primanje, odlaganje, nadopunjavanje, otprema i vraćanje robe mogu biti koordinirane glasovnim sustavima.

3.7. Pametne naočale

Pametne naočale i pojačani ili mješoviti zaslone na glavi (HMD) nosivi su elektronički uređaji koji spajaju ljude i računala putem različitih oblika *head-up* zaslona. Pametne naočale obično imaju više značajki koje korisnicima omogućuju prikaz i analizu informacija relevantnih za okolinu. Uz proširenu ili mješovitu stvarnost, digitalne projekcije prožete su stvarnim životom, a pružaju kontekstualne informacije i dopuštaju korisnicima da vizualno manipuliraju svojim okruženjem. Danas je proširena stvarnost moguća uz pomoć pametnih telefona, tableta i mnoštva drugih medija. Tehnologija pametnih naočala značajno se razvila tijekom posljednjih pet godina. Današnji su uređaji manje nametljivi, ergonomičniji i brži od svojih prethodnika. Izlazeći iz početnog neosjetljivog prijema s kojim su se ovi uređaji suočili u potrošačkom okruženju, mogućnosti koje omogućuju rješenja pametnog stakla spremne su potaknuti stvarnu vrijednost u poslovnim okruženjima. Ovaj pokret poduzeća vjerojatno će se razviti tijekom sljedećeg desetljeća jer pametne naočale i pojačana stvarnost nastavljaju poboljšavati sposobnost rješavanja važnih slučajeva komercijalne uporabe. Tehnologija pametnog stakla već napreduje u industrijskim granama kao što su proizvodnja, logistika,

terenske usluge, inspekcije i operacije. Atributi specifični za proizvod, kao što su dizajn, koji je jednostavan za korištenje, poboljšana ergonomija i prenosivost poboljšale su opću upotrebljivost uređaja i smanjile rizike za okoliš. Tehnologija se naglo ubrzava. Vijek je trajanja baterije produljen, vizualno kašnjenje nastavlja se smanjivati, mnogi uređaji sada se mogu prilagoditi i lećama na recept, a tehnologija se počinje pretvarati u stvarnost.³¹

Slika 19. Pametne naočale



Izvor:

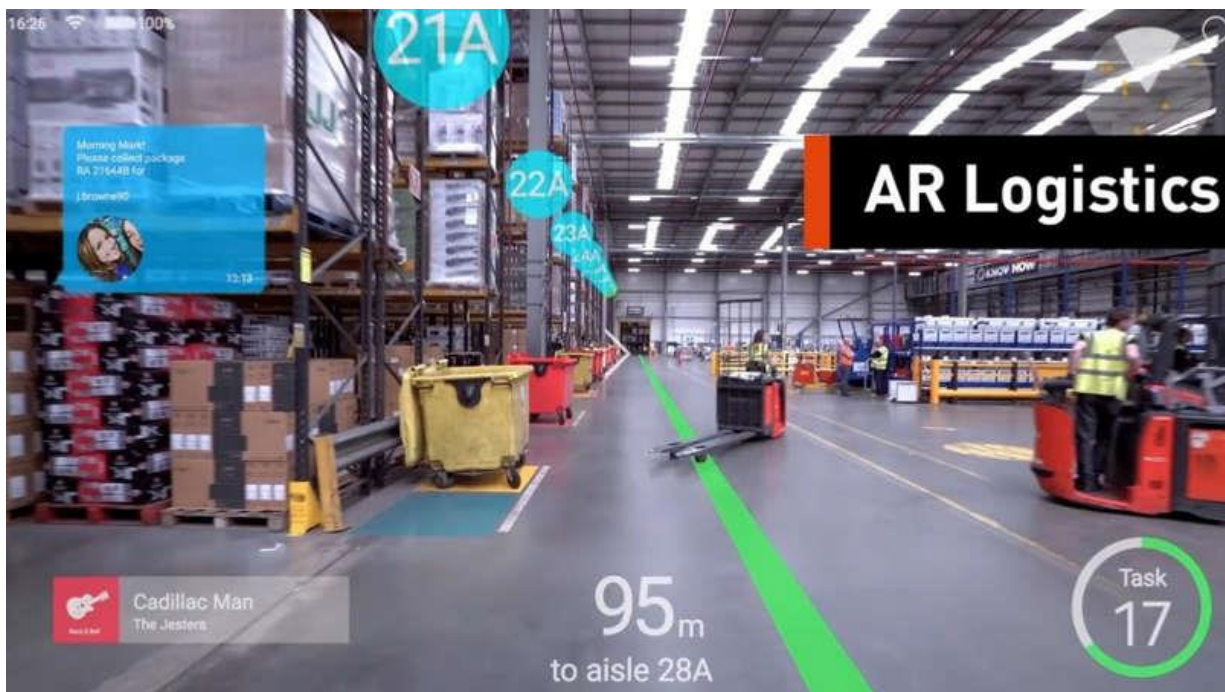
https://www.telekom.com/resource/image/486116/landscape_ratio4x3/1296/972/c42730cfe63ee9d7c5c2a0c3b65f5a8a/Fc/bi-mwc-einfacherklaert-ar-en.jpg 15. 4. 2019.

Kada se učinkovito koriste u pravom okruženju, pametne naočale i AR (eng. *Augmented Reality*, proširena stvarnost) zasloni imaju brojne važne prednosti u odnosu na računala, tablete i drugu postojeću tehnologiju, a to su kontekstualne informacije, povećana standardizacija radnog toka, *hands-free* pomoć i dokumentacija. Slobodan pristup obavljanju posla pružanjem podataka i virtualnih uputa radnicima dok završavaju aktivnosti. Koriste se

³¹ Using smart glasses and augmented reality head-mounted displays to drive supply chain innovation: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-using-smart-glasses-and-augmented-reality-head-mounted-displays-to-drive-supply-chain-innovation.pdf>, 15. 4. 2019.

virtualne upute za standardizaciju radnih procesa u industrijama sa sezonskim radnim promjenama, kao što je logistika e-trgovine, i za složene zadatke koji se brzo mijenjaju, kao što su održavanje i popravak. Zahvaljujući audio i videotehnologiji radnici mogu komunicirati s drugim kolegama i za rješavanje složenih problema tražiti pomoć stručnjaka unutar njihove organizacije bilo gdje na svijetu. Takva poboljšanja produktivnosti doprinose boljoj ekonomičnosti poslovanja opskrbnog lanca, ubrzavaju rješavanje problema i smanjuju broj pogrešaka u kvaliteti. Tijekom obavljanja složenih zadataka radnici mogu prikazati interaktivne videozapise o obuci na zahtjev, koji prekrivaju proširenu stvarnost u njihovoj okolini. To je posebno kritično u industrijama koje se suočavaju sa starom radnom snagom u kojoj značajno institucionalno znanje brzo nestaje.

Slika 20. Prikaz proširene stvarnosti



Izvor: <https://wordlesstech.com/wp-content/uploads/2017/01/Augmented-Reality-goggles-will-help-you-at-work-1.jpg> 15. 4. 2019.

Tvrtke počinju ublažavati rizike prijelaza iz industrije i institucionalizirati znanje olakšavajući standardizaciju i učenje uz pomoć uređaja kako bi povećali brzinu stručnosti. Nadalje, arhivirani videozapisi snimljeni tijekom obavljanja radnih dužnosti mogu se koristiti kao dokaz tijekom inspekcija radi poboljšanja standardizacije i dokazivanja reguliranih koraka koje su slijedili. Tvrtke počinju koristiti te mogućnosti za završne ispite kvalitete gdje se moraju brzo dovršiti detaljni popisi i dokumentacija. Koristeći se kao alat za standardizaciju

radnih procesa i sigurnosti te pružanja tih informacija *hands-free* uređaj pametne naočale nudi dodatne nematerijalne koristi. Lideri u energetske, transportne, komunalne i industrijske pogonima naći će sposobnost uređaja da standardiziraju i dokumentiraju sigurnosne mjere kao privlačne alate za poboljšanje sigurnosti na radnom mjestu. Kratkoročno, jeftiniji uređaji kao što su prijenosna računala, pametni telefoni i tableti natjecat će se s pametnim naočalama. Organizacije u prostoru za praktične usluge još uvijek koriste papirnate priručnike i ručne elektroničke uređaje kako bi radnicima pružili potrebne informacije, smatrajući ih dovoljno dobrim rješenjima. Međutim, dugoročno gledano, poboljšani dizajn uređaja, mogućnosti i troškovi preusmjerenja će ljestvicu uređaja pametnih naočala iznad postojećih tehnologija.³²

