Primjer primjene vizijskog komisioniranja

Magdić, Nikolina

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:324795

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Nikolina Magdić

Zagreb, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
Prof. dr. sc. Goran Đukić

Studentica:
Nikolina Magdić

Zagreb, 2020.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem mentoru, prof. dr. sc. Goranu Đukiću, na pruženoj prilici i mogućnosti da naučim više, na korisnim savjetima te na razumijevanju i strpljenju prilikom izrade ovog rada. Također, zahvaljujem kolegi Draženu Fišteru na pomoći pri izradi ovog rada.

Isto tako, zahvalila bih i ostalim profesorima i asistentima koji su mi svojim predanim radom pružili mogućnost da naučim više.

Posebno bih zahvalila svojoj obitelji na bezrezervnoj podršci koju su mi pružili tijekom cijelog dosadašnjeg školovanja, kao i prijateljima koji su bili tu za mene. Također, posebno zahvaljujem dečku Nini Horvatu koji je uvijek vjerovao da ću uspjeti i bio mi stalna potpora.

Nikolina Magdić

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske radove studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
inženjerstvo materijala te mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa: 602 - 04 / 20 - 6 / 3	
Ur. broj: 15 - 1703 - 20 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **NIKOLINA MAGDIĆ** Mat. br.: 0035201707

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Primjer primjene vizijskog komisioniranje**

Naslov rada na engleskom jeziku: **An example of the application of vision picking**

Opis zadatka:

Suvremeni sustavi upravljanja skladištem nadopunjuju se različitim rješenjima usmjeravanja komisionera u procesima prikupljanja robe, a s ciljem smanjenja vremena i grešaka, odnosno posljedično smanjenjem troškova komisioniranja. Jedno od takvih najnovijih rješenja je vizijsko komisioniranje (eng. vision picking). U spomenutom sustavu se koristi proširena stvarnost, čime se komisionerima njihovo vidno polje pomoću sustava s pametnim naočalama dostavljaju informacije o traženoj robi, količinama i lokacijama. U radu se na konkretnom primjeru ilustrira primjena ovog sustava.

U radu je potrebno:
- detaljno prikazati sustave vizijskog komisioniranja (karakteristike, oprema)
- korištenjem dostupnih literaturnih stručnih i znanstvenih izvora dati pregled prednosti i nedostataka ovih sustava u odnosu na druge sustave usmjeravanja komisonera (komisioniranje papirnatim listama komisioniranje pomoću RF terminala, glasom usmjereno komisoniranje, svjetlom usmjereno komisioniranje)
- na odabranom primjeru ilustrirati primjenu ove tehnologije, s naglaskom na dokaze gore navedenih prednosti i nedostataka po pitanju smanjenja vremena komisioniranja (i posljedično povećanja produktivnosti, smanjenja grešaka, sigurnosti u radu, ergonomije i dr.).

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
24. rujna 2020.

Rok predaje rada:
26. studenog 2020.

Predviđeni datum obrane:
30. studenog do 4. prosinca 2020.

Zadatak zadao:
prof. dr. sc. Goran Dukić

Predsjednica Povjerenstva:
prof. dr. sc. Biserka Runje

SAŽETAK

Komisioniranje je proces izuzimanja robe iz skladišnih lokacija na temelju zahtjeva korisnika te je najvažniji logistički proces jer ima najveći udio u ukupnom vremenu svih skladišnih aktivnosti. Postoje različite metode komisioniranja poput komisioniranja papirnatim listama, komisioniranja pomoću RF terminala, glasom usmjereno komisioniranje, svjetlom usmjereno komisioniranje te vizijsko komisioniranje. Vizijsko komisioniranje je inovativno korištenje naprednih i pametnih tehnologija, a temelji se na korištenju proširene stvarnosti za grafički prikaz potrebnih podataka. U radu je vizijsko komisioniranje uspoređeno s ostalim metodama te je na odabranom primjeru ilustrirana primjena ove tehnologije uz znanstvene dokaze.

Ključne riječi: komisioniranje, komisioniranje papirnatim listama, komisioniranje RF terminalima, glasom usmjereno komisioniranje, svjetlom usmjereno komisioniranje, vizijsko komisioniranje

SUMMARY

Order picking is a process of picking goods from warehouse locations based on user requirements. It is the most important logistic process because it accounts for the largest share in the total time of all warehousing activities. Various order picking methods exist, such as pick-by-paper, RF order picking, pick-by-voice, pick-by-light and pick-by-vision. Pick-by-vision is the innovative use of advanced and smart technologies, and is based on the use of augmented reality to graphically display the required data. This thesis compares pick-by-vision with other methods and illustrates the application of this technology with scientific evidence on a selected example.

Key words: order picking, pick-by-paper, RF order picking, pick-by-voice, pick-by-light, pick-by-vision

SADRŽAJ

SAŽETAK ..... **I**
SUMMARY ..... **II**
SADRŽAJ ..... **III**
POPIS SLIKA ..... **V**
POPIS LATINIČNIH OZNAKA ..... **VII**
1. UVOD **1**
2. VIZIJSKO KOMISIONIRANJE **2**
2.1. Teorijske osnove skladištenja 2
2.2. Opis tehnologije vizijskog komisioniranja 8
2.3. Princip rada 10
3. PREDNOSTI I NEDOSTACI TE USPOREDBA VIZIJSKOG KOMISIONIRANJA S DRUGIM TEHNOLOGIJAMA **12**
3.1. Prednosti i nedostaci 12
3.2. Usporedba s drugim tehnologijama 13
3.2.1. Komisioniranje papirnatim listama *13*
3.2.2. Komisioniranje pomoću RF terminala *25*
3.2.3. Komisioniranje pomoću RFID tehnologije *27*
3.2.4. Glasom usmjereno komisioniranje *29*
3.2.5. Svjetlom usmjereno komisioniranje *35*
4. PRIMJERI PRIMJENE VIZIJSKOG KOMISIONIRANJA **40**
4.1. Samsung 40
4.2. DHL 41
4.3. Siemens Gas and Power 42
4.4. Intel 43
4.5. Schnellecke Logistics 44
4.6. AGCO Fendt 45
5. ILUSTRACIJA PRIMJENE VIZIJSKOG KOMISIONIRNJA NA ODABRANOM PRIMJERU **46**
5.1. Opis korištene tehnologije 46
5.2. Koraci implementacije 53
5.3. Rezultati implementacije 56
6. ZAKLJUČAK **60**

LITERATURA 61

POPIS SLIKA

Slika 1. Skladišne zone [1] ... 4
Slika 2. Ilustracija vrste komisioniranja prema jediničnom teretu [1] ... 5
Slika 3. RF ručni čitač [1] ... 6
Slika 4. Svjetlom usmjereno komisioniranje [1] ... 7
Slika 5. Oprema za glasom usmjereno komisioniranje [1] ... 7
Slika 6. Pametne naočale [1] ... 8
Slika 7. HMD [4] ... 9
Slika 8. AR naočale [5] ... 9
Slika 9. Prikaz podataka na pametnim naočalama [6] ... 10
Slika 10. Prikaz komisioniranja papirnatim listama [8] ... 14
Slika 11. Skladište [10] ... 15
Slika 12. Vrijeme komisioniranja [10] ... 16
Slika 13. Udio pogrešaka [10] ... 17
Slika 14. Motivacija ispitanika [10] ... 17
Slika 15. Prikaz regala za komisioniranje [11] ... 18
Slika 16. Izuzeti proizvodi za 3 različite narudžbe [11] ... 19
Slika 17. Papirnata lista s tekstualnim informacijama [11] ... 19
Slika 18. Papirnata lista s grafičkim prikazom [11] ... 20
Slika 19. HMD [11] ... 20
Slika 20. Okolina ispitivanja [11] ... 21
Slika 21. Usporedba vremena komisioniranja [11] ... 22
Slika 22. Usporedba prosječnog vremena za završetak zadatka prema metodama [11] ... 23
Slika 23. Točnost [11] ... 24
Slika 24. Zadovoljstvo ispitanika [11] ... 25
Slika 25. Komisioniranje pomoću RF čitača [2] ... 26
Slika 26. Prikaz displaya [14] ... 27
Slika 27. Eksperimentalno okruženje [14] ... 27
Slika 28. Prosječno vrijeme komisioniranja [14] ... 28
Slika 29. Broj pogrešaka prema tipu [14] ... 28
Slika 30. Preference ispitanika [14] ... 29
Slika 31. Usporedba konvencionalnog načina komisioniranja u odnosu na *pick-by-voice* [16] ... 30

Slika 32. Slušalice s mikrofonom i RF terminal [17] ... 30
Slika 33. Princip rada *pick-by-voice* [17] ... 32
Slika 34. Prednosti glasom usmjerenog komisioniranja [19] ... 33
Slika 35. Glasom usmjereno komisioniranje [11] ... 34
Slika 36. Display [2] ... 35
Slika 37. Sustav svjetlom usmjerenog komisioniranja s tipkom za potvrdu [23] ... 36
Slika 38. Sustav detektiranja pogrešaka [23] ... 37
Slika 39. Detaljan prikaz izvedbe LED zaslona s tipkom [23] ... 37
Slika 40. *Google Glass* [23] ... 38
Slika 41. Display naočala [23] ... 38
Slika 42. Prosječno vrijeme izuzimanja [23] ... 39
Slika 43. Greške prilikom izuzimanja [23] ... 39
Slika 44. Vizijsko komisioniranje u Samsungu [20] ... 41
Slika 45. DHL [21] ... 42
Slika 46. Siemens Gas and Power [26] ... 43
Slika 47. Intel [26] ... 44
Slika 48. RFID u AGCO Fendtu [26] ... 45
Slika 49. Ubimax Smart Glasses [26] ... 47
Slika 50. Ubimax xBand [26] ... 48
Slika 51. Jednostavnost korištenja [26] ... 49
Slika 52. Frontline sustav upravljanja [26] ... 50
Slika 53. Ispravljanje pogreške i dodjeljivanje zadatka [26] ... 50
Slika 54. Praćenje pokazatelja uspješnosti [26] ... 51
Slika 55. Prikaz korištenja u skladištu [27] ... 51
Slika 56. Prikaz lokacije izuzimanja [27] ... 52
Slika 57. Skeniranje koda [27] ... 52
Slika 58. Grafičko sučelje [26] ... 53
Slika 59. Tlocrt zone komisioniranja [28] ... 55
Slika 60. Produktivnost u rujnu 2020. [28] ... 57
Slika 61. Produktivnost po mjesecima [28] ... 58
Slika 62. Volumen po mjesecima [28] ... 58

POPIS LATINIČNIH OZNAKA

Oznaka	Opis
AR	Augumented Reality
CMD	Cart-Mounted Display
ERP	Enterprise Resource Planning
HMD	Head-Mounted Display
HUD	Head-Up Display
LED	Light Emitting Diode
RF	Radio-Frequency
RFID	Radio-Frequency Identification
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WMS	Warehouse Management System

1. UVOD

Komisioniranje je proces izuzimanja robe iz skladišnih lokacija na temelju zahtjeva korisnika, a predstavlja jedan od 4 osnovna skladišna procesa. Komisioniranje je izuzetno važan proces prvenstveno zato što ima najveći udio u ukupnom vremenu svih skladišnih aktivnosti koji može iznositi i do 90% vremena, a i troškovi su veliki zbog najvećeg udjela ljudskog rada. Upravo iz tih razloga važno je smanjiti vrijeme komisioniranja i utjecaj čovjeka te povećati produktivnost i točnost narudžbi zbog primarnog cilja, a to je zadovoljstvo kupca. Postoji više načina kako to postići, a koriste se metode usmjeravanja, odlaganja i organizacije, koje često nisu dovoljne za povećanje produktivnosti. Vrijeme komisionera uobičajeno je organizirano tako da 50% vremena putuje, 20% vremena traži, 15% vremena izuzima, 10% priprema te 5% vremena radi ostale zadatke. Zbog toga se primjenjuju različiti načini komisioniranja, ali i razvijaju nove tehnologije kao podrška komisioniranju, primjerice RF čitači, svjetlom usmjereno komisioniranje, glasom usmjereno komisioniranje, vizualno te vizijsko komisioniranje. Tema ovog rada je vizijsko komisioniranje, a to je tehnologija u kojoj komisioner na glavi nosi pametne naočale te mu one daju vizualne instrukcije. Vizijsko komisioniranje se temelji na korištenju proširene stvarnosti čiji je najveći potencijal brzo prikupljanje informacija i prikaz istih u vidnom polju komisionera. U nastavku rada će se detaljnije opisati vizijsko komisioniranje, usporedba s ostalim tehnologijama te će se navesti primjeri implementacije ove tehnologije. Također, na odabranom primjeru iz industrije ilustrirat će se primjena tehnologije vizijskog komisioniranja.

2. VIZIJSKO KOMISIONIRANJE

Logistika je funkcija odgovorna za kretanje materijala od dobavljača u organizaciju, kroz operacije unutar organizacije te od organizacije prema kupcu. Ključne logističke aktivnosti su [1]:

- Nabava
- Transport
- Skladištenje (uključujući i komisioniranje)
- Pakiranje
- Upravljanje zalihama
- Rukovanje materijalom
- Fizička distribucija
- Povratna logistika
- Lokacija
- Komunikacija/informacijski sustavi

U nastavku slijedi teorijski uvod u osnove skladištenja te opis tehnologije i princip rada vizijskog komisioniranja.

2.1. Teorijske osnove skladištenja

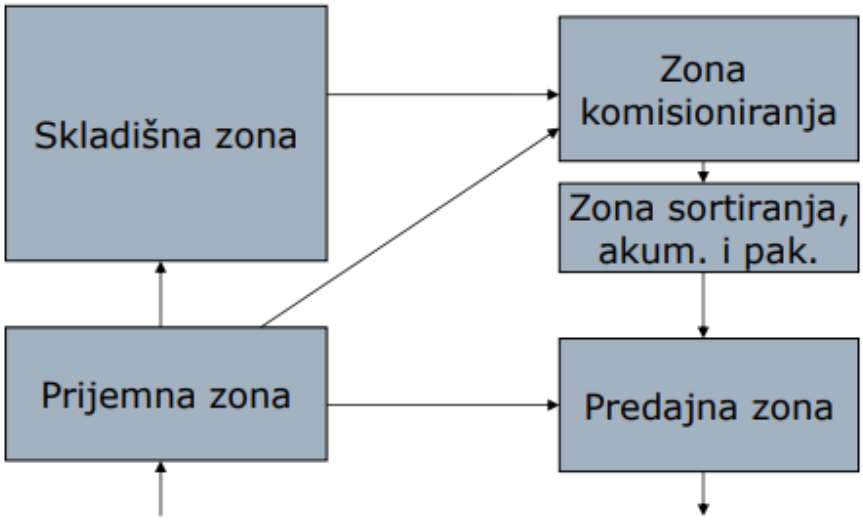
Za razumijevanje ovog rada potrebno je poznavati logistiku skladištenja, a ona se definira kao planiranje, izvršavanje i kontrola uskladištenja robe i s tim povezanih informacija. Uloga skladištenja je dinamičko uravnoteženje tokova materijala, osiguravajući čuvanje materijala dok nije potreban proizvodnji ili distribuciji. Nakon što se materijal uskladišti, potrebno ga je pripremiti za izdavanje, a taj proces se zove komisioniranje i sastoji se od lociranja, identificiranja, provjere, izuzimanja robe iz skladišne lokacije, konsolidacije, pakiranja i prijevoza do otpremne zone za utovar. Time se dolazi i do definicije logistike komisioniranja, a to je dio logistike koja planira, izvršava i kontrolira aktivnosti pripreme robe za raspodjelu proizvodnji ili kupcima. Često se proces uskladištenja i komisioniranja zajedno naziva skladištenje (eng. *warehousing*). Skladištenje je ključna aktivnost logistike koja ima osnovnu zadaću uskladištenja materijala, dok isti nije potreban, te priprema i raspodjela materijala internim ili eksternim korisnicima. Kod procesa skladištenja potrebno je voditi računa i o izvedbi skladišta, određivanju prostornog rasporeda u skladištu, upravljanju skladišnim aktivnostima optimizaciji operacija unutar skladišta te brinuti o posebnim uvjetima čuvanja i

sigurnosti. Nadalje, važno je objasniti i pojam skladišta. Skladišta su izgrađeni objekti ili pripremljeni prostori za smještaj i čuvanje robe od trenutka njihovog preuzimanja do vremena njihove upotrebe i otpreme. Također, to je mjesto na kojem su pohranjene zalihe i mjesto koje je uređeno i opremljeno za privremeno i sigurno odlaganje, čuvanje, pripremu i izdavanje materijala. Razlozi za skladištenje materijala u industrijskim poduzećima su sljedeći [1]:

a) skladištenje sirovina – najčešće zbog dugih rokova nabave materijala, kašnjenja u isporukama, pojave škarta i sl.
b) skladištenje poluproizvoda – događa se zbog odstupanja od proizvodnog plana, zastoja u proizvodnji, kvarova stroja i sl.
c) skladištenje gotovih proizvoda – zbog otežane prodaje gotovih proizvoda, uvjeta tržišta i sl.
d) skladištenje alata i naprava –potrebno je pravovremeno zamijeniti istrošen ili slomljen alat
e) skladištenje dijelova za održavanje opreme – kako bi se osigurao ispravan rad strojeva i uređaja

Skladište je zapravo skladišni sustav koji se sastoji od objekta ili uređene površine, sredstava za skladištenje, sredstava za odlaganje, transportnih sredstava, pomoćne skladišne opreme i dodatne skladišne opreme. Skladišni proces definiraju sve aktivnosti unutar i između zona. Skladišni proces se sastoji od 4 osnovna potprocesa [1]:

a) prijem
b) uskladištenje
c) komisioniranje
d) izdavanje



Slika 1. Skladišne zone [1]

Kao što je prikazano na slici 1., postoje određene zone unutar skladišta uz koje su vezani osnovni skladišni potprocesi. Prijemna zona služi za prijem robe te roba nakon prijema može ići u skladišnu zonu, zonu komisioniranja ili direktno na predajnu zonu. Ako je roba otišla u skladišnu zonu, prije izdavanja ju je potrebno iskomisionirati te zbog toga ide u zonu komisioniranja. Iz zone komisioniranja roba ide u zonu sortiranja i pakiranja te naposljetku u predajnu zonu odakle se roba izdaje i ide prema kupcu.

