

Mogućnosti optimiranja unutarnjeg transporta u bolnicama

Bazina, Valentina

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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:235:715606>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Valentina Bazina

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Valentina Bazina

Zagreb, 2024.

ZADATAK



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
 Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
 proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
 materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 24 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 24 –	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Valentina Bazina** JMBAG: **0035226052**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Mogućnosti optimiranja unutarnjeg transporta u bolnicama**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Possibilities of optimizing internal transport in hospitals**

Opis zadatka:

U bolnicama se odvijaju procesi unutarnjeg transporta koji sadrže tokove materijala i tokove ljudi. Navedeni tokovi uključuju radnje koje još uvijek zahtijevaju mnogo ljudskog rada, bilo da je riječ o dostavi lijekova ili ostalih potrepština, a posebno ako su transportom obuhvaćeni bolesnici.

U radu je potrebno:

1. objasniti značaj unutarnjeg transporta u bolnicama
2. istražiti i opisati neka od suvremenih tehničkih rješenja za unutarnji transport u bolnicama
3. predložiti koncept ili načine kojim bi se unaprijedio unutarnji transport u bolnicama.

Zadatak zadan:

24. 4. 2024.


Datum predaje rada:

2. rok (izvanredni): 11. 7. 2024.
 3. rok: 19. i 20. 9. 2024.

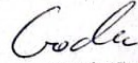
Predviđeni datumi obrane:

2. rok (izvanredni): 15. 7. 2024.
 3. rok: 23. 9. – 27. 9. 2024.

Zadatak zadao:


 prof. dr. sc. Zoran Kunica

Predsjednik Povjerenstva:


 prof. dr. sc. Damir Godec

IZJAVA

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

Zahvaljujem mentoru prof. dr.sc. Zoranu Kunici i asistentu Denisu Mliviću, mag.ing. na uloženom vremenu i savjetima koji su mi pomogli u izradi ovog rada.

Također se zahvaljujem obitelji i prijateljima na pruženoj podršci tijekom studija.

U Zagrebu, 18. rujna 2024.

Valentina Bazina

SAŽETAK

U zdravstvenim ustanovama gužve i dugo vrijeme čekanja uobičajeni su i česti izazovi, koji terete i pacijente i zdravstveno osoblje. Potrebe za zdravstvenim uslugama su velike, a zdravstvenih radnika nema dovoljno, što dovodi do njihove preopterećenosti poslom i izazovima u pružanju zdravstvene skrbi pacijentima. Velik utjecaj na organizaciju i brzinu izvođenja aktivnosti unutar bolnice ima upravo unutarnji transport. U bolnicama su svakodnevno prisutni različiti tokovi materijala i ljudi koji su zahtjevni u pogledu potrebne brojnosti zdravstvenog osoblja. Suvremene tehnologije nude potencijalna rješenja kojima roboti i drugi tehnički sustavi preuzimaju neke aspekte tih tokova na sebe umjesto zdravstvenih radnika. Autonomni i pametni uređaji za transport sve su češća pojava u suvremenim bolnicama kao pomoć u prijevozu lijekova, opreme i ostalih potrepština ali i pacijenata. U ovom je radu stoga predstavljen koncept robota za transport pacijenata unutar bolnice koristeći mobilni robot OMRON LD-250 ESD kao autonomnu platformu. Autonomno kretanje, navigacija pomoću umjetne inteligencije i senzori za izbjegavanje prepreka, omogućili bi ovom robotu prijevoz pacijenata među odjelima bolnice bez asistencije osoblja. Također bi se pomoću s robotom integriranog ergonomskog sjedala Memory Line osigurala udobnost i sigurnost pacijenata tijekom prijevoza. Dodatno je predložen plan unutarnjeg transporta pacijenata za odabranu bolnicu u Hrvatskoj korištenjem navedenog autonomnog robota.

Ključne riječi: zdravstvo, unutarnji transport, tok ljudi, mobilni robot, autonomni robot

SUMMARY

In healthcare institutions, overcrowding and long waiting times are common and frequent challenges, burdening both patients and healthcare staff. The demand for healthcare services is high, while there is a shortage of healthcare workers, leading to work overload and challenges in providing patient care. Internal transport has a significant impact on the organization and speed of activities within the hospital. Hospitals experience daily flows of materials and people that place high demands on the necessary number of healthcare staff. Modern technologies offer potential solutions where robots and other technical systems take over some aspects of these flows instead of healthcare workers. Autonomous and intelligent transport devices are increasingly common in modern hospitals, assisting in the transportation of medicines, equipment, supplies, and even patients. This paper presents a concept for patient transport within a hospital using the mobile robot OMRON LD-250 ESD as an autonomous platform. Autonomous movement, AI-based navigation, and obstacle-avoidance sensors would allow this robot to transport patients between hospital departments without staff assistance. Additionally, the integration of an ergonomic Memory Line seat with the robot would ensure comfort and safety for patients during transport. A plan for internal patient transport using the aforementioned autonomous robot has also been proposed for a selected hospital in Croatia.

Key words: healthcare, internal transport, people flow, autonomous robot, mobile robot

SADRŽAJ

ZADATAK.....	I
IZJAVA.....	II
SAŽETAK.....	III
SUMMARY	IV
POPIS KRATICA, OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA	VII
POPIS SLIKA	VIII
POPIS TABLICA.....	X
1. UVOD.....	11
2. ZNAČAJ UNUTARNJEG TRANSPORTA U BOLNICAMA	12
3. IZAZOVI UNUTARNJEG TRANSPORTA U BOLNICAMA	18
3.1. Čimbenici povezani s pacijentom	20
3.2. Sistemski čimbenici	20
3.3. Čimbenici povezani s osobljem	21
4. SUVREMENA TEHNIČKA RJEŠENJA	22
4.1. Relay Hospital Delivery Robot.....	23
4.2. Roboti T3 i Zena RX.....	25
4.2.1. Robot T3.....	26
4.2.2. Robot Zena RX.....	28
4.3. Robot Gary	31
4.4. Krevet Ook snow ALL.....	35
5. KONCEPT UNAPRJEĐENJA UNUTARNJEG TRANSPORTA U BOLNICAMA	40
5.1. Svrha primjene robota za transport pacijenata.....	40
5.2. Opis procesa rada.....	41
5.3. Kvalitativni tehnički zahtjevi.....	42

5.4. Odabir robota i sjedala, specifikacije.....	42
5.4.1. Odabir robota.....	42
5.4.2. Odabir sjedala.....	46
5.4.3. Integracija mobilnog robota i sjedala	49
5.5. Prijedlog unutarnjeg transporta za bolnicu u Hrvatskoj.....	50
6. ZAKLJUČAK	53
7. LITERATURA.....	55

POPIS KRATICA, OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

Oznaka	Mjerna jedinica	Značenje/Opis
€	EUR	euro, novčana jedinica Europske unije
AMR		eng. <i>Autonomous Mobile Robot</i> – autonoman mobilni robot
CCN		eng. <i>critical care nurse</i> – medicinska sestra/tehničar u odjelu intenzivne njege
eng.		engleski
ESD		eng. <i>Electro-Static Discharge</i> – elektrostatičko pražnjenje
EU		eng. <i>European Union</i> – Europska unija
ICU		eng. <i>Intensive Care Unit</i> – odjel intenzivne njege
KB		Klinička bolnica
ORL		otorinolaringologija
RaaS		eng. <i>Robots as a Service</i> – robot kao usluga
SWL		eng. <i>Safe Working Load</i> – sigurno radno opterećenje
TCO		eng. <i>Total Cost of Ownership</i> – ukupni troškovi vlasništva
UN		eng. <i>unlicensed nurse</i> – medicinska sestra/tehničar bez licence (za rad u intenzivnoj njezi)

POPIS SLIKA

Slika 1. Broj pacijenata prema tipu ustanove po županijama 2022. godine [1].....	12
Slika 2. Broj pacijenata u akutnim i kroničnim bolničkim djelatnostima po županijama 2022. godine [1]	13
Slika 3. Broj hospitalizacija na 100 stanovnika zemalja EU do 2021. godine [1].....	14
Slika 4. Čimbenici povezani s ozljedom pacijenta tijekom transfera unutar zdravstvene ustanove [7].....	18
Slika 5. Ishikawa dijagram čimbenika povezanih s pacijentom, osobljem i sistemskih čimbenika [7]	19
Slika 6. Relay Hospital Delivery Robot [12]	23
Slika 7. Varijacije vanjšine robota Relay [13]	24
Slika 8. Robot Relay s primjerima korisnog tereta [12].....	25
Slika 9. Robot T3 s dimenzijama [17].....	27
Slika 10. Značajke korištenja robota T3 [17].....	27
Slika 11. Robot Zena RX s dimenzijama [18]	29
Slika 12. Značajke korištenja robota Zena RX [18].....	30
Slika 13. Robot Gary [20]	31
Slika 14. Specifikacije robota Gary 1/3 [23].....	32
Slika 15. Specifikacije robota Gary 2/3 [23].....	33
Slika 16. Specifikacije robota Gary 3/3 [23].....	34
Slika 17. Prednosti korištenja robota Gary [23].....	34
Slika 18. Krevet Ook snow ALL [25]	36
Slika 19. Ekran na dodir kreveta Ook snow ALL [25]	36
Slika 20. Standardne značajke kreveta Ook snow ALL [25]	37
Slika 21. Izborne značajke kreveta Ook now ALL [25]	37
Slika 22. Sustav Pilot Drive 1/2 [26].....	38

Slika 23. Sustav Pilot Drive 2/2 [26].....	39
Slika 24. Sustav Umano Connect [27]	39
Slika 25. Mobilni robot OMRON LD-250 ESD [28].....	43
Slika 26. Dimenzije robota LD-250 ESD [28].....	43
Slika 27. Komponente robota LD-250 ESD [28].....	44
Slika 28. Stolica Memory Line [30].....	46
Slika 29. Dimezije stolice Memory Line [31].....	47
Slika 30. Medicinske stolice Favero Health Projects [31]	48

POPIS TABLICA

Tablica 1. Broj hospitalizacija na 100 stanovnika zemalja EU za 2021. godinu [1]	14
Tablica 2. Karakteristike promatranih transporta unutar bolnice [6]	16
Tablica 3. Karakteristike zdravstvenog stanja pacijenta prilikom transporta [6].....	17
Tablica 4. Tablica specifikacija robota T3 [17]	28
Tablica 5. Tablica specifikacija robota Zena RX [18]	30
Tablica 6. LD-250 ESD specifikacije [28].....	45
Tablica 7. LD-250 ESD dodatne specifikacije [28]	45
Tablica 8. Specifikacije stolice Memory Line [31].....	47
Tablica 9. Rad KB Dubrava 2022. godine [1].....	50
Tablica 10. LD-250 ESD značajke baterije [28]	51

1. UVOD

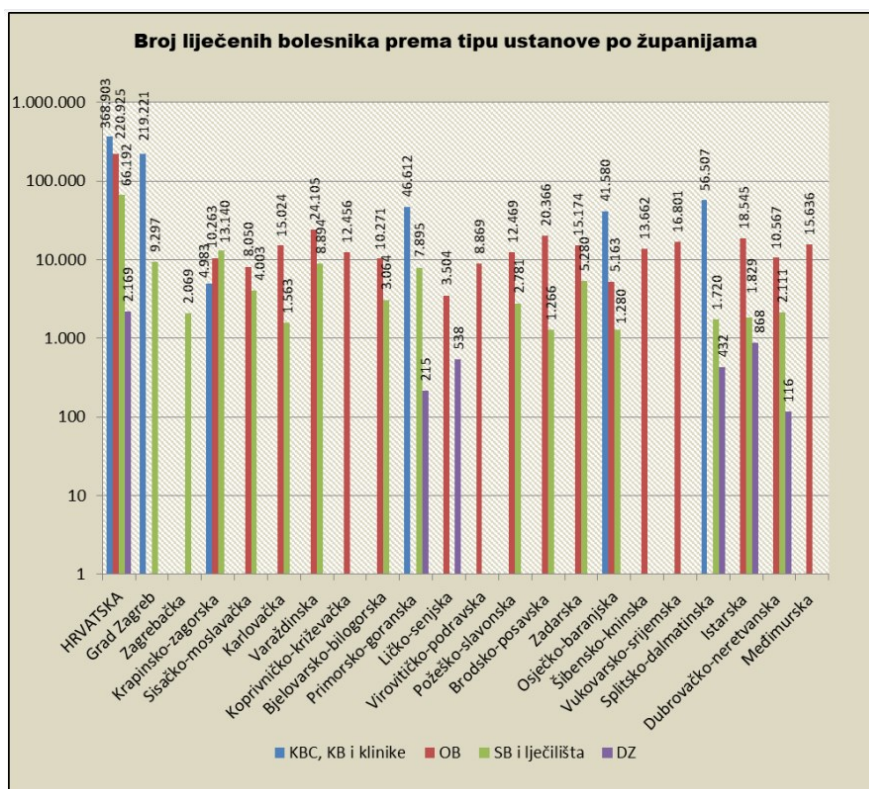
Svakog se dana u bolnicama paralelno odvijaju nizovi unutarnjih procesa koji zajednički vode ka glavnom cilju ustanove – pružanju zdravstvene skrbi pacijentima. Budući da su procesi složeni i međusobno ovisni, postoji mnogo mogućnosti za pojavu problema koji utječu na efikasnost rada. Neki od izazova suvremenih bolnica su loša komunikacija i koordinacija između odjela, neefikasno iskorištenje vremena, prostorna ograničenja i manjak osoblja. Optimizacija unutarnjeg transporta može pozitivno utjecati na organizaciju aktivnosti i osoblja, kao i na uštedu vremena te poboljšati sveukupno iskustvo boravka u ustanovi. Unutarnjim transportom u bolnici smatra se bilo koji prijevoz pacijenata, uključujući bolničke krevete, invalidska kolica, nosila i slično, kao i prijevoz medicinske opreme i potrepština. Razvojem i integracijom naprednih tehnologija, poput umjetne inteligencije, robotike, telemedicine i digitalnih sustava za praćenje, dolazi do mogućnosti sve veće optimizacije operacija unutarnjih procesa, pa tako i transporta.