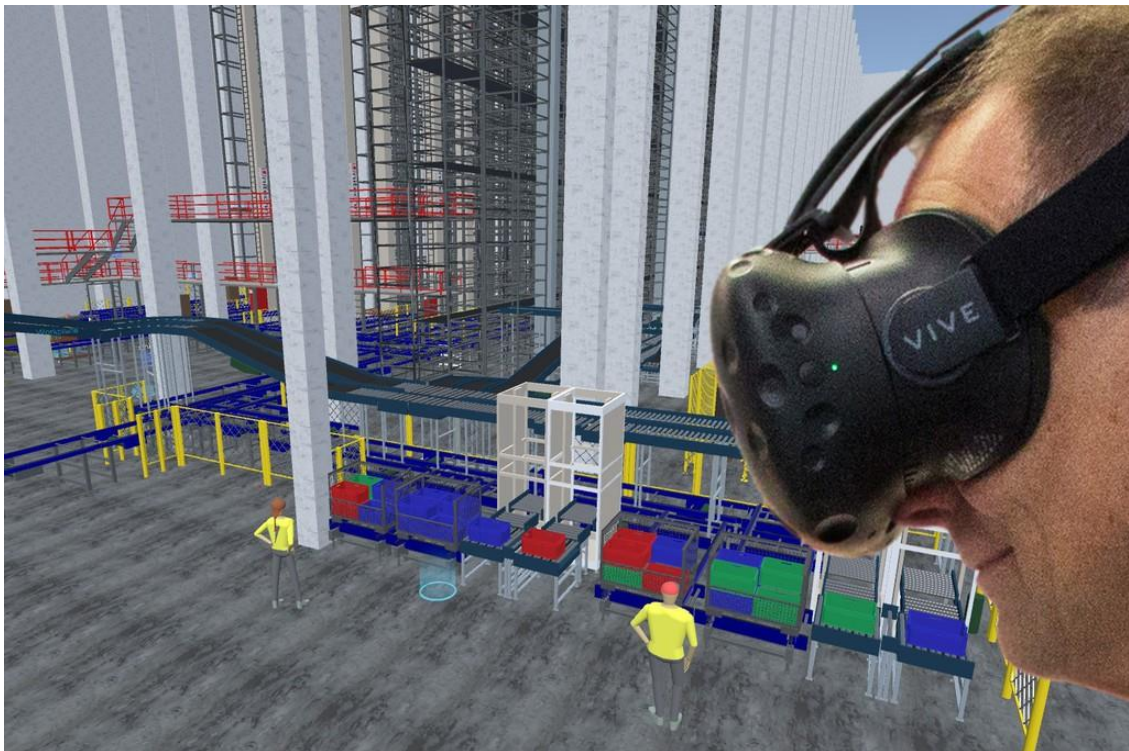
3.8. Virtualna realnost

Virtualna stvarnost (VR) umjetna je računalno generirana trodimenzionalna okolina koju korisnik može doživjeti kroz osjetilne podražaje. Korisnik može komunicirati s okolinom na naizgled stvaran ili fizički način koristeći specijaliziranu elektroničku opremu, uključujući naočale, jednostavne zaslone postavljene na glavu i 3D slike. Danas se najčešće navode slučajevi zabave i igranja, ali postoje i značajne poslovne aplikacije. Iz perspektive poduzeća, VR koristi se za dizajn proizvoda i procesa, virtualnu suradnju i učenje temeljeno na iskustvu. Tehnologija virtualne stvarnosti (VR) značajno je evoluirala od svog početka krajem 1950-ih.

Napredak mobilne računalne snage eliminira potrebu za spajanjem *headseta* na centraliziranu snažnu računalnu jedinicu, čineći aplikaciju mobilnom i pristupačnijom. Novije značajke uključuju i tehnologiju za praćenje „iznutra prema van“ koja prati položaj objekata kroz fotoaparat unutar VR *headseta*. Prepreke za opće prihvaćanje ostaju u područjima računalne moći, određivanja cijena, sigurnosti i percepcije korisnika. Današnji hardver, međutim, već je riješio neke od temeljnih problema koji su mučili rane generacije. VR: *Oculus Rift*, na primjer, nudi 1,3 milijuna puta veću računalnu snagu. Osim toga, kombinira tu izvedbu s manje od 20 milisekundi latencije, što je ključno za ublažavanje učinaka mučnine.

³² Using smart glasses and augmented reality head-mounted displays to drive supply chain innovation: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-using-smart-glasses-and-augmented-reality-head-mounted-displays-to-drive-supply-chain-innovation.pdf> 6. 5. 2019.

Slika 21. Planiranje u virtualnom skladištu



Izvor: <http://resource2.ultdb.net/res/org0011/Y2019/M02/201902216YB3.jpg> 15. 4. 2019.

VR ima najveći potencijal utjecati na opskrbne lance u četiri područja: dizajn proizvoda i procesa, vizualizacija podataka i procesa, suradnja zaposlenika i učenje temeljeno na iskustvu. Globalni timovi mogu pojednostaviti proces i dizajn proizvoda kroz impresivne VR aplikacije surađujući istovremeno, bez obzira na fizičku lokaciju. Primjerice, pomoću VR-a za izradu linije tvornice inženjeri mogu surađivati na dizajnu i naučiti kako raditi u novom okruženju. Istodobno, proučavanje načina interakcije radnika i robota u virtualnom okruženju može dati bolji uvid o tome kako optimizirati tvorničku liniju.

Budući da će tvrtke koristiti nove alate za obradu korisničkih podataka, iskorištavanje 3D sposobnosti za vizualizaciju složenih skupova podataka na nove načine imat će utjecaj na funkcije planiranja opskrbnog lanca. Naposljetku, virtualna okruženja pružaju koristan alat tijekom operacija za najbolju praksu donošenja odluka i postupke učenja kroz pokušaje i pogreške s niskim rizikom. Istraživanja su već pokazala da učenje uz pomoć VR tehnologije može povećati brzine zadržavanja informacija.

Slika 22. Virtualno skladište



Izvor: <https://thumbs.dreamstime.com/z/warehouse-worker-using-virtual-reality-headset-k-80102903.jpg> 15. 4. 2019.

Virtualna stvarnost značajno je evoluirala u posljednjih pet godina zbog tehnoloških inovacija kao što su razvoj jeftinih visokokvalitetnih mobilnih komponenti i elektronike, poboljšanja u brzinama i mogućnost sinkronizacije ljudskog procesnog sustava s virtualnim. S obzirom na ta, značajna poboljšanja, organizacije opskrbnog lanca trebale bi pokrenuti testiranje primjenjivosti VR-a u određenim područjima.

Uspješno usvajanje VR-a u lancu opskrbe ovisi o usklađenosti pokretača vrijednosti tehnologije sa slučajevima upotrebe u poduzeću, operativnim potrebama i organizacijskoj spremnosti, a ne samo širokom pristupu temeljenom na trenutnoj popularnosti teme. Glavni je pokretač vrijednosti za organizacije mogućnost interaktivne vizualizacije VR-a. Konstrukcije poboljšane VR-om omogućuju sposobnost vizualizacije, što ranije nije bilo moguće. To omogućuje inženjerima proizvoda, arhitektima i dizajnerima da brzo prebace više dizajna i ocijene ih na licu mjesta.

Automobilski proizvođači originalne opreme i velike građevinske tvrtke udružuju se s tvrtkama za softver za dizajn i proizvođačima hardvera za stvaranje hardverskih iskustava. Stvaranje virtualnih prototipa odgađa, a u nekim slučajevima i minimizira, potrebu za fizičkim prototipovima i skupim eksperimentima u ranoj fazi, čime se u konačnici smanjuju

troškovi za te organizacije. Osim toga, drugi je doista jedinstveni atribut sposobnost odvajanja prisutnosti od fizičke lokacije. Koristeći VR audiomogućnosti i videomogućnosti s različitim točkama vidnog polja, radnici mogu surađivati s drugim kolegama oko zajedničke vizualizacije ili interakcijom putem virtualnih avatara. Pristup platformi trenutno se ostvaruje u raznim dijelovima svijeta, što dovodi do poboljšane virtualne suradnje simulacijama u stvarnom vremenu i poticajnim „igrama“. Ove interakcije ne samo da smanjuju troškove već i daju proizvođačima i dobavljačima daljnji uvid u proizvod i razvoj procesa, osobito važan u distribuiranim mrežama opskrbe. Učinkovitost je u cijelom lancu opskrbe očita.³³

3.9. Pametni senzori

Senzor je uređaj koji daje povratne informacije o fizičkom procesu ili tvari na predvidiv, konzistentan i mjerljiv način. Pametni senzori razlikuju se od uobičajenih senzora u tome što su pametni senzori napredne platforme s ugrađenim tehnologijama kao što su mikroprocesori, pohrana, dijagnostika i alati za povezivanje koji transformiraju tradicionalne povratne signale u prave digitalne uvide. Ovi pametni senzori mogu pružiti pravovremene i vrijedne podatke koji mogu dovesti do poboljšanja u troškovima, performansama ili iskustvu korisnika. Integriranje pametnih senzora kroz lanac opskrbe može smanjiti operativne troškove, povećati učinkovitost imovine, poboljšati planiranje potražnje i pružiti kritičan uvid u ponašanje kupaca. Budući da se centralizirane platforme i komunikacijske mreže nastavljaju razvijati, tvrtke bi trebale razmotriti raznolikost dostupnih pametnih senzora i odrediti kako uključiti senzore u opskrbne lance.

Pametni senzori povećavaju razinu automatiziranog prikupljanja i obrade podataka te proširuju vidljivost upravljanja diljem opskrbnog lanca kako bi pomogli tvrtkama u smanjenju operativnih troškova, poboljšanju učinkovitosti imovine i stvaranju dodatnih prihoda. Pametni senzori uvode operativnu učinkovitost, koja može pomoći smanjiti troškove rada, logistike i kontrole kvalitete. Procesi poput brojenja inventara i razvrstavanja materijala postali su automatizirani zahvaljujući pametnim sensorima, čime se pomaže poboljšati produktivnost ljudskog rada. Praćenje rada uz pomoć senzora također pomaže u smanjenju neaktivne radne snage optimiziranjem zadataka. Isto tako autonomni senzori koji omogućuju vožnju mogu pomoći u smanjenju troškova prijevoza dinamičkim usmjeravanjem i poboljšanjem sigurnosti.

³³ <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-utilizing-virtual-reality-to-drive-supply-chain-innovation.pdf> 15. 4. 2019.