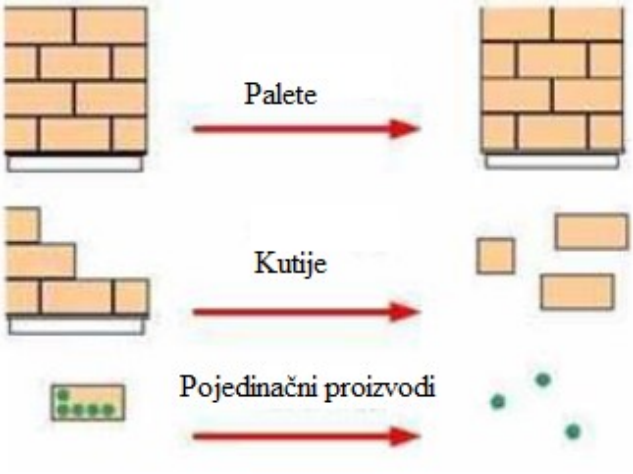
Nakon razumijevanja pojmova skladišnog sustava, procesa i potprocesa, detaljnije će se opisati potproces komisioniranja. Komisioniranje je proces izuzimanja robe iz skladišnih lokacija na temelju zahtjeva korisnika (eng. *order-picking*). Najveći udio vremena i ljudskog rada u skladištu od svih aktivnosti odlazi upravo na komisioniranje. Također, komisioniranje čini oko 55% operativnih troškova u skladištu i ima direktan utjecaj na točnost i brzinu odgovora. Postoji više podjela komisioniranja, a prva podjela definira se po principu kretanja materijala / komisionera na [1]:

- princip čovjek robi (eng. *picker-to-part*) – komisioner se kreće hodajući ili vozeći se na transportnom sredstvu do lokacija s koje treba izuzeti robu
- princip roba čovjeku (eng. *part-to-picker*) – materijal koji treba izuzeti kreće se do komisionera

Sljedeća podjela komisioniranja je prema vrsti jediničnog tereta koji se izuzima, ilustrirano na slici 2., te su navedeni sustavi pogodni za takvo komisioniranje [1]:

- komisioniranje paleta - paletni regali, ASRS

- komisioniranje kutija – paletni regali, protočni regali, karuseli, ASRS
- komisioniranje pojedinačnih dijelova – polični regali, ladičari, protočni regali za kutije, karuseli, ASRS



Slika 2. Ilustracija vrste komisioniranja prema jediničnom teretu [1]

Da bi se sustav komisioniranja pravilno oblikovao, potrebno je paziti na osnovne značajke procesa komisioniranja, a to su produktivnost, vrijeme ciklusa i točnost. Produktivnost se izražava u broju iskomisioniranih jedinica po satu i bitno je za praćenje postavljenih zahtjeva i ciljeva u skladištu. Zatim, vrijeme komisioniranja definira se kao vrijeme koje je potrebno od zaprimanja narudžbe u skladištu do izlaza naručene robe iz skladišta. Nadalje, bitno je pratiti i točnost koja se najčešće mjeri kao omjer ukupnog broja točno obavljenih aktivnosti komisioniranja i ukupnog broja obavljenih komisioniranja. Cilj oblikovanja sustava komisioniranja je praćenje efikasnosti. Jedan od načina je korištenje metoda usmjeravanja u sustavima čovjek-robi, s ciljem minimizacije puta i samog vremena komisioniranja. Metode usmjeravanja govore komisioneru kojim putem se treba kretati između regala kako bi posjetio sve lokacije s kojih je potrebno izuzeti proizvod. Zatim, mogu se koristiti i metode odlaganja s ciljem minimizacije očekivane duljine rute komisionera. To se postiže tako da se frekventni artikli skladište bliže ulazno/izlazne lokacije ili da se unutar skladišta odrede zone. Nadalje, mogu se koristiti metode organizacije komisionera od kojih je najjednostavnija komisioniranje prema narudžbi ili diskretno komisioniranje prema kojemu svaka narudžba predstavlja jedan radni nalog i prikuplja se roba samo za tu narudžbu. S druge strane, moguće je organizirati komisioniranje spajanjem narudžbi što se naziva grupno komisioniranje (eng. *batching*) prilikom čega se dvije ili više narudžbi spajaju u jedan nalog za komisioniranje, međutim to na kraju zahtjeva i sortiranje proizvoda po narudžbama. Postoje i druge metode organizacije

komisioniranja. Za efikasno komisioniranje potrebno je paziti i na prostorni raspored, koji ovisi o definiranim ograničenjima. Međutim, u današnje vrijeme, uz navedene metode, poseže se za tehnologijom za podršku komisioniranju. Prvenstveno je za korištenje bilo kakve tehnologije u skladištu potreban sustav za upravljanje skladištem (eng. *Warehouse Management System, WMS*) koji se sastoji od baza i aplikacija te servera i radnih stanica. Tehnologija koja će se spominjati dalje u radu je [1]:

- RF terminali (eng. *Radio-frequency*) – uređaji za automatsku identifikaciju, najčešće crtičnog koda, s ekranom za prikaz informacija korisniku, prikazano na slici 3.

Slika 3. RF ručni čitač [1]

- RFID tehnologija – očitavanje lokacije i/ili artikla označenog RFID oznakom
- svjetlom usmjereno komisioniranje – tehnologija koja se koristi u zonama komisioniranja sa svjetlosnom identifikacijom lokacije proizvoda kojeg treba izuzeti, a potvrda izuzimanja vrši se pritiskom tipke, prikazano na slici 4.

Slika 4. Svjetlom usmjereno komisioniranje [1]

- glasom usmjereno komisioniranje – tehnologija koja radi na principu prepoznavanja ljudskog govora i zadavanja glasovnih naredbi preko slušalica koje komisioner nosi, oprema je prikazana na slici 5.

Slika 5. Oprema za glasom usmjereno komisioniranje [1]

- vizualno komisioniranje – tehnologija koja koristi pametne naočale za vizualni prikaz informacija komisioneru, pametne naočale prikazane su na slici 6.

Slika 6. Pametne naočale [1]

2.2. Opis tehnologije vizijskog komisioniranja

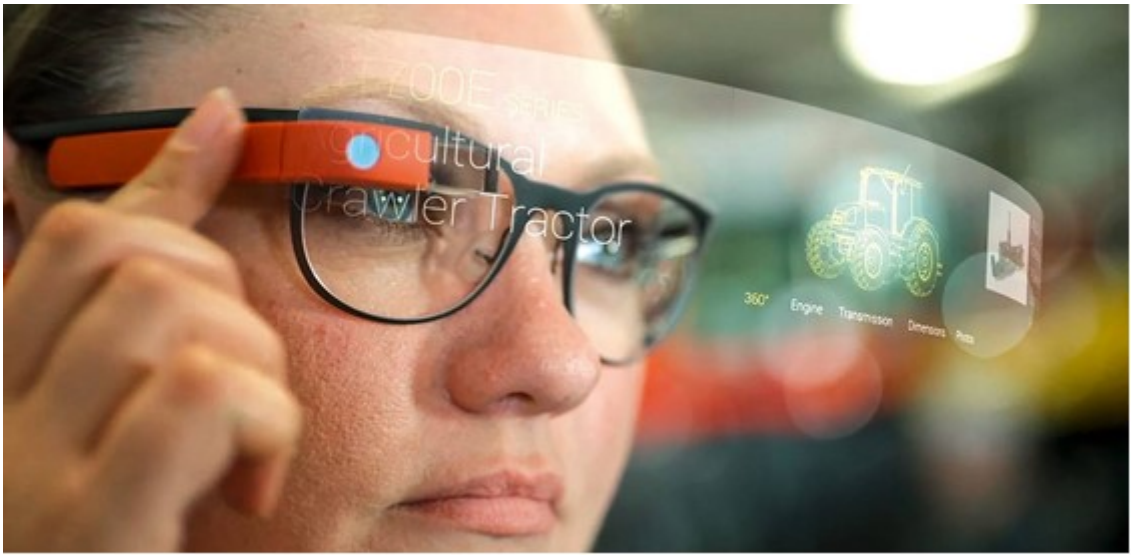
Vizijsko komisioniranje ili vizijski vođeno komisioniranje je inovativno korištenje naprednih i pametnih tehnologija u komisioniranju, a koristi tehnologiju proširene stvarnosti za grafički prikaz potrebnih podataka. [2] U stranoj literaturi postoji više naziva ove tehnologije:

- eng. *visual picking*,
- eng. *visual guided picking* i
- eng. *pick-by-vision.*

Kako bi se tehnologija vizijskog komisioniranja mogla implementirati, potrebno je zadovoljiti određene uvjete, a to su vizualizacija, interakcija i praćenje te navigacija. Vizualizacija se ostvaruje pomoću zaslona postavljenog na glavu (eng. *Head-mounted Display*, HMD), a nosi ga komisioner i prikazan je na slici 7. To je vrsta uređaja koji se, kao što naziv govori, nosi na glavi ili je ugrađen u dio kacige. Uređaj je opremljen tehnologijom proširene stvarnosti (eng. *Augmented Reality*, AR). AR tehnologija se temelji na postavljanju virtualnih slojeva u okruženje "prave" stvarnosti. AR aplikacije čitaju kontekstualne informacije slojeva te na temelju njih korisnik prima interaktivnu povratnu informaciju u obliku virtualnog sadržaja. [3]

Slika 7. HMD [4]

Međutim, danas osim HMD-a postoje i AR naočale, a nazivaju se i pametne naočale (eng. *smart glasses*). Pomoću AR naočala vidi se stvaran svijet, a ne virtualan, ali su dodatno uključeni elementi kojima se nadopunjuje stvarna slika. Jedne takve naočale prikazane su na slici 8.



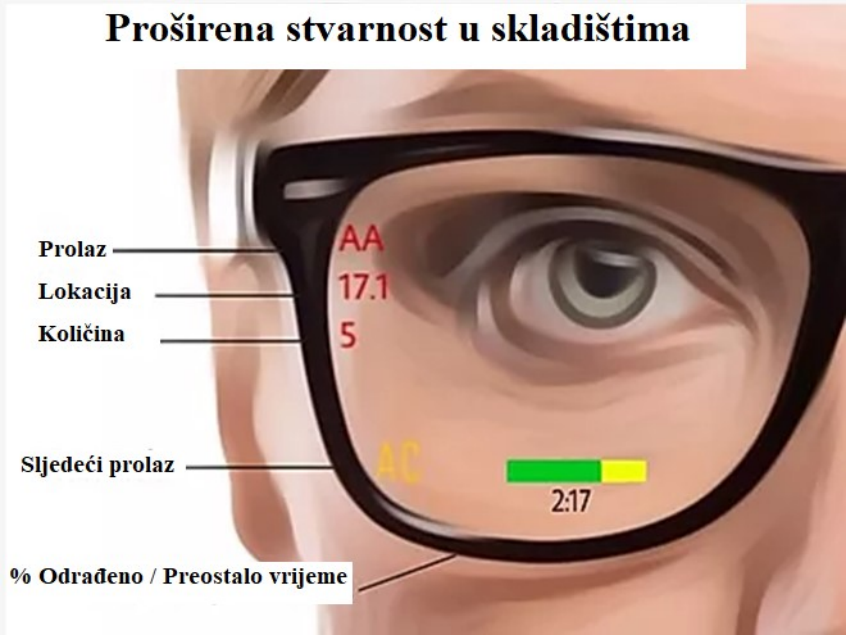
Slika 8. AR naočale [5]

Pomoću AR naočala korisnik vidi svoj svijet uz dodatne informacije te bez obzira kamo okrene glavu, informacije su i dalje vidljive. U vizijskom komisioniranju, ovakve naočale su najčešće implementirane u sustav upravljanja skladištem (eng. *Warehouse Management System*, WMS) pomoću kojeg se izdaju instrukcije i prati se stanje zaliha na skladištu. Međutim, kod komisioniranja komisioner mora moći poslati povratnu informaciju. Stoga se na pametnim

naočalama može nalaziti tipka za potvrdu izuzimanja, može biti korišten neki specifični pokret ili jednostavno očitanje barkoda ili RFID (eng. *Radio-frequency identification*) oznaka. Može se kombinirati i s ostalim tehnologijama tako da uključi govorni sustav za unos podataka čime bi radnik u potpunosti mogao raditi bez korištenja ruku. Također, ova tehnologija omogućuje praćenje pozicije komisionera u skladištu te mu olakšava posao pronalaženjem optimalne rute do skladišne lokacije za izuzimanje proizvoda.

2.3. Princip rada

Na zaslonu komisionera prikazani su određeni podaci o artiklu koji se komisionira, kao što je prikazano na slici 9.



Slika 9. Prikaz podataka na pametnim naočalama [6]

Prije svega količina, opis proizvoda te njegov slikovni prikaz. Komisioneru se na zaslonu prikazuje i položaj skladišne lokacije artikla kojeg je potrebno izuzeti pomoću 2D karte ili 3D geometrije prostora. Tehnologija vizijskog komisioniranja također usmjerava komisionera do skladišne lokacije. Vizijsko komisioniranje, kao i svaki drugi proces komisioniranja, započinje dobivanjem naloga za komisioniranje. Potrebni artikli koji se trebaju izuzeti prikazuju se na zaslonu. Komisioner preko ugrađenog mikrofona zatraži skladišnu lokaciju iz koje je potrebno izuzeti stavku. HMD mu prikaže optimalnu rutu i kada komisioner dođe do lokacije, uređaj skenira crtični kod lokacije i potvrđuje da se komisioner nalazi na ispravnoj lokaciji. Također, vizijska tehnologija odmah potvrdi je li izuzet ispravan artikl i točna količina. Ako je, narudžba je tada gotova i sustav ažurira nalog i stanje zaliha. Zatim se cijeli proces ponavlja dok se ne

izuzmu sve stavke s naloga za komisioniranje. Vizijsko komisioniranje pogodno je za implementaciju i u sustave po principu čovjek-robi i roba-čovjeku, koji su objašnjeni u potpoglavlju 2.1.

3. PREDNOSTI I NEDOSTACI TE USPOREDBA VIZIJSKOG KOMISIONIRANJA S DRUGIM TEHNOLOGIJAMA

U ovom poglavlju će se prikazati koje su prednosti korištenja vizijski vođenog komisioniranja, a koji nedostaci te će se usporediti s ostalim tehnologijama komisioniranja, koje su spomenute u potpoglavlju 2.1.

3.1. Prednosti i nedostaci

Kao kod svake tehnologije i kod vizijskog komisioniranja se teži unaprjeđenju procesa komisioniranja u kojem se nastoji povećati produktivnost i istaknuti pozitivne strane uvođenja ove tehnologije, a s druge strane potrebno je minimizirati i eliminirati negativne efekte. Postavlja se pitanje koje su to prednosti zbog kojih bi netko odabrao vizijsko komisioniranje u svome skladištu i jesu li one dovoljne u odnosu na primijećene nedostatke. Kao glavni razlog uvođenja ove tehnologije nameće se povećanje produktivnosti, odnosno povećanje brzine izuzimanja proizvoda. To je omogućeno samom izvedbom tehnologije pomoću koje radnik ne mora razmišljati i pamtiti gdje se nalazi proizvod, već je putem proširene stvarnosti vođen unutar skladišta tako da se izabire optimalna ruta. Također, prilikom kretanja obje ruke su uvijek slobodne jer se svi potrebni podaci prenose audiovizualno. Nadalje, samom implementacijom vizijskog komisioniranja unaprjeđuje se skladište i povezuje sa sustavom za upravljanje, što znači da su svi proizvodi označeni i imaju svoju lokaciju te se u svakom trenu zna koliko proizvoda ima na stanju. Sve ovo navedeno dovodi do eliminacije bespotrebnih papira i klasičnih inventura, a također pogoduje radnicima u pogledu ergonomije jer nema nepotrebnog hoda prilikom traženja željene lokacije. Tehnologija vizijskog komisioniranja kod ljudi nudi veliku fleksibilnost jer omogućuje izuzimanje proizvoda različitih oblika i veličina, na različitim lokacijama. Velika prednost je i smanjeno vrijeme te troškovi obuke novih zaposlenika jer je tehnologija intuitivna i jednostavna za korištenje. Svime zajedno reducira se vrijeme jednog ciklusa, koje sadrži vrijeme putovanja od i do lokacije, vrijeme izuzimanja na lokaciji te tzv. mrtvo vrijeme koje je potrebno za traženje i identifikaciju lokacije proizvoda. Budući da se kaže da je vrijeme jednako novac, korištenjem navedene tehnologije smanjuje se vrijeme, odnosno povećava produktivnost. Međutim, postoje i određeni nedostaci vizijskog komisioniranja. Sama tehnologija mora biti prikladna za industriju i rad u skladišnim uvjetima. Time se dovodi u pitanje dizajn naočala i prikladnost za rad u industriji. Nadalje, spominje se i nizak vijek trajanja baterije, kao i potpuna pokrivenost skladišta WLAN-om, koja može biti ometena čeličnim konstrukcijama, fluidima i ostalim materijalima. To se direktno povezuje s

troškovima početne investicije i ulaganja u tehnologiju te se postavlja pitanje isplativosti uvođenja. Skoro svako uvođenje novosti nailazi i na otpor zaposlenika, pogotovo onih starije populacije koji pred kraj radnog vijeka ne žele učiti koristiti nove tehnologije. Također, stalno nošenje virtualnih naočala može izazvati vrtoglavice i glavobolje, ali to još nije dovoljno istraženo niti dokazano. Problem nastaje i kod osoba koje nose dioptrijske naočale te su im potrebne dodatne leće, što naravno poskupljuje proizvod. Također se spominje kao nedostatak ako su barkodovi na proizvodima preblizu, onda sustav ima problem prepoznavanja pravog barkoda. [7]

3.2. Usporedba s drugim tehnologijama

Budući da je komisioniranje najvažniji logistički proces, postoje i drugi načini usmjeravanja komisionera kao što su komisioniranje papirnatim listama, komisioniranje pomoću RF terminala, glasom usmjereno komisioniranje te svjetlom usmjereno komisioniranje. U nastavku će ukratko biti opisan svaki od navedenih tipova te će se usporediti s vizijskim komisioniranjem.

3.2.1. Komisioniranje papirnatim listama

Komisioniranje papirnatim listama je najjednostavniji i najjeftiniji primjer sustava za komisioniranje. Komisioneru su na papiru zapisani podaci o proizvodu, njegovoj lokaciji i količini za izuzimanje. Ovaj način komisioniranja najpogodniji je za mala skladišta s malim brojem proizvoda, u kojima jednostavno nije isplativo uvođenje bilo kakve tehnologije i za time nema potrebe. Primjer ovakvog načina prikazan je na slici 10.