U ovom će se radu objasniti značaj unutarnjeg transporta u bolnicama te navesti neke od problema koji se pritom javljaju. Također će se istražiti i opisati neka postojeća tehnička rješenja koja pridonose efikasnosti unutarnjeg transporta. Nadalje, predložit će se koncept rješenja koje bi pridonijelo unaprjeđenju procesa unutarnjeg transporta u bolnicama.

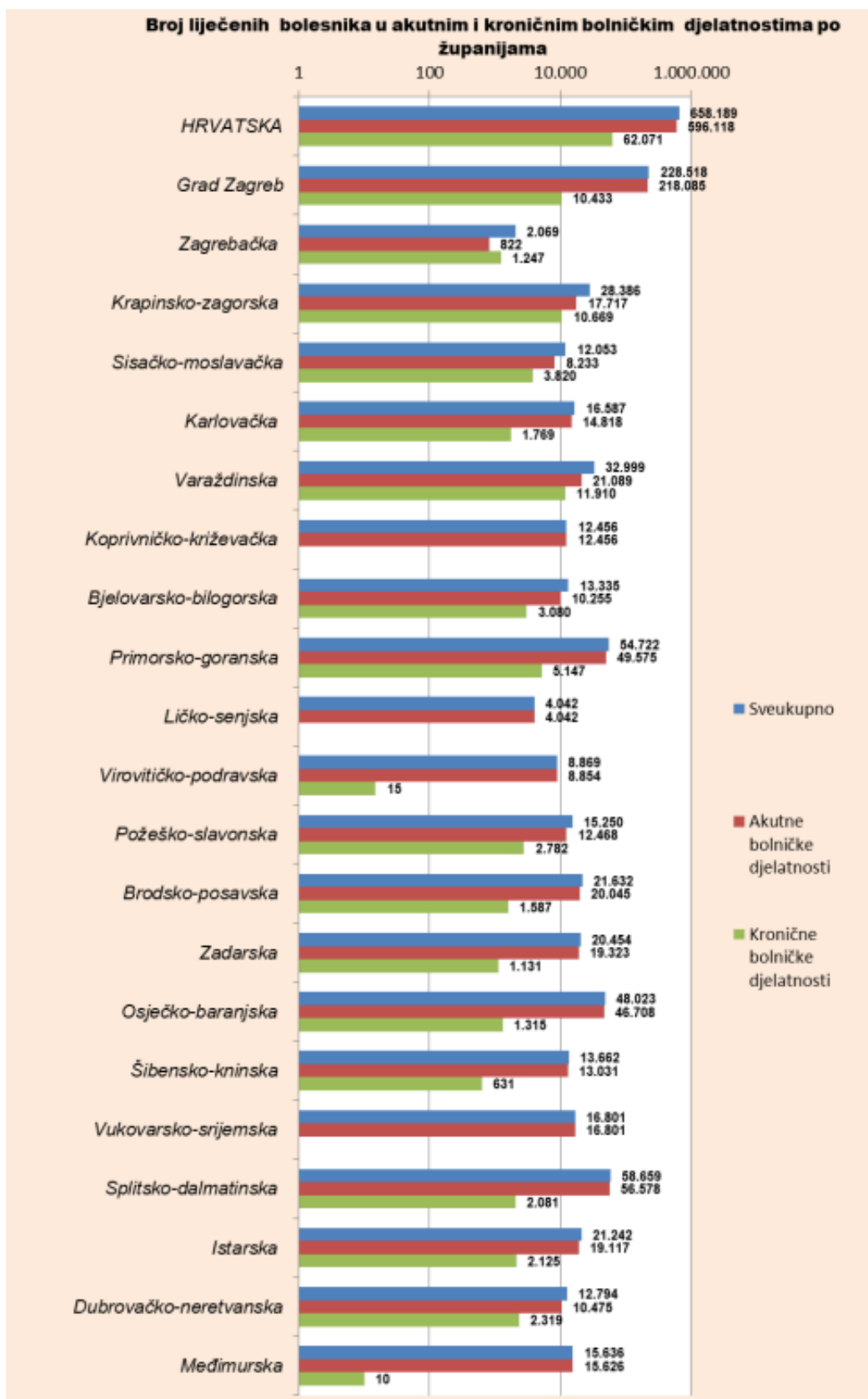
2. ZNAČAJ UNUTARNJEG TRANSPORTA U BOLNICAMA

Prema izvješću za 2022. godinu, na stacionarnim odjelima hrvatskih bolnica bilo je ukupno 658 189 otpusta pacijenata s pojedinih bolničkih odjela, što označuje blagi porast u odnosu na 2021. godinu u kojoj je bilo ukupno 629 776 otpusta. Od ukupnih otpusta za 2022. godinu, 596 118 otpusta odnosi se na osobe liječene u akutnim bolničkim djelatnostima, a 62 071 u kroničnim bolničkim djelatnostima. Također, ukupan broj hospitalizacija na 100 stanovnika je 17 od čega je 15,40/100 na akutnim bolničkim djelatnostima. [1]

Brojevi liječenih po županijama, prema tipu zdravstvenih ustanova, kao i prema akutnim i kroničnim djelatnostima, prikazani su na slikama 1. i 2.



Slika 1. Broj pacijenata prema tipu ustanove po županijama 2022. godine [1]

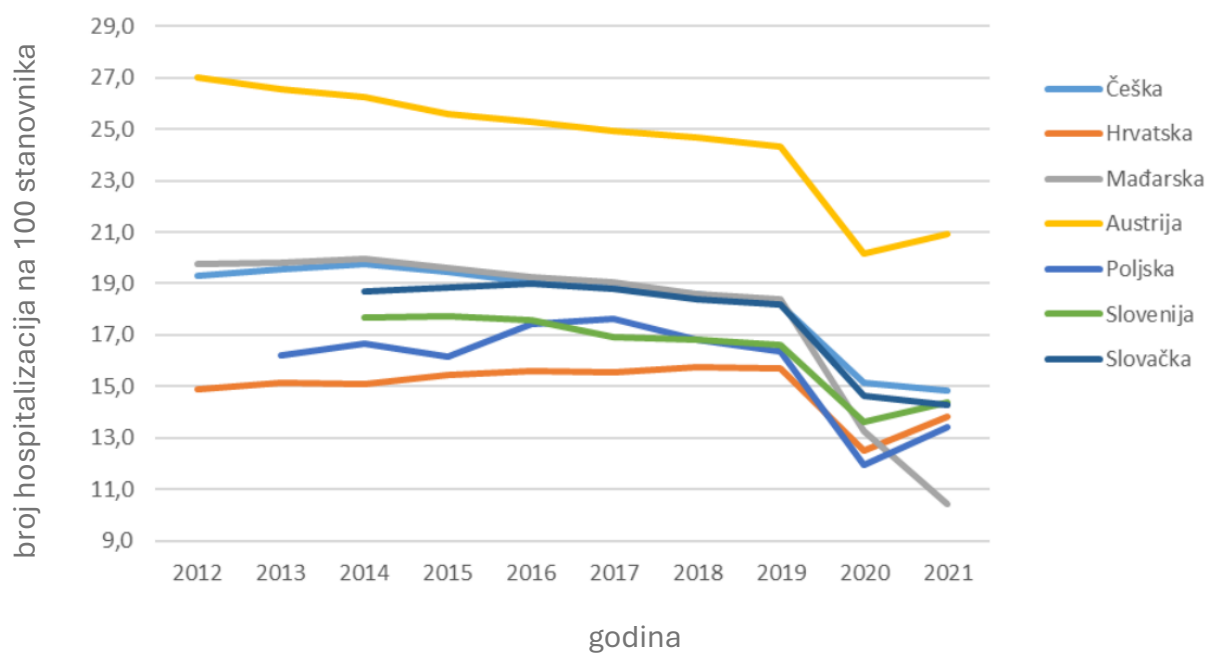


Slika 2. Broj pacijenata u akutnim i kroničnim bolničkim djelatnostima po županijama 2022. godine [1]

Prema podacima o hospitalizaciji za 2021. godinu, Hrvatska je u usporedbi sa zemljama članicama EU među onima s manjim ukupnim brojem hospitalizacija po 100 stanovnika. [1]

Tablica 1. Broj hospitalizacija na 100 stanovnika zemalja EU za 2021. godinu [1]

Zemlja	Broj hospitalizacija (svi uzroci uz isključenje Z38) / 100 stanovnika za 2021. godinu
Austrija	20,92
Češka	14,83
Mađarska	10,41
Slovačka	14,27
Slovenija	14,40
Hrvatska	13,81
Poljska	13,41



Slika 3. Broj hospitalizacija na 100 stanovnika zemalja EU do 2021. godine [1]

Unutarnji transport u ovom kontekstu odnosi se na bilo kakvo premještanje pacijenata unutar prostora medicinske ustanove, primjerice, iz odjela hitne pomoći do operacijske sale, iz jedinice intenzivnog liječenja do dijagnostičkih centara ili s jednog odjela na drugi radi daljnjeg liječenja ili rehabilitacije, kao i premještanje medicinske opreme, lijekova i drugih potrepština unutar bolnice [2].

Optimiziranje unutarnjeg transporta utječe na provođenje funkcija unutar bolnice u nekoliko aspekata:

- Omogućava pacijentima primanje pravovremene skrbi: S osiguravanjem brzog i učinkovitog premještaja pacijenata olakšava se brza dostava potrebne medicinske pomoći.
- Pridodaje sigurnosti pacijenata: rizik od mogućih ozljeda ili komplikacija tijekom prijevoza pacijenata smanjuje se pravilno isplaniranim transportom.
- Potiče efikasnije iskorištenje resursa: Bolja organizacija toka vodi ka optimalnijem iskorištenju medicinske opreme te vremena i rada osoblja.
- Sveukupno smanjuje stres: Umanjuje stres za pacijente, njihove obitelji i bolničko osoblje kroz dobro organiziran proces premještanja.

Optimizacija unutarnjeg transporta ne samo da pojednostavnjuje tokove materijala i ljudi, već može imati ključnu ulogu u hitnim slučajevima, gdje je naglasak na brzom transportu pacijenata u specijalizirane odjele ili jedinice intenzivne njege.

Postoji nekoliko elemenata potrebnih za pravilnu organizaciju unutarnjeg transporta pacijenata:

- Sredstvo prijevoza: Mogu se koristiti ležajevi, kolica, nosila i slična pomagala ovisno o stanju i potrebi pacijenta.
- Specijalizirano osoblje: Stručnjaci s obukom za transport pacijenata, poput medicinskih tehničara ili transportnih timova. U skladu sa suvremenim razvojem tehnologije u ovoj se ulozi mogu pronaći i pametni roboti.
- Planiranje i koordinacija: Potrebno je da različiti odjeli i osoblje unutar bolnice surađuje u svrhu najoptimalnijeg načina transporta. U tu svrhu bolnice često imaju timove ili odjele specijalizirane za logistiku i transport [3].
- Protuinfekcijske mjere: Određene kondicije pacijenata, poput opekline, zahtijevaju stroge protokole koji osiguravaju da se tijekom transporta smanjuje rizik od širenja infekcija [2].

Određeni medicinski materijali, poput uzoraka krvi za laboratorijsku analizu, važnih lijekova za hitne tretmane ili raznih uređaja, zahtijevaju pažljivo rukovanje tijekom transporta,

na što također može utjecati adekvatna organizacija transportnog sustava. Studije naglašavaju da dobro organizirana logistika unutar bolnice može smanjiti troškove i poboljšati dostupnost potrebne opreme [4]. Nadalje, integracija naprednih tehnologija kao što su automatizirani sustavi dostave može značajno unaprijediti distribuciju materijala unutar bolnice [5].

Istraživanjem provedenim u odjelu za intenzivnu njegu smještenom u sveučilišnoj medicinskoj ustanovi u Švedskoj, došlo se do podataka koji povezuju učestalost unutarnjeg transporta pacijenata s polazišnim i odredišnim odjelima te transportnim timom, kao i s kliničkim stanjem pacijenata i potrebom za dodatnom opremom (tablice 2. i 3.). [6]

Tablica 2. Karakteristike promatranih transporta unutar bolnice [6]

Intrahospital Transports (<i>n</i> = 51)	Frequency (%)
Transport origin	
Central ICU	29 (57)
Neurological ICU	22 (43)
Transport destination	
Computed tomography	32 (62)
Angiography catheterization laboratory	8 (16)
Operating theater	7 (14)
Magnetic resonance imaging	4 (8)
Transport team	
CCNs and UNs	28 (55)
CCNs only	16 (31)
CCNs, UNs, and physicians	7 (14)
Observational Data	Median (Interquartile Range)
Intrahospital transport time, min ^a	50 (35–65)
No. of safety hazards per transport	7 (4–10)

CCN = critical care nurse, UN = unlicensed nurse.