Pametni senzori također mogu identificirati korijenske pogreške u proizvodnji i poboljšati procesni pogon, čime se povećava kvaliteta proizvodnje. Montažne trake koje koriste pregledne materijale tijekom inspekcije kvalitete mogu slati svoje fotografije projektantima u realnom vremenu zahvaljujući tehnologiji pametnih senzora. Time se fizički digitalna petlja zatvara u nekoliko minuta (ne satima ili danima) i omogućuje inženjerima da identificiraju glavni uzrok proizvodnih problema u vrijeme sastavljanja. Tvrtke koje su integrirale pametne senzore u svoje proizvodne operacije postigle su konkurentsku prednost kroz poboljšano upravljanje imovinom i produktivno održavanje industrijskih strojeva.³⁴

RFID senzori, koji omogućuju identifikaciju i praćenje stavki bez dodira, transformirali su tradicionalno upravljanje zalihama. RFID omogućuje automatizirani pristup koji može ponuditi povećanu točnost i praćenje zaliha u stvarnom vremenu po vrlo niskoj cijeni. Ova poboljšanja omogućuju veće praćenje inventara, što potencijalno smanjuje rizik od smanjenja zaliha ili gubitka. Pouzdanije i trenutačne informacije mogu također ojačati sposobnosti planiranja potražnje potencijalno smanjujući situacije nestajanja i zalihe. Nadalje, napredak u tehnologiji pametnih senzora rezultirao je uštedama od zaštite od krađe inventara i smanjenim kvarovima. Pametni senzori također imaju fleksibilnije distribucijske modele. Proizvodi i ambalaža ugrađeni u pametne senzore omogućuju automatsko ponovno naručivanje i ponovno punjenje. Isto tako, priključeni uređaji pokreću prodaju na mjestu potrošnje, kao što su namirnice iz hladnjaka.³⁵

3.10. Blockchain

Blockchain je tehnologija koja razmjenjuje podatke o transakcijama između stranaka na siguran način. Jednostavnije rečeno, to su blokovi podataka koji su lančano vezani, koji se dijele na svim računalima u mreži, što ih čini dostupnim relevantnim stranama.

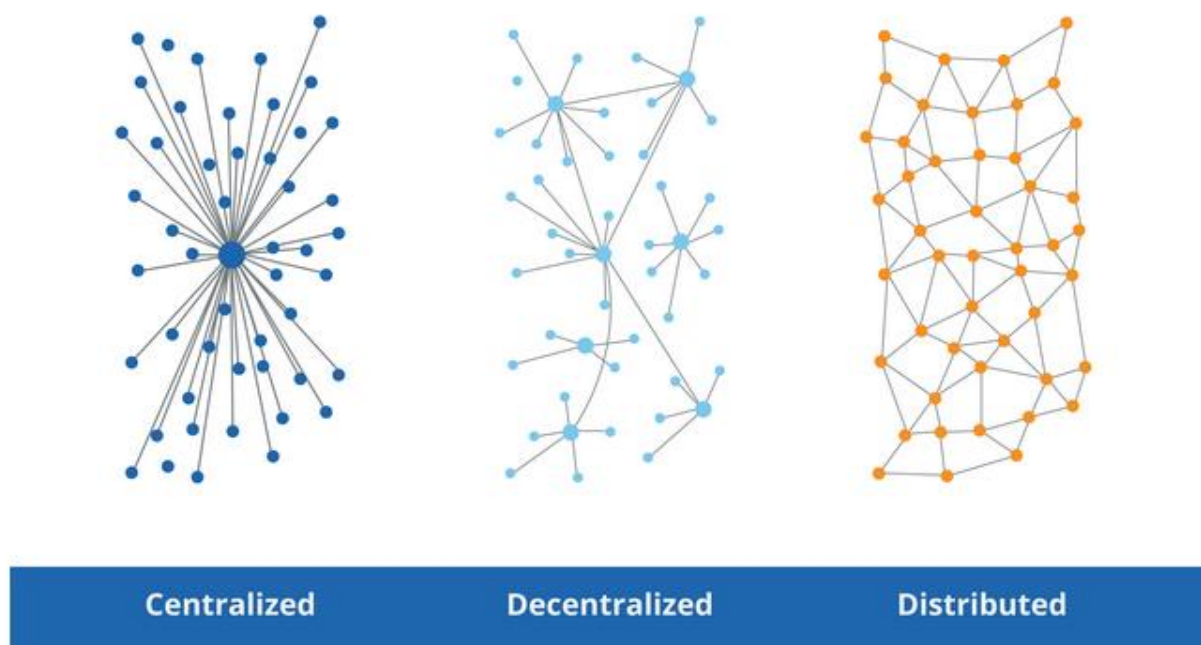
Blockchain donosi tri glavne značajke – pristupačnost, sigurnost i odgovornost. *Blockchain*, koji dijele sve strane, čini podatke dostupnima svima koji su uključeni. Podaci se pohranjuju na svakom računalu, tako da su i decentralizirani i distribuirani. To stvara visoku razinu sigurnosti jer bi hakeri trebali pristupiti i izmijeniti podatke na svim povezanim računalima u

³⁴ <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-smart-sensors.pdf> 16. 4. 2019.

³⁵ <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-utilizing-virtual-reality-to-drive-supply-chain-innovation.pdf> 6. 5. 2019.

isto vrijeme samo da bi promijenili jednu transakciju. Ovaj distribuirani pristup upravljanju podacima čini *blockchain* preferiranom platformom za zaštitu podataka i povećanje odgovornosti, a istovremeno je lako dostupan pristupačnim stranama. Izvrsnost u logistici postiže se besprijekornom suradnjom između svih dionika u opskrbnom lancu, uključujući skladište. Postojanje mnogih subjekata uključenih u višestruke složene tehnologije rezultira slabom suradnjom i ograničenom transparentnošću. *Blockchain* će povezati relevantne strane na istoj podatkovnoj platformi, istovremeno jamčeći sigurnost podataka i jednostavnu komunikaciju.³⁶

Slika 23. Primjer distribuirane *blockchain* mreže



Izvor: <https://articles.cyzerg.com/blockchain-in-the-warehouse> 19. 4. 2019.

Tehnologija iza senzora i elektroničkih čipova brzo se razvija i čini ih lakše prenosivima. Ova evolucija omogućuje tvrtkama da prilože senzore za fizičku robu kako bi pratili njihovu evoluciju i tako otkrili potencijalne neuspjehe i prijevare. Ako kombinirate ove senzore, koji prikupljaju velike količine podataka, s *blockchainom*, koji osigurava standardizaciju, transparentnost i sljedivost stvara se vrijednost na prikupljenim podacima. Korištenje „zapečaćenog“ pametnog uređaja za autentifikaciju robe omogućuje povjerenje duž opskrbnog lanca. Ovi elektronički pečati jedinstveno identificiraju objekt na koji su pričvršćeni i otkrivaju ili jednostavno prekidaju pokušaj neovlaštenog rukovanja objektom. U

³⁶ <https://articles.cyzerg.com/blockchain-in-the-warehouse> 19. 4. 2019.

nekim slučajevima nije moguće priključiti senzore na robu zbog veličine robe, materijala od kojeg je izrađena ili očuvanja integriteta. U tim slučajevima pričvršćivanje elektroničkog pečata na ambalažu dobro je održivo zaobilazno rješenje za točno praćenje objekta kroz opskrbni lanac. Mnogi slučajevi upotrebe za primjenu *blockchain* i *IoT* tehnologija za upravljanje lancem opskrbe mogu se zamisliti u svim industrijama. Primjerice, korištenje oznaka na ambalaži u zdravstvenoj industriji moglo bi pomoći u praćenju i osiguravanju medicinskih pomagala. Ako se ta tehnologija zatim spoji s lancem blokova prikupljanjem zarobljenih informacija i potvrđivanjem njegove autentičnosti, može se osigurati održivost zaliha duž cijelog opskrbnog lanca, kao i identificirati potencijalne prijevare i manipulacije koje bi mogle izazvati opasne posljedice za pacijente. Sličan primjer može se primijeniti na prehrambenu industriju, pakiranje osjetljivih proizvoda s oznakama, kao i stavljanje pametnih termometara u spremnike, na različitim ključnim mjestima, kako bi se učinkovito pratilo da maksimalna temperatura nije narušena tijekom procesa.³⁷

3.11. 3D printanje

3D printanje aditivna je tehnologija koja se koristi za izradu trodimenzionalnih čvrstih predmeta u slojevima iz digitalne datoteke bez potrebe za kalupom ili reznim alatom. 3D objekte stvara visoko specijalizirani pisac koji kontinuirano ispisa uzastopne slojeve materijala odozdo prema gore. Svaki sloj presjek je gotovog proizvoda. 3D objekt ne ispisa se tintom, već velikom količinom materijala. Materijal se dodaje sloj po sloj umjesto materijala za oblikovanje, rezanje ili savijanje. U posljednjih nekoliko godina tehnologija 3D tiska nastavila se razvijati, osobito u primjeni materijala. Više od stotinu sirovina može se koristiti za 3D ispis. Neki od najčešće korištenih materijala uključuju plastiku, staklo, metal, polimere, vosak, mješavine pijeska i ljepila, najlon, keramiku, jestivi materijal, pa čak i ljudsko tkivo. Proširenje vrste materijala promicat će primjenu ove tehnologije na produktivnijim područjima. Danas se ova tehnologija može koristiti za proizvodnju rezervnih dijelova, pojedinačnih dijelova, biokonstrukcija, mikromaterijala, elektronike, pa čak i nakita.

Uz tradicionalnu proizvodnju materijali se obično dobivaju i isporučuju s nekoliko lokacija na centralizirane tvornice koje razvijaju i sastavljaju konačni proizvod. Gotova roba zatim prolazi kroz nekoliko koraka u opskrbnom lancu, obično se skladišti u skladištima prije

³⁷ <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/lu/Documents/technology/lu-blockchain-internet-things-supply-chain-traceability.pdf> 19. 4. 2019.

isporuke u trgovine ili izravno krajnjem kupcu nakon što je naručena. Nasuprot tome, 3D ispis može uvelike smanjiti složenost u proizvodnji i imati brojne dodatne prednosti u odnosu na konvencionalne tehnike proizvodnje. Ključne prednosti 3D tiska:³⁸

- manji broj proizvodnih koraka za projektiranje, prototip i proizvodnju vrlo složenih i / ili prilagođenih proizvoda
- brže vrijeme isporuke uz pomoć strategija na zahtjev i decentralizirane proizvodnje
- niži troškovi logistike i proizvodnje (npr. smanjena dostava i skladištenje), potencijalna eliminacija troškova uvoza / izvoza lokaliziranom proizvodnjom, uklanjanje novih proizvodnih alata i kalupa i skupe izmjene u tvornicama)
- veća održivost i učinkovitost u proizvodnji korištenjem minimalne količine materijala i energije u proizvodnji.