Slika 10. Prikaz komisioniranja papirnatim listama [8]

S obzirom na to da je tema rada vizijsko komisioniranje, u nastavku će se prikazati usporedba ova dva načina komisioniranja. Prije svega, važno je spomenuti troškove implementacije. Vizijsko komisioniranje zahtjeva puno veću početnu investiciju samom nabavom opreme i prilagodbom prostora za uvođenje tehnologije. Komisioniranje papirnatim listama ima neznatnu početnu investiciju, štoviše, to je način koji se i dalje koristi u većini skladišta zbog svoje dostupnosti i jednostavnosti. Naravno da postoje brojne varijacije na temu unaprjeđenja papirnatog komisioniranja, a većinom ovisi o organizaciji poduzeća. Ako se radi o malom skladištu s malim brojem različitih proizvoda, radnici će vrlo brzo naučiti gdje se što nalazi i kako najbrže doći do toga. Neke od mogućnosti unaprjeđenja su logične i ne zahtijevaju dodatne investicije, poput pisanja narudžbi prema redoslijedu izuzimanja. Nadalje, može se koristiti odlaganje po zonama što će poboljšati snalaženje komisionera u skladištu, kao i davanje oznaka lokacijama proizvoda. Zatim, narudžbe se mogu grupirati te se mogu koristiti različite metode rutiranja za pronalaženje optimalne rute. Kada se to usporedi s vizijskim komisioniranjem, vizijsko je daleko naprednije jer sam WMS određuje kojim redoslijedom i kojom rutom se izuzimaju proizvodi te zahtjeva minimalno znanje i pamćenje komisionera. Negativna strana papirnatog komisioniranja je velika ovisnost o komisioneru te se pojavljuje velik broj pogrešaka

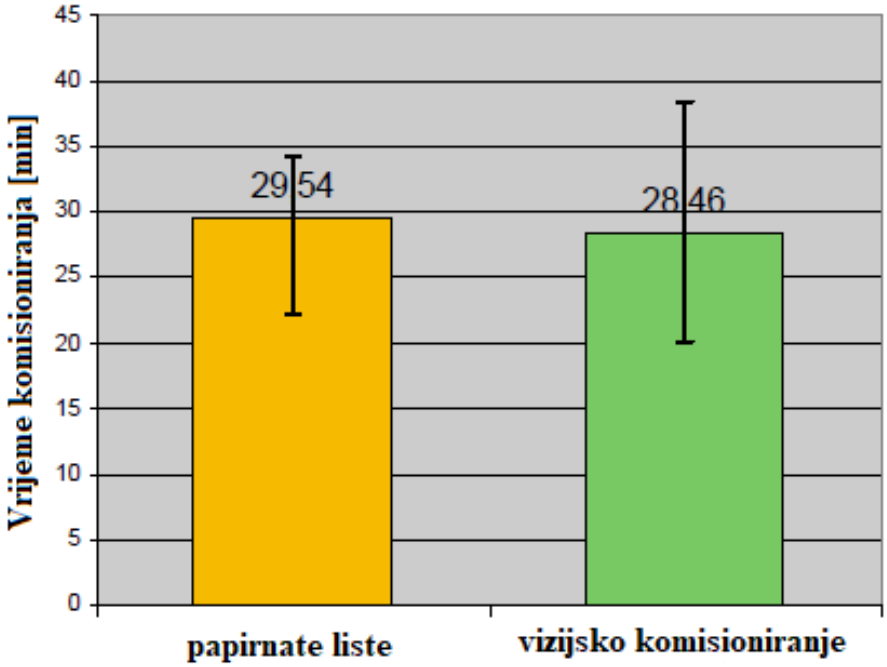
u odnosu na vizijsko komisioniranje. Kod komisioniranja papirnatim listama nema sustava koji provjerava točnost izuzete narudžbe te se često dogodi da do krajnjeg kupca dođe krivi proizvod ili kriva količina. To je obuhvaćeno vizijskim komisioniranjem tako da sam sustav dovodi komisionera do zadane lokacije, prikazuje količinu proizvoda i traži skeniranje barkoda, čime je znatno smanjena mogućnost pogreške. Također, prilikom komisioniranja papirnatim listama, ruke komisionera su zauzete te prvo mora odložiti list papira kako bi izuzeo traženi proizvod, zatim na papiru označiti da je radnja izvršena, što ponovno kod vizijskog komisioniranja nije slučaj jer su ruke u potpunosti slobodne. Bitna razlika je vrijeme komisioniranja. Daleko duže traje komisioniranje papirnatim listama jer su produljena sva vremena sadržana u ciklusu. Vrijeme putovanja od i do lokacije je dulje u odnosu na vizijsko jer možda nije odmah odabrana optimalna ruta do lokacije. Vrijeme izuzimanja je produljeno jer kod papirnatog komisioniranja ruke nisu odmah slobodne za izuzimanje proizvoda. Također je povećano i mrtvo vrijeme kojim se opisuje vrijeme potrebno za traženje i identifikaciju proizvoda. Prema [9] vizijsko komisioniranje može biti i do 20% produktivnije od konvencionalnog papirnatog načina komisioniranja.

U okviru ispitivanja [10], vizijsko komisioniranje uspoređeno je s konvencionalnim, papirnatim komisioniranjem u distribucijskom centru Kühne + Nagel KG. Skladište se sastoji od 8 regala, 4 prolaza i više od 600 skladišnih lokacija, prikazano na slici 11.

Slika 11. Skladište [10]

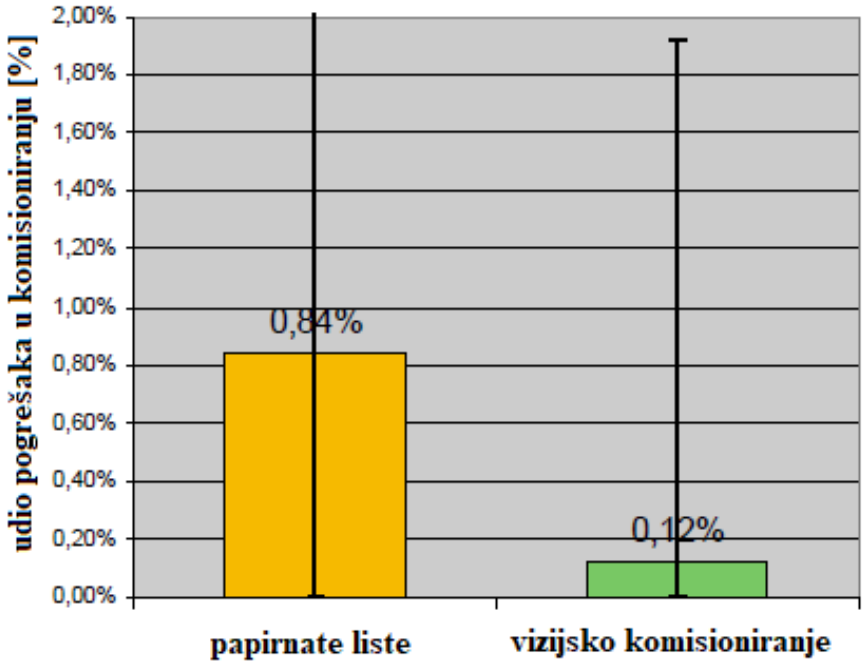
Popunjenost skladišta bila je preko 75 %. Svaki komisioner morao je izvršiti 14 narudžbi koristeći oba načina, a proizvodi su bili unutar kutija različitih veličina i mase. Neke kutije su se mogle izuzeti jednom rukom, dok su druge bile teže te ih je bilo potrebno izuzeti s dvije ruke. Narudžbe su bile izuzimane istim redoslijedom u obje tehnike, a za svaku narudžbu je WMS optimizirao rutu kroz skladište. U testiranju je sudjelovalo 16 komisionera. Tijekom testiranja mjerena su 2 važna parametra: vrijeme komisioniranja i pogreške. Vrijeme komisioniranja je iznimno važno za računanje protoka, što se kasnije koristi kod izračuna vremena dostave do kupca. S druge strane, pogreške mogu imati značajan utjecaj na poslovanje ako se ne otkriju na vrijeme. Kreće se od pretpostavke da je vrijeme izuzimanja proizvoda jednako kod vizijskog i konvencionalnog komisioniranja.

Prvo se gleda vrijeme komisioniranja te se iz grafa sa slike 12. vidi da je konvencionalno komisioniranje trajalo 29,54 min, a vizijsko 28,46 min, što je ušteda od oko 1 minute ili svega 4 %.



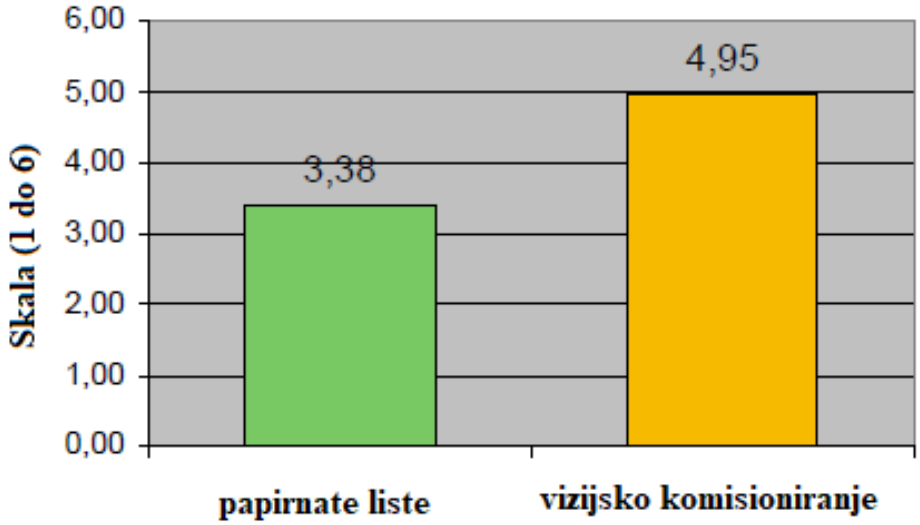
Slika 12. Vrijeme komisioniranja [10]

S druge strane, gledao se udio pogrešaka, bilo da se radi o krivo izuzetom proizvodu, pogrešnoj količini proizvoda ili nedostajanju određenog proizvoda. U okviru ovog istraživanja, udio pogrešaka konvencionalnog načina komisioniranja bio je čak 7 puta veći u odnosu na vizijsko, prikazano na grafu na slici 13.



Slika 13. Udio pogrešaka [10]

Također je ispitana i motivacija i mišljenje komisionera u ovom testiranju. Zaključuje se da su ispitanici dobro prihvatili sustav i da su motivirani koristiti *pick-by-vision*, što je prikazano na slici 14.



Slika 14. Motivacija ispitanika [10]

Međutim, kao neke probleme vizijskog komisioniranja navode da su imali problema s HMD-om zbog promjene svjetline. Neki su naveli da su glasovne upute bile monotone, dok im se s druge strane svidjelo to što su mogli raditi bez upotrebe ruku, odnosno ruke su im bile

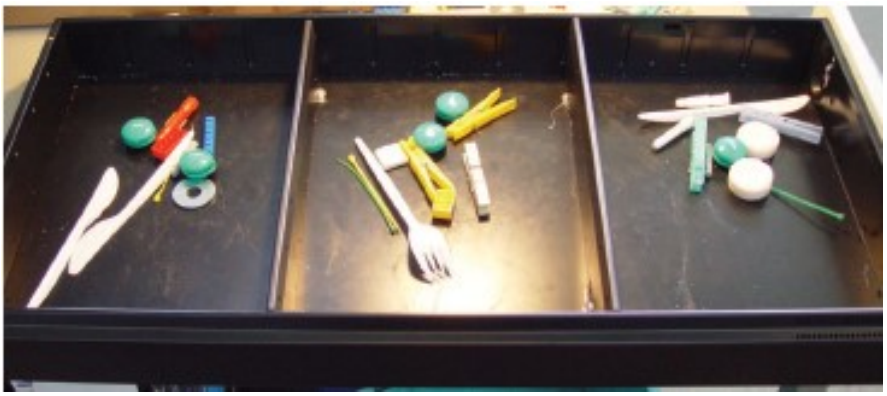
slobodne za izuzimanje narudžbi. Također, velika je prednost to što se prikazuje količina za izuzimanje, to je dovelo do znatnog smanjenja broja pogrešaka.

Ovime se došlo do zaključka u kojim scenarijima bi vizijsko komisioniranje bilo korisno i koje informacije moraju biti prikazane. Studija je pokazala da komisioneri korištenjem vizijskog sustava rade brže i imaju veću točnost. Također, bitno je napomenuti da ovakav oblik tehnologije nije naišao na otpor ispitanika, već su ga prihvatili i bili motivirani koristiti. Ova tehnologija mogla bi se razvijati u korak s unaprjeđenjem hardware.

U sljedećem istraživanju [11] papirnato komisioniranje je uspoređeno s HMD-om tako da je papirnato komisioniranje podijeljeno u dvije kategorije. Prva se odnosi na komisioniranje papirnatim listama gdje su zadaci za izuzimanje zadani u obliku liste, a drugi način je grafička reprezentacija na papiru. Za studiju je korištena simulacija skladišta, koje se sastojalo od 2 regala s 4 police te su se na svakoj polici nalazile 3 kutije za izuzimanje, kao što je prikazano na slici 15.

Slika 15. Prikaz regala za komisioniranje [11]

Zadatak je zahtijevao izuzimanje proizvoda za 3 narudžbe istovremeno, kao što je prikazano na slici 16.



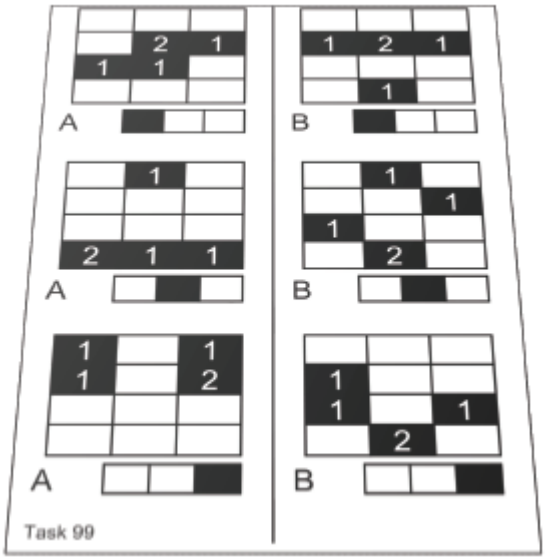
Slika 16. Izuzeti proizvodi za 3 različite narudžbe [11]

Prvi način komisioniranja je bilo komisioniranje papirnatim listama te su podaci bili zadani u obliku tekstualne liste, kao što je prikazano na slici 17.

A
1
22 x 2
23
31
32
2
12
41 x 2
42
43
3
11
13
21
23 x 2
B
1
21
22 x 2
23
42
2
12
23
31
42 x 2
3
21
31
33
42 x 2
Task 99

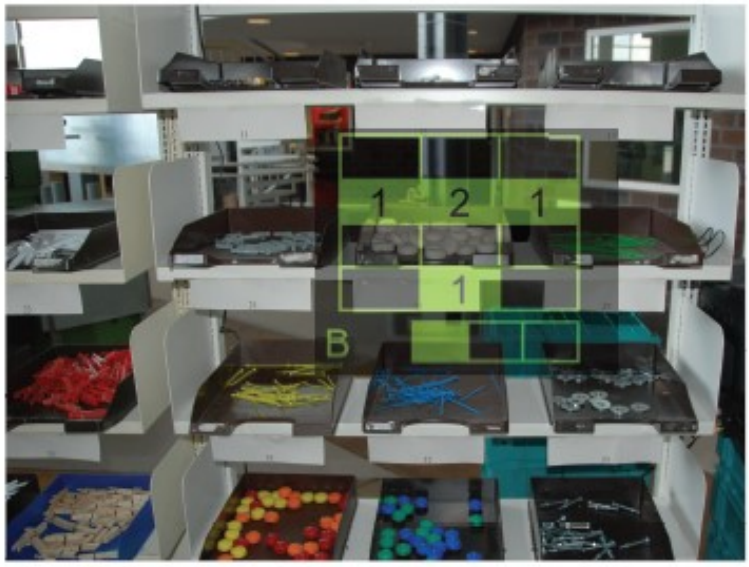
Slika 17. Papirnata lista s tekstualnim informacijama [11]

Na papiru su bili podaci o kojem regalu se radi te o kojem broju narudžbe 1, 2 ili 3. Također je bilo naznačeno koji proizvod treba izuzeti. S druge strane, korišten je i grafički prikaz na papirnatim listama kao što prikazuje slika 18.



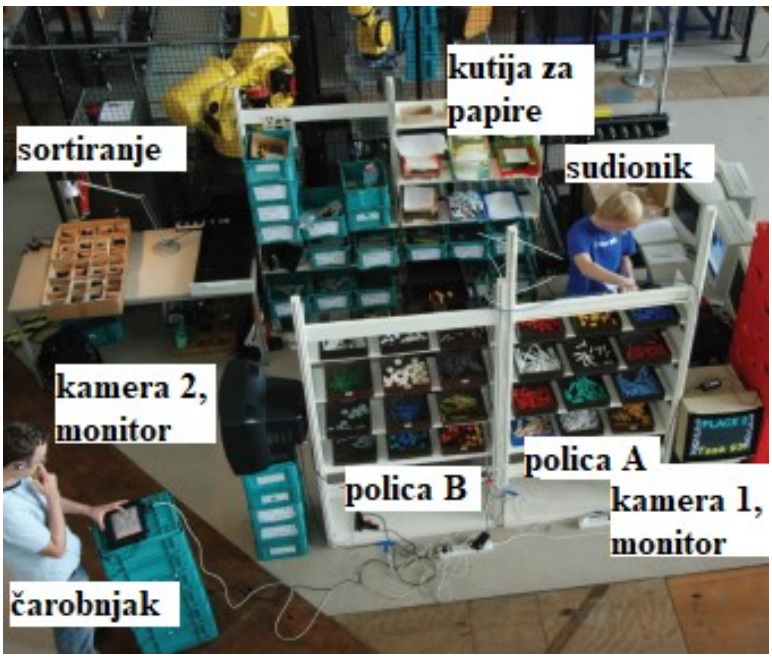
Slika 18. Papirnata lista s grafičkim prikazom [11]

Na grafičkoj listi bila je prikazana tablica s 3 stupca i 4 retka koja je simulirala izgled regala. Lokacije s kojih je trebalo izuzeti proizvode bile su zacrnjene te su brojevi označavali koliko proizvoda s te lokacije komisioner treba izuzeti. U navedenoj studiji komisioniranje papirnatim listama se uspoređuje s HMD komisioniranjem. U toj metodi ispitanici su nosili ruksak koji je sadržavao Sony Vaio UX seriju računala te su nosili HMD uređaj na dominantnom oku i on je bio spojen na računalo kako bi prikazao vizualne instrukcije. To je prikazano na slici 19.



Slika 19. HMD [11]

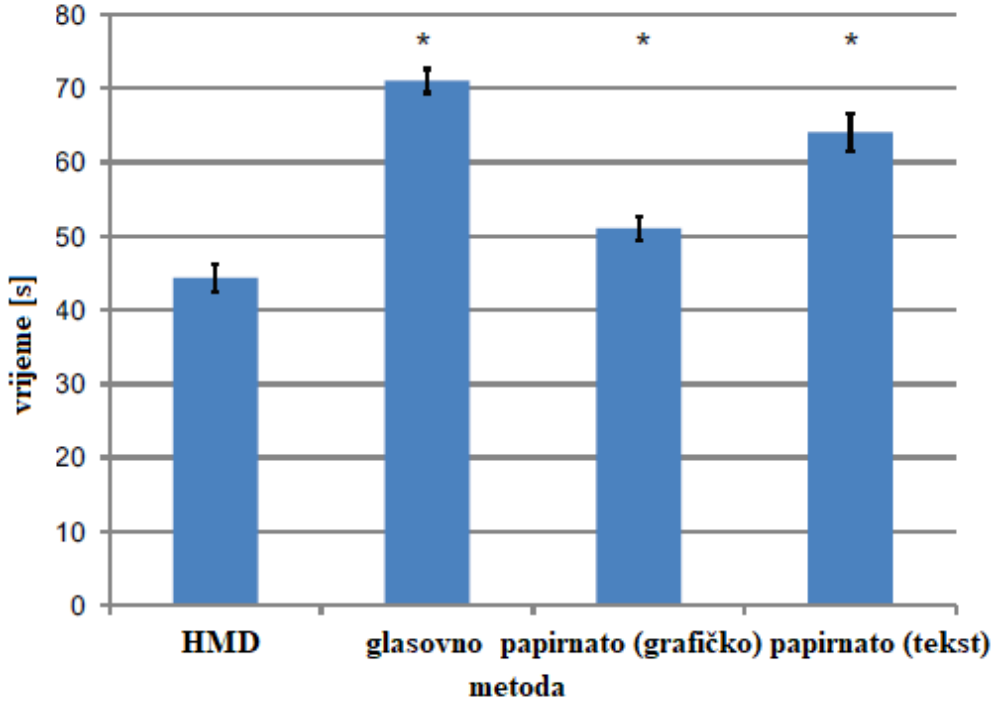
Za sljedeći prikaz ispitanici u jednostavno morali reći „ok“, a za povratak na prethodni prikaz trebalo je izgovoriti „natrag“.