^aPre-, intra-, and posttransport included.

Tablica 3. Karakteristike zdravstvenog stanja pacijenta prilikom transporta [6]

Patients Transported (n = 51)	Frequency (%)
Medical treatment	
Mechanical ventilation	41 (80)
Continuous intravenous sedation	31 (61)
Vasopressor support	26 (51)
Equipment	
Cardio/respiratory monitoring	51 (100)
Infusion pump(s)	45 (88)
Arterial line	45 (88)
Urinary catheter	44 (86)
Central venous catheter	37 (73)
Nasogastric tube	32 (63)
Endotracheal tube	29 (57)
Ventricular drain	18 (35)
Tracheostomy tube	12 (24)
Other drain(s)	7 (14)
Central dialysis catheter	7 (14)

Iz tablice 2. vidljivo je da se najveći broj transporta odvija prema odjelu računalne tomografije, te da je broj transporta sa središnjeg odjela intenzivne njege tek nešto veći od onog s odjela neurološke intenzivne njege. Također, prosječna duljina transporta je 50 minuta, s prosječno osam mogućih opasnosti po sigurnost tijekom transporta. U transportu sudjeluju medicinske sestre i tehničari bez obzira jesu li licencirani za rad u intenzivnoj njezi.

Iz tablice 3. vidljivo je da najviše transporta obavljaju pacijenti na mehaničkoj ventilaciji s dodatkom opreme za praćenje disanja.

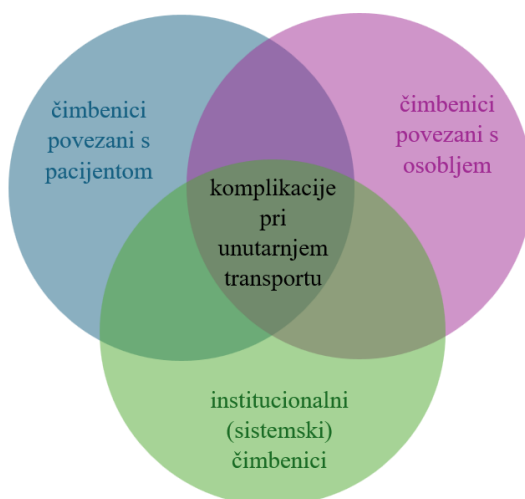
Dodatno, čimbenici koji utječu na pojavu izazova prilikom transporta opisani su u točkama 3.1. do 3.3.

3. IZAZOVI UNUTARNJEG TRANSPORTA U BOLNICAMA

Kada se govori o mogućim komplikacijama unutarnjeg transporta, one s najvećim stupnjem opasnosti dešavaju se prilikom transporta pacijenata, posebno onih u rizičnim situacijama.

Problemi tijekom transporta, koji mogu rezultirati potencijalnom ili ostvarenom štetom za pacijenta, mogu se opisati kao ishod kombinacije triju čimbenika koji se javljaju tijekom samog procesa. Ti su čimbenici (Slika 4.) [7]:

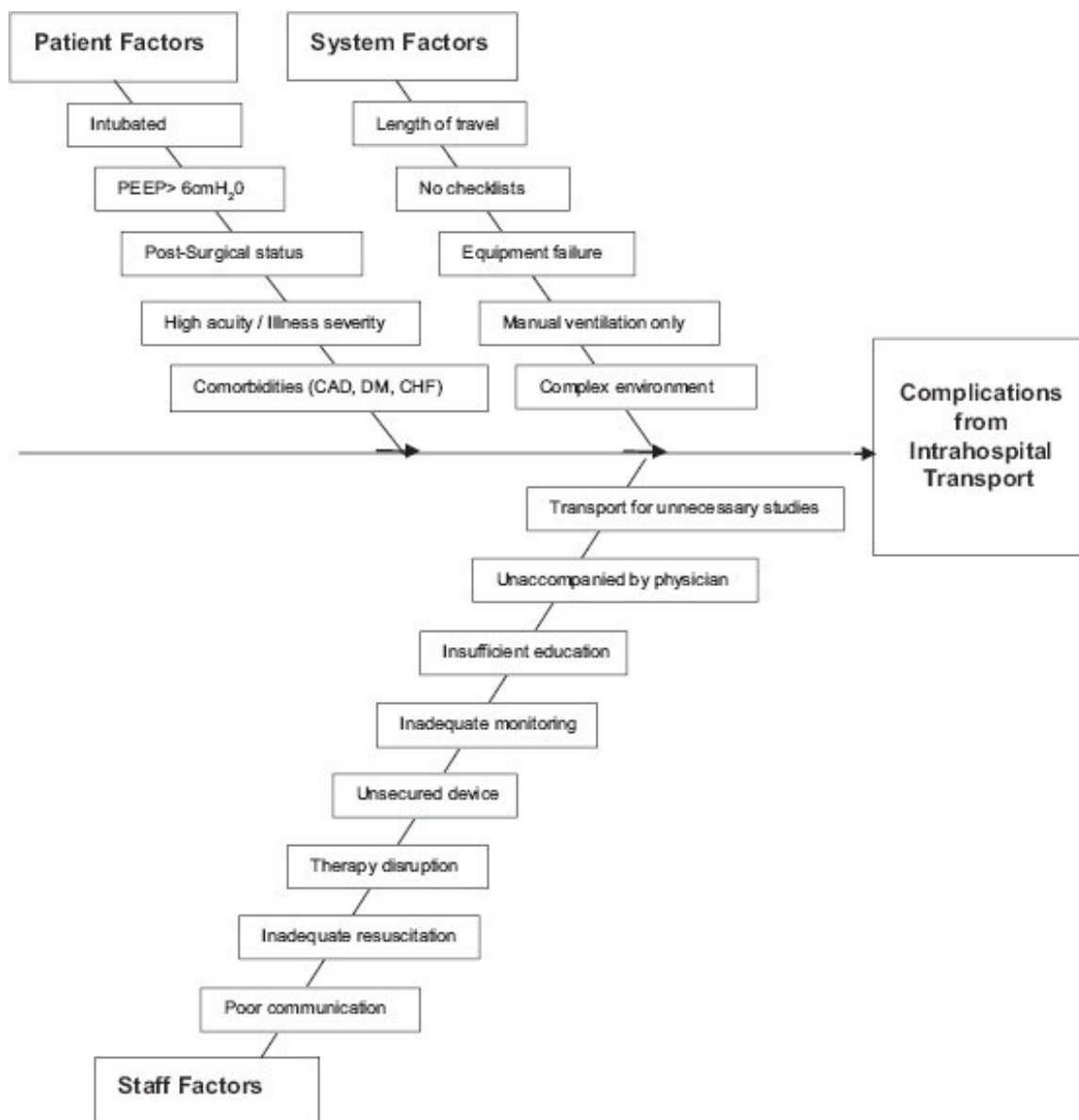
- različiti čimbenici povezani s pacijentima (poput ozbiljnosti bolesti/ozljede)
- institucionalni (sistemska) čimbenici (na primjer, promjene u okolišu, odsutnost sigurnosnih protokola, nedovoljna infrastruktura, kvarovi opreme) te
- čimbenici povezani s osobljem (poput neučinkovite komunikacije, neadekvatnog obrazovanja, nedostatka osoblja, nedostatka nadzora).



Slika 4. Čimbenici povezani s ozljedom pacijenta tijekom transfera unutar zdravstvene ustanove

[7]

Dodatno, razna stanja i radnje koje čine čimbenike povezane s pacijentom, osobljem te sistemske čimbenike te doprinose izazovima tijekom unutarnjeg transporta mogu se identificirati pomoću Ishikawa dijagrama (dijagram uzroka i posljedica) (Slika 5.).



Slika 5. Ishikawa dijagram čimbenika povezanih s pacijentom, osobljem i sistemskih čimbenika [7]

U sljedećim točkama slijedi detaljniji uvid u svaki od čimbenika izazova unutarnjeg transporta u bolnicama.

3.1. Čimbenici povezani s pacijentom

Ovi čimbenici označuju udio koji kliničko stanje pacijenta ima u pojavi problema tijekom transporta unutar bolnica.

Istraživanja pokazuju da se 42,5 % nuspojave tijekom transporta pacijenata javlja prilikom početnog prijema u hitnoj situaciji, kada je stanje pacijenta nestabilno i podložno brzom promjeni, ili nakon nedavne destabilizacije stanja pacijenta [8].

Također, zabilježen je znatan porast u vjerojatnosti nuspojava prilikom transporta u hitnim okolnostima, gdje se nuspojave javljaju u 7,8 % slučajeva, u odnosu na unaprijed dogovorene Transporte prilikom kojih je vjerojatnost komplikacija samo 2,4 % [8].

Ozbiljnost stanja pacijenta također je faktor rizika potencijalnog pogoršanja, koji zajedno s brojem infuzijskih pumpi i faktorom nestabilnosti stanja rezultira većom mogućnošću pojave problema [8].

Može se zaključiti da su nuspojava prilikom transporta najviše izloženi kritično bolesni pacijenti koji su zbog ozbiljnosti svog stanja već u rizičnoj skupini, te se rizik povećava kada se uzme u obzir da je u većini slučajeva ovoj skupini pacijenata potrebno više dodatne opreme koja je podložna kvaru (sistemske čimbenici, opisani u poglavlju 3.2.).

3.2. Sistemske čimbenici

Pod sistemske čimbenike uključeni su čimbenici organizacijske i tehničke prirode.

Pošto se većina nuspojave događa prilikom transporta pacijenata s odjela intenzivne njege, velika se važnost pridodaje pravilnoj komunikaciji između spomenutog odjela i krajnjeg odredišta pacijenta. Pravilnom komunikacijom smanjuje se vrijeme čekanja koje je jedan od najčešćih razloga za nuspojave povezanih s organizacijom. Istraživanje preseljenja pacijenata s hitne pomoći na odjel intenzivne njege pokazuje da je u 38 % transfera vrijeme čekanja trajalo više od 20 minuta, a u 14 % slučajeva čak više od sat vremena [8].

Kada se govori o tehničkim čimbenicima, misli se na bilo koje probleme s opremom koja može izazvati incidente tijekom transporta.

Najčešći su problemi povezani s prijenosnim ventilatorima do kojih može doći zbog kvarova plina ili električne energije. Istraživanja navode ove probleme kao razlog 22% incidenata tijekom transporta unutar bolnica. Također, pronađena je veza između broja infuzija i infuzijskih pumpi i pojave nuspojava povezanih s opremom, te se može reći kako se infuzija, mehanička ventilacija i anestezija najčešće identificiraju kao tehnički čimbenici rizika [8].

3.3. Čimbenici povezani s osobljem

Mnogo je studija provedeno na temu ljudskih faktora u pojavi nuspojava tijekom unutarnjeg transporta pacijenata u bolnicama, te rezultati upućuju da su nuspojave prilikom premještanja pacijenata ponajviše uzrokovane upravo ljudskim pogreškama. Kada su pacijenti u nesvjesnom stanju, njihova dobrobit u potpunosti ovisi o sposobnosti osobe/tima zaduženog za transport, te postoji veća mogućnost za kvarom opreme kojeg također mogu izazvati ljudski čimbenici.

Također, u istraživanjima se ispitalo utječe li starost medicinskog osoblja na nuspojave pri transportu te su rezultati bili različiti. U jednom istraživanju, mogućnost nuspojava obrnuto je proporcionalna razini iskustva doktora, odnosno opada s porastom iskustva. U drugom istraživanju nije bila zamijećena korelacija između nuspojava i starosti osoblja, te su rezultati bili pripisani pravilnoj poduci svih članova osoblja u transportu te pravilno prilagođenoj opremi za transport [8].

4. SUVREMENA TEHNIČKA RJEŠENJA

Razvoj tehnologije omogućio je automatizaciju procesa u raznim sektorima poslovnog i privatnog života suvremenog društva. Tako se i u današnjim bolnicama može zamijetiti rastuća upotreba pametnih tehnologija kojima je cilj rasteretiti zdravstvene radnike te povećati kvalitetu skrbi o pacijentima, kao i preciznost i sigurnost određenih zahvata i procesa.

Primjena robotskih sustava donijela je promjene u brojnim odjelima unutar bolnica, a jedna od najznačajnijih je tijekom kirurških zahvata [9]. Preciznost izvođenja operacija je dosegla novu razinu zahvaljujući robotima koji barataju sitnim alatima za izvedbu mikroskopskih pokreta neizvedivih samom ljudskom rukom. Uz porast stope uspjeha operacija i smanjenja rizika pogrešaka, robotskom kirurgijom smanjuje se gubitak krvi te skraćuje oporavak pacijenta.

Roboti također imaju važnu ulogu u postoperativnoj njezi i rehabilitaciji. Visoka razina prilagodljivosti ovih sustava omogućava zadovoljenje specifičnih potreba terapije svakog pacijenta, primjerice pružajući pomoć u ponovnom učenju hodanja i ostalih pokreta nakon moždanih udara ili ozbiljnih ozljeda.