Slika 24. Industrijski 3D printer



Izvor: <https://3dprintmanual.com/wp-content/uploads/2017/11/Best-Industrial-3D-Printers.jpg>
19. 4. 2019.

Glavna je prednost 3D tiska mogućnost izrade raznih proizvoda s jednog 3D pisača. Time se smanjuje broj koraka u proizvodnom lancu, čime se tvrtkama u osnovi omogućuje korištenje koncepata proizvodnje na zahtjev i decentralizirane proizvodnje. Kao rezultat toga,

³⁸ <https://vslg.cz/wp-content/uploads/2018/06/kubac.pdf> 19. 4. 2019.

potencijalno značajne ekonomske uštede mogu se ostvariti u logističkim i proizvodnim troškovima. Relativno je jasno da se 3D tisak neće koristiti za masovnu proizvodnju. Najveći potencijal tehnologije 3D tiska leži u njegovoj sposobnosti da pojednostavi proizvodnju vrlo složenih i prilagodljivih proizvoda i dijelova. U logistici, u području logistike rezervnih dijelova i proizvodnje individualiziranih dijelova, 3D tisak igrat će značajniju ulogu. Kako će proizvođači prilagođavati svoje proizvodne procese i lance opskrbe tako će to otvoriti nove mogućnosti i izazvati pružatelje logistike da pronađu nova rješenja za kupce.

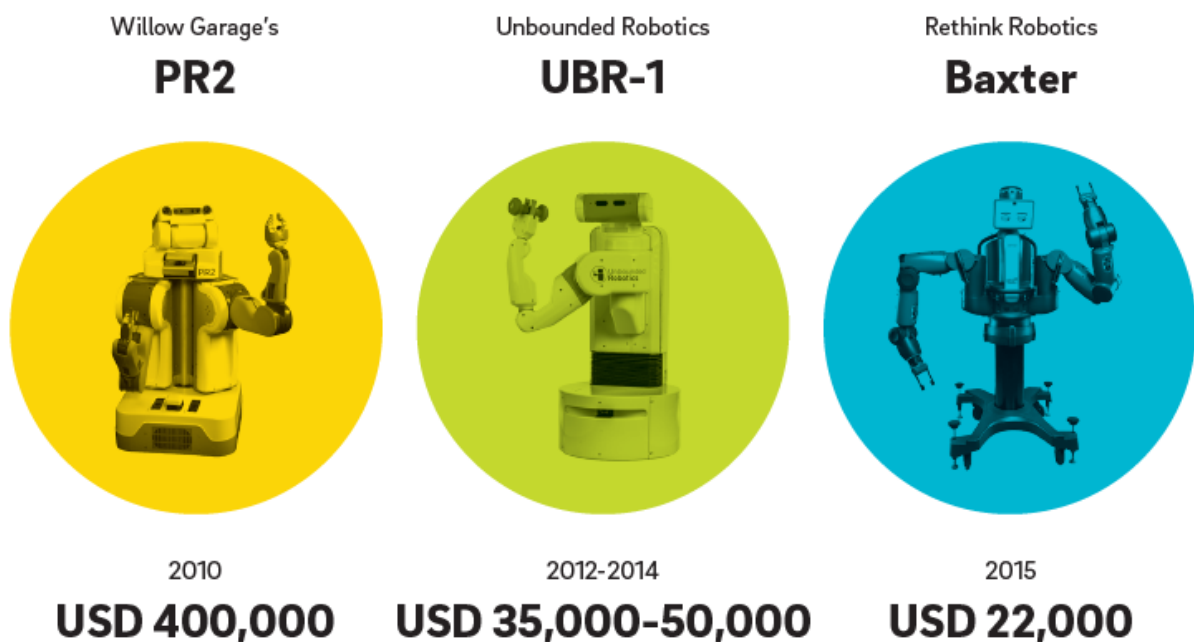
4. ROBOTIZACIJA SKLADIŠNOG POSLOVANJA

U poglavlju robotizacija obrađeni su roboti, dronovi i autonomna vozila koja povećavaju efikasnost u skladišnom poslovanju.

4.1. Roboti

Robotska logistička rješenja brzo su se razvijala jer su ih divovi interneta učinili glavama svojih planova širenja. Robotizacija se razlikuje od mehanizacije (ili automatizacije) po tome što pruža fleksibilno i rekonfigurirano rješenje koje se može neprimjetno integrirati u postojeću infrastrukturu s ljudskim operatorima. Smanjenje troškova i zrelost rješenja takvi su da se sada približavamo prijelomnoj točki prije rasprostranjene prisutnosti robota u skladištima. Iako se odluka u korist robotizacije čini neizbježnom s mikroekonomskog stajališta, njezin je makroekonomski značaj neizvjestan. Prijeboj tih, izgubljenih poslova kroz povećanu dodanu vrijednost uzvodno ili nizvodno od lanca vrijednosti ili izvoza nije tako očigledan. Logistika se po definiciji ne može izvoziti. Najvjerodostojnije rješenje je da zemlje poboljšaju svoju konkurentnost i postanu atraktivnije logističko središte.

Slika 25. Evolucija cijena robotskih rješenja



Izvor: Berger R. (2016.). Of Robots and Men – in logistics. Pariz: Think Act, str. 8.

Pooštravanje društvenih propisa potiče uvođenje robotskih rješenja, povećavajući njihov povrat ulaganja. Investicija u implementaciju robota za automatizaciju logistike uskoro će se moći vratiti za manje od tri godine, zahvaljujući fleksibilnim i suradničkim robotskim rješenjima. Ta nova rješenja, koja sada pomažu ljudskim operaterima i strojevima da rade rame uz rame u istom skladištu, bez potrebe za bilokakvom većom transformacijom, potiču nas da ponovno razmislimo o načinu na koji je posao organiziran u posljednjih nekoliko desetljeća. Njihov operativni opseg uključuje premještanje paleta, slaganje / stavljanje u skladište, pripremu narudžbe ili paletiranje i, prije duljeg, punjenje.

Ulaganja u robotska *startup* poduzeća (uključujući bespilotne letjelice) povećala su se više od četiri puta od 2010. i iznosila su gotovo 570 milijuna američkih dolara u 2014. godini. Iako logistička oprema čini manje od 2 % udjela na globalnom tržištu robota, što je u 2015. iznosilo 27 milijardi američkih dolara, privlači značajnu medijsku pozornost. Najveći dio investicija robotike i dalje se usmjerava u proizvodnju, posebno u automobilsku industriju. Gledano iz drugog kuta, većina ulaganja u logističku opremu i dalje se usmjerava u tradicionalna rješenja mehanizacije (transporteri, oprema za dizanje itd., što čini oko 80 % investicija). Što se tiče *startup* poduzeća, pregled od gotovo 140 aktivnih robotičkih tvrtki iz 2015. otkriva da manje od 10 % njih predlaže logistička rješenja. Većina inovacija usmjerena je na zdravstvenu zaštitu (25 %) i opremu za kućanstvo i slobodno vrijeme (25 %). Što se tiče logističkih rješenja, većina istraživanja provodi se u zahvatima i autonomnom transportu paketa i paleta.³⁹

Primjene robotike neraskidivo su povezane s digitalnom stranom inovacija. Takvom vezom roboti mogu postati strojevi za učenje koji se mogu učinkovito nositi s dinamičkim promjenama u okolišu. U posljednjih nekoliko godina, internetska kupovina proizvela je desetke tisuća novih poslova u skladištu, a motivacija za automatiziranje mnogih skladišnih procesa nikad nije bila jača.

³⁹ Berger R. (2016.). op.cit., str. 11.

Slika 26. Skladišni robot



Izvor: <https://cdn.technologyreview.com/i/images/warehouserobot.jpg?sw=4000> 15. 4. 2019.

Robotske aplikacije također se globalno šire brzim tempom, čak i na tržištima s niskim troškovima rada kao što je Kina, a stopa je rasta eksponencijalna. Dostupnost radne snage glavni je pokretač. Viskoke količine prodaje robota brzo smanjuju cijene. Kina je najveće tržište na svijetu za robote, a 2015. kupila je više industrijskih robota nego cijela Europa. Njemačka, Južna Koreja i Japan predvode u omjeru instaliranih robota prema broju radnika. Roboti će u narednim godinama preuzeti brojne poslove koje ljudi trenutno rade. Dolazak robota zahtijevat će više tehničkih vještina, a manje ručnog rada.

Skladišta budućnosti izgledat će vrlo različito. Futuristički distribucijski centar može biti dizajniran za rad s robotima umjesto smjenama ljudskih radnika. Distribucijski će centar trebati napredne Wi-Fi mogućnosti, a podnice će morati biti dizajnirane za praktično putovanje robotima. Roboti će samostalno učiti, a softver će biti najvažnija komponenta sustava. Učinkovita područja za punjenje bit će potrebna za smještaj nove generacije baterija i njihovih sustava za punjenje. Sustavi za pohranu u distribucijskim centrima budućnosti možda će se morati prilagoditi svemu, od uskog prolaza, visokih AS / RS sustava do sustava od osobe do osobe (KIVA tipa) i kolaborativnih robota.⁴⁰

⁴⁰ Dittman P. (2017). „New supply chain technology: The application of new technology in the physical supply chain“. Knoxville: University of Tennessee, str. 20.