Slika 20. Okolina ispitivanja [11]

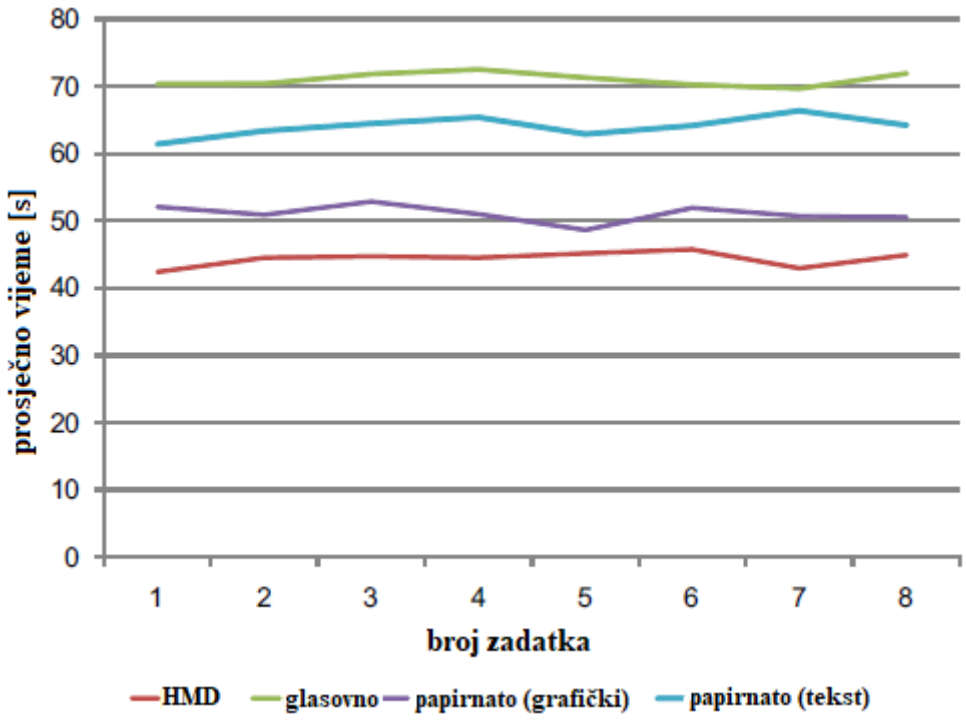
Na slici 20. prikazana je okolina provedenog ispitivanja te su dvije kamere snimale cijeli proces. U simulaciji je sudjelovalo 12 ispitanika koji se nisu prije susreli s procesom komisioniranja te su imali 10 zadataka za odraditi. Mjereno je vrijeme za svaki način komisioniranja te su se ispitanici izjasnili o mogućnosti učenja, udobnosti, brzini i točnosti.

Rezultati su pokazali sljedeće. Za mjerenje vremena prvo je bilo potrebno odrediti točno vrijeme početka i završetka izuzimanja narudžbi, a rezultati prosječnog vremena izuzimanja prikazani su na slici 21.



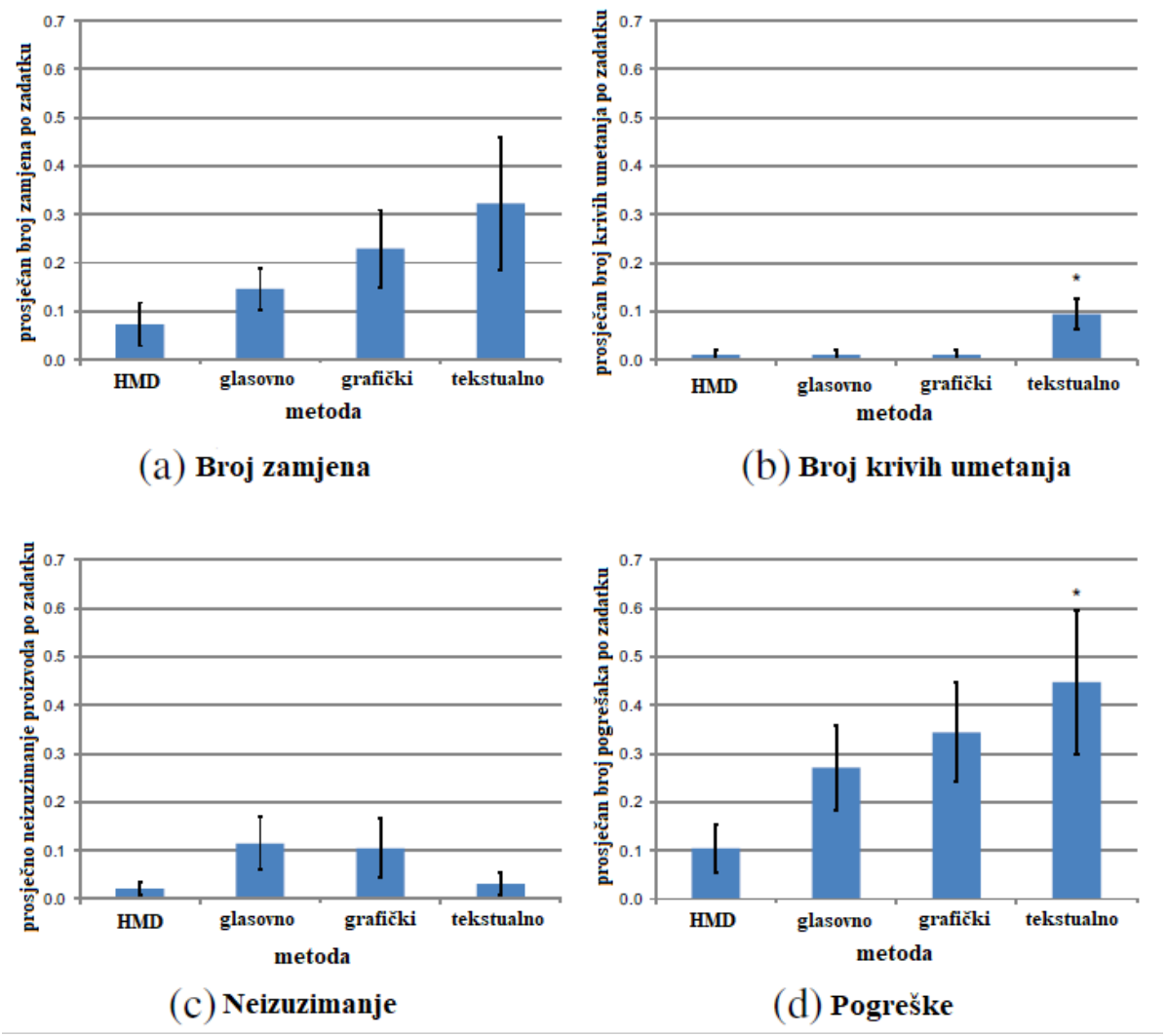
Slika 21. Usporedba vremena komisioniranja [11]

Prema grafu na slici 21. prosječno vrijeme komisioniranja HMD-om iznosilo je 44.33 s i bilo je brže u odnosu na komisioniranje papirnatim listama. Komisioniranje papirnatim listama s grafičkim prikazom lokacija rezultiralo je prosječnim vremenom od 51.07 s, a s tekstualnim prikazom 64.03 s.



Slika 22. Usporedba prosječnog vremena za završetak zadatka prema metodama [11]

Slika 22. prikazuje usporedbu prosječnog vremena izuzimanja za zadnjih 8 zadataka po svakoj metodi te se da zaključiti da su u svakoj metodi ispitanici postigli konzistentnost jer su linije relativno ravne. Sljedeće se gledala točnost prema broju zamjena, krivih umetanja u kutiju za narudžbe i neizuzimanja proizvoda uopće, prikazano na slici 23.



Slika 23. Točnost [11]

Graf na slici a) prikazuje broj zamjena, na slici b) broj krivih umetanja, na slici c) neizuzimanje proizvoda uopće te na slici d) ukupne pogreške. HMD je općenito pokazao najmanji broj pogrešaka, pogotovo na slici b) gdje se vidi znatna razlika između HMD-a i tekstualno zadanih papirnatih listi što se tiče krivog umetanja u kutiju za narudžbe. Što se tiče broja krivih umetanja na slici b), sve metode su ostvarile podjednak broj ovog tipa pogreške osim komisioniranja papirnatim listama s tekstualnim prikazom koje daleko odskače od ostalih. Zanimljivo je da su prema grafu sa slike c) najviše grešaka tipa neizuzimanja proizvoda imali glasom usmjereno komisioniranje i komisioniranje papirnatim listama s grafičkim prikazom.

U studiji je također ispitano i mišljenje komisionera o mogućnosti učenja, udobnosti, brzini i točnosti te su podaci dani u tablici na slici 24.

Mjere	Metoda komisioniranja			
	HMD	Glasovno	Papirnato (grafički)	Papirnato (tekst)
Ukupno	1.0	2.0 *	2.5 *	4.0 *
Učenje	2.5	2.5	2.0	4.0
Udobnost	1.0	2.0	3.0	4.0 *
Brzina	1.0	3.0 *	2.0 *	4.0 *
Točnost	2.0	2.0	3.0	4.0 *

Slika 24. Zadovoljstvo ispitanika [11]

Prema prikazanim podacima, HMD je rangiran više u odnosu na ostale metode komisioniranja. [11] Sustavi su rangirani od 1 do 4 te je * označava znatno niži rang od HMD-a. Ocjenjivala se mogućnost učenja pri čemu je papirnato komisioniranje s grafičkim prikazom bolje rangirano od HMD-a. Međutim, što se tiče udobnosti, najbolji rang ima HMD, a najgori komisioniranje papirnatim listama s tekstualnim prikazom. Što se tiče brzine, HMD je ponovno bolji od ostalih metoda, a zanimljivo je da je komisioniranje papirnatim listama s grafičkim prikazom imalo bolji rang od glasom usmjerenog komisioniranja. Zadnje se ispitivala točnost te se vidi da su HMD i glasom usmjereno postigli isti rezultat. Kad se sveukupno zbroji, HMD je ostvario najbolji rang, a slijede glasom usmjereno komisioniranje, komisioniranje papirnatim listama s grafičkim prikazom podataka te komisioniranje papirnatim listama s tekstualnim prikazom podataka.

3.2.2. Komisioniranje pomoću RF terminala

RF ili radijsko frekvencijski čitači su uređaji koji služe za automatsku identifikaciju barkoda koji se nalazi na proizvodu. Komisioner skeniranjem barkoda na ekranu vidi podatke o proizvodu te se samim skeniranjem potvrđuje točnost lokacije i proizvoda. RF čitač je spojen na WMS sustav te je time smanjen broj pogrešaka u odnosu na komisioniranje papirnatim listama. Ovakav način komisioniranja prikazan je na slici 25.

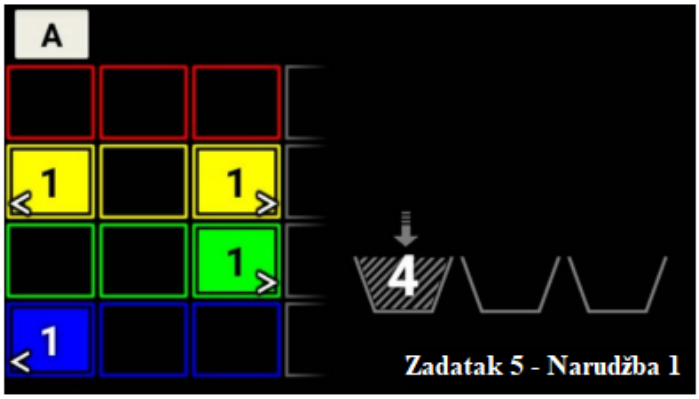
Slika 25. Komisioniranje pomoću RF čitača [2]

Dobra strana ovakvog načina komisioniranja je to što komisioner može dobiti nalog na bilo kojoj lokaciji, odnosno ne mora se vraćati do određene lokacije i preuzeti nalog kao što je slučaj kod papirnatog komisioniranja. Međutim, u usporedbi s vizijskim komisioniranjem to mu ne daje prednost. Zašto su RF čitači i danas toliko rasprostranjeni? Naime, imaju široku primjenu i koriste se u svim skladišnim operacijama, ne samo komisioniranju, a u usporedbi s ostalim tehnologijama su daleko jeftiniji za implementaciju. Bez obzira na cijenu, ovakav sustav i dalje zahtijeva uporabu ruku za držanje čitača i skeniranje što je riješeno unaprjeđenjem tehnologije u kojemu se terminal nosi na zapešću, a čitači su na prstu. Također, RF sustavi su poboljšani vizualnim pokazivanjem lokacije što omogućuje lakše kretanje komisionera prostorom. Prema [11] RF sistemi su popularni u skladištima koja su prerasla komisioniranje papirnatim listama jer su jednostavni za implementaciju, imaju detaljne instrukcije, mobilni su, podržavaju transakcije u realnom vremenu i najvažnije od svega, pristupačni su cijenom i dizajnom. Nadalje, prema [12] RF sustavi smanjuju pogreške prilikom komisioniranja za čak 67% u usporedbi s papirnatim komisioniranjem. Kao što je spomenuto u potpoglavlju 2.2., RF sustav može biti usko povezan s tehnologijom vizijskog komisioniranja jer postoje različiti načini potvrde izuzimanja prave narudžbe. Prema tome, vizijski sustavi su kompleksniji od RF sustava te samim time zahtijevaju veću investiciju.

3.2.3. Komisioniranje pomoću RFID tehnologije

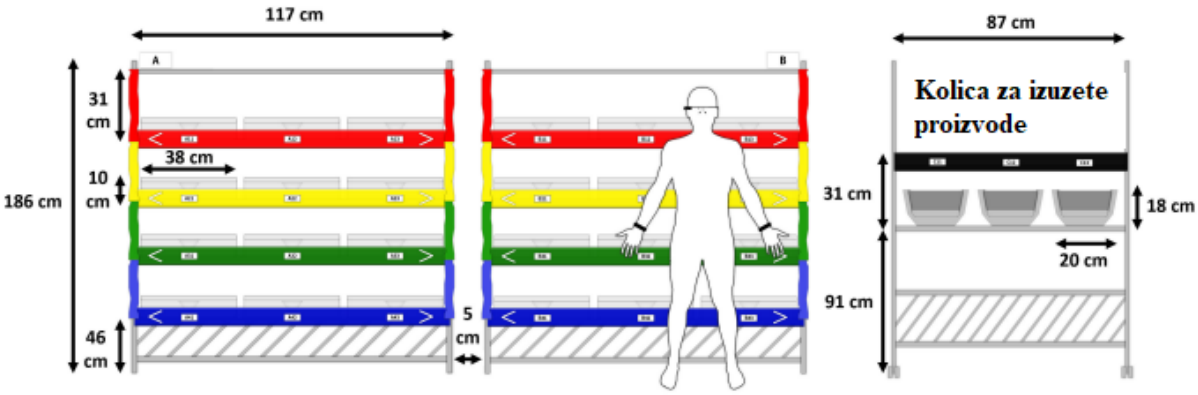
Za razliku od RF terminala, RFID je nova tehnologija za automatsku identifikaciju u kojoj se mogu primijeniti ručni čitači za očitanje lokacije i/ili artikla označenog RFID oznakom.

Prema [14] RFID tehnologija se koristi za unaprjeđenje ostalih načina komisioniranja, a najbolje rezultate je dao spoj RFID tehnologije i *pick-to-HUD* (eng. *Head-up Display*) načina komisioniranja. U navedenom radu testirane su 4 metode komisioniranja i to papirnato komisioniranje bez potvrde, papirnato komisioniranje s potvrdom skeniranjem barkoda, svjetlom usmjereno komisioniranje s potvrdom pritiskom tipke te *pick-to-HUD* s potvrdom izuzimanja pomoću RFID tehnologije. Kako bi se HUD tehnologija pokazala dobrom, bilo je potrebno pravilno prikazati informacije na displayu, kao što je prikazano na slici 26.



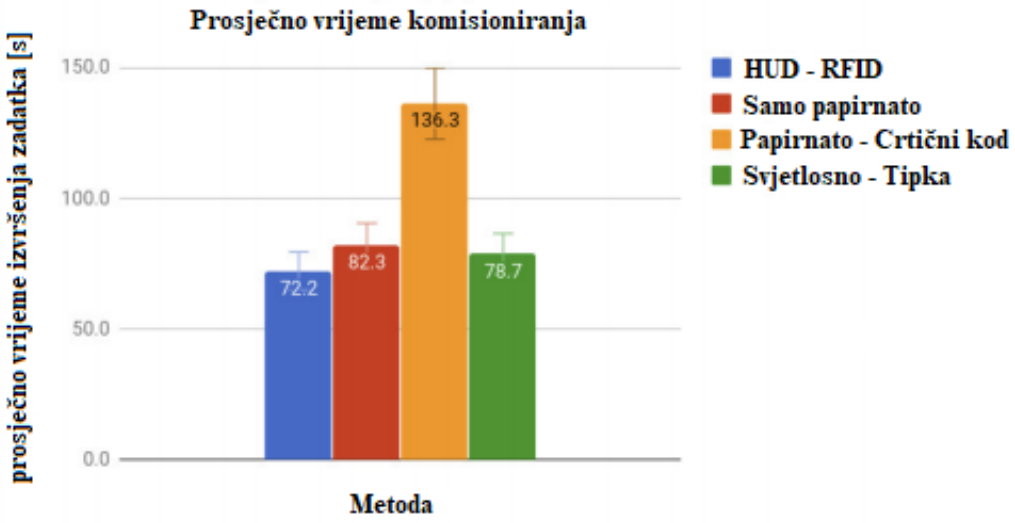
Slika 26. Prikaz displaya [14]

Studija se sastojala od 12 ispitanika, a eksperimentalno okruženje prikazano je na slici 27.



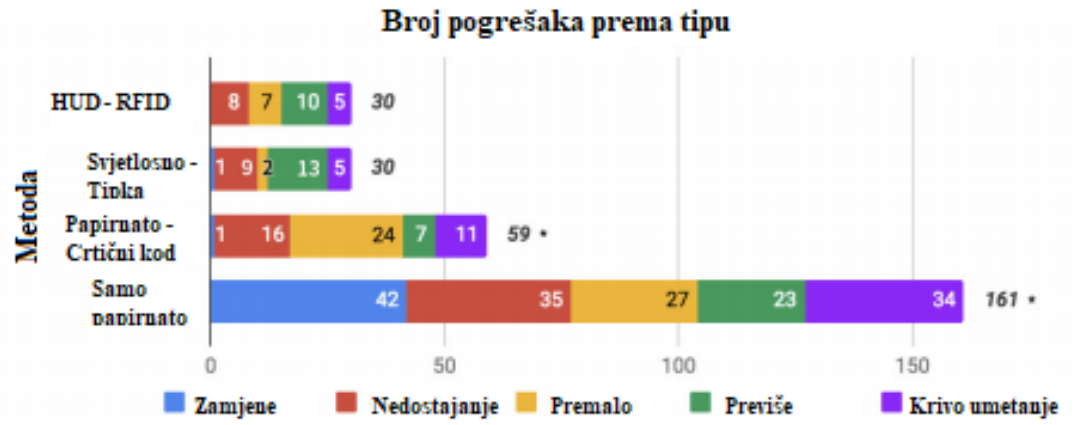
Slika 27. Eksperimentalno okruženje [14]

U studiji se promatralo prosječno vrijeme komisioniranja, prosječan broj pogrešaka, subjektivna zahtjevnost zadatka te preference ispitanika. Najkraće prosječno vrijeme izuzimanja imala je kombinacija tehnologija HUD i RFID, kao što je prikazano na slici 28.