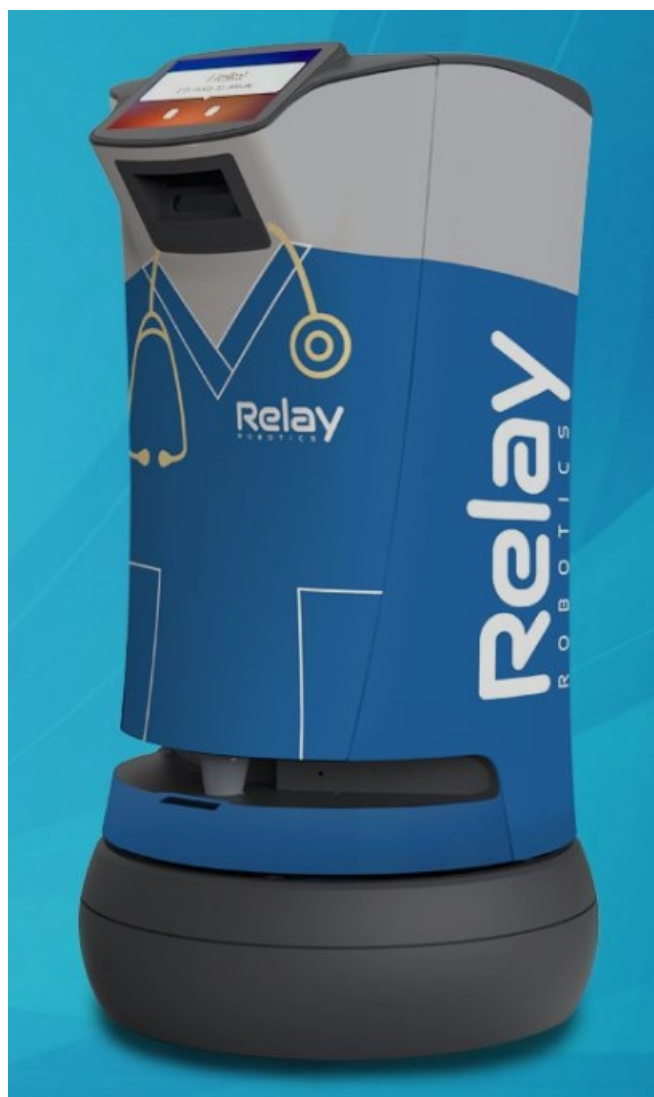
Još jedan od medicinskih odjela koji je doživio transformaciju s primjenom robotike je dijagnostika. Sposobnost umjetne inteligencije za analizu velike količine podataka, na primjer radioloških snimaka i skenova, uvelike je olakšalo i ubrzalo proces postavljanja dijagnoze.

Osim toga, roboti se također koriste u bolničkoj logistici [10], gdje autonomno prenose medicinske potrepštine, lijekove i uzorke između različitih odjela. Također se koriste u prenošenju pacijenata u svrhu smanjivanja ljudskih pogrešaka te povećavanja sigurnosti i kvalitete skrbi. U narednim točkama detaljno će se navesti i opisati neki od ovakvih robota dostupnih na suvremenom tržištu.

4.1. Relay Hospital Delivery Robot

Ovaj autonomni robot (Slika 6.) za dostavu pripada tvrtki Relay Robotics, Inc., sa sjedištem u Campbellu, Kalifornija, i koja posluje od 2013. godine. Tvrtka proizvodi autonomne uslužne robote kojima je cilj suradnja s ljudima uz siguran i pouzdan način bez potrebe za fizičkim kontaktom. Njihovi roboti djeluju u domenama ugostiteljstva, zdravstva i komercijalnih nekretnina te su ostvarili više od 1 000 000 isporuka na globalnoj razini.

Roboti Relay dostupni su putem mjesečne pretplate ili kao usluga RaaS (eng. *Robots as a Service*). Dodatna komponenta ovih robota je mogućnost postavljanja imena i personaliziranje vanjštine (Slika 7.) u svrhu usklađivanja s okruženjem u kojem djeluje. [11]



Slika 6. Relay Hospital Delivery Robot [12]



Slika 7. Varijacije vanjšine robota Relay [13]

Prednosti i specifikacije Relay robota u bolnicama [12]:

- velik prostorni kapacitet – 41 litra/10 galona
- velik 8-inčni zaslon
- standardni komplet dodataka
- obavljanje vremenski zahtjevne, beskontaktno dostave – sigurno, pouzdano, isplativo
- radni ciklus 5 do 10 minuta po vožnji
- sigurno kretanje u prometnim bolničkim okruženjima
- pomoć kliničkom osoblju i porast produktivnosti
- siguran transport pomoću zaključanih odjeljaka
- omogućen cjelokupni lanac nadzora za lijekove
- korištenje dizala i otvaranje automatizirana vrata bez poteškoća
- brza instalacija – u nekoliko dana
- prilagodljiva vanjšina za oglašavanje na robotu
- neprekidan rad (24/7).

Robot Relay za bolnice može prenositi sljedeće (Slika 8.) [12]:

- farmaceutske potrepštine i lijekove
- laboratorijske uzorke i uzorke tekućina
- krvne proizvode
- bolničke posteljine
- potrepštine i opremu za pacijente
- narudžbe iz suvenirnice i kantine.



Slika 8. Robot Relay s primjerima korisnog tereta [12]

4.2. Roboti T3 i Zena RX

Roboti T3 i Zena RX kreirani su od strane tvrtke Aethon, čije se sjedište nalazi u Pittsburghu, Pennsylvania, a matična korporacija, ST Engineering, u Singapuru. Od 2004. godine bave se proizvodnjom autonomnih mobilnih robota za sektor zdravstva i ugostiteljstva. Dizajniraju, plasiraju i pružaju podršku rješenjima za automatizaciju prijevoza robe i zaliha. S

djelovanjem u Sjedinjenim Državama i Aziji, njihovi roboti godišnje obave preko 5 milijuna isporuka unutar klijenata širom svijeta. [14 i 15]

Ovi su roboti pogodni za prijevoz [16]:

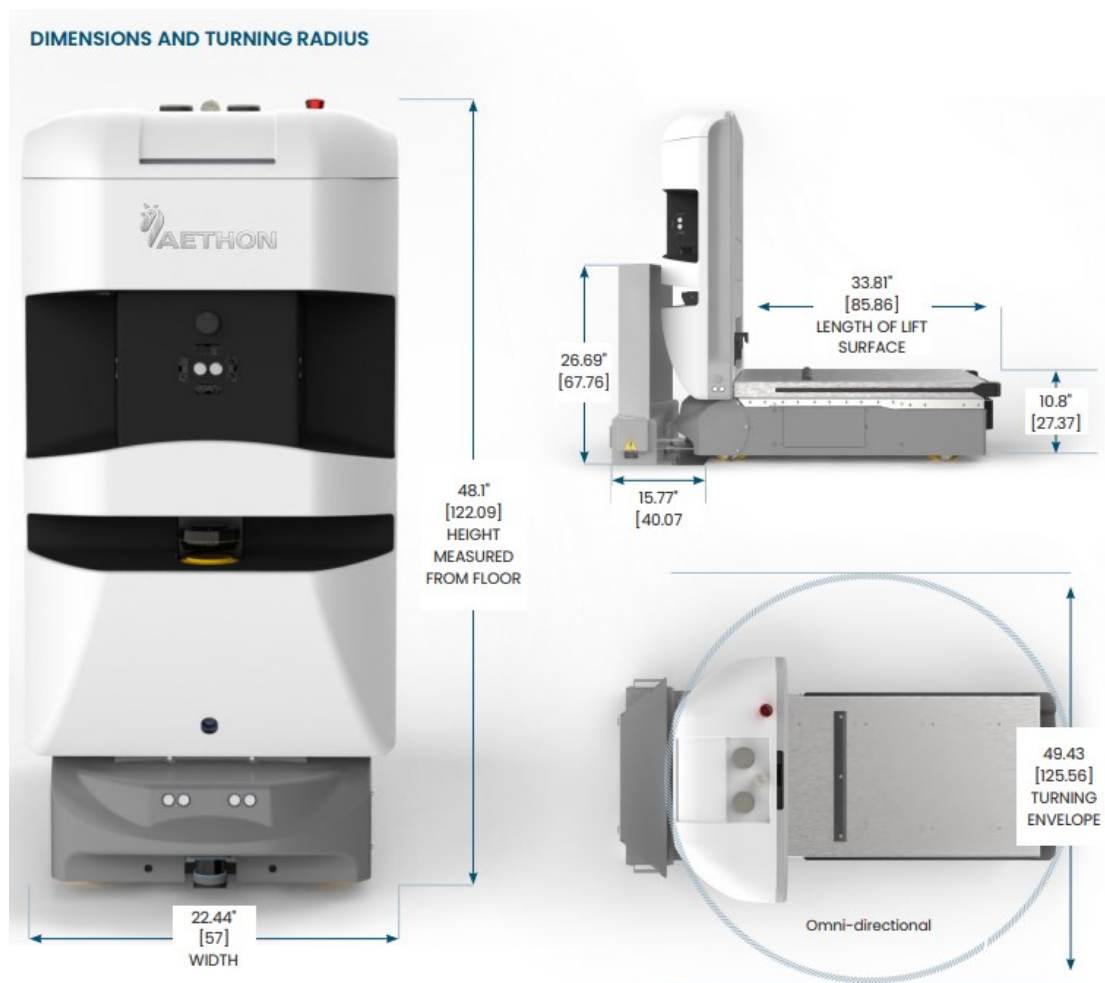
- laboratorijskih uzoraka
- lijekova
- hrane i posuđa
- posteljine
- zaliha, alata, opreme i ostalih potrepština.

4.2.1. Robot T3

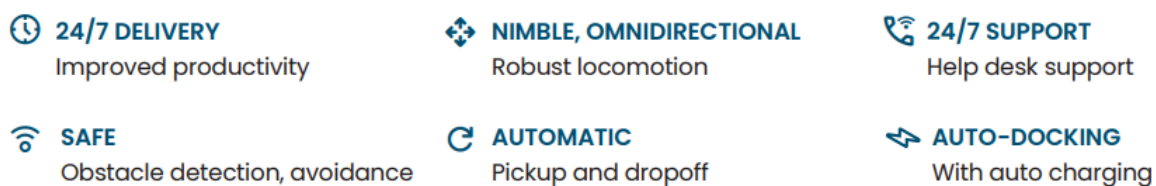
Robot T3 (Slika 9.) namijenjen je prijevozu tereta u svrhu efikasnijeg iskorištenja vremena i snage zaposlenika. Prenosi kolica s bolničkim zalihama koje bi uobičajeno preko kotačića gurali zaposlenici. Na ovaj način rasterećuje zaposlenike koji mogu rad usmjeriti gdje je potrebniji, a i oslobađa ih fizičkog napora. [17]

Jedna od prednosti ovog autonomnog robota je mogućnost korištenja postojećih kolica unutar bolnice ukoliko ne prelaze dimenzijska ograničenja, kao i mogućnost nabave novih kolica posebno podešenih za komunikaciju s robotom. Također ima mogućnost komunikacije s većinom liftova, uključujući pozivanje i zaustavljanje lifta, kao i slanje zahtijeva za prazan lift. Vodećim tehnologijama mapiranja lokacije te višesmjernim kretanjem unutar bolnice usavršeno je zaobilaženje prepreka i ljudi kako bi odrađivao svoje zadatke bez ometanja osoblja i pacijenata. [17]

Dodatne specifikacije te značajke i prednosti korištenja robota T3 dane su slikom 10. i tablicom 4.



Slika 9. Robot T3 s dimenzijama [17]



Slika 10. Značajke korištenja robota T3 [17]

Tablica 4. Tablica specifikacija robota T3 [17]

SPECIFICATIONS	T3	STANDARDS COMPLIANCE
Max Cart Size	44"L x 32"W (111.76 x 81.3 cm)	<ul style="list-style-type: none"> • FCC, Part 15, IC, CE • EN 12100:2010, EN 60204 1:2006+A1:2009, IEC 60034-1:2004-04 • EN 61000-6-4:2007; EN 61000-6-2:2005; EN 60601-1-2:2007, EN 55022 • EN 301 489-1, EN 301 489-17 • FCC CFR 47, Part 15; ICES-001; Australian RCM Compliance • ETSI EN 300 220-1 V2.4.1 & ETSI EN 300 220-2 V2.4.1 • EN 300 328 1.7.1, EN 301 893 1.6.1
Weight Capacity	750 lbs (340 kg)	
Max Travel Speed	30" per second (76 cm)	
Turning Envelope	49.43" (125.56 cm)	
Drive System	4WD - Omni-directional	
Battery Type	LiFePO4	
Effective Run-Time	9.0 hours	
Depleted Charge Time	3.2 hours	
Charger Power	8 amp wall receptacle	
Communications	WiFi	
Support	Encrypted to Command Center	
Elevator Integration	Hardware or Software	
Environmental	Interior Use	
Max Threshold Height	0.50" (12.70 mm)	
Max Gap Distance	1.25" (31.75mm)	

Aethon također nudi robota T3XL, koji je varijacija robota T3 s većom nosivosti i mogućnosti prijenosa kolica većih dimenzija.