Slika 27. Robot za utovar/istovar



Izvor:

<https://static1.squarespace.com/static/5899e78b1b10e35238fba886/t/5a1f4dfdf9619aaae97acd8/1512001032119/warehouse+robot+shutterstock.jpg?format=750w> 15. 4. 2019.

S obzirom na smanjenje troškova i jednostavnost implementacije, roboti će se na mnoge načine koristiti u lancima opskrbe budućnosti. Neki primjeri su:⁴¹

- Komisioniranje narudžbi – roboti se moraju nositi s velikim brojem vrsta proizvoda. Novom tehnologijom senzora to je sve više i više moguće, pogotovo kada je povezana s oblakom. Padom troškova robotike i rastom plaća poslovni slučaj postaje mnogo lakši. Mnogi vjeruju da su robotske aplikacije u distribucijskim centrima na mjestu infleksije i da će rasti eksponencijalno.
- Skupni odabir narudžbi – skupni komisioni skupovi i aplikacije za zajedničko pakiranje / slanje brzo će se proširiti. Budući da suradnički roboti rade zajedno s ljudima, moraju se polako kretati i nositi relativno mali teret. Ipak, ta će se ograničenja postupno opustiti. Sučelje za automatizaciju čovjeka postat će besprijekorno. Roboti

⁴¹ Ibidem, str. 20.

će obavljati zadatke koji će biti teški za čovjeka, poput dizanja teških predmeta ili putovanja na veće udaljenosti.

- Robotske isporuke potrošačima – provodi se niz eksperimenata za korištenje robota za isporuku paketa potrošačima. U jednom primjeru, kamion ide na parkiralište i postavlja AGV-ove (eng. *Automated Guided Vehicle*, automatizirano vođeno vozilo) kako bi se proizvod isporučio posljednju milju. Isporuka će robota uvelike premašiti isporuku bespilotnih letjelica u potrazi za novim načinima isporuke proizvoda potrošačima u što kraćem roku.

Prednosti robota su očigledne, danas su roboti vrlo fleksibilni i mogu se programirati. Mogu raditi u okruženjima koja se dinamički mijenjaju. Roboti se neće ujediniti u sindikat, neće trebati odmor, razboljeti se, trebati medicinske ili mirovinske planove, ili čak trebati odmor.

Slika 28. Roboti za pakiranje



Izvor: <https://www.all4pack.com/var/comexposium/storage/images/media/all-4-pack-medias/creapills-all4pack-robots-7/8468728-1-fre-FR/creapills-all4pack-robots-7.png> 17. 4. 2019.

Dobici povezani s robotizacijom bit će dovoljno značajni da utječu na poslovni model i logistički lanac vrijednosti. Svijest o tome još je uvijek ograničena, iako određeni broj igrača

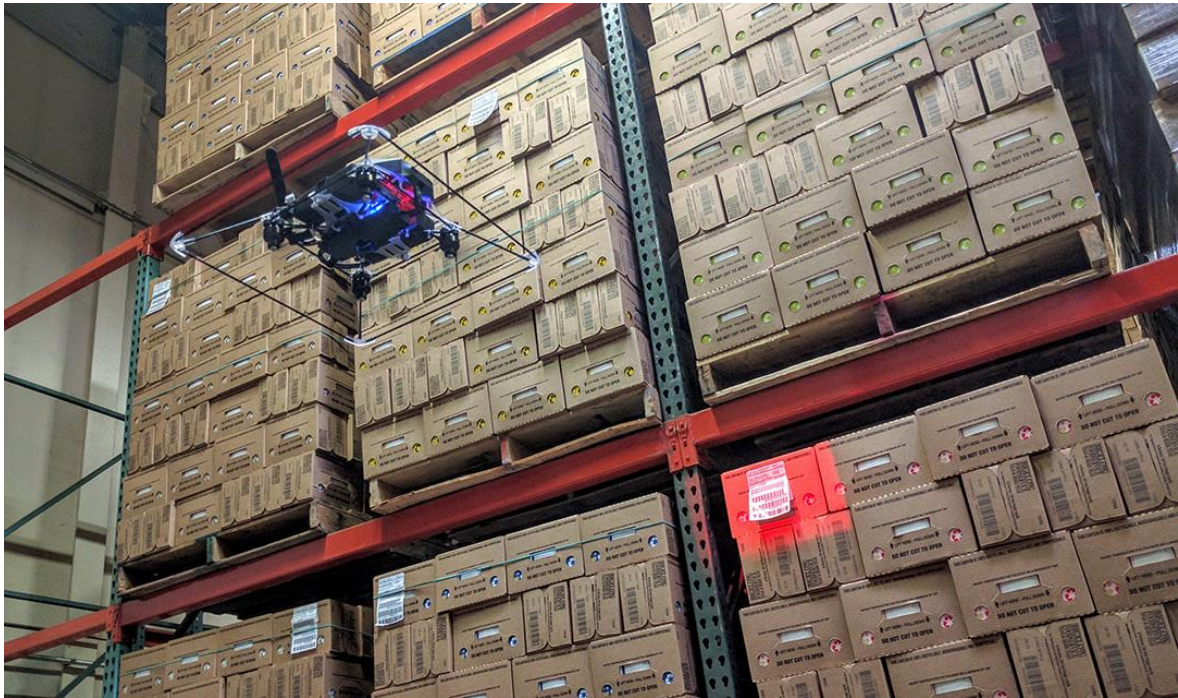
pokreće probne projekte s različitim stupnjem tajnosti. Za razliku od prethodnih industrijskih revolucija, koje su štitile igrače kritične veličine, kolaborativna robotika mogla bi biti dostupna manjim igračima. U praktičnom smislu, omogućit će malim logističkim jedinicama da budu konkurentnije. Da bi se to postiglo, pojavit će se nova zanimanja kao što su „zakupci“, „integratori / treneri“ robota ili upravitelji udaljenih platformi, kako bi oblikovali cijeli ekosustav koji podupire tehnologiju. Brzina kojom će se širenjem tehnologije odrediti razina produktivnosti koja se prenosi na krajnje kupce u obliku smanjenja cijena otvorit će put nastanku igrača „razbijanja“ pravila logističkog sektora (razina cijena, model određivanja cijena, razina usluge). S obzirom na to da se robotizacija minimizira, pa čak i negira socijalni rizik, ona također može djelovati kao katalizator za potpunu ili djelomičnu reinternalizaciju logistike, što posebno vrijedi za igrače koji rukuju velikim količinama robe, kao što je Leclerc u Francuskoj. Većina glavnih logističara sada posvećuje pažnju tom pitanju. Kako robne marke nastoje povećati svoju vidljivost, inicijative kao što su nadzor, automatizirani viljuškari, nadzorni roboti i zalihe inventara sve se više povećavaju.⁴²

4.2. Dronovi

Ključno je pitanje s kojim se suočavaju profesionalci u lancu opskrbe danas kako postići sljedeći korak u poboljšanju usluga korisnicima. Dostava dronovima može biti, ali i ne mora biti odgovor. Dronovi se mogu komercijalno koristiti u sve većem broju zemalja, a *startup* projekti postoje širom svijeta. Primjerice, Amazon je u Cambridgeu, u Velikoj Britaniji, pokrenuo Prime Air rezidencijalnu isporuku za nekoliko kupaca. U probnom testiranju dostavljani su paketi do 2,5 kg u trideset minuta ili manje. U toj regiji Velike Britanije, Amazon je dobio odobrenje da leti 120 m iznad zemlje, izvan linije vidljivosti (bespilotne letjelice imaju tehnologiju osjetila i izbjegavanja kako bi se izbjegli sudari). Od kupaca se tražilo da na svoj travnjak smjeste mali QR kod koji bi služio kao podloga za slijetanje. Takvi koncepti isporuke bespilotnih letjelica brzo se razvijaju, a sve je to još uvijek u eksperimentalnoj fazi.

⁴² Berger R. (2016.). op. cit., str. 17.

Slika 29. Upotreba drona za praćenje inventara



Izvor: <https://blogs.nvidia.com/wp-content/uploads/2017/08/ifm-nvidia-podcast-drones-warehouses.jpg> 15. 4. 2019.

Brojne tvrtke prikazuju širok raspon aplikacija za bespilotne letjelice za unutarnju upotrebu unutar operacija lanca nabave. Upotreba bespilotne letjelice u operacijama opskrbnog lanca spada u sljedeće kategorije:⁴³

- Vidljivost inventara – brojni eksperimenti koriste dronove za praćenje inventara u skladištu. DroneScan i Corvus Robotics dva su primjera. U ovim aplikacijama dron upravlja skladištem i obavlja fizičku inventuru skeniranjem bar kodova ili čitanjem RFID oznaka. Nekoliko tvrtki također eksperimentira s tehnologijom prepoznavanja slika kako bi prepoznali i pratili inventar. Na primjeru visokog profila Walmart je koristio dronove kako bi provjerio inventar u jednom od svojih velikih distribucijskih centara (DC). Dron je provjerio u jednom danu skladište od milijun četvornih metara za što je čovjeku potrebno mjesec dana. Cilj je puna autonomija, a mnogi vjeruju da smo sada na rubu toga. Dronovi poboljšavaju operativnu učinkovitost, povećavaju točnost zaliha i pomažu u poboljšanju usluga.

⁴³ Dittman P. op. cit., str. 12–13.