Slika 28. Prosječno vrijeme komisioniranja [14]

Nadalje, na grafu na slici 29. prikazan je prosječan broj pogrešaka prema tipu za svaku metodu.



Slika 29. Broj pogrešaka prema tipu [14]

Sa slike 29. vidljivo je da kombinacija HUD-RFID ima manji broj pogrešaka od papirnatog komisioniranja bez potvrde i s potvrdom barkodom, a u usporedbi sa svjetlosnim komisioniranjem nema značajnijih razlika. Iste je rezultate dalo i ispitivanje preferenca komisionera koje je pokazalo da nema značajne razlike između HUD-RFID, ali ima statistički značajne razlike u usporedbi HUD-RFID s papirnatim komisioniranjem, kao što prikazuje slika 30.

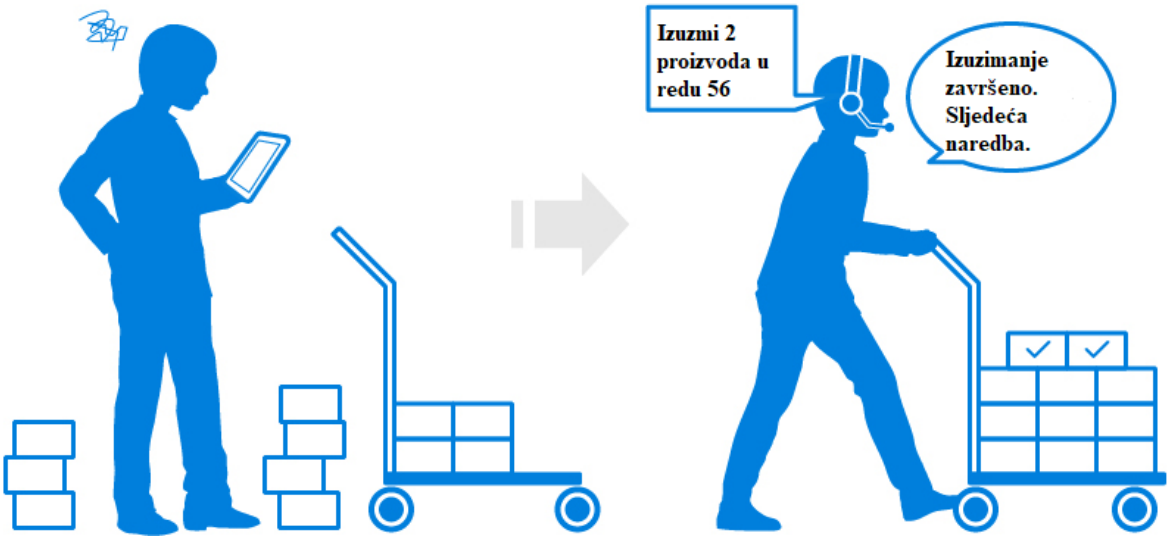
	HUD-RFID	Svjetlosno-Tipka	Papirnato-Crtični kod	Samo papirnato
Ukupno	1.50	2.00	3.92	2.58
Učenje	1.92	2.00	3.83	2.17
Udobnost	2.42	1.33	3.92	2.33
Brzina	1.33	2.17	3.92	2.50
Točnost	1.08	2.17	3.25	3.42

Slika 30. Preference ispitanika [14]

Iz ovog istraživanja vidljivo je da RFID tehnologija nadopunjuje ostale metode komisioniranja i unaprjeđuje ih. U tablici najmanji broj predstavlja najbolju metodu prema zadovoljstvu ispitanika. RFID u kombinaciji s vizualnom HUD tehnologijom pokazala je izrazito dobre rezultate u odnosu na konvencionalne oblike komisioniranja papirnatim listama te se pokazala bržom i od svjetlom usmjerenog komisioniranja.

3.2.4. Glasom usmjereno komisioniranje

Glasom usmjereno komisioniranje (eng. *voice directed picking*) ili skraćeno komisioniranje glasom (eng. *voice picking*), poznatije jednostavno kao eng. *pick-by-voice*, je tehnologija koja objedinjuje računalne tehnologije sintetizatora ljudskog govora i prepoznavanja ljudskog govora. Komisioneri na glavi nose slušalice s mikrofonom, spojene na RF terminal za pojasom. [15] U slučaju glasom usmjerenog komisioniranja, WMS je taj koji šalje glasovnu poruku komisioneru koji nalog da izvrši, a komisioner će nakon izvršenja govorom u mikrofon potvrditi to. Tako je zapravo riješen problem zauzetosti ruku komisionera u odnosu na konvencionalan način u kojem je komisioner nosio papirnati radni nalog i izuzimao robu te zapisivanjem potvrđivao izvršenost, prikazano na slici 31.



Slika 31. Usporedba konvencionalnog načina komisioniranja u odnosu na *pick-by-voice* [16]

Sve što je potrebno imati za glasom usmjereno komisioniranje je set slušalica s mikrofonom, RF terminal preko kojeg će biti spojen s WMS-om, te WMS koji će zadavati radne zadatke.

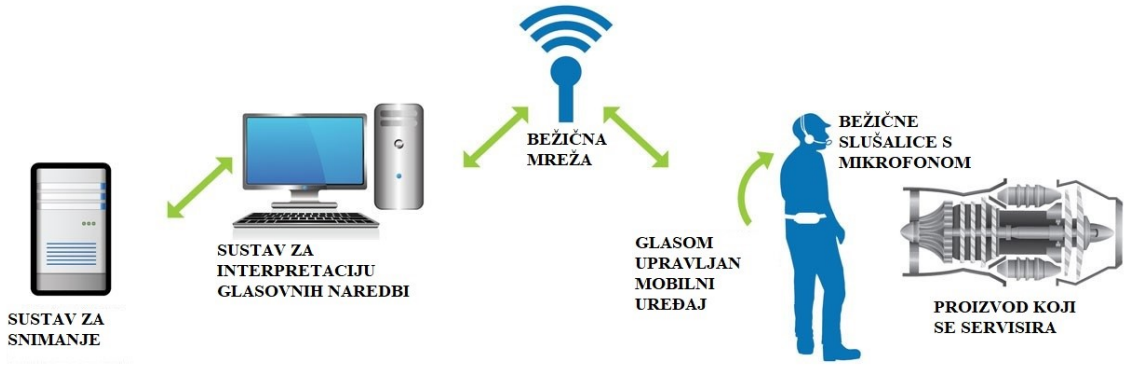
Slika 32. Slušalice s mikrofonom i RF terminal [17]

Na slici 32. je prikazan Hoeft&Wessel sustav za glasom usmjereno komisioniranje koji uz glasovne naredbe ima mogućnost skeniranja bar kodova i fotografiranja. Iz toga se zaključuje da se glasom usmjereno komisioniranje može kombinirati s ostalim tehnologijama i sustavima ako je potrebno, što dovodi do toga da se jednom investicijom može optimizirati više procesa. Primjerice, priprema i zalihe te skladištenje i plasman proizvoda mogu biti nadzirani jednim

sustavom, a također nadopunom hardverske opreme kao na slici 32. postoji mogućnost skeniranja bar kodova. [17]

Glasom usmjereno komisioniranje je najpogodnije za sustav čovjek robi jer tu donosi znatne uštede u vremenu budući da komisioner ima slobodne ruke i kreće se skladištem kako mu sustav zadaje naredbe. Manju efikasnost postiže u sustavu roba čovjeku jer se komisioner nalazi na jednom mjestu i ne mora hodati između regala, ali opet je prednost to što ima obje ruke slobodne za rad što znači da ne mora ručno ispunjavati radni nalog. Glasom usmjereno komisioniranje pogodno je za komisioniranje kutija i pojedinačnih proizvoda. Nadalje, sustav je efikasniji zbog WMS-a jer nestaju problemi koji su se javljali u manualnim sustavima komisioniranja. Komisioner ne treba sam odlučiti kojim putem će se kretati, već samo izvršava naredbe, što znači da su optimizirane metode usmjeravanja odlaganja i organizacije. Glasom usmjereno komisioniranje najčešće se koristi kod odabira za sastavljanje kompleta, komisioniranja u hladnom skladištu, komisioniranje cijelih kutija te za komisioniranje u okruženjima koji zahtijevaju posebnu odjeću ili drugu zaštitu. Sam proces komisioniranja može se objasniti u nekoliko točaka [16]:

1. Svaki komisioner opremljen je slušalicama s mikrofonom i terminalom, a često nose i bar kod skenere za veću učinkovitost.
2. Narudžbe se uvoze iz matičnog sustava (najčešće WMS) te se bilježe, sekvenciraju i puštaju u obradu.
3. Komisioner će dobiti glasovne upute o tome na kojoj lokaciji, koji proizvod i u kojoj količini mora izuzeti.
4. Komisioner glasovno potvrđuje na koju lokaciju je došao i sustav potvrđuje lokaciju i zadaje količinu proizvoda za izuzimanje.
5. Komisioner usmeno potvrđuje količinu te sustav prepoznaje i odobrava daljnje kretanje.
6. Sustav šalje komisionera na iduću lokaciju optimizirajući put kretanja i ažurira novo stanje proizvoda na skladištu.



Slika 33. Princip rada *pick-by-voice* [17]

Na slici 33. je ilustracija principa rada *pick-by-voice* sistema, odnosno prikazuje se put kako radni zadatak dolazi od WMS-a do komisionera koji ga izvršava.

Brojne su prednosti korištenja glasom usmjerenog komisioniranja. Prvenstveno, jeftinija je za uvođenje od ostalih tehnologija jer zahtijeva samo slušalice s mikrofonom koje su povezane na glavni sustav, što je jeftinije u odnosu na uvođenje vizualnog ili vizijskog komisioniranja. Za treniranje komisionera potrebno je kratko vrijeme zato što se kod *voice pickinga* koristi svakodnevni jezik, a radnici neće morati pamtiti rute ili bilo kakve podatke. Dovoljno je svega nekoliko treninga da se obuči radnika kako sustav funkcionira. U tome se vidi sličnost s vizijskim komisioniranjem, kod kojeg WMS daje upute o izuzimanju i kretanju skladištem. Sam sustav glasovnog komisioniranja optimizira put kretanja te je to ergonomski za radnika jer mora manje hodati i ne mora držati pognutu glavu kako bi čitao radni nalog, što je bio slučaj kod komisioniranja papirnatim listama i RF sustavima. Korištenjem glasom usmjerenog komisioniranja povećava se točnost do 85% [18] u odnosu na konvencionalan način zato što su instrukcije usmenim putem jednostavne za razumjeti i komisioner ima slobodne ruke te nema distrakcija. To nije bolje samo za skladište, nego i za krajnjeg korisnika koji će biti zadovoljniji. Uz točnost povećava se i produktivnost za do 35% u odnosu na komisioniranje papirnatim listama jer se komisioner mora fokusirati isključivo na glasovne naredbe, ne mora se brinuti o papirologiji, kojom rutom će se kretati, ne mora pamtiti raspored proizvoda u skladištu što znači da se eliminiraju sve prepreke u radu. Nadalje, uvođenje *voice pickinga* dovodi do sigurnijeg skladišta jer radnici uvijek vide svoju okolinu zbog toga što ne gledaju u nekakve uređaje ili papirologiju. Primjerice, sigurnije je koristiti skalpel za otvaranje kutija dok su obje ruke slobodne, nego dok se u jednoj ruci drži uređaj ili papiri. S druge strane, kod *vision pickinga* je jedan dio pametnih naočala iskorišten za ispisivanje podataka o lokaciji i proizvodu, što ne daje u potpunosti slobodno vidno polje. [18] Također je prednost što sustav glasovnog

može kombinirati s različitim tehnologijama i prilagoditi točnom problemu. Primjerice, glasom usmjereno komisioniranje uz korištenje skenera, RFID ili ekrana, a s druge strane jedan uređaj može obavljati više funkcija. *Voice picking* sustavi se ne koriste samo u skladištu, već i u trgovinama za provođenje inventure, na putu u službi održavanja te u bilo kojem procesu koji zahtijeva da ruke budu slobodne.

Slika 34. Prednosti glasom usmjerenog komisioniranja [19]

Na slici 34. se vide prednosti u brojkama, odnosno povećanje produktivnosti za 10-35%, smanjenje grešaka za 10-25%, reducirano vrijeme obuke za 50%, smanjeno rukovanje proizvodima i kretanje za 30% te smanjenje broja ozljeda na radu za 20% u [19].

S druge strane, postoje i određeni nedostaci korištenja glasom usmjerenog komisioniranja. Jedan od njih je sigurnost u smislu da slušalice sprječavaju radnika da čuje zvukove, primjerice približavanje viličara i sl., što kod vizijskog komisioniranja nije slučaj jer su naredbe prikazane u realnom prostoru te je u svakom trenutku moguće uočiti i čuti opasnost. Smanjuje se

socijalizacija među radnicima jer zaposlenik praktički komunicira samo s računalom, a neki zaposlenici ne žele raditi na takav način, a to vrijedi za obje tehnologije. Nadalje, sustav glasovnog komisioniranja možda ne podržava jezik radnika, a radnik možda neće dobro znati engleski te bi se mogla smanjiti točnost rada i javiti greške, što je kod vizijskog riješeno ispisom podataka na naočalama. Nadalje, sustav je jeftiniji za implementaciju u odnosu na vizijski sustav. Također, pozadinska buka može otežati razumijevanje i uporabu *voice pickinga*.[19]. Ovaj sustav ne eliminira ljudsku pogrešku jer se i dalje može dogoditi da komisioner potvrdi da je izuzeo jedan proizvod, a zapravo je krivi. Implementacijom *voice pickinga* nije u potpunosti riješeno skeniranje bar kodova i dalje se zahtijeva upotreba skenera za određene poslove. Taj problem je riješen vizijskim komisioniranjem kod kojeg pametne naočale skeniraju bar kod, a ruke su slobodne. Nadalje, dužim korištenjem sustav glasom usmjerenog komisioniranja može imati negativne posljedice u smislu oštećenja sluha, neudobnosti slušalica i sl., što je upitno i kod vizijskog komisioniranja.

Također, u potpoglavlju 3.2.1. opisana je studija kojom je uz papirnato komisioniranje i glasom usmjereno komisioniranje uspoređeno s HMD-om. Prema [11] za glasom usmjereno komisioniranje korištena je oprema Sony Vaio UX računalo koje je bilo spojeno na slušalice koje su davale glasovne instrukcije za izuzimanje, prikazano na slici 35.

Slika 35. Glasom usmjereno komisioniranje [11]

Informacije su komisioneru bile prenošene kao da netko čita tekstualnu listu koja je korištena u papirnatom prikazu s tekstualnim podacima. Za potvrdu izuzetog proizvoda, ispitanici su jednostavno morali reći „ok“. Prema rezultatima sa slika 22., 23. i 24. vidi se da je komisioniranje HMD-om pokazalo brže u odnosu na glasovno čije je prosječno vrijeme iznosilo

71.03 s. Također, glasovno komisioniranje imalo je veći broj pogrešaka i generalno zadovoljstvo ispitanika bilo je lošije od HMD-a, ali bolje od komisioniranja papirnatim listama.

3.2.5. Svjetlom usmjereno komisioniranje

Još jedna od tehnologija komisioniranja je svjetlom usmjereno komisioniranje. Radi na principu svjetlosne identifikacije lokacije proizvoda za izuzimanje te komisioner pritiskom tipke potvrđuje obavljeno izuzimanje WMS-u. Za implementaciju ove tehnologije potrebno je da svaka lokacija proizvoda ima svoj display koji sadrži lampicu, ekran na kojem se ispisuje količina za izuzimanje te tipkala za potvrdu izvršenog izuzimanja, kao što je prikazano na slici 36. [2]

Slika 36. Display [2]

Ova tehnologija je isključivo vizualna, ali prednost je to što su ruke komisionera slobodne, za razliku od papirnatog komisioniranja. Komisioner jednostavno može uočiti lokaciju na kojoj se vrši izuzimanje jer će lampica na toj lokaciji svijetliti. Sustavi svjetlom usmjerenog komisioniranja su jednostavni za korištenje i skraćuju vrijeme obuke u odnosu na papirnato komisioniranje na 30-45 minuta, što naravno ovisi o veličini i kompleksnosti skladišta [22] . Nadalje, relativno je jednostavno integrirati sustav na neke postojeće izvedbe WMS-a, ERP-a i sl. Svjetlom usmjereni sustavi povećavaju produktivnost zbog toga što se obično organiziraju prema postojećim zonama u skladištu čime se minimizira hodanje i povećava efikasnost. Ovakvim sustavom se povećava i točnost zbog same izvedbe u kojoj komisioner dođe do točne lokacije na kojoj svijetli lampica te na toj lokaciji pritiskom na tipku potvrđuje da je izuzet upravo taj proizvod. Upravo takvim načinom rada smanjuju se troškovi radne snage jer se smanjuje uzaludan hod, kraće je vrijeme treniranja i praktički radnik ne mora pamtiti ni znati informacije o proizvodima. Oprema za uvođenje svjetlom usmjerenog komisioniranja je modularna i fleksibilna. Međutim, na svakoj lokaciji potrebno je instalirati display kako bi cijeli sustav funkcionirao, što dovodi do visoke cijene implementacije u odnosu na ostale sustave. Također, potrebno je provesti i kablove do svake lokacije kako bi display bio umrežen i cijeli sustav pravilno radio.

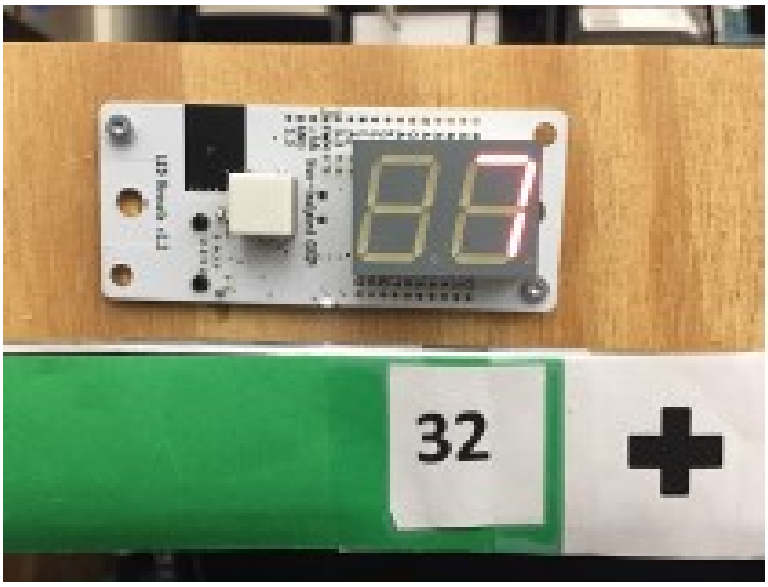
Prema [23] svjetlom usmjereno komisioniranje je 50% sporije od vizualnog komisioniranja. Konkretno, u navedenoj literaturi uspoređen je sustav svjetlom usmjerenog komisioniranja s *pick-by-HUD* (eng. *Head-Up Display*) uz korištenje *Google Glassa*. Također, navedeni su i podaci iz prethodnih studija, prema kojima je vizualno komisioniranje naprednije u odnosu na papirnato, svjetlosno te *pick-by-CMD* (eng. *Cart-Mounted Display*) što se tiče brzine i točnosti. Međutim, u slučaju ove usporedbe sustav svjetlom usmjerenog komisioniranja nije imao standardni gumb za potvrdu narudžbe zbog čega se pretpostavilo da će biti veći udio pogrešaka. Najveća pogreška koja se događa kod svjetlom usmjerenog komisioniranja je preskakanje određene lokacije, dok su manje greške izuzimanje previše ili premalo određenog proizvoda. Međutim, ako se izuzme premalo određenog proizvoda ili se proizvod uopće ne izuzme, može doći do zastoja proizvodne linije jer nedostaje dijelova ili će krajnji kupac morati čekati na određeni proizvod. Problem zašto dolazi do preskakanja lokacije je u tome što komisioner radi preblizu regala i polica te držeći proizvod koji mora izuzeti, zaklanja pogled na primjerice susjednu lokaciju. U okviru [23] implementiran je sustav svjetlom usmjerenog komisioniranja s tipkom za potvrdu izuzimanja te s detektorom grešaka, prikazan na slici 37.