4.2.2. Robot Zena RX

Roboti Zena RX namijenjeni su sigurnoj dostavi doza, uzorka i materijala za ljekarne, laboratorije i kirurške odjele. Imaju ugrađeni ormar velikog kapaciteta i fleksibilnosti, pogodan za dostavu predmeta različitih dimenzija. Također dolazi s dodatkom košara koje mogu biti uske ili široke s otvorenim odjeljcima. Najveći broj košara koji popunjava sva četiri odjeljka unutar robota je 16. Odjeljci se mogu spajati i razdvajati, što omogućuje brzu prilagodbu na drugačije dimenzije tereta. Svaki odjeljak ima mogućnost zaključavanja pomoću pina što čini istovremeni transport materijala za različite odjele u bolnici izvedivim i sigurnim. [18]

Mogućnost prilagodbe vanjštine robota po želji korisnika omogućava uklapanje Zena RX u brend, odjel ili kulturu u kojoj radi. [18]

Robot Zena RX (Slika 11.) opremljen je baterijom koja omogućava 10 sati neprestanog rada, nakon čega se robot sam vraća na punjač. Da bi se prazna baterija potpuno napunila i obavila cijeli ciklus punjenja potrebno je 3,2 sata. [18]

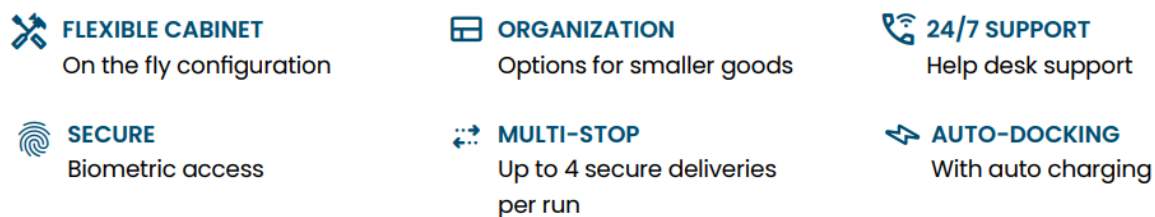
DIMENSIONS AND TURNING RADIUS



Slika 11. Robot Zena RX s dimenzijama [18]

Sposobnost navigacije, mapiranja, otvaranja vrata i korištenja dizala ista su kao i u T3 opisanom u točki 4.2.1.

Dodatne prednosti i specifikacije robota Zena RX prikazane su slikom 12. i tablicom 5.



Slika 12. Značajke korištenja robota Zena RX [18]

Tablica 5. Tablica specifikacija robota Zena RX [18]

SPECIFICATIONS	ZENA RX	EXAMPLE CONFIGURATIONS
Compartment Size	13"W x 17"D x 14"H (33 x 43x 35.5 (28) cm)	
Large Compartment Size (with divider removed)	27"W x 17"D x 14"H (68.5 x 43 x 35.5 (58.4) cm)	
Weight Payload Weight	100 lbs (45 kg)	
Max Travel Speed	30" per second (76 cm)	
Turning Envelope	34.7" (88 cm)	
Drive System	Center Drive	
Sensor System	LIDAR, Side-curtain LIDAR (2), 3D Sensors (4), Sonar (2)	
Security Access	Multi-factor; PIN code plus fingerprint scanning	
Battery Type	LiFePO4	
Continuous Run-Time	10.0 hours	
Charge Time	3.2 hours	
Charger Power	10 amp wall receptacle	
Communications	WiFi	
Support	Encrypted to Command Center	
Elevator Integration	Hardware or Software	
Environmental	Interior Use	
Max Threshold Height	0.50" (12.70 mm)	
Max Gap Distance	1.25" (31.75mm)	
Supplied Inserts	16 narrow baskets and 8 wide baskets with racks	

4.3. Robot Gary

Unlimited Robotics, kompanija sa sjedištem u Bostonu, Massachusetts, osmislila je uslužnog robota – Garyja (Slika 13.). Njegova je svrha obavljanje rutinskih poslova umjesto ljudi, bilo u poslovnom ili privatnom okruženju. Ovaj se robot posebno ističe svojim humanoidnim izgledom i visokom razinom fleksibilnosti poslova koje obavlja. [19]



Slika 13. Robot Gary [20]

Robot Gary ima široku primjenu u bolnicama, gdje obavlja razne poslove od dostave lijekova i opreme, transporta pacijenata te dezinfekcije površina pa do podrške i zabave za pacijente. [21]

Neke od zadaća koje robot Gary obavlja u bolničkom okruženju su [22]:

- telekomunikacija i nadzor pacijenata putem zaslona od strane liječnika i bolničkog osoblja kada nisu u blizini

- dostava hrane
- dostava lijekova
- dostava potrepština poput ručnika, posteljina, pidžama i slično
- čišćenje i dezinfekcija soba i opreme
- dijeljenje uputa posjetama i drugim osobama koje borave u bolnici, kao i transport pacijenata
- dojava kvarova nadležnim osobama.

Prednosti koje robot Gary unosi u bolnice su sljedeće [21]:

- smanjuje troškove rada tako da obavlja rutinske zadatke koji se mogu automatizirati te oslobađa vrijeme ostalih radnika za druge poslove
- smanjuje troškove opreme tako da obavlja niz različitih poslova za koje bi inače bili potrebni odvojeni roboti
- povećava zadovoljstvo pacijenata sa prilagodbom skrbi različitim potrebama, kao i smanjenjem vremena čekanja na pružanje skrbi
- mogućnost programiranja poboljšava sigurnost i točnost isporuke lijekova i transporta, pa tako smanjuje mogućnost pojave ljudske greške
- smanjuje mogućnost zaraze dezinfekcijom opreme i površina.

Slike 14. do 16. prikazuju specifikacije a slika 17. prednosti korištenja Garyja.

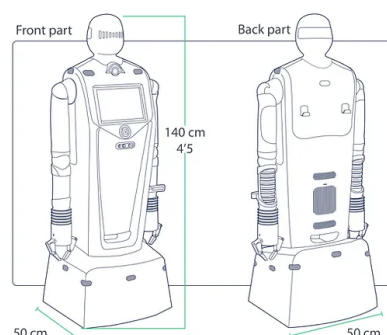
GARY'S SPECS

GENERAL

Size: 140cm (~4'5) height
50cm (~19 inches) width
50cm (~19 inches) depth

Weight: 40 kg (88 lbs)

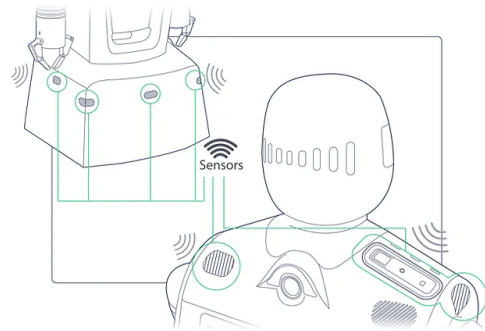
Maximum speed: Up to 1.5 meter per second / up to 5.4 KpH



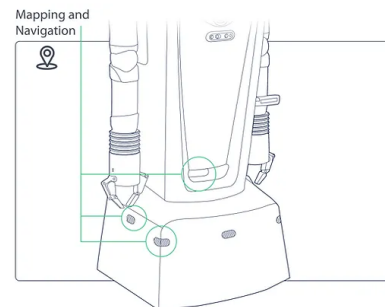
Slika 14. Specifikacije robota Gary 1/3 [23]

SENSORS

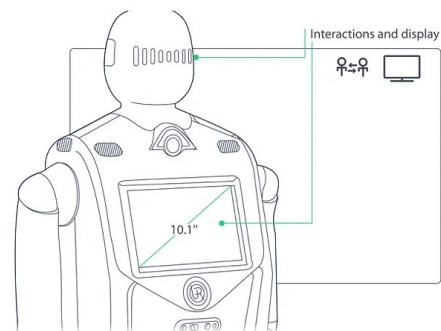
Distance ultrasonic sensors x 12
 Compass
 Thermometer
 Environmental sensor (pressure/degrees/humidity/altitude)
 Pulse & Saturation
 Fingerprint scanner
 360 degrees lidar
 Real-Sense camera x 2

**MAPPING & NAVIGATION**

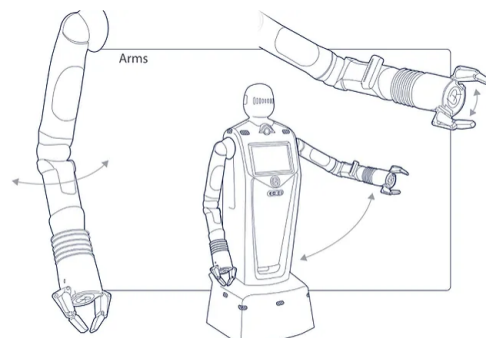
2D Mapping
 3D Localization
 Obstacle avoidance & path planning system
 4 omni-mechano directional wheels
 4 independent Brushless DC motors

**INTERACTIONS & DISPLAY**

10.1" FHD multi-point touch screen
 High-Sensitive Microphone
 15W Stereo Speakers
 Robust leds system w/ a tailor made interactions language
 Head
 Chest
 Bottom

**ARMS**

2 arms w/ 7 degrees of freedom of the joints
 Arms reach: 0cm - 165cm
 3 fingers & 2 fingers grippers
 Load up to 1.5 kg arm stretched out



Slika 15. Specifikacije robota Gary 2/3 [23]

CAMERAS**ARM CAMERA**

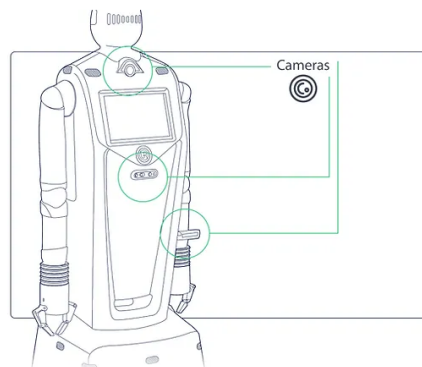
Real Sense Depth Camera
 Fov: 87° × 58°
 90 fps
 Indoor/Outdoor.

CHEST CAMERA

Real Sense Depth Camera
 Fov: 87° × 58°
 90 fps
 Indoor/Outdoor.

IR CAMERA

Night vision.
 FOV: 90°
 Distance: up to 10m
 30fps at 1080P



Slika 16. Specifikacije robota Gary 3/3 [23]



Slika 17. Prednosti korištenja robota Gary [23]

4.4. Krevet Ook snow ALL

Ook snow ALL (Slika 18.) pametni je krevet proizveden od strane Umano Medical, tvrtke sa sjedištem u Kanadi koja od 2012. godine posluje kao dobavljač medicinske opreme za bolnice diljem svijeta. [24]

Ook snow ALL osmišljen je kao univerzalni bolnički krevet uporabljiv za sve faze boravka pacijenta unutar bolnice, ponajviše za vrijeme medicinsko-kirurške, barijatrijske i palijativne skrbi. Time se smanjuje potreba prebacivanja pacijenta na različite krevete prilikom promjene odjela u kojem boravi.

Prednosti kreveta Ook snow ALL jesu [25]:

- mogućnost standardizacije u svim bolničkim i skrbnim okruženjima što vodi ka uštedi vremena rukovanja opremom, troškova opreme i prostora
- brzo i jednostavno proširenje kreveta pritiskom gumba koje ga čini pogodnim za pacijente svih veličina, kao i sigurnost proširenja kreveta dok pacijent leži u njemu
- ugodan i ergonomičan dizajn
- mogućnost proširenja kreveta za dvoje ljudi što pacijentima omogućuje kontakt s najbližima
- lagano pomicanje kreveta uz tehnologiju Pilot Drive [26]
- intuitivni ekran na dodir
- tehnologija Umano Connect [27] omogućuje praćenje stanja i pokreta pacijenata na daljinu, što pomaže zdravstvenim radnicima da nadziru veliki broj pacijenata istovremeno.

Uz Ook snow ALL, Umano Medical nudi još nekoliko modela kreveta:

- Ook snow – za univerzalnu primjenu, ponajviše tijekom medicinsko-kirurške i akutne skrbi
- Ook snow MH – uporaba u bolnicama i skrbnim ustanovama za mentalno zdravlje
- Ook cocoon – za dugoročnu akutnu skrb.