- Inspekcija – u 2016. godini BNSF željeznica počela je koristiti bespilotne letjelice kako bi pregledala staze, mostove, željeznička dvorišta i pratila kakvoću zraka oko željezničkih kolodvora. Tvrtka ima 52,303 km željezničkih pruga u svom sustavu, koje zahtijevaju inspekciju više puta tjedno. Aplikacija dronova dodaje dodatni sloj pregleda bez povećanja zagušenja na stazama ili oko staza. Dronovi snimaju podatke fotoaparatom i senzorima kako bi otkrili bilokakve promjene, čak i malene kao četvrtina inča, koje bi mogle dovesti do sigurnosnih problema. Podaci su povezani s analitičkim softverom koji pokušava predvidjeti potencijalna problematična područja.
- Upravljanje dvorištem – prikolice koje se nalaze na raskrižju između transporta i skladištenja često su zaboravljena veza u lancu opskrbe tvrtke. Prijevozna sredstva provode puno vremena u dvorištima prikolica. Zbog toga su sustavi upravljanja dvorištem ključni za praćenje i optimalno upravljanje velikim količinama sredstava za prijevoz. Neke organizacije predviđaju upotrebu bespilotnih letjelica koje bi letjele iznad dvorišta prikolica i pratile imovinu. Drugi tvrde da bi montiranje uređaja za skeniranje na kopнено vozilo bilo jednako dobro, osim u iznimno zagušenim dvorištima.

Slika 30. Transport dronovima



Izvor: <https://mfgtalkradio.com/wp-content/uploads/2016/09/drone-warehouse.png>

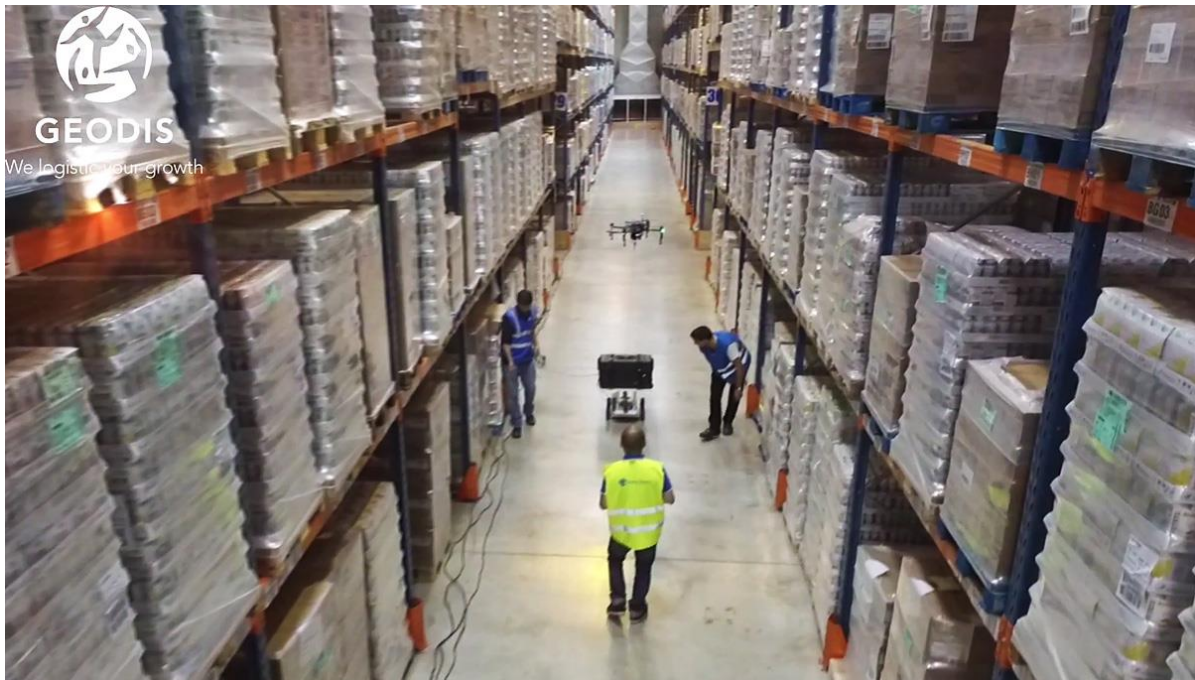
15. 4. 2019.

Mnogi vjeruju da će dronovi postati glavni alat opskrbnog lanca koji ide i dalje od dostave. U bliskoj budućnosti dronovi će se sve više koristiti za vidljivost opskrbnog lanca. Opet, ključ za široko prihvaćanje bespilotnih letjelica u lancu opskrbe bit će: (a) priuštivost, (b) autonomne aktivnosti i (c) svestranost primjene. Nekoliko aplikacija za upotrebu dronova u opskrbnom lancu uključuju, ali nisu ograničene na:

- Biranje – u budućnosti će biti potpuno autonomnih distribucijskih centara, gdje bi rojevi dronova mogli obavljati biranje i kretanje inventara. Time bi se otvorila vertikalna dimenzija.
- Upravljanje zalihama i upravljanje dvorištem – uz korištenje potpuno autonomnih bespilotnih letjelica.
- Sigurnost i inspekcija – autonomne bespilotne letjelice koje će moći patrolirati imovinom uklanjajući potrebu za fiksnim kamerama.
- Održavanje i popravak – neki su distribucijski centri ogromni. Takvi distribucijski centri često imaju mnogo opreme i automatizacije koja zahtijeva održavanje i popravak. Tehničar za popravak mogao bi dobiti isporuku dijelova u djeliću vremena koje bi bilo potrebno ručno.
- Transferi – ova aplikacija dronova uključuje isporuku proizvoda ili komponenti iz distribucijskog centra u distribucijski centar ili iz tvornice u distribucijski centar.⁴⁴

⁴⁴ Dittman P. op. cit., str. 14.

Slika 31. *Delta drone*



Izvor: https://www.expouav.com/news/wp-content/uploads/sites/10/geodis_001.jpg 19. 4. 2019.

Osim ovih aplikacija mnoge tvrtke provode istraživačke projekte s bespilotnim letjelicama. Uobičajeno je uvjerenje da će se postići veliki napredak u razvoju i primjeni pristupačnih autonomnih bespilotnih letjelica. Ključ je rasprostranjenog korištenja dronova u lancu opskrbe sposobnost da dronovi postanu autonomne bespilotne letjelice koje polijeću, lete, slijeću i vraćaju se bez ljudske intervencije. Jasno je da upotreba bespilotnih letjelica u opskrbnom lancu dobiva na zamahu.

4.3. Autonomna vozila

Autonomna vozila su uređaji koji su programirani za obavljanje zadataka s malo ili nimalo ljudske intervencije ili interakcije. Mogu se značajno razlikovati po veličini, funkcionalnosti, pokretljivosti, spretnosti, inteligenciji i troškovima – od automatizacije automatiziranih procesa do letećih vozila s umjetnom inteligencijom. Autonomni roboti mogu prepoznati i učiti iz svog okruženja i samostalno donositi odluke. Autonomni roboti postat će sve prisutniji napretkom koji će im omogućiti da rade s ljudskim sposobnostima. Na primjer, poboljšanja u haptičkim sensorima, onima koji se pokreću uz pomoć osjetila dodira, omogućit će robotima da uhvate objekte u rasponu od krhkih ljusaka do višeslojnih metalnih dijelova sklopa, bez

promjena u programiranju ili robotskim komponentama. Analitika učenja omogućit će robotima da reagiraju uz minimalne povratne informacije. Softver za prepoznavanje lica čini skokove u otkrivanju pokreta u obrvama, kopcima i usnama. Pomoću ovih senzora, u kombinaciji sa softverom za prepoznavanje zvuka, koji prepoznaje promjene u tonu, nagibu i glasnoći, autonomni roboti mogu otkriti frustraciju, hitnost ili odobrenje te zauzvrat prilagoditi radnje kako bi promijenili ponašanje na temelju interakcija uživo.

Tradicionalno, roboti su postavljeni za izvršavanje rutinskih i ponavljajućih zadataka, koji zahtijevaju složeno programiranje za postavljanje i implementaciju, dok im nedostaje agilnost za jednostavno podešavanje operacija. Kako autonomni roboti postaju sofisticiraniji, vrijeme postavljanja se smanjuje, zahtijevaju manje nadzora i mogu raditi rame uz rame sa svojim ljudskim kolegama. Prednosti se šire kako autonomni roboti postaju sposobni raditi 24 sata dnevno s konzistentnijim razinama kvalitete i produktivnosti, izvodeći zadatke koje ljudi ne mogu, ne bi trebali ili ne žele raditi. Kako tržište za autonomne robote raste, operacija opskrbnog lanca postat će sve fluidnija. Trenutno, mnoge tvrtke koje koriste autonomne robote implementirale su ih za ciljane funkcije unutar njihova opskrbnog lanca, pilotirajući različite robote kako bi potvrdile očekivanu dobit od učinkovitosti.

Autonomna vozila postala su izvediva prije više od jednog desetljeća i od tada su se nastavila razvijati. Sustavi bez vozača koriste radar kratkog i duljeg dometa te kameru za otkrivanje traka i oznaka. U jednoj aplikaciji, vozač jednostavno pritisne plavi gumb, zahvaća pilota autoceste i sjeda te se opušta.

Slika 32. Autonomni viličar



Izvor: https://images.techhive.com/images/article/2016/08/seegrid_ge-20-min5-100676201-primary.idge.jpg 15. 4. 2019.

Nacionalna uprava za sigurnost prometa na cestama definirala je nekoliko razina vozila bez vozača:⁴⁵

- Razina 0: vozač je u potpunosti i aktivno uključen u vožnju vozila (tj. radi sve).
- Razine 1 – 2: vozilo ponekad može pomoći vozaču u vođenju ili preuzimanju nekih funkcija (npr. upravljanje, ubrzanje).
- Razina 3: vozilo može provoditi neke funkcije koje se odnose na vožnju i nadzor okoline vožnje, ali vozač mora biti prisutan i spreman za nastavak potpune kontrole kada to vozilo zatraži.
- Razina 4: vozilo je potpuno autonomno s ograničenjima. To je slično razini 3, s iznimkom da upravljački program ne mora preuzeti kontrolu iz automatiziranog sustava. Postoje ograničenja vezana uz okruženja i uvjete pod kojima se može uključiti automatizirani sustav.
- Razina 5: vozilo je potpuno autonomno u svim uvjetima.

⁴⁵ <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety> 1. 4. 2019.