Slika 37. Sustav svjetlom usmjerenog komisioniranja s tipkom za potvrdu [23]

U tom sustavu korišteni su LED zasloni koji usmjeravaju komisionera do prave lokacije. Zaslon je isključen ako nema potrebe za izuzimanjem s te lokacije, a ako je uključen pokazuje broj proizvoda koji treba izuzeti. Nakon izuzimanja proizvoda, komisioner pritisne tipku za potvrdu izuzimanja te se zaslon isključuje. Također, svaka kutija za odlaganje narudžbe sadržavala je LED zaslon i tipku. LED zaslon je prikazivao broj proizvoda koji ide u tu kutiju te se tako pratio broj pogrešaka, a to je prikazano na slici 38.

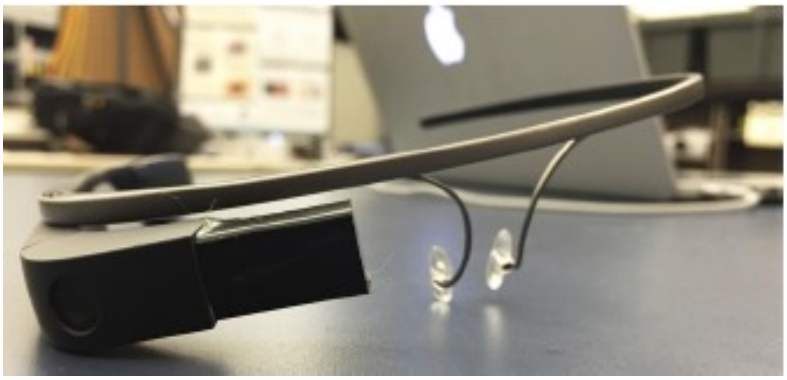
Slika 38. Sustav detektiranja pogrešaka [23]

Detaljan prikaz LED zaslona s tipkom prikazan je na slici 39.



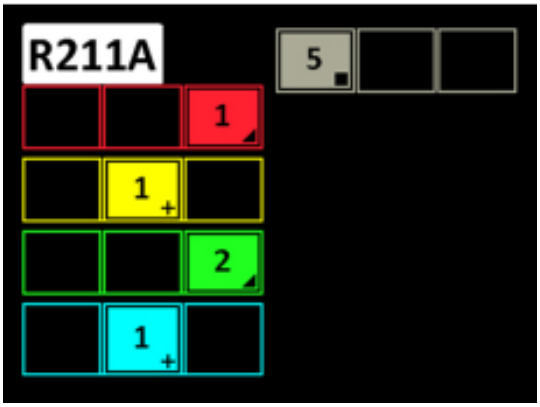
Slika 39. Detaljan prikaz izvedbe LED zaslona s tipkom [23]

S druge strane, *pick-by-HUD* sistem prikazuje preko grafičkog displaya kuda komisioner treba ići da dođe do lokacije. Slično kao kod vizijskog komisioniranja, *pick-by-HUD* ima unutar vidnog polja prikazane podatke o narudžbi te prema istraživanjima može ubrzati komisioniranje za 38% u odnosu na papirnato komisioniranje.



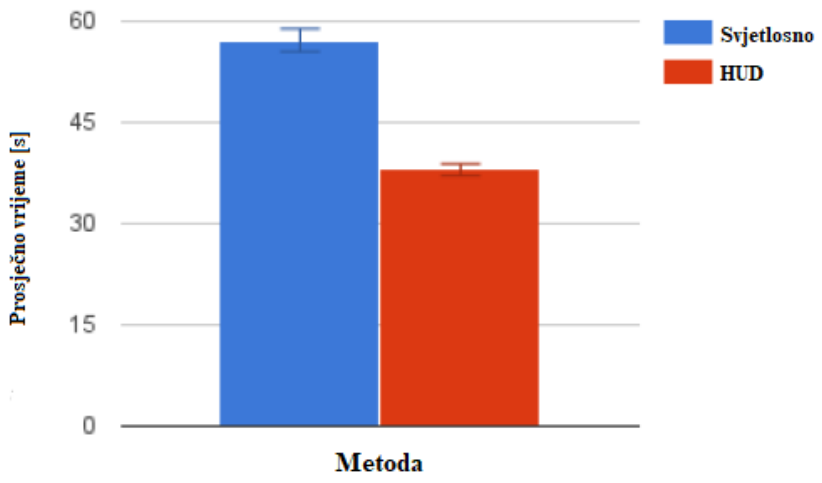
Slika 40. *Google Glass* [23]

Na slici 40. prikazane su naočale Google Glass, korištene u ovom istraživanju, a na slici 41. prikazan je display.



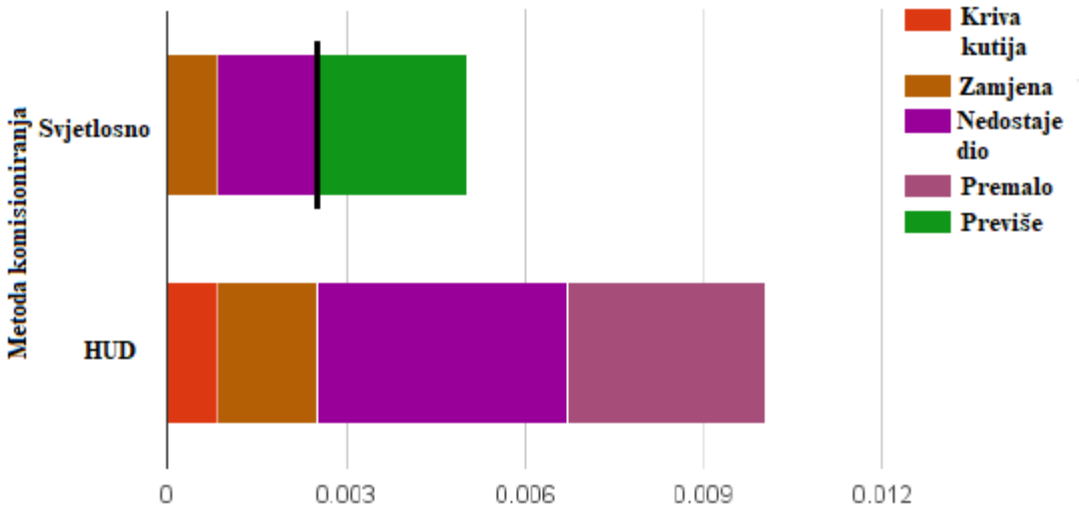
Slika 41. Display naočala [23]

Simulacija je napravljena u skladištu koje je sadržavalo 24 kutije, s po 30 istovrsnih proizvoda unutar pojedine kutije, raspoređenih unutar polica s 4 retka. Usporedba svjetlom usmjerenog i *pick-by-HUD* sustava odrađena je s 8 sudionika koji su se prvi put susreli s komisioniranjem pri čemu se mjerio udio grešaka po izuzimanju, tip greške, vrijeme i zahtjevnost zadatka te preference komisionera. Što se tiče vremena izuzimanja, svjetlom usmjereno komisioniranje bilo je 50% sporije s prosjekom od 57.2 s, za razliku od *pick-by-HUD* čije je vrijeme bilo 38 s uz pouzdanost t-testa od 95%, prikazano na slici 42.



Slika 42. Prosječno vrijeme izuzimanja [23]

Nadalje, greške izuzimanja su bile različite poput krive kutije za narudžbe, izuzimanje iz krive kutije, nedostajanje dijelova, premalo i previše izuzetih proizvoda, kao što je prikazano na slici 43.



Slika 43. Greške prilikom izuzimanja [23]

Prema prikazu na slici 21. svjetlom usmjereno komisioniranje rezultiralo je s prosjekom od 0.5% grešaka po izuzimanju, a *pick-by-HUD* s 1.0%. Međutim, statistički se ne može usporediti zbog toga što su neke greške bitnije od drugih te ostavlja prostora za detaljniju analizu. Što se tiče zahtjevnosti, pokazalo se da je svjetlom usmjereno komisioniranje izazvalo više frustracija i bilo je fizički napornije u odnosu na *pick-by-HUD*. Naposljetku, 6 od 8 ispitanika preferira *pick-by-HUD* u odnosu na *pick-by-light*. [23].

4. PRIMJERI PRIMJENE VIZIJSKOG KOMISIONIRANJA

Vizijsko komisioniranje je zbog svojih prednosti i isplativosti pronašlo brojnu primjenu. U nastavku će se prikazati primjeri primjene u određenim industrijama kako bi se pokazalo da je vizijsko komisioniranje već uvelike prisutno i korišteno u svijetu. Također se iz primjera vidi da je vizijsko komisioniranje pogodno za implementaciju u različite tipove industrije, što će biti opisano u nastavku. Većina poduzeća je postigla cilj poboljšanja komisioniranja te su dokazane prednosti prikazane u prethodnom poglavlju. Kod većine se skratilo vrijeme komisioniranja, a povećala se točnost i produktivnost.

4.1. Samsung

Samsung je u svome skladištu u Nizozemskoj 2015. implementirao tehnologiju vizijskog komisioniranja. Komisioniranje puno različitih i malih rezervnih dijelova do tada se radilo pomoću RF čitača. Ta tehnologija je ograničavala efikasnost komisioniranja uz smanjenu točnost što je rezultiralo smanjenjem konkurentnosti. Uvođenje Ubimax-ove tehnologije za vizijsko komisioniranje nazvano xPick, rezultiralo je značajnim povećanjem performansi u procesu komisioniranja. Produktivnost se povećala za 12% , a u zonama intenzivnog komisioniranja pojedinačnih proizvoda čak za 22%. Točnost procesa komisioniranja povećala se smanjenjem pojave greške za 10%. [20]. Nadalje, xPick je značajno smanjio vrijeme obuke zaposlenika. Nakon obuke, komisioneri samo moraju staviti HMD kako bi obavljali proces komisioniranja. Na taj način priprema za posao je pojednostavljena i razumljiva. Nakon uspješnog pilot projekta, xPick je odmah uveden u cijelo skladište. Od početka 2016. 30 Samsungovih komisionera svakodnevno radi s xPickom.

Slika 44. Vizijsko komisioniranje u Samsungu [20]

4.2. DHL

DHL, globalni predvodnik u logistici, 2014. je započeo projekt implementacije tehnologije vizijskog komisioniranja u suradnji s Google-om i Vuzix-om i njihovim pametnim naočalama za proširenu stvarnost te Ubimax-om i njegovim softverom. Početni test u Nizozemskoj pokazao je značajno povećanje produktivnosti i točnosti te ukupni porast zadovoljstva zaposlenika, dokazujući da proširena stvarnost može snažno utjecati na logistiku. Nakon uspješne implementacije tehnologije proširene stvarnosti u Nizozemskoj, DHL uvodi sljedeću fazu svog projekta vizijskog komisioniranja. U međuvremenu su usavršili tehnologiju te kreću s implementacijom na globalnoj razini, prije svega u Velikoj Britaniji i SAD-u. [21]. Rukovoditelji DHL-a su izvijestili da su zaposlenici oduševljeni korištenjem najsuvremenije tehnologije. Također su izjavili da su komisioneri zadovoljni jednostavnošću opreme i prednostima koje im pruža ova tehnologija. Na slici 38. je prikazano vizijsko komisioniranje u DHL-u.

Slika 45. DHL [21]

4.3. Siemens Gas and Power

Siemens Gas and Power je globalni voditelj u energetskom sektoru i ide u korak postavljenim zahtjevima i trendovima, kako u industriji, tako i u društvu te odnosu s klijentima. Svojim uslugama, proizvodima i rješenjima fokusiraju se na proizvodnju, procese i transport ulja i plina, kao i na proizvodnju energije putem termoelektrana te transmisiju energije. Kompanija ima logistički centar južno od Berlina za rezervne dijelove, koji su potrebni za turbine proizvedene u Berlinu. Iz tog logističkog centra uslužuju se klijenti iz Europe, Azije i Bliskog Istoka. Budući da se tržište i zahtjevi korisnika stalno mijenjaju, bilo je potrebno uvesti promjene. To je uključivalo kraće vrijeme dostave dijelova od skladišta do klijenta, što naravno zahtjeva digitalizaciju procesa komisioniranja u odnosu na prethodno korišteno komisioniranje papirnatim listama. Također, bilo je potrebno digitalizirati informacije kako bi se one mogle odijeliti s klijentom, primjerice slike i podaci o određenim dijelovima. Prethodno su dijelove slikali tijekom procesa komisioniranja i ručno ih slali klijentima, što je naravno usporavalo cijeli proces. U komisioniranju su korišteni i ručni skeneri crtičnog koda, koji zbog svog načina upotrebe nisu omogućili korištenje bez upotrebe ruku i konstantno vađenje i spremanje ručnog skenera je usporavalo proces komisioniranja. Zbog toga se Siemens odlučio na digitalizaciju i inovaciju procesa komisioniranja kroz vizualizaciju regala i rezervnih dijelova, s ciljem

postizanja veće efikasnosti. Implementirali su Ubimaxov xPick te je korišten Vuzix M300 u kombinaciji s Hyco W26 bežičnim skenerom u obliku prstena. Intuitivno korisničko sučelje omogućilo je grafički prikaz regala i lokacija te su zaposlenici lako mogli pronaći pravu lokaciju za izuzimanje. Također je sustav skenera na prstu unaprijedio proces jer su ruke bile u potpunosti slobodne. Dokumentacija o individualnim proizvodima lako je integrirana u proces i prikazana putem pametnih naočala. Fotografije dijelova su se automatski spremale u procesu komisioniranja te nije bilo dodatnog odlaska do lokacije samo zbog snimanja fotografije. Postignuto je komisioniranje bez upotrebe ruku, više nego 10% brži proces te direktan proces dokumentiranja. Proizvodnja Siemens Gas and Powera prikazana je na slici 46. [26]

Slika 46. Siemens Gas and Power [26]

4.4. Intel

Intel je američka tvrtka poznata po proizvodnji mikroprocesora, mrežnih kartica, sklopovlja za matične ploče, mobitela i sl. Intel je uveo vizijsko komisioniranje u svom distribucijskom centru u Arizoni. Budući da su poduzeće koje se bavi stalnim unaprjeđenjem i inovativnim rješenjima u tehnologiji, odlučili su unaprijediti i proces komisioniranja u svom skladištu. Implementirali su kombinaciju pametnih naočala i skenera u obliku prstena. Ostali su iznenađeni rezultatima koji su pokazali da je proces komisioniranja nakon uvođenja vizijske tehnologije brži za čak 29% u odnosu na prošli sustav ručnih skenera. Također su istaknuli vizijsko komisioniranje kao udobnije rješenje jer zaposlenici ne moraju više tražiti proizvod,

naprezati se da ga dohvate kako bi ga skenirali i sl. Zbog toga je i prihvaćenost novog sustava među zaposlenicima bila bolja od očekivane, mogli su na lakši način ostvariti bolje rezultate što se tiče brzine, fleksibilnosti i broja pogrešaka pri komisioniranju. U potpunosti su minimizirali broj grešaka gotovo na nulu. Na slici 47. može se vidjeti kako izgleda primjena tehnologije u Intelu. [26]

Slika 47. Intel [26]

4.5. Schnellecke Logistics

Schnellecke Grupa je internacionalno poduzeće koje nudi različite logističke usluge. Imaju preko 19 000 zaposlenika u 14 zemalja, te 73 lokacije za razvoj generalnih koncepata, od transporta i skladištenja, do proizvodnje individualnih dijelova i modula za specifična pakiranja. Cilj njihovog uspjeha je konstantna posvećenost unaprjeđenju i inovacijama te su se zbog toga i odlučili na uvođenje nove tehnologije. Važan klijent Schnellecke Grupe proizvodi automobile u Južnoj Africi te Schnellecke brine o dostavljanju dijelova po principu *just in time* i *just in sequence*, odnosno u pravo vrijeme i prema pravilnom rasporedu montažne linije. Prethodno je proces vršen putem papirnatih lista, na što je odlazilo puno vremena, bilo je sporo i puno pogrešaka. Također su pokušali riješiti problem zapošljavanjem novih ljudi u procesu kontrole kvalitete isporuke, kako bi pravi proizvod na vrijeme bio kod klijenta. Naposljetku su uveli Ubimaxovu tehnologiju te uštedjeli 20% vremena zbog optimiziranog tijeka informacija te se broj pogrešaka smanjio gotovo na nulu. [26]

4.6. AGCO Fendt

U svom pogonu u Asbach- Bäumenheimu, AGCO Fendt proizvodi dijelove za različite modele traktora. U skladištu je puno vremena provedeno na komisioniranju jer su koristili ručne skenere za izuzimanje proizvoda. Zbog toga nisu ostvariti željenu dinamiku i kvalitetu. Uvidjeli su da moraju poboljšati brzinu i točnost te smanjiti broj pogrešaka i bolje pronalaziti proizvode u skladištu. Odabran je vizijski sustav za komisioniranje i za lakše praćenje proizvodne linije. Komisioniranje se odvijalo pomoću pametnih naočala u kombinaciji sa skenerima u obliku narukvice. Uvođenjem vizijskog sustava unaprijedio se i prikaz informacija koje su se grafički prikazivale na korisničkom sučelju te su postigli željeni cilj, a to je veća efektivnost cjelokupnog procesa. Prikaz korištene RFID narukvice vidi se na slici 48. [26]

Slika 48. RFID u AGCO Fendtu [26]

5. ILUSTRACIJA PRIMJENE VIZIJSKOG KOMISIONIRNJA NA ODABRANOM PRIMJERU

Budući da je komisioniranje jedan od važnijih procesa unutar logistike, potrebno ga je optimizirati. U ovom dijelu rada prikazat će se evaluacija ovakve vrste komisioniranja u stvarnoj okolini. Prije svega potrebno je reći da su ljudi fleksibilna bića i zbog toga ne mogu biti zamijenjeni strojevima. Međutim, kao što je prije opisano, u ovom slučaju ljudi imaju pametne naočale i uz pomoć proširene stvarnosti vrše proces komisioniranja. U današnje vrijeme globalizacije, važno je da poduzeća budu konkurentna. Zbog toga se sve više njih fokusira na svoju primarnu djelatnost, a ostale procese prepuštaju drugima, to se naziva eng. *outsourcing*. Time se uvidjelo da su domena logistike i proces komisioniranja iznimno važni. Kao što je već navedeno, postoje brojne prednosti, ali i nedostaci komisioniranja, koji se nastoje riješiti ovim tehnologijama. Cilj je postići izuzimanje narudžbi bez ikakvih pogrešaka. Međutim, to bi bilo jako teško postići zbog niza faktora, a jedini način bi bila potpuna automatizacija sustava. To se ne može postići jer je sam proces komisioniranja toliko raznolik jer su narudžbe individualizirane i zahtijeva se veća različitost proizvoda unutar narudžbe, dok je veličina same narudžbe manja. Zbog toga je potreba za novim tehnologijama u komisioniranju sve veća, kako u svijetu, tako i u Hrvatskoj. Poduzeće za proizvodnju i distribuciju prehrambenih proizvoda, u daljnjem tekstu Poduzeće, implementiralo je upravo tehnologiju vizijskog komisioniranja u svoje skladište. U nastavku će se opisati korištena tehnologija, koraci implementacije te dobiveni rezultati.