Slika 18. Krevet Ook snow ALL [25]



Slika 19. Ekran na dodir kreveta Ook snow ALL [25]

STANDARD FEATURES

- 11" low height with 5" dual casters
- Infinite™ powered width adjustment
- Integrated scale system
- Smart screen, nurse controls and patient control lockout on footboard
- Integrated bed exit detection system
 - 3 levels of sensitivity
 - Bed exit side view lights
- Smart Nightlights™
- Remote bed exit alarm connectivity
- Boostless™ Backrest System
- One hand release siderails
- Lifiable and flat deck covers
- Battery back-up
- Compatibility with mattresses within 48" width
- Programmable lowest height
- Nurse and patient controls integrated into siderails
- Integrated bed extender (35" x 4")
- CPR release handle
- Trendelenburg angle displayed on footboard
- Backrest angle indicator
- Patient restraint loops
- Integrated pump holder
- 120-volt / 5A insulated outlets (at foot end)
- Communication port (for bed software updates)
- Programmable Auto-Contour mode
- One-touch button groups
 - 30-degree head of bed
 - One-button chair position
 - Flat bed position
 - Trendelenburg / Reverse Trendelenburg
 - Vascular foot position

Slika 20. Standardne značajke kreveta Ook snow ALL [25]

OPTIONAL FEATURES

- 12.7" low height 6" dual casters
- Pilot Drive™ powered drive system with two-handle controls
- Pilot Drive™ with or without O2 bottle holders (compatible with size E bottles)
- Downward motion interrupt
- Bed status monitoring
- Optional patient surface length (80" or 84")
- 120-volt/5A insulated outlets with USB mobile device power outlets
- Higher siderails (for 8" mattress)
- Foot end back-up control on the frame
- Roller type wall protection bumpers
- Additional nurse call port
- One-touch button groups
 - Backlit patient controls
 - Nurse call
- Different styling options available

Slika 21. Izborne značajke kreveta Ook now ALL [25]

Pilot Drive tehnologija pomaže osoblju u transportu kreveta na jednostavan i efikasan način. Ovaj pogonski sustav iskorištava kombinaciju male visine kreveta, praznog prostora ispod kreveta te mogućnost manevriranja kotača kako bi osigurao što lakši i ugodniji transport

za pacijente i osoblje. Kod realizacije ovog sustava uzete su u obzir prevencija pada i kontrola zaraze kako bi transport bio obavljen na što sigurniji način. [26]

Dodatne prednosti sustava Pilot Drive jesu [26]:

- intuitivno korištenje popraćeno vizualnim uputama
- glatko i slijedno kretanje zahvaljujući petom središnjem kotaču koji olakšava rotaciju
- ugodno rukovanje prilagođenim drškama za maksimalnu kontrolu i usmjerenje sile
- mogućnost kontroliranja brzine i usmjerenja
- dugoročna baterija
- materijal izrade prilagođen lakom čišćenju i dezinfekciji.



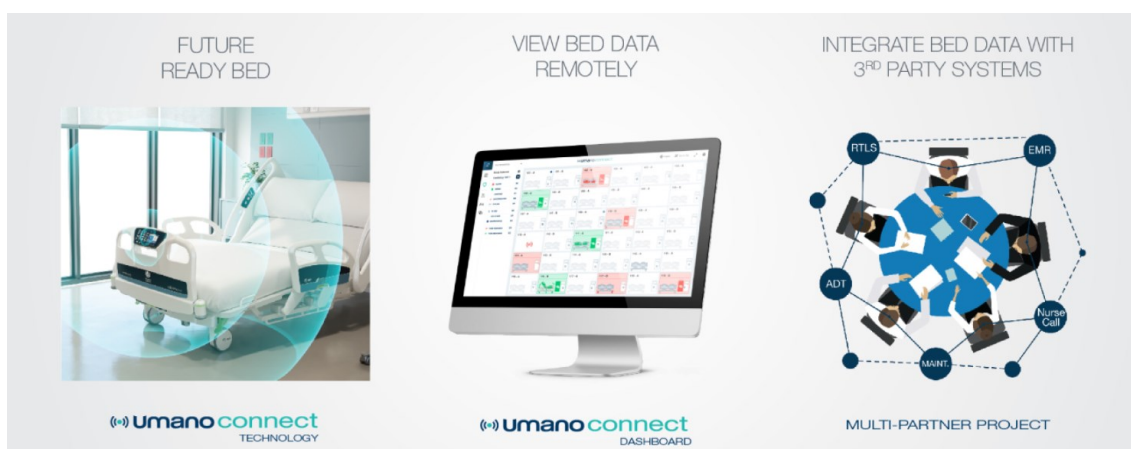
Slika 22. Sustav Pilot Drive 1/2 [26]



Slika 23. Sustav Pilot Drive 2/2 [26]

Sustav Umano Connect omogućuje osoblju pregled podataka i daljinski nadzor kreveta i pacijenata. Dodatno, ovaj sustav pruža sljedeće [26]:

- uštedu vremena koje bi se gubilo fizičkim obilaženjem kreveta
- uvid u visinu, širinu i pozicije kreveta, kao i težinu i centar mase pacijenta
- aktivacija kreveta za nove pacijente, zaključavanje kreveta odlaskom pacijenta te povijest aktivnosti
- prijavu problema u trenutačnom vremenu
- brzo lociranje kreveta gdje je potrebna intervencija
- provjeravanje sigurnosnih protokola za sprječavanje pada i slično.



Slika 24. Sustav Umano Connect [27]

5. KONCEPT UNAPRJEĐENJA UNUTARNJEG TRANSPORTA U BOLNICAMA

U sklopu ovog rada predložit će se koncept ili načini kojima bi se unaprijedio unutarnji transport u bolnicama. Odabrana je problematika transporta pacijenata, te će se predložiti korištenje autonomnog robota prilikom transporta. Stoga će se u ovom poglavlju opisati svrha korištenja robota u transportu pacijenata, kao i navesti tehničke zahtjeve za obavljanje tog procesa, te se predložiti konceptualno rješenje autonomnog robota za transport. Cilj konceptualnog rješenja jest unaprjeđenje procesa unutarnjeg transporta u bolnicama na inovativan način uz korištenje suvremenih tehnologija.

5.1. Svrha primjene robota za transport pacijenata

Primjena robotskih sustava u zdravstvenom sektoru unijela je velika unaprjeđenja i trajne promjene u određene procese. Konstantnim širenjem i razvojem modernih tehnologija, automatizirani robotski transport prestaje biti ograničen samo na opremu te postaje moguć i za pacijente unutar bolnice.

Glavna je prednost, kao i kod robotskog transporta opreme, fizičko rasterećenje zdravstvenih radnika. Transport pacijenata često se odvija putem kreveta ili kolica kojima je potrebna određena sila za pomicanje i usmjeravanje. Prepuštanjem transporta pacijenata robotima, osoblje može snagu, ali i vrijeme, uložiti u druge zadatke. Također, roboti su sposobni transport obaviti brže od ljudi, kao i konstantno raditi bez stanki, što uvelike smanjuje vrijeme čekanja i omogućuje bolju organizaciju transporta pacijenata i ostalih procesa ovisnih o istome. Raste i razina sigurnosti pacijenata pošto se robot može programirati da se pridržava strogih protokola te se gubi mogućnost ljudske pogreške.

Također, roboti se mogu nadograditi sustavima za praćenje vitalnih znakova pa je stanje pacijenata uvijek vidljivo. Dodatna prednost izbora robota za transport je ta što roboti ne prenose bakterije i viruse na isti način kao ljudi, što je vrlo značajno u bolničkom okruženju.

Unatoč brojnim prednostima, postoji i nekoliko izazova povezanih s korištenjem robota za transport. Glavni su izazov financijska ograničenja, budući da je ovakva tehnologija skupa i zahtijeva značajna početna ulaganja, kao i ulaganje u obuku osoblja za rukovanje njome. Nadalje, dodatni se troškovi javljaju u potrebi stalnog održavanja i nadogradnje robotskih sustava kako bi se osigurala maksimalna sigurnost i učinkovitost.

Upotreba robota za transport pacijenata označava značajan korak u modernizaciji procesa unutar zdravstvenih ustanova. Unatoč izazovima koji se javljaju u počecima implementacije ovakvog načina transporta, ove tehnologije označavaju veliko unaprjeđenje učinkovitosti i kvalitete zdravstvene skrbi te su vrijedna investicija za budućnost zdravstvenih ustanova.

5.2. Opis procesa rada

Koncept je osmišljen za prijevoz pacijenata lakšeg zdravstvenog stanja, koji nemaju potrebu biti pod nadzorom osoblja prilikom transporta, ali su i dalje u nemogućnosti samostalnog hoda. Pacijent mora biti potpuno pri svijesti i u mogućnosti preuzeti ručno upravljanje u nužnim situacijama. Robot je osmišljen isključivo za transport a ne duži boravak u sjedalici, te bi u trenutku kada pacijenta preveze na određenu lokaciju bio spreman za preuzimanje novih zadataka transporta. Nakon što pacijent obavi određeni pregled ili proceduru na jednoj lokaciji, najbliže osoblje je zaduženo putem softvera ponovo pronaći slobodnog robota i pozvati ga na svoj odjel kako bi obavio prijevoz do sljedeće lokacije. Ovime bi se uklonila mogućnost da robot stoji čekajući dok pacijent obavlja zdravstveni pregled ili proceduru, te bi ga se potaklo da obavlja druge Transporte u međuvremenu. Ovim se načinom maksimalno koriste usluge robota, skraćuje vrijeme čekanja da se oslobodi jedan od robota u bolnici te povećava efikasnost rada robota. Takav bi način zahtijevao dobru organizaciju te pravilnu procjenu broja potrebnih robota prema veličini bolnice i unutarnjoj strukturi kako bi se osigurala maksimalna efikasnost unutarnjeg prijevoza pacijenata.

5.3. Kvalitativni tehnički zahtjevi

Postoje određeni tehnički zahtjevi koje robot mora zadovoljiti kako bi obavljao funkciju transporta pacijenata unutar bolnice.

Robot mora imati sposobnost kretanja po hodnicima bolnice u kojima često prevladavaju gužve, odnosno koristiti senzore za detekciju prepreka i uspješno ih zaobići. Također mora moći koristiti liftove i otvarati vrata budući da bolnice tipično imaju više katova i različitih odjela. Kako bi robot sam obavljao transport pacijenata s odjela na odjel potrebna je mogućnost mapiranja lokacije te autonomnog kretanja od i do zadane lokacije. Također, kako bi osoblje moglo pozvati robota ili ga poslati po pacijenta, potrebna je mogućnost daljinskog upravljanja.

Pogon treba biti električan s baterijom zadovoljavajućeg kapaciteta za efikasan rad bez velikih vremenskih gubitaka na punjenje tijekom radnog dana. Također, robot bi trebao imati mogućnost identificiranja potrebe za punjenjem te samostalnog odlaska na punjenje.

Robot treba imati mogućnost praćenja lokacije i aktivnosti koje obavlja, kao i obavijesti o završetku zadatka i ponovnoj raspoloživosti za nove zadatke. Dodatno, prilikom kretanja treba biti moguće vidjeti prevozi li robot trenutno nekoga ili je prazan.

Pošto robot prevozi ljude a ne opremu, bitno je da je dizajniran na način da sprječava padove, kao i da se kreće tečno bez naglih trzaja. Također treba imati mogućnost ručnog zaustavljanja od strane pacijenta te komunikaciju s osobljem u slučaju kvara.

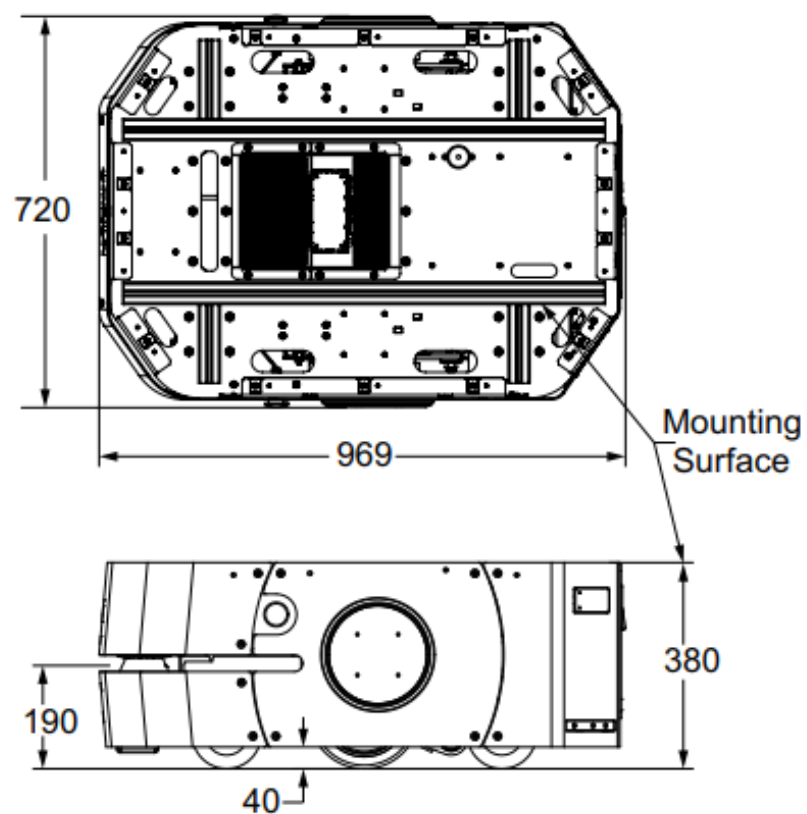
5.4. Odabir robota i sjedala, specifikacije

5.4.1. Odabir robota

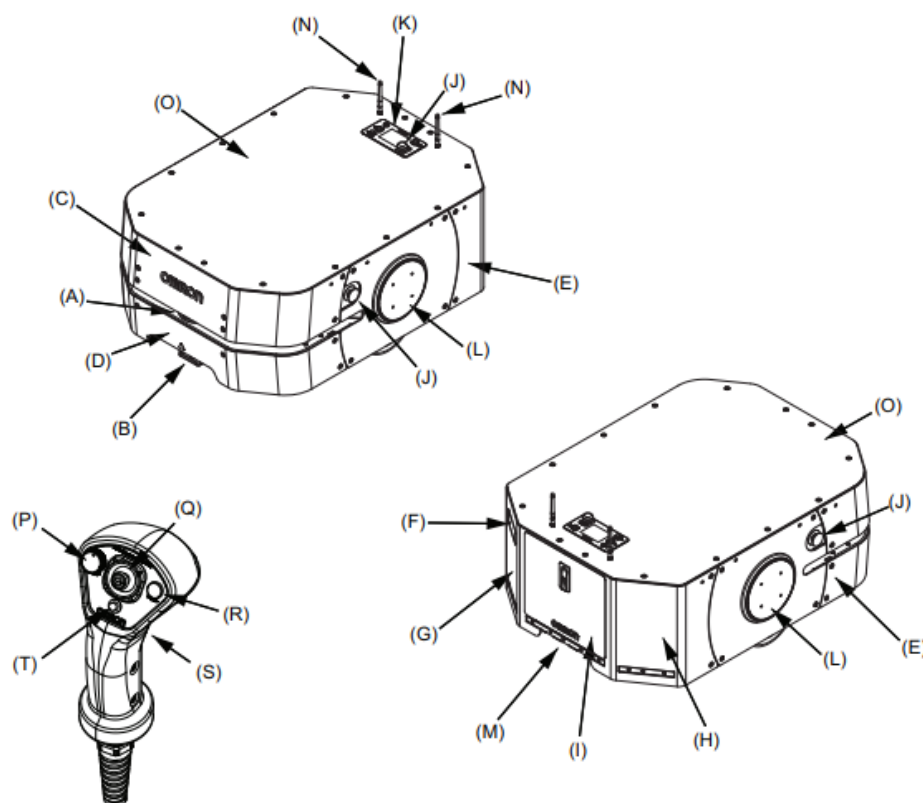
Nakon utvrđivanja tehničkih zahtjeva i istraživanja tržišta, odabran je mobilni robot LD-250 ESD tvrtke OMRON (slike 28. do 30.).