Slika 33. Primjena autonomnog vozila



Izvor: <https://www.connectorsupplier.com/wp-content/uploads/csAGVFetch.jpeg> 15. 4. 2019.

Prednosti autonomnih vozila su očigledne, a te će prednosti ubrzati usvajanje tehnologije brže nego što mnogi misle. Te pogodnosti uključuju:⁴⁶

- Produktivnost – vjerojatno će doći do povrata ulaganja čak i prije nego što dođe do potpuno autonomnih vozila (razina 5). Kada se vozači opuste na cesti u okruženju stupnja 4 – 5, očekuje se opuštanje propisa o radnom vremenu. Vozač se može odmarati i kretati u isto vrijeme. S današnjim propisima radnog vremena, kamioni imaju samo 45 % iskoristivosti jer vozači mogu voziti samo jedanaest od dvadeset i četiri sata.
- Ušteda goriva – Ministarstvo prometa procjenjuje da autonomna vozila troše 7 – 10 % manje goriva. Test Auburn sveučilišta pokazao je uštedu goriva 5 – 10 %.
- Sigurnost – zakonski trošak sudara može biti astronomski, a da ne govorimo o ljudskim troškovima. 94 % automobilskih nesreća uzrokovano je ljudskom pogreškom

⁴⁶ Dittman P. (2017). op. cit., str. 36.

i rezultira s više od 30 000 smrtnih slučajeva godišnje. Stope osiguranja trebale bi se s vremenom smanjivati jer će autonomna vozila biti sigurnija.

- Nedostatak vozača – do sada u SAD-u ima 3,5 milijuna vozača kamiona. Međutim, American Trucking Association procjenjuje da nedostatak vozača danas iznosi više od 50 000 vozača te da će se do 2024. godine utrostručiti.
- Brža isporuka kupcima i niža razina zaliha – ako je vrijeme za tranzit manje, zbog opuštanja pravila radnog vremena, inventar će pasti iz nekoliko razloga. Prvo, bit će manji iznos inventara koji je zapravo u tranzitu. Drugo, kako se vrijeme ciklusa smanjuje, bit će manje potrebe za sigurnosnim zalihama.
- Učinkovitiji protok robe – kamioni bez vozača utjecat će na dizajn mreže te na broj i lokaciju distribucijskih centara. Brže vrijeme isporuke koje bi omogućila autonomna vozila značilo bi manje distributivnih centara potrebnih za pružanje iste razine usluge kupcima.

Implementacija autonomnih vozila mogla bi prvenstveno potaknuti vrijednost smanjenjem izravnih i neizravnih operativnih troškova i povećanjem potencijala za prihode. Sigurnost zaposlenika u vrlo opasnim okruženjima može se poboljšati, a troškovi osiguranja i ozljeda mogu se značajno smanjiti. Razvojem dizajna za sigurnost i ljudsku interakciju autonomni roboti u montažnim trakama, tvornicama i skladištima manje su nametljivi. Ljudi mogu raditi izravno s kolaborativnim robotima, lako ih trenirati s programabilnim pokretima, a zatim s njima rukovati materijalom i paketima. U okruženju u kojem se transportira materijal roboti mogu lako prolaziti jedan pokraj drugog, pokraj ljudi ili pokraj drugih pokretnih objekata, zahvaljujući naprednim mogućnostima izbjegavanja sudara. Autonomna vozila mogu brže i učinkovitije testirati, odabrati, pakirati, sortirati, graditi, pregledati ili transportirati materijale različitih veličina i težina. Kako su tehnologije napredovale, postavljanje i implementacija robota postali su brži i jednostavniji nego ikada prije. Modeli učenja postaju intuitivniji, omogućujući bilo kojem tehničaru ili zaposleniku da „trenira“ autonomnog robota u nekoliko minuta ili sati. Osim toga, ovi modeli učenja omogućuju robotima da reagiraju na iznenadne promjene, prilagode se podražajima i poboljšaju proizvodne metode temeljene na rezultatima izgradnje.⁴⁷

⁴⁷ <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/manufacturing/us-supply-chain-of-the-autonomous-robots.pdf> 15. 4. 2019.

5. ZAKLJUČAK

Skladišta su izgrađeni objekti ili pripremljeni prostori za smještaj i čuvanje robe. Skladište je prostor namijenjen preuzimanju i otpremanju robe te čuvanju robe od raznih fizičkih, kemijskih i atmosferskih utjecaja te krađe. Smještaj i čuvanje robe obavlja se od trenutka njezina preuzimanja pa do vremena njezine upotrebe i otpreme.

Postizanje maksimalne efikasnosti skladišnog poslovanja ima veliku važnost u proizvodnom procesu i u transportnoj djelatnosti. Skladišni sustav trebao bi maksimalno iskoristiti svoje resurse, poput prostora, transportnih sredstava i osoblja koje u njemu radi, uz zadovoljenje zahtjeva korisnika, ili maksimizirati uslugu korisnicima, uz korištenje određenih resursa. Poboljšanje performansi skladišta nužan je uvjet u procesu rekonfiguracije cijelog logističkog lanca. Opskrbni je lanac mreža organizacija uključenih u različite procese i aktivnosti koje stvaraju vrijednost u obliku proizvoda i usluga za opskrbu korisnika prema njegovim zahtjevima.

IP1: Koje se moderne tehnologije koriste za povećanje efikasnosti skladišnog poslovanja proizvodnog poduzeća?

Moderne tehnologije koje povećavaju efikasnosti skladišnog poslovanja su: *warehouse management system* (wms), primjena bar kodova u skladištu, primjena RFID čipova, automatizacija, *pick-to-light* sustavi, *pick-to-voice* sustavi, pametne naočale, virtualna realnost, pametni senzori, *blockchain*, 3d printanje, roboti, dronovi, autonomna vozila.

IP2: Koje su potencijalne prednosti i eventualni nedostaci primjene RFID tehnologije u logistici kao dijelu opskrbnog lanca?

Prednosti RFID tehnologije su: velika udaljenost očitavanja, velika brzina očitavanja, otpornost na fizička oštećenja, mogućnost naknadnog zapisivanja informacija, a nedostaci su visoki troškovi.

IP2: Je li modernizacija skladišnog poslovanja implementiranjem novih tehnologija i robotizacijom nužna za stvaranje konkurentske prednosti?

Modernizacija skladišnog poslovanja impementiranjem novih tehnologija i robotizacijom doprinosi minimaliziranju troškova, optimizaciji procesa i povećanju efikasnosti, a time i postizanju konkurentske prednosti poduzeća.

Mnoge tvrtke provode istraživačke projekte s bespilotnim letjelicama, robotima i autonomnim vozilima. Uobičajeno je uvjerenje da će se postići veliki napredak u razvoju i primjeni pristupačnih, robotskih rješenja. Ključ je rasprostranjenog korištenja robota u lancu opskrbe sposobnost da postanu autonomni roboti koje voze, rade, polijeću, lete, slijeću i vraćaju se bez ljudske intervencije.

U suvremenim načinima upravljanja poslovnim procesima, zbog dinamike i nesigurnosti današnjeg tržišta, važnu ulogu u optimizaciji skladištenja imaju nove tehnologije. Poduzeća pokušavaju imati što manje zaliha ili ih po mogućnosti ne imati. U tehnološki naprednijim tvrtkama radi se na potpunoj automatizaciji operacija u skladištu koje kontrolira jedan tim (upravljanje i održavanje). Nastoji se smanjiti potreba za ljudskim faktorom koji je do sada bio neizbježan u obavljanju svih poslova vezanih uz logistički distributivni centar. Modernizaciju i automatizaciju u skladištu ne treba smatrati troškom, nego investicijom koja se brzo vraća. Implementacija novih tehnologija doprinosi minimaliziranju troškova, optimizaciji procesa i povećanju efikasnosti, a time i postizanju konkurentne prednosti poduzeća i ostvarivanju konačnog cilja – zadovoljstva kupaca.

LITERATURA

- 1) Berger R. (2016). *Of Robots and Men – in logistics*. Pariz: Think Act.
- 2) Burke, E. M., & Ewing Jr, D. L. (2014). *Improving warehouse inventory management through rfid, barcoding and robotics technologies*. Monterey: Naval Postgraduate School.
- 3) de Koster, R. (2018). *Automated and Robotic Warehouses: Developments and Research Opportunities*. Logistics and Transport Rotterdam Erasmus University Rotterdam.
- 4) Dittman P. (2017). „New supply chain technology: The application of new technology in the physical supply chain“. Knoxville: University of Tennessee.
- 5) Dujmešić, N., Bajor, I. i Rožić, T. (2018). „Warehouse Processes Improvement by Pick by Voice Technology“. *Tehnički vjesnik* 25 (4), str. 1227–1233.
- 6) Dvoršćak, M. (2018). *Analiza utjecaja implementacije WMS-a na skladišne procese*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti.
- 7) Džido, S. (2014). „Modernizacija tehnoloških procesa u transportu i skladištenju rashlađenog tereta u luci rijeka“, diplomski rad, Sveučilište u Rijeci, Rijeka.
- 8) Đukić, G. (2000). *Analiza i oblikovanje skladišnih sustava*. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.
- 9) Finkel, K. (1996). *How to launch a successful warehouse management system*. Washington: IIE Solutions.
- 10) Rogić, K. (2009). *Unutrašnji transport i skladištenje*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti.
- 11) Sesar, J. (2016). *Analiza i optimizacija skladišnog procesa u tvrtki V.B.Z d. o. o. za trgovinu i nakladničku djelatnost*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti.
- 12) Stojanović, L. (2016). *Unutrašnji transport i skladištenje*. Varaždin: Sveučilište Sjever.
- 13) Šamanović, J. (2009). *Prodaja, distribucija, logistika*. Split: Ekonomski fakultet.
- 14) Belak, V. i dr. (2008). *Upravljanje zalihama i skladišno poslovanje*. Zagreb: RRIF-plus d. o. o.
- 15) Vrdoljak, I. „Upravljanje zalihama i skladišno poslovanje“. *Ekonomski pregled* 53 (9 – 10). Zagreb: RRiF-plus d. o. o., 957–959.
- 16) Žubrinić, K. (2004). *RFID Technology in Business Systems*. Dubrovnik: LAUS.