5.1. Opis korištene tehnologije

Ubimax, već spomenut u poglavlju 4, je globalni voditelj u proizvodnji tehnologije za vizijsko komisioniranje koja se bazira na proširenoj stvarnosti. Promatrano Poduzeće je također implementiralo Ubimaxovu tehnologiju koja će biti opisana u nastavku. Slika 49. prikazuje pametne naočale korištene za vizijsko komisioniranje.

Slika 49. Ubimax Smart Glasses [26]

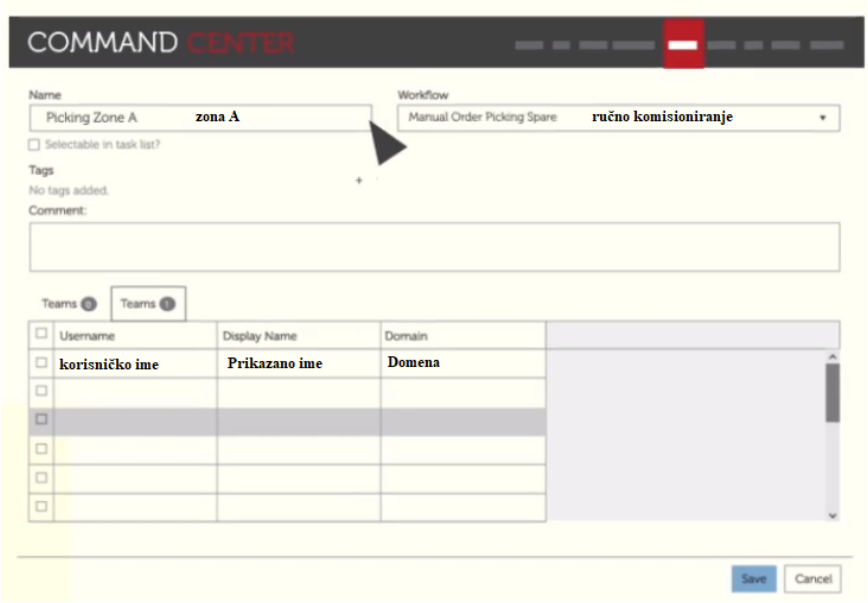
Ubimax je razvio xPick, globalno raširenu sustav za vizijsko komisioniranje. U kombinaciji s pametnim naočalama, xPick omogućuje izvođenje komisioniranja bez upotrebe ruku te uz to povećava brzinu i smanjuje broj pogrešaka. Uz xPick sustav lako se implementiraju dodatne komponente poput kontrole težine, skeniranja crtičnog koda, lokalizacije ili upravljanja glasovnom naredbom. Prihvaćanje korisnika je iznimno visoko zahvaljujući intuitivnom grafičkom korisničkom sučelju. Jedino o čemu xPick ovisi je Wi-Fi mreža, avan toga nudi brojne mogućnosti pojedinačne prilagodbe problemu. Nadalje, xPick u kombinaciji s pametnim naočalama omogućuje digitalnu prezentaciju informacija, uputa i dokumentacije o procesu. Temelji se na korisničkom sučelju koje je prilagođeno upravo skladišnom prostoru te omogućuje zaposlenicima brzinu i točnost pri usvajanju načina rada i obavljanju zadataka. Zbog toga što se tehnologija temelji na upotrebi pametnih naočala, ruke su uvijek slobodne što je velika prednost vizijskog komisioniranja kao što je detaljno objašnjeno u poglavlju 3. Također, u potpoglavlju 3.2.3. je dokazano da RFID tehnologija doprinosi prednostima komisioniranja u kombinaciji s drugim tehnologijama. Ubimax je razvio skenere za crtični kod i RFID koji se mogu nositi kao prsten ili narukvica te tako pružaju dodatnu potporu procesu vizijskog komisioniranja. Primjerice, ako se radi o teže dostupnim mjestima za izuzimanje ili odlaganje, poput regala veće visine, ovakav tip skenera omogućuje značajno povećanje udobnosti i učinkovitosti u usporedbi sa samim pametnim naočalama. Optimalna kombinacija je povezivanje s xBandom koji pomoću više senzora intuitivno potvrđuje izuzimanje zahvaljujući RFID tehnologiji. Narukvica xBand prikazana je na slici 50.

Slika 50. Ubimax xBand [26]

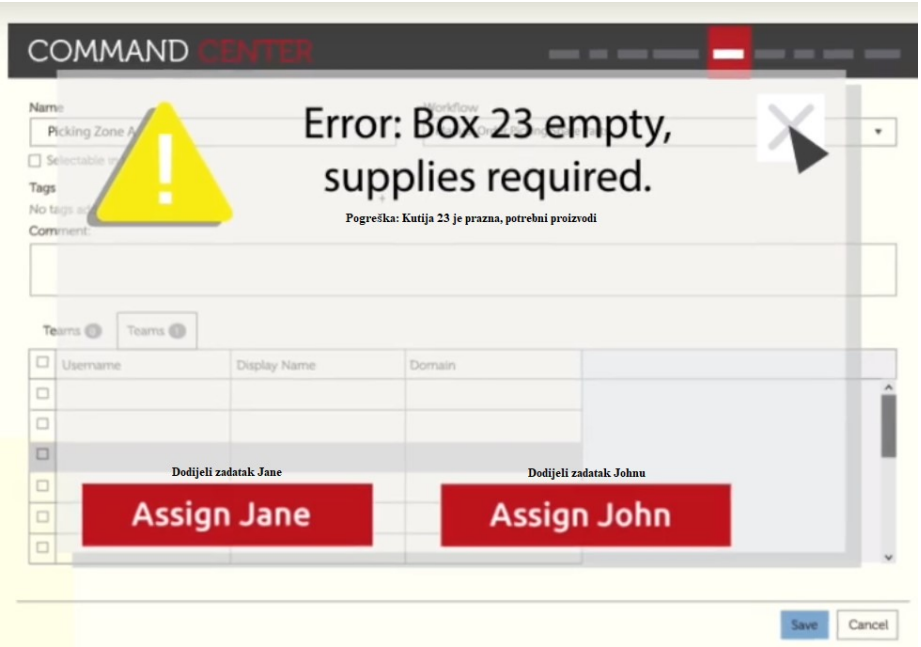
Tehnologija xPick omogućuje brojne prednosti u logističkim procesima. Prije svega, zadaci se obavljaju puno brže zbog toga što su ruke komisionera slobodne, relevantne informacije se nalaze unutar vidnog polja i brzo ih se može povećati i skalirati. Zatim, smanjen je udio pogrešaka kog izuzimanja zbog toga što tehnologija sadrži grafičke instrukcije i vodi komisionera po zadacima korak po korak uz kontrolu izuzimanja pomoću senzora. Također, xPick je fleksibilan, potpuno mobilan i lako prilagodljiv korisniku. Zbog svog specifičnog korisničkog sučelja omogućuje personalizirano rukovanje opremom tako da se podaci prikazuju na jeziku komisionera ili na njegovoj razini kvalifikacije. Uz to, lako je istrenirati radnu snagu i kraće je vrijeme obuke zbog intuitivnog i jednostavnog načina korištenja, pogotovo ako se uz pametne naočale koristi dodatna tehnologija eksternih skenera crtičnog koda . Slika 51. prikazuje xPick u upotrebi gdje se izuzimanje narudžbe potvrđuje pritiskom tipke na pametnim naočalama. Time se potvrđuje i ergonomija sustava, skraćeni su putevi, vremena te je olakšano izuzimanje i potvrda izuzete narudžbe.

Slika 51. Jednostavnost korištenja [26]

Pametne naočale sadrže 4 tipke, a to su tipka za uključivanje, tipka za povratak na početni zaslon, tipka za uključivanje kamere te za podešavanje prikaza. Također se nošenje naočala prilagođava dominantnom oku komisionera kako bi se manje umarao. Ubimaxov xPick pogodan je za ručno komisioniranje, skladištenje nove robe, izuzimanje narudžbi, sortiranje proizvoda unutar skladišta, praćenje stanja proizvoda na skladištu i sl. Sam sustav radi tako da povlači podatke iz WMS-a i prikazuje ih na siguran, optimiziran način u kojem komisioner točno razaznaje koji je sljedeći korak. Sustav je, uz pametne naočale, pogodan i za prikazivanje podataka na pametnim satovima i tabletima. Također, potvrda izuzimanja narudžbe može se izvršiti na više načina, poput skenera, kamere na pametnim naočalama, glasovnom naredbom ili RFID narukvicom. Sustav zatim automatski sprema liste izvršenih radnih naloga i sve pogreške i dodatne informacije se odmah u realnom vremenu prijavljuju. Također, xPick ima Frontline sustav upravljanja preko kojega se mogu zadati i dodatni zadaci, može se upravljati radnom snagom, ispravljati pogreške te vidjeti izvještaje pokazatelja uspješnosti te ostale analize, kao što prikazuju slike 52., 53. i 54.



Slika 52. Frontline sustav upravljanja [26]



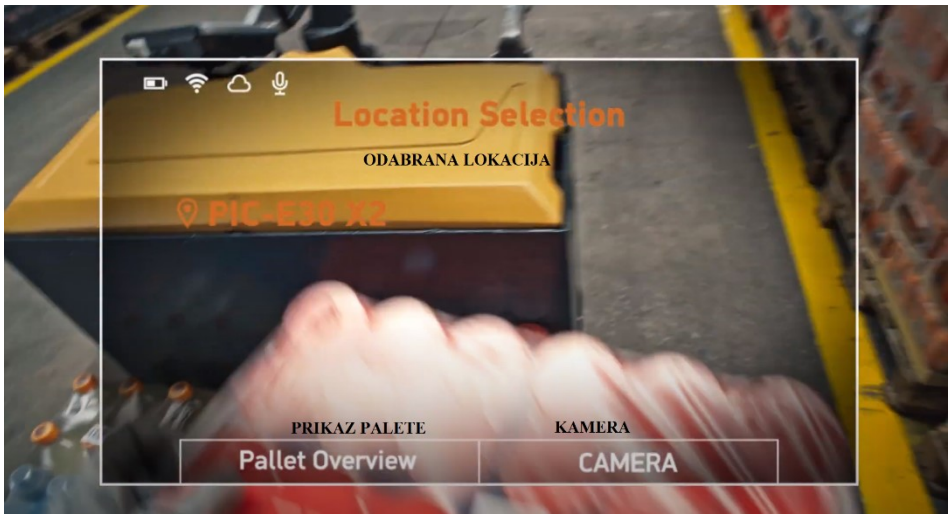
Slika 53. Ispravljanje pogreške i dodjeljivanje zadatka [26]

Slika 54. Praćenje pokazatelja uspješnosti [26]

Slika 45. prikazuje komisionera u skladištu koji koristi vizijski sustav za kretanje skladištem.

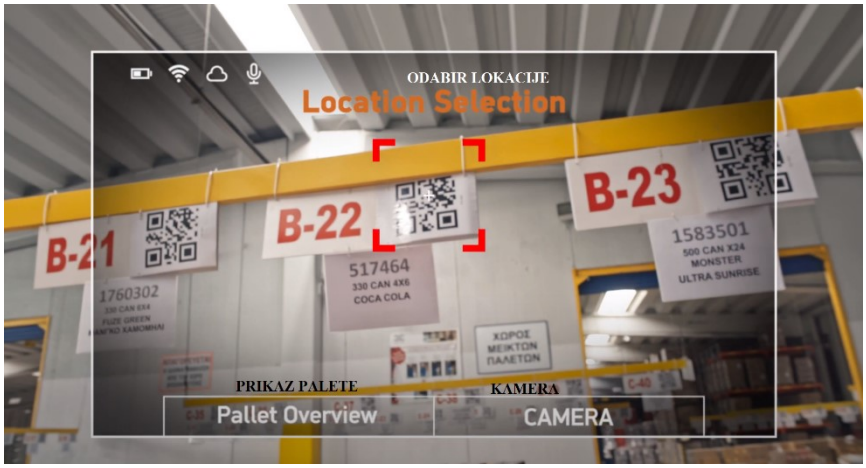
Slika 55. Prikaz korištenja u skladištu [27]

Iz toga se vidi da komisioner ne mora hodati do određene lokacije, već sustav podržava i kretanje vožnjom na viličaru. Nadalje, na slici 56. prikazano je s koje lokacije se mora izuzeti koja količina proizvoda.



Slika 56. Prikaz lokacije izuzimanja [27]

Nakon dolaska do lokacije i izuzimanja proizvoda, potrebno je potvrditi izvršenu radnju. Na slici 47. prikazano je vidno polje komisionera pri skeniranju koda kamerom. U ovom slučaju komisioner je izdao glasovnu naredbu kamere koja se onda pojavljuje na vizualizaciji te traži i skenira kod.



Slika 57. Skeniranje koda [27]

Najčešće, podaci za izuzimanje zadani su grafičkim prikazom koji se pokazao jednostavniji za korištenje. Primjer je prikazan na slici 58.

Slika 58. Grafičko sučelje [26]

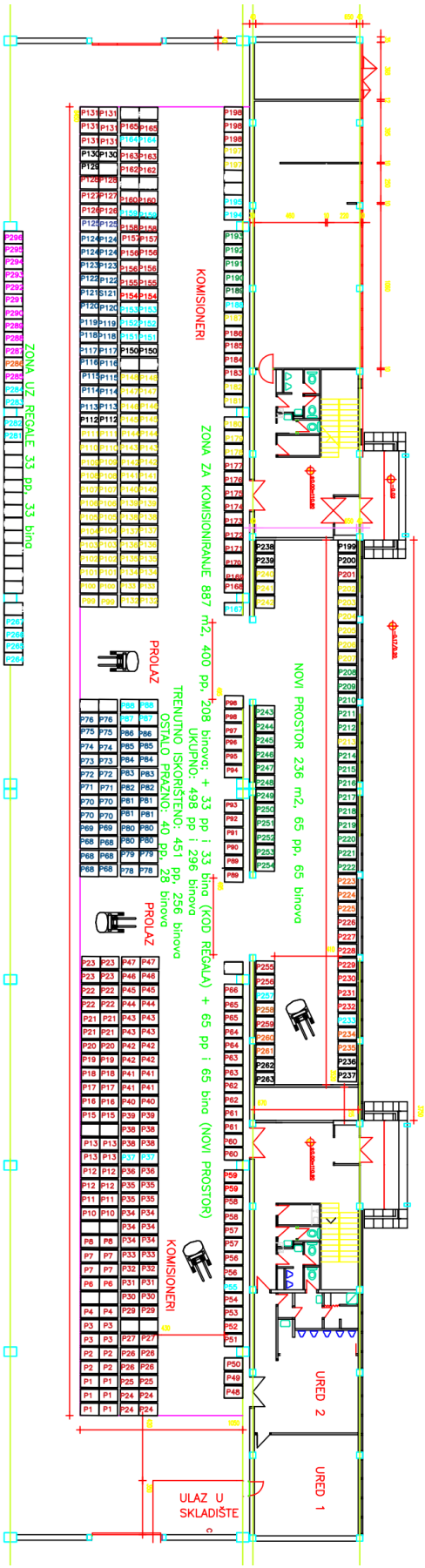
Vizijska tehnologija razvijena je s ciljem optimizacije procesa komisioniranja te jamči do 35% kraće vrijeme komisioniranja u odnosu na samu RFID tehnologiju i papirnato komisioniranje. Također, udio pogrešaka izuzimanja proizvoda gotovo je 0. Sve to štedi vrijeme i novac te se spominje vrijeme povratka investicije od nekoliko mjeseci, što je naravno relativno jer ovisi o specifikacijama određenog slučaja. Korištenjem vizijskog komisioniranja smanjuje se zahtjevnost rada za komisionera jer su optimizirani putevi kretanja i obje ruke su slobodne. Novi zaposlenici lako se uvode u poslovanje i brzo postaju produktivni. Sve navedene prednosti vizijskog komisioniranja detaljnije su opisane i dokazane u poglavlju 3.

5.2. Koraci implementacije

Sam plan implementacije može se podijeliti u nekoliko koraka, koji su se odvijali paralelno [28]:

1. Formiranje tima i planiranje aktivnosti – 2 tjedna
2. Analiza i narudžba opreme – 1 mjesec
3. Priprema skladišne zone – 4 mjeseca
4. Priprema sustava – 2 mjeseca
5. Testiranje – 2 tjedna
6. Treninzi za zaposlenike – 1 tjedan
7. Simulacija rada i završna testiranja – 1 tjedan
8. Upotreba

Prema podacima iz Poduzeća, same pripreme za implementaciju vizijskog komisioniranja trajale su 5 mjeseci. Najvažnija je bila priprema zone komisioniranja u skladištu jer se prije uvođenja koristilo konvencionalno papirnato komisioniranje. Prije svega, morao se izraditi novi prostorni raspored skladištenja kako bi se kasnije moglo lakše i smisleno kretati prostorom. Kao što je opisano u prethodnom potpoglavlju, implementacija tehnologije zahtijeva Wi-Fi za rad te je bilo potrebno postaviti odgovarajuću internetsku vezu. Isto tako, za potvrdu izuzimanja narudžbe koriste se QR kodovi, a njih je bilo potrebno osmisliti i izraditi. Svaka kutija koja sadrži proizvode morala je biti označena QR kodom, a taj kod mora sadržavati sve potrebne informacije o proizvodu koji se nalazi na toj lokaciji. Budući da tehnologija vizijskog komisioniranja sadrži i glasovne naredbe koje su potrebne za rad sustava, one su se u fazi pripreme morale snimiti. Također, dio pripreme je i narudžba same opreme i pripadajućih dodataka. Jedna od najzahtjevnijih faza bila je priprema ljudi na promjenu i korištenje nove tehnologije. Kod implementacije nove tehnologije bitno je zaposlenike postepeno razgovorom upoznati s tehnologijom i objasniti prednosti korištenja kako ne i nakon implementacije došlo do neželjenog otpora zaposlenika. Poduzeće je prije implementacije organiziralo treninge zaposlenika kako bi osobno mogli isprobati tehnologiju u virtualnom okruženju i na virtualnim primjerima te je tjedan dana prije implementacije održana i simulacija rada u skladišnim uvjetima. Za pravilno odvijanje faza plana, oformljeni su timovi koji su rješavali dobivene zadatke te su alocirani potrebni resursi. Budući da je bila velika promjena prelazak s komisioniranja papirnatim listama na vizijsko komisioniranje, voditelji Poduzeća morali su nadzirati sve faze implementacije, a pogotovo početak rada s komisionerima. U svakoj smjeni bilo je potrebno prisustvo voditelja kako bi u slučaju poteškoća mogao pomoći i uputiti zaposlenika te da prelazak na novu tehnologiju prođe što bezbolnije. Bilo je potrebno dosta vremena da se zaposlenici naviknu, nauče koristiti tehnologiju i krenu nizati dobre rezultate te ostvarivati Poduzeću prednosti korištene tehnologije. Na slici 59. prikazan je tlocrt zone u kojoj je uvedeno vizijsko komisioniranje u Poduzeću. [28]

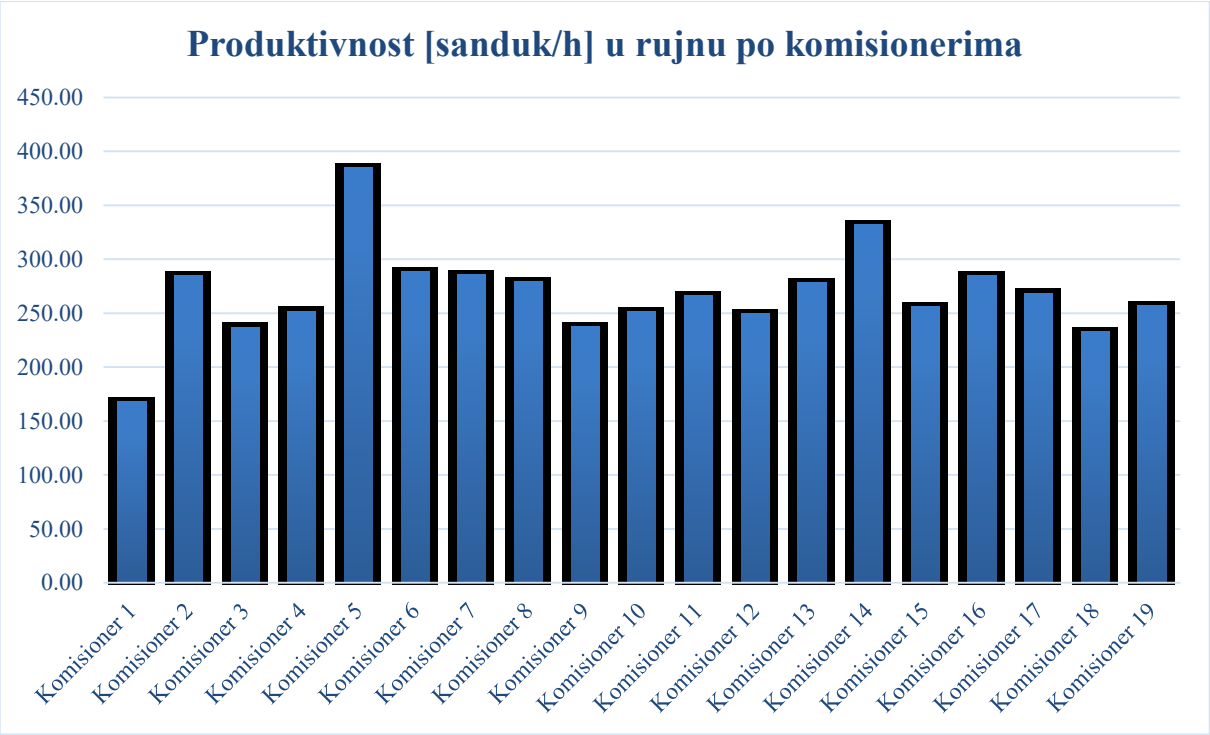


Slika 59. Tlocrt zone komisioniranja [28]

Zona komisioniranja proteže se na 887 m^2 i podijeljena je na manje zone prema tipu ambalaže.