Slika 25. Mobilni robot OMRON LD-250 ESD [28]



Slika 26. Dimenzije robota LD-250 ESD [28]



Item	Description	Item	Description
A	Safety Laser Scanner	K	Operator Panel
B	Low Laser	L	Light Disk
C	Upper Front Skin	M	Charging Contacts
D	Bumper Skin	N	Wireless Antennas
E	Side Skin	O	Payload Mounting Surface (Top Plate shown)
F	Access Panel	P	Speed Control
G	Left Rear Skin	Q	Directional Control Stick
H	Right Rear Skin	R	Goal Button
I	Battery Door Skin	S	Trigger
J	E-STOP button	T	Indicator Light

Slika 27. Komponente robota LD-250 ESD [28]

Omron LD serija je autonomnih mobilnih robota (AMR) dizajniranih za navigaciju u izazovnim okruženjima poput dinamičnih i aktivnih okolina. Ova skupina robota ostvaruje inteligentnu navigaciju oko ljudi i neplaniranih prepreka pomoću vlastitog softvera i kontrola, bez potrebe za modifikacijom ustanove podnim magnetima i sličnim tehnologijama, što uvelike pojednostavljuje postavljanje i smanjuje troškove. Također, ovaj je sustav prilagodljiv za razne upotrebe i nosivosti, te je namijenjen programerima, integratorima i krajnjim korisnicima. [28]

Neke od istaknutih prednosti ovog robota su sljedeće [28]:

- izdržljiva konstrukcija

- zaštita od elektrostatičkog pražnjenja
- gumbi E-stop locirani na obje strane robota te također na gornjoj površini
- laseri za sigurnost i mapiranje lokacije kao i za detekciju prepreka
- baterija koja omogućuje do 13 sati uzastopnog rada
- integrirani kontakti za automatizirano punjenje.

Neke od specifikacija dane su u tablicama 6. i 7.

Tablica 6. LD-250 ESD specifikacije [28]

Značajka	Vrijednost
Masa (s baterijom)	148 kg
Temperatura okoline rada	5 do 40°C
Maksimalna nosivost	250 kg
Vrijeme rada (bez tereta)	≈ 13 h
Vrijeme rada (s maksimalnom nosivosti)	≈ 10 h
Maksimalna brzina	1200 mm/s
Maksimalna rotacijska brzina	120°/s

Tablica 7. LD-250 ESD dodatne specifikacije [28]

Standards	AMR	EN ISO 12100, EN ISO 13849-1, EN 60204-1, EN 1525, ANSI B56.5, ISO 10218/CSA Z434, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4
	Battery	EN ISO 12100, UN 38.3, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, UL 2271
	Docking Station	EN ISO 12100, UL1012/CSA C22.2.107.2, IEC 60204-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4
	Wireless	IEEE 802.11 a/b/g
Safety Features	Safety Scanning Laser	One at front of AMR Class 1 PLd safety per ISO13849-1 240° field of view
	E-STOP Buttons	One at Operator Panel, one on each side. Additional E-STOP buttons can be added to the payload structure
	Rear Sensing	Time of flight (TOF) sensors
	Audible Indicators	Two speakers are included. Additional buzzers can be added
Operator Interface	Display	3.5 inch TFT, 320 x 240 pixels, color screen
	Button	ON button, OFF button, Brake-release button, and keyed mode selection
User Interface	Wireless	802.11 a/b/g
	Ethernet	One TCP/UDP interface (maintenance LAN), Auto-MDIX
	Serial	Two serial communication interfaces
	Digital I/O	16 inputs, 16 outputs
	Audio	Digital audio in / out

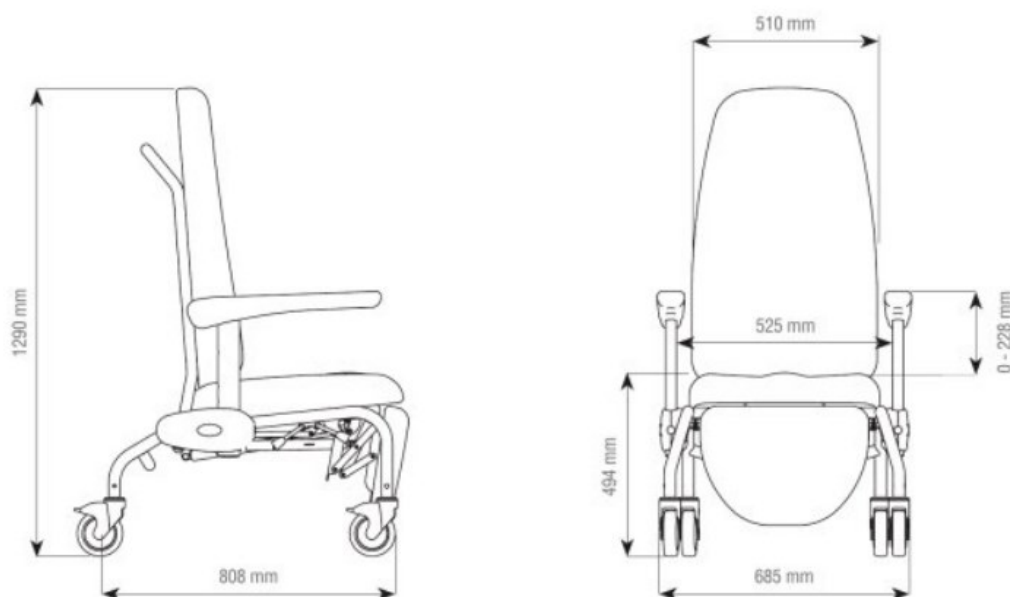
5.4.2. Odabir sjedala

Odabrano je sjedalo postojeće bolničke stolice koje bi integracijom s odabranim robotom, Omron LD-250 ESD, rezultiralo konceptualnim rješenjem autonomnog robota za prijevoz pacijenata.

Odabrana je ergonomska stolica Memory Line (slike 31. i 32., Tablica 8.), proizvedena od strane talijanske tvrtke Favero Health Projects koja se bavi dizajnom i proizvodnjom opreme i integriranih sustava za bolnice, klinike te zdravstvene ustanove i zajednice. [29]



Slika 28. Stolica Memory Line [30]



Slika 29. Dimezije stolice Memory Line [31]

Tablica 8. Specifikacije stolice Memory Line [31]

Značajka	Memory Line
Razred medicinskih uređaja	I
Maksimalne dimenzije	808 x 685 x 1290 mm
Masa (bez dodatka)	23 kg
Sigurno radno opterećenje (<i>SWL</i>)	150 kg

Ova je stolica druga po redu u njihovoj seriji bolničkih stolica (Slika 30.) za sve razine kritičnosti stanja, te je namijenjena pacijentima s umjerenom pokretljivošću, odnosno onima koji se ne mogu konstantno samostalno kretati, ali čija klinička situacija nije posebno ozbiljna. [30]



Slika 30. Medicinske stolice Favero Health Projects [31]

Neke od prednosti Memory Line stolice u transportu pacijenata jesu [31]:

- udoban ergonomski dizajn sjedala za pacijenta te ergonomična drška za guranje u slučaju potrebe asistencije
- sjedalo je izrađeno od umjetne kože koja je nezapaljiva te ne stvara neugodno trenje s ljudskom kožom
- naslon je dizajniran da pruža maksimalnu podršku i da raspodijeli težinu pacijenta te oslobodi leđa od pritiska
- ima mogućnost podizanja oslonca za noge, te je ručica za njegovo podizanje dostupna i osoblju i pacijentu
- također ima lako dostupnu ručicu za spuštanje i podizanje naslona za maksimalnu ugodnost i prilagodbu svakom pacijentu
- oslonci za ruke su pomični pa se mogu potpuno spustiti za lakši transfer sa stolice na krevet i obratno, ili povisiti za pridržavanje prilikom ustajanja
- lako čišćenje i dezinfekcija
- mogućnost raznih dodataka poput ladice za opremu, potpore za transfuziju, držača katetera te držača za infuziju.

Budući da se za integraciju s robotom koristi samo sjedalo, potrebno je nabaviti verziju stolice bez kotača ili ih naknadno ukloniti.

5.4.3. Integracija mobilnog robota i sjedala

Krajnji koncept robota za transport pacijenata sastojao bi se od pokretne robotske platforme na koju je montirano sjedalo za pacijente. Potrebna je dodatna razrada procesa integracije koja se u ovom radu neće izvoditi.

Važno je osigurati da nosivost robota može izdržati težinu prosječne osobe i težinu sjedala, što je u konceptualnom rješenju osigurano budući da stolica Memory Line teži 27 kg, a maksimalna nosivost joj je 150 kg (Tablica 8.Tablica 8), što je ukupno i dalje manje od nosivosti robota LD-250 ESD koja je 250 kg (Tablica 6.). Odnosno, u ovom konceptualnom rješenju osigurano je da robot može podnijeti težinu maksimalno opterećene sjedalice.

Sjedalo dimenzijski odgovara robotu, no kod izrade modela valja obratiti pozornost na dovoljnu visinu postavljanja sjedala kako bi se osigurao nesmetan pomak oslonca za noge.

Robot bi koristio svoju tehnologiju mapiranja lokacije i navigacije kako bi naučio autonomno se kretati po bolnici, prolazeći kroz vrata i liftove te izbjegavajući prepreke. To bi omogućilo da samostalno prevozi pacijente između različitih odjela u bolnici.

Uz mogućnost upravljanja i nadzor svih robota putem softvera, potrebno je osigurati korisničko sučelje na samom robotu, dostupno pacijentu iz sjedećeg položaja. Sučelje treba omogućiti pacijentu da prijavi trenutnu okupaciju robota, ili zdravstvenom radniku da pošalje robota na određenu lokaciju u memoriji. Ovime bi se omogućilo zdravstvenim radnicima na određenom odjelu da pošalju robota po pacijenta bez potrebe za fizičkim dolaskom te pacijentu, odnosno osoblju iz prijašnjeg odjela, da daju povratnu informaciju da je pacijent uspješno smješten i na putu do sljedećeg odjela. Također, ovim se putem osoblju koje pokušava pristupiti robotu za novu zadaću daje do znanja koji su roboti zauzeti a koji slobodni za nove zadatke.

Ručni upravljač potrebno je montirati na mjesto lako dostupno pacijentu kao sigurnost u slučaju nuspojava. Pacijent će moći ručno zaustaviti te čak i upravljati robotom. Potrebno je osigurati i mogućnost poziva osoblja na lokaciju robota.

Treba osigurati jednostavno i sigurno rukovanje robotom kako bi nakon kratkotrajne poduke pacijent bio u mogućnosti koristiti njegovu uslugu transporta.

5.5. Prijedlog unutarnjeg transporta za bolnicu u Hrvatskoj

Ovdje će se predložiti plan za unutarnji transport pacijenata određene bolnice pomoću ranije navedenog koncepta autonomnih robota. Za primjer uzeta je zdravstvena ustanova KB Dubrava.

Tablica 9. pokazuje podatke rada KB Dubrava iz 2022. godine.

Tablica 9. Rad KB Dubrava 2022. godine [1]

KB Dubrava			
Naziv djelatnosti	Broj postelja (akutne djelatnosti)	Prosječno trajanje boravka u bolnici (dani)	Prosječna stopa popunjenosti postelja (%)
Interna	210	6,59	86,71
Neurologija	49	7,69	63,18
Psihijatrija	28	10,31	22,39
Kirurgija	169	6,46	57,51
Neurokirurgija	34	5,90	51,32
Maksilofacijalna kirurgija	60	5,06	37,35
Urologija	24	5,79	60,31
Ortopedija	24	7,77	66,59
ORL	14	3,52	36,58
Oftalmologija	9	0,00	0,00
Anesteziologija	29	2,80	82,79
Ukupno	650	6,00	63,99

U svrhu proračuna uzeto je da svaki pacijent na odjelu kirurgije koristi robota za kretanje po bolnici. Iz podataka za 2022. godinu (Tablica 9.) uzet je kapacitet postelja na odjelu kirurgije, koji iznosi 169, te nakon množenja s prosječnom stopom popunjenosti postelja na odjelu dobije se 97,19. Konačan broj pacijenata koji se koristi u daljnjem računu je 97.

Uzeto je prosječno trajanje prijevoza pacijenta 15 minuta, te da svaki pacijent u danu obavi šest takvih prijevoza, što bi značilo da posjeti tri različita odjela u danu te se nakon svakoga vraća u sobu. Ukupan broj prijevoza dnevno za 97 pacijenata tada je 582.

Vrijeme rada robota Omron LD-250-ESD s maksimalnom nosivosti je oko 10 sati, odnosno dovoljno za 40 prijevoza od 15 minuta. Punjenje baterije od 20 % do 80 % traje 130 minuta kao što je prikazano u tablici 10.

Tablica 10. LD-250 ESD značajke baterije [28]

Battery	
Type	Lithium-Ion (LiFePO4)
Weight	19 kg
Voltage	22 to 30 VDC (25.6 VDC nominal)
Capacity	72 Ah (battery cell nominal)
Recharge Time	2 hrs. 10 min. for 20% to 80% charge
Ingress Protection Class	IP20
Recharge Cycles	Approximately 2000 cycles*
Charging Method	Automatic or manual

Unutar 24 sata robot obavi približno dva ciklusa rada i punjenja, što znači 80 obavljenih prijevoza. Konačno, ukupan broj prijevoza za sve pacijente, 582, podijeljen s 80 mogućih po jednom robotu, daje 7,275. To znači da bi bilo potrebno nabaviti osam robota za odjel kirurgije u gore navedenim uvjetima.

Slijedi procjena troškova za nabavu i implementaciju tih robota u bolnicu.

Izračunat će se ukupni troškovi vlasništva (TCO) koji se sastoje od početnih troškova nabave, operativnih troškova i skrivenih troškova. [32]

Početnim troškovima smatra se cijena nabave robota te će se koristiti sljedeći podaci [32]:

- robot Omron LD-250 ESD (s punjačem i upravljačem, bez baterije), 68 167,40 € [33]
- baterija za robota (Lithium-Ion (LiFePO4)), 738,53 € [34]
- Memory Line stolica (cijena je uzeta kao primjer zbog nemogućnosti pronalaska podataka) – 2 000 €.

Pod operativne troškove uračunavaju se svi troškovi povezani s održavanjem operativne učinkovitosti robota, a koristit će se sljedeće cijene [32]:

- godišnje održavanje robota, 2 000 €
- godišnje održavanje softvera, 1 000 €
- jednokratna obuka osoblja, 3 000 €.

Skriveni troškovi odnose se na nepredviđene troškove koji se mogu naknadno javiti te će se koristiti sljedeće cijene [32]:

- restrukturiranje sustava (zbog promjena u radu koje robot obavlja, dodavanje novih robota u sustav i slično), 5 000 €
- dodatna oprema, 4 000 €.

Ukupni troškovi vlasništva za prvu godinu, $TCO_{(1 \text{ godina})}$, računat će se bez skrivenih troškova pod pretpostavkom da će se oni javiti nakon duljeg perioda upotrebe robotskog sustava, dakle:

$$TCO_{(1 \text{ godina})} = 8 \cdot (\text{početni troškovi}) + (\text{operativni troškovi}) \quad (1)$$

$$TCO_{(1 \text{ godina})} = 8 \cdot (68167,40 + 738,53 + 2000) + (2000 + 1000 + 3000)$$

$$TCO_{(1 \text{ godina})} = 573 \, 247,44 \text{ €}.$$

U ukupne troškove vlasništva nakon pet godina, $TCO_{(5 \text{ godina})}$, ubrajaju se početni troškovi te operativni troškovi za pet godina i skriveni troškovi, kako slijedi:

$$TCO_{(5 \text{ godina})} = 8 \cdot (\text{početni troškovi}) + (\text{operativni troškovi nakon 5 godina}) + \text{skriveni troškovi} \quad (2)$$

$$TCO_{(5 \text{ godina})} = 8 \cdot (68167,40 + 738,53 + 2000) + (5 \cdot 2000 + 5 \cdot 1000 + 3000) + (5000 + 4000)$$

$$TCO_{(5 \text{ godina})} = 594 \, 247,44 \text{ €}.$$

Zaključno, pretpostavljena cijena nabave osam robota s troškovima prve godine implementacije iznosi 573 247,44 €, a kroz vremenski period od pet godina može se očekivati još dodatan trošak od približno 21 000 €, dakle ukupno 594 247,44 €.

6. ZAKLJUČAK

Gužve i oduženo vrijeme čekanja poznata su i česta pojava za pacijente i osoblje u zdravstvenim ustanovama. Pacijenti na dužem boravku u bolnici, kao i veliki broj novih pacijenata s različitim potrebama, svakodnevno zahtijevaju pažnju zdravstvenog osoblja te što brže pružanje potrebnih usluga. Ta potražnja kombinirana s manjkom zdravstvenih radnika u bolnicama vodi do nemogućnosti pružanja zdravstvenih usluga svakome u jednakom vremenskom rasponu, potrebe za postavljanjem strogih prioriteta u davanju skrbi te gubitku vremena i dugom vremenu čekanja za one čije stanje nije klinički ozbiljno. Naravno, to vodi i do umora te fizičke i mentalne iscrpljenosti zdravstvenih zaposlenika, kao i do generalnog pada u zadovoljstvu osoblja i pacijenata. Organizacija unutarnjeg transporta u bolnicama nosi veliki udio u efikasnosti i brzini kojom će se pacijentima pružiti potrebna skrb. Veliki dio vremena odlazi na dobavljanje potrebnih lijekova, kao i na transport pacijenata i sve opreme koja je potrebna s jednog na drugi odjel. Također, u kritičnim situacijama, vrijeme i način transporta može utjecati na sigurnost i dobrobit pacijenta kojeg se prevozi.

Pojavom suvremenih tehnologija te konstantnim razvojem grana robotike, na tržištu se pojavljuju brojni načini modernizacije i automatizacije aktivnosti unutar zdravstva, sve u svrhu rasterećenja osoblja od zadataka koje je robot u mogućnosti napraviti i preusmjeravanja njihovog rada gdje je potrebniiji što dovodi do poboljšanja kvalitete zdravstvene skrbi. Robotima se nastoje prepustiti sve rutinske funkcije sklone ponavljanju ali i neke za koje treba preciznost koju čovjek nije sposoban izvesti. Unutarnji transport u bolnicama jedna je od funkcija pogodna za automatizaciju, te se danas na tržištu može pronaći mnoštva tehničkih rješenja u kojima roboti preuzimaju posao prijevoza lijekova, opreme pa čak i pacijenata. Najčešće su to autonomni mobilni roboti, odnosno roboti koji koriste umjetnu inteligenciju za mogućnost samostalnog kretanja po ustanovi. Ovi su roboti otišli korak dalje od programiranog rutinskog kretanja po jednoj putanji te koriste napredne alate navigacije i

mapiranja lokacije u svrhu samostalnog odabira rute kojom dolaze do odredišta. Sposobni su sensorima detektirati i zaobići prepreke, što ih čini idealnima za rad u okruženjima s puno ljudi i ostalih robota. Imaju mogućnost koristiti i liftove te otvarati vrata zbog čega su još pogodniji za rad u bolnicama koje znaju imati više katova sa sobama koje su odvojene vratima. Ovakvi roboti po bolnicama mogu prevoziti sve od lijekova, laboratorijskih uzoraka, hrane, posteljina i ručnika te ostalih potrepština. Na tržištu se mogu pronaći različitih dimenzija i oblika, pa čak i humanoidnog izgleda onih koji ostvaruju veći kontakt s pacijentima. Transport pacijenata zahtjevniji je zadatak budući da se radi o ljudima različitog zdravstvenog stanja, no uz tehnološki napredak dolazi se do sve više rješenja poput pametnih kreveta s praćenjem stanja pacijenta za univerzalnu upotrebu i olakšani transport bez fizičkog napora. U ovom je radu predložen koncept autonomnog robota integriranog sa sjedalom, za transport onih pacijenata koji ne trebaju konstantan nadzor osoblja te nisu u ozbiljnom kliničkom stanju, kao i potreban broj robota na primjeru odabrane bolnice u Hrvatskoj. Cilj koncepta je omogućiti samostalni transport pacijenata kojima je hod onemogućen, pomoću robota koji se autonomno kreće bolnicom i dolazi do odredišta bez da se pacijent ili osoblje brinu o tome. Također, ovaj bi robot preuzeo fizički napor koji bi bio potreban za guranje kolica umjesto zdravstvenog radnika.

Suvremena uporaba robotike i umjetne inteligencije u bolnicama pokazuje velik napredak i pozitivne promjene koje tehnologija može unijeti u zdravstveni sektor. Moderni tehnički sustavi dokaz su ne samo načina kojima se mogu olakšati ljudski poslovi i efikasnije iskoristiti vrijeme, već i sposobnosti robota da dosegnu razinu sigurnosti u radu koja nadmašuje ljudske mogućnosti. Ovo postavlja visoka očekivanja za budućnost suradnje robota i čovjeka te unaprjeđenja u zdravstvu ali i ostalim sektorima.

7. LITERATURA

- [1] Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Izvješće – Rad bolnica u Hrvatskoj u 2022. godini, Preuzeto s <https://www.hzjz.hr/periodicne-publikacije/izvjesce-rad-bolnica-u-hrvatskoj-u-2022-godini/>, Pristupljeno: 2024-09-06
- [2] EpiGuard, Patient Transport 101: Understanding Intrahospital and Interhospital Transport, <https://epiguard.com/patient-transport-101-intrahospital-interhospital-transport/>, Pristupljeno: 2024-06-20
- [3] Crothall, What is Patient Transportation?, <https://www.medwrench.com/article/58325/what-is-patient-transportation>, Pristupljeno: 2024-06-20
- [4] Anja H Brunsveld-Reinders, M Sesmu Arbous, Sander G Kuiper, Evert de Jonge; A comprehensive method to develop a checklist to increase safety of intra-hospital transport of critically ill patients, <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-015-0938-1>, Pristupljeno: 2024-06-21
- [5] Ahmed Ashraf Morgan, Jordan Abdi, Mohammed A. Q. Syed, Ghita El Kohen, Phillip Barlow, Marcela P. Vizcaychipiat; Robots in Healthcare: a Scoping Review, <https://link.springer.com/article/10.1007/s43154-022-00095-4>, Pristupljeno: 2024-06-21
- [6] Lina M. Bergman, Monica Pettersson, Wendy Chaboyer, Eric Carlström, Mona Ringdal, Safety Hazards During Intrahospital Transport: A Prospective Observational Study, https://www.researchgate.net/publication/318923219_Safety_Hazards_During_Intrahospital_Transport_A_Prospective_Observational_Study, Pristupljeno: 2024-09-12

- [7] Patrick H Knight, Neelabh Maheshwari, Jafar Hussain, Michael Scholl, Michael Hughes, Thomas J Papadimos, Weidun Alan Guo, James Cipolla, Stanislaw P Stawicki, Nicholas Latchana; Complications during intrahospital transport of critically ill patients: Focus on risk identification and prevention, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4705572/>, Pristupljeno: 2024-06-21
- [8] Benoît Fanara, Cyril Manzon, Olivier Barbot, Thibaut Desmetre, Gilles Capelliercorresponding; Recommendations for the intra-hospital transport of critically ill patients, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2911721/#B9>, Pristupljeno: 2024-06-24
- [9] Acibadem, Robotski Asistirana Kirurgija, <https://acibadem.hr/treatment/robotic-surgery-centers/>, Pristupljeno: 2024-09-12
- [10] Reeman, Tehnologija i primjena bolničkog logističkog robota, <https://ba.reemanrobot.com/news/technology-and-application-of-hospital-logisti-67621565.html>, Pristupljeno: 2024-09-12
- [11] LinkedIn, Relay Robotics, <https://www.linkedin.com/company/relayrobotics/>, Pristupljeno: 2024-07-15
- [12] Relay Robotics, Relay Hospital Delivery Robot, <https://www.relayrobotics.com/relayforhospitals>, Pristupljeno: 2024-07-15
- [13] Relay Robotics, Robots in action, <https://www.relayrobotics.com/robots-in-action>, Pristupljeno: 2024-07-16
- [14] LinkedIn, ST Engineering, Aethon, <https://www.linkedin.com/company/aethon/>, Pristupljeno: 2024-07-17
- [15] Aethon, About Aethon, <https://aethon.com/about-aethon-mobile-robots/>, Pristupljeno: 2024-07-18
- [16] Aethon, Solutions for Healthcare, <https://aethon.com/hospital-robots-healthcare/>, Pristupljeno: 2024-07-22
- [17] Aethon, T3, <https://aethon.com/t3/>, Pristupljeno: 2024-07-22
- [18] Aethon, Zena Rx, <https://aethon.com/zena-rx/>, Pristupljeno: 2024-07-23
- [19] LinkedIn, Unlimited Robotics, <https://www.linkedin.com/company/unlimited-robotics/>, Pristupljeno: 2024-07-24

- [20] Unlimited Robotics, Gary