Internetske stranice:

- 1) <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/manufacturing/us-supply-chain-of-the-autonomous-robots.pdf> 15. 4. 2019.
- 2) <https://www.connectorsupplier.com/wp-content/uploads/csAGVFetch.jpeg> 15. 4. 2019.
- 3) <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety> 1. 4. 2019.
- 4) https://images.techhive.com/images/article/2016/08/seegrid_ge-20-min5-100676201-primary.idge.jpg 15. 4. 2019.
- 5) https://www.expouav.com/news/wp-content/uploads/sites/10/geodis_001.jpg 19. 4. 2019.
- 6) <https://mfgtalkradio.com/wp-content/uploads/2016/09/drone-warehouse.png> 15. 4. 2019.
- 7) <https://blogs.nvidia.com/wp-content/uploads/2017/08/ifm-nvidia-podcast-drones-warehouses.jpg> 15. 4. 2019.
- 8) <https://www.all4pack.com/var/comexposium/storage/images/media/all-4-pack-medias/creapills-all4pack-robots-7/8468728-1-fre-FR/creapills-all4pack-robots-7.png> 17. 4. 2019.
- 9) <https://static1.squarespace.com/static/5899e78b1b10e35238fba886/t/5a1f4dfdf9619aae97acdc8/1512001032119/warehouse+robot+shutterstock.jpg?format=750w> 15. 4. 2019.
- 10) <https://vslg.cz/wp-content/uploads/2018/06/kubac.pdf> 19. 4. 2019.
- 11) <https://3dprintmanual.com/wp-content/uploads/2017/11/Best-Industrial-3D-Printers.jpg> 19. 4. 2019.
- 12) <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/lu/Documents/technology/lu-blockchain-internet-things-supply-chain-traceability.pdf> 19. 4. 2019.
- 13) <https://articles.cyzerg.com/blockchain-in-the-warehouse> 19. 4. 2019.
- 14) <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-utilizing-virtual-reality-to-drive-supply-chain-innovation.pdf> 6. 5. 2019.
- 15) <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-smart-sensors.pdf> 16. 4. 2019.
- 16) <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-utilizing-virtual-reality-to-drive-supply-chain-innovation.pdf> 15. 4. 2019.

- 17) <https://thumbs.dreamstime.com/z/warehouse-worker-using-virtual-reality-headset-k-80102903.jpg> 15. 4. 2019.
- 18) <http://resource2.ultdb.net/res/org0011/Y2019/M02/201902216YB3.jpg> 15. 4. 2019.
- 19) <https://wordlesstech.com/wp-content/uploads/2017/01/Augmented-Reality-goggles-will-help-you-at-work-1.jpg> 15. 4. 2019.
- 20) Using smart glasses and augmented reality head-mounted displays to drive supply chain innovation:
<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-using-smart-glasses-and-augmented-reality-head-mounted-displays-to-drive-supply-chain-innovation.pdf> 15. 4. 2019.
- 21) https://www.telekom.com/resource/image/486116/landscape_ratio4x3/1296/972/c42730cfe63ee9d7c5c2a0c3b65f5a8a/Fc/bi-mwc-einfacherklaert-ar-en.jpg 15. 4. 2019.
- 22) <https://www.speech-interface.com/hs-fs/hubfs/Voice-directed%20case%20picking.png?width=483&name=Voice-directed%20case%20picking.png> 15. 4. 2019.
- 23) <https://www.bahrns.com/blog/wp-content/uploads/pick-to-light.jpg> 15. 4. 2019.
- 24) The viability of modern pick-to-light systems: https://scg-mmh.s3.amazonaws.com/pdfs/intelligrated_pick_to_light_110216.pdf 15. 4. 2019.
- 25) <https://searcherp.techtarget.com/definition/pick-to-light> 15. 4. 2019.
- 26) https://www.gebhardt-foerdertechnik.de/fileadmin/user_upload/img/Software/Kommissionierung/Software_Kommissionierung.jpg 15. 4. 2019.
- 27) https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/07_06_2013__19011_Skladistenje_TL-5_8.pdf 31. 3. 2019.
- 28) https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/07_06_2013__19011_Skladistenje_TL-5_8.pdf 31. 3. 2019.
- 29) <https://image.slidesharecdn.com/warehouse-20automation-140113122922-phppapp01/95/warehouse-automation-19-638.jpg?cb=1389616531> 17. 4. 2019.
- 30) https://www.google.com/search?q=1d+barcode&client=firefox-b-d&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiHvM2DvbHhAhWLzoUKHePZCoEQ_AUIDigB&biw=1374&bih=839#imgrc=SFjNrj6YUcerqM 31. 3. 2019.

- 31) https://tockanai.hr/wp-content/uploads/2018/07/Logisticki-centar_Hrvatska-posta.jpg
16. 4. 2019.
- 32) <http://makeitmovee.weebly.com/uploads/4/9/2/3/49230541/8984837.jpg?341> 17. 4.
2019.
- 33)
https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/07_06_2013__19011_Skladistenje_TL-5_7.pdf 28. 3. 2019.
- 34)
https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/05_06_2013__18997_Skladistenje_TL-5_1.pdf 17. 4. 2019.
- 35)
<http://www.primatlogistika.hr/datastore/imagestore/original/1274099944Drawing1.jpg?v=0> 31. 3. 2019.
- 36) <http://alexisglobal.in/wp-content/uploads/2018/11/wms.png> 15. 4. 2019.
- 37) Primat logistika: plog*wms:
http://www.primatlogistika.hr/datastore/filestore/17/pLog_wms_2011.pdf 31. 3. 2019.
- 38) <http://lo35k3w4xot3ofhwt28gospay-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2014/12/bigstock-Worker-Scanning-Package-In-War-474698381.jpg>
15. 4. 2019.

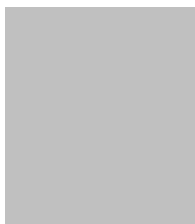
Popis slika


Slika 1. Osnovni prostorni raspored skladišta	7
Slika 2. Suvremeni logistički centar	8
Slika 3. Prikaz skladišta zatvorenog tipa.....	9
Slika 4. Funkcija skladišta u logističkom lancu	11
Slika 5. Dijagram protoka materijala	14
Slika 6. Četiri osnovna procesa skladištenja	16
Slika 7. WMS sustav	19
Slika 8. Moguća primjena WMS-a.....	20
Slika 9. Korištenje bar koda	23
Slika 10. 1D i 2D bar kod.....	24
Slika 11. Primjena RFID čipova	25
Slika 12. Komponente RFID tehnologije	27
Slika 13. Korištenje RFID tehnologije u skladištu.....	29
Slika 14. Klasična konfiguracija AS / RS sustava	30
Slika 15. Automatizirano skladište.....	31
Slika 16. <i>Pick-to-light</i> sustavi	32
Slika 17. <i>Pick-to-light</i> prikaz radne jedinice	33
Slika 18. <i>Pick-to-voice</i> sustav	34
Slika 19. Pametne naočale.....	36
Slika 20. Prikaz proširene stvarnosti	37
Slika 21. Planiranje u virtualnom skladištu.....	39
Slika 22. Virtualno skladište	40
Slika 23. Primjer distribuirane <i>blockchain</i> mreže	43
Slika 24. Industrijski 3D printer	45
Slika 25. Evolucija cijena robotskih rješenja	47
Slika 26. Skladišni robot	49
Slika 27. Robot za utovar/istovar	50
Slika 28. Roboti za pakiranje	51
Slika 29. Upotreba drona za praćenje inventara.....	53
Slika 30. Transport dronovima.....	54
Slika 31. <i>Delta drone</i>	56
Slika 32. Autonomni viličar	58


ŽIVOTOPIS


OSOBNJE INFORMACIJE

Frane Mikulić



 Mikulići 2, Raštane gornje

 +385 91 619 70 66

 fmikulic633@gmail.com

Spol Muško | Datum rođenja 22.06.1992. | Državljanstvo Hrvatsko

Sveučilišni prvostupnik

RADNO ISKUSTVO

Vlasnik noćnog kluba „Queen“ bar,
Put Solina bb,
Biograd na moru 23 210

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

10/2017. –

Stručni specijalist menadžmenta unutarnje i međunarodne
trgovine

Libertas Međunarodno Sveučilište

J.F.Kennedy 6b, 10 000 Zagreb (Hrvatska)

www.libertas.hr

10/2011. – 05./2016. godine

Poslovna ekonomija

Libertas Međunarodno Sveučilište

J.F.Kennedy 6b, 10 000 Zagreb (Hrvatska)

www.libertas.hr

09/2008. – 5/2011.godine

Zrakoplovni tehničar IRE

Tehnička škola Zadar

Nikole Tesle 9c, 23 000 Zadar

ured@ss-tehnicka-zd.skole.hr

VJEŠTINE

Vrlo dobro poznavanje rada na računalu (Word, Excel, Power Point,

Internet Explorer i sl.), vrlo dobro poznavanje engleskog jezika.

Vozačka dozvola: A i B kategorije.

Član Hrvatskog lovačkog saveza,

Lovačka udruga „Jarebica“ Šetalište Kneza Branimira

Biograd na moru 23 210

e-mail: lovackaudruga.jarebica@optinet.hr

Lovačka udruga „Gradina“ , Podlapača Breštani 27,

Udbina 53 234

Karate, crni pojas 1. dan

Hrvatska karate reprezentacija, višestruki nagrađivani prvak

Hrvatske.