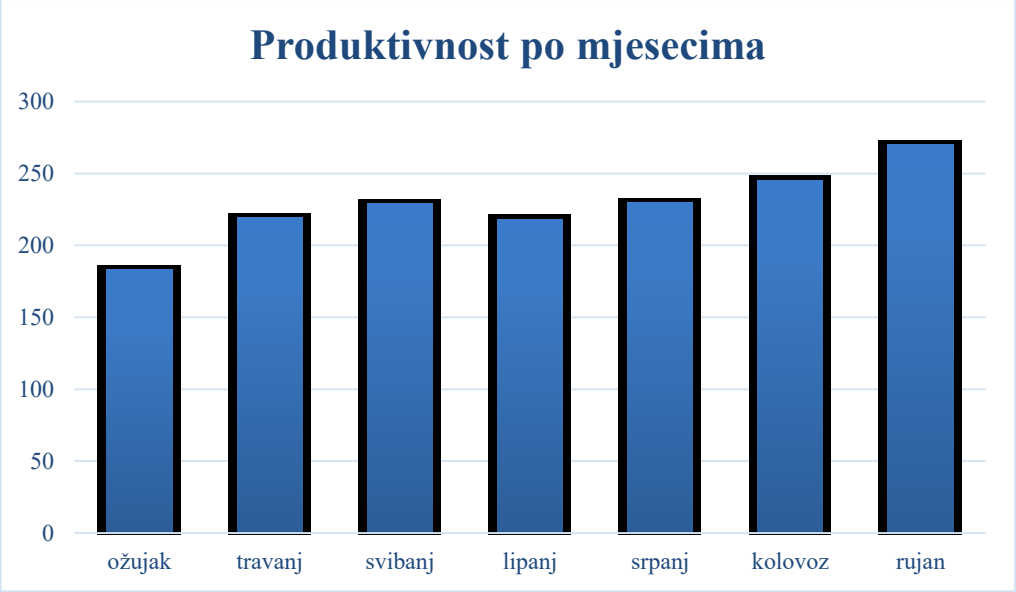
5.3. Rezultati implementacije

Poduzeće je implementacijom tehnologije vizijskog komisioniranja dokazalo navedene prednosti u poglavlju 3. Implementacija vizijskog komisioniranja donijela je Poduzeću povećanje produktivnosti i točnosti utovara narudžbi što je direktno povećalo i zadovoljstvo kupaca. Sam proces komisioniranja postao je puno čišći, što znači da je olakšano praćenje različitih podataka. U realnom vremenu, odnosno u svakom trenutku, moguće je znati informacije o radu pojedinog zaposlenika, koliki je iskomisionirani volumen te kolika je produktivnost. U fazi implementacije bilo je teškoća u radu s ljudima, odnosno zaposlenici su teže prihvatili novu tehnologiju jer je bio šok u odnosu na papirnato komisioniranje. Međutim, nakon intenzivnog rada sa zaposlenicima i oni su počeli shvaćati prednosti korištenja pametnih naočala i prihvatili takav način rada. Trenutno su jedini nedostaci uvođenja vizijskog komisioniranja u Poduzeće ovisnost o proizvođaču tehnologije i pokrivenost internetskom vezom. Naime, vizijsko komisioniranje je nova tehnologija i relativno mali broj proizvođača je uspio razviti takve sustave. Zbog toga Poduzeće i implementirana tehnologija direktno ovise o podršci proizvođača. Može se dogoditi kvar na serveru proizvođača i cijela tehnologija staje. Sljedeća stavka koja može omesti rad tehnologije je pokrivenost internetskom mrežom. Za pravilan rad vizijskog sustava, cijela zona mora biti adekvatno pokrivena Wi-Fi mrežom. Budući da je Poduzeće prije radilo komisioniranje papirnatom metodom, nažalost nema podataka o produktivnosti prije uvođenja vizijskog komisioniranja, osim ulaznog podatka s kojim su krenuli, a to je produktivnost od oko 220 iskomisioniranih sanduka na sat. Međutim, nakon uvođenja produktivnost i iskomisionirani volumen se lako prate te će biti prikazani u nastavku. [28]



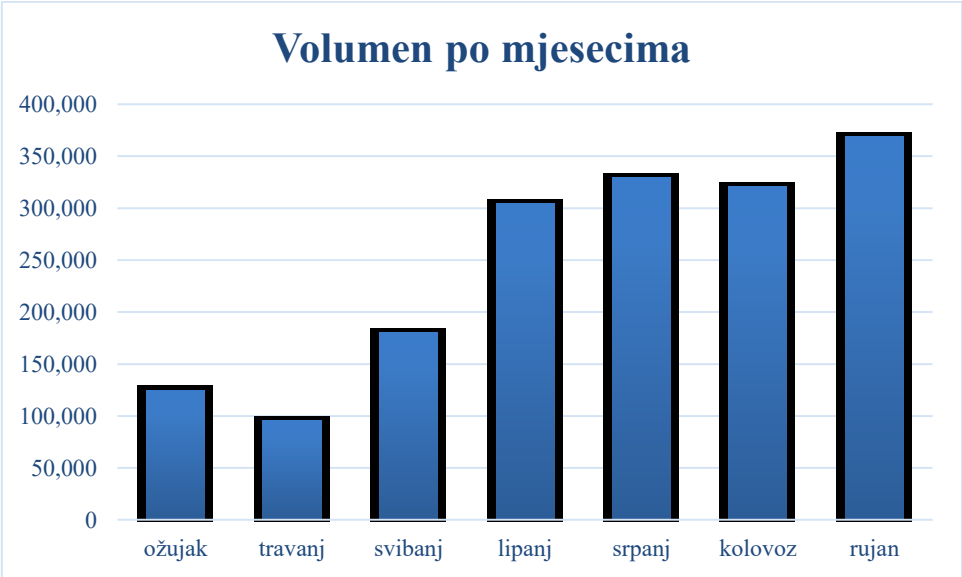
Slika 60. Produktivnost u rujnu 2020. [28]

Graf na slici 60. prikazuje produktivnost svakog od 19 komisionera u mjesecu rujnu 2020. Iz grafa se da zaključiti da je komisioner 1 ostvario najlošiju produktivnost, a komisioner 5 najbolju. Iz takvog prikaza Poduzeće može uvidjeti koji radnik se bolje snašao i ostvaruje dobre rezultate, a koji radnik možda ima još uvijek poteškoća s tehnologijom. Prema produktivnosti menadžment može dijeliti stimulacije dobrim zaposlenicima te koristiti ove podatke za poboljšanje zadovoljstva radnika i unaprjeđenje menadžmenta ljudima. Nadalje, Poduzeće prati ukupnu produktivnost po mjesecima kao što je prikazano na grafu na slici 61.



Slika 61. Produktivnost po mjesecima [28]

Iz grafa na slici 61. se vidi da je na početku uvođenja vizijskog komisioniranja produktivnost bila manja te se to može pripisati fazi učenja zaposlenika i prilagodbi novoj tehnologiji. Međutim, nakon nekoliko mjeseci korištenja novog sustava, produktivnost se povećala sa 183 sanduka/h na 270 sanduka/h. Prema tome, vizijsko komisioniranje potvrđuje početne teze o povećanju produktivnosti, pogotovo ako se usporedi s ulaznim podatkom za komisioniranje papirnatim listama, kod kojeg je produktivnost bila 220 iskomisioniranih sanduka na sat. Poduzeće također prati iskomisionirani volumen po mjesecima.



Slika 62. Volumen po mjesecima [28]

Iz grafa na slici 62. je vidljivo da volumen iskomisioniranih sanduka raste. Relativno mali broj sanduka u mjesecu travnju može se pripisati mjerama *lockdowna* zbog bolesti COVID-19. Nakon travnja, volumen se znatno povećava i bilježi rast. Prema informacijama i podacima iz Poduzeća, da se zaključiti da je vizijsko komisioniranje poboljšalo proces komisioniranja i povećalo produktivnost. Samim time Poduzeće štedi vrijeme i novac za komisioniranje narudžbi, a krajnji cilj, zadovoljstvo kupca, je zadovoljeno. Zbog implementirane tehnologije može se pratiti realno stanje proizvoda u skladištu i prema tome dogovarati posao s kupcem. Može se znati točno vrijeme komisioniranja i kada će narudžba biti spremna za isporuku što puno znači za cijeli lanac opskrbe. Uz smanjenje vremena komisioniranja, uvođenje vizijskog sustava utjecalo je i na točnost narudžbi. Događa se puno manje grešaka kod sakupljanja narudžbe i utovara iste, što ponovno dovodi do većeg zadovoljstva kupaca i boljih međusobnih odnosa. Poboljšana je ergonomija rada jer sustav šalje naredbe komisioneru te on ne mora učiti i pamtiti gdje se nalazi koji proizvod, već ga sam sustav usmjerava. Time se optimizira i ruta hodanja čime se štedi radnik, a povećava produktivnost i skraćuje vrijeme. Sigurnost rada je također bolja jer su ovime ruke komisionera slobodne i nema nikakvih ometanja, za razliku od prethodne metode. Naime, prije je korištena metoda komisioniranja papirnatim listama kod kojih su ruke komisionera bile zauzete i lako je moglo doći do ozljede prilikom primjerice otvaranja kutije skalpelom ili hodanjem i čitanjem liste dok se ne prati vlastita okolina. [28]

6. ZAKLJUČAK

Komisioniranje je vrlo važan proces u skladištu jer na njega otpada najveći udio vremena. Za poboljšanje samog procesa komisioniranja uvode se nove tehnologije od kojih je jedna vizijski vođeno komisioniranje. Vizijsko komisioniranje inovativan je način povećanja fleksibilnosti lanca opskrbe koristeći najnoviju tehnologiju proširene stvarnosti. Tehnologija vizijskog komisioniranja smanjuje trajanje komisioniranja i povećava točnost. Fleksibilnost i jednostavnost izvršavanja operacija daju široki spektar prednosti u odnosu na druge tehnologije komisioniranja, a pogotovo u odnosu na konvencionalno komisioniranje. Integrirani navigacijski sustav usmjerava komisionera do skladišne lokacije dajući optimalnu rutu i minimizirajući nepotreban hod. Provjera točnosti izuzimanja proizvoda praćenjem serijskih brojeva artikla može se obaviti na licu mjesta i bez dodatnih koraka. Uz te pogodnosti koje povećavaju efikasnost i daju konkurentsku prednost treba uzeti u obzir i negativne stvari vezane za vizijsko komisioniranje kao što su naprezanje očiju komisionera, otpor zaposlenika novoj tehnologiji te ovisnost o proizvođaču tehnologije i internetskoj vezi. Dakako, neosporno je da brzo i učinkovito implementiranje tehnologije vizijskog komisioniranja daje poboljšani proces komisioniranja, a samim time i bolju logistiku. Implementacijom vizijskog sustava komisioniranja u promatrano Poduzeće potvrđene su prednosti i nedostaci tehnologije opisane u ovome radu. Poduzeće je odabralo prelazak s komisioniranja papirnatim listama na vizijsko komisioniranje te je praćen proces implementacije. Nedostaci koje su uvidjeli su početni otpor zaposlenika i ovisnost tehnologije o proizvođaču i internetu. Međutim, postoje brojne prednosti uvođenja koje su prikazane u radu. Poduzeće lakše može pratiti stanje proizvoda u skladištu i vršiti predviđanja upravljanja zalihama. Nadalje, povećala se produktivnost i točnost izuzimanja narudžbi te se smanjilo vrijeme komisioniranja što je povećalo zadovoljstvo kupaca. Primijećeno je i poboljšanje sigurnosti i bolja ergonomija rada. Zaključak ovog rada je da je vizijsko komisioniranje nova tehnologija koja je pronašla svoju primjenu i dokazala prednosti implementacije te unaprijedila logistički proces komisioniranja koji u današnje vrijeme ima veliku važnost. Važno je napomenuti da vizijsko komisioniranje korištenjem proširene stvarnosti ide u korak Industrije 4.0 te je hrvatsko Poduzeće implementacijom takvog sustava pokazalo da prati svjetske trendove i novitete u industriji.

LITERATURA

[1] G. Đukić, Predavanja iz kolegija Tehnička logistika, Zagreb, FSB, 2016.

[2] G. Đukić, Predavanja iz kolegija Posebna poglavlja tehničke logistike, Zagreb, FSB, 2017.

[3] »https://culex.hr/services/prosirena-stvarnost-ar,« [Mrežno]. [Datum pristupa 20. 06. 2020.].

[4] »https://en.wikipedia.org/wiki/Head-mounted_display,« [Mrežno]. [Datum pristupa 20. 06. 2020.].

[5] »https://smartglasseshub.com/what-are-smart-glasses-how-they-work,« [Mrežno]. [Datum pristupa 20. 06. 2020.].

[6] »https://www.msprings.com/single-post/2018/02/12/Vision-Picking,« [Mrežno]. [Datum pristupa 20. 06. 2020.].

[7] »https://logistikknowhow.com/en/warehouse-automation/the-picking-type-pick-by-vision,« [Mrežno]. [Datum pristupa 20. 06. 2020.].

[8] »https://www.researchgate.net/figure/The-picking-methods-that-were-used-in-our-study-a-A-participant-using-the_fig5_301683109,« [Mrežno]. [Datum pristupa 20. 06. 2020.].

[9] »http://mhdsupplychain.com.au/2018/05/08/pick-by-vision-up-to-20-per-cent-more-efficient,« [Mrežno]. [Datum pristupa 20. 06. 2020.].

[10] R. Refi, W. Günthner, B. Schwerdtfeger i G. Klinker, »Pick-by-Vision comes on Age: Evaluation o fan Augumented Reality supported Picking System in a real Storage Environment,« Tecchnische Universität München.

[11] K. A. Weaver, H. Baumann, T. Starner, H. Iben i M. Lawo, »An Empirical Task Analysis of Warehouse Order Picking Using Head-Mounted Displays,« *CHI 2010: Interactions in the World,* 13-15 4 2010.

[12] »https://www.conveyco.com/technology/order-selection-systems/radio-frequency-picking,« [Mrežno]. [Datum pristupa 20. 06. 2020.].

[13] X. Wu, M. Haynes, A. Guo, T. Starner, »A comparison of order picking methods augmented with weight checking error detection«, ISWC '16: Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers, September 2016, 144–147

[14] C. Thomas, T. Panagiotopolus, P. Kotipalli, M. Haynes i T. Starner, »RF-Pick: Comparing Order Picking Using a HUD with Wearable RFID Verification to Traditional Pick Methods,« *USMA Digital Commons,* 10 2018.

[15] »https://www.advanced-media.co.jp/english/solution/logistics,« [Mrežno]. [Datum pristupa 01. 07. 2020.].

[16] »https://ixtenso.com/technology/hoeft-wessel-with-new-pick-b,« [Mrežno]. [Datum pristupa 08. 01. 2020.].

[17] »https://6river.com/what-is-voice-picking,« [Mrežno]. [Datum pristupa 08. 01. 2020.].

[18] »https://www.becsi.co.uk/benefits-voice-directed-technology-maintenance-inspection-tasks,« [Mrežno]. [Datum pristupa 08. 01. 2020.].

[19] »https://6river.com/what-is-voice-picking,« [Mrežno]. [Datum pristupa 08. 01. 2020.].

[20] »https://www.irms360.com/blog_post/supercharge_your_warehouse_management_system_voice_solutions,« [Mrežno]. [Pokušaj pristupa 09. 01. 2020.].

[21] »https://www.bahrns.com/blog/material-handling/advantages-disadvantages-pick-voice-system,« [Mrežno]. [Datum pristupa 09. 01. 2020.].

[22] »https://6river.com/what-is-a-pick-to-light-system/,« [Mrežno]. [Datum pristupa 15. 11. 2020.].

[23] X. Wu, M. Haynes, Y. Zhang, Z. Jiang, Z. Shen, A. Guo, T. Starner i S. Gilliland, »Comparing Order Picking Assisted by Head-Up Display versus Pick-by-Light with Explicit Pick Confirmation,« *ISWC 2015,* 2015.

[24] »https://www.ubimax.com/en/references/samsung-casestudy.html,« [Mrežno]. [Datum pristupa 16. 11. 2020.].

[25] »https://inmotion.dhl/en/esports/article/dhl-rolls-out-global-augmentedreality-program,« [Mrežno]. [Datum pristupa 16. 11. 2020.].

[26] »https://www.ubimax.com/frontline/xpick,« [Mrežno]. [Datum pristupa 20. 06. 2020.].

[27] »https://www.youtube.com/watch?v=0PPbMQXqbhs,« [Mrežno]. [Datum pristupa 15. 11. 2020.].

[28] *Interni dokumenti Poduzeća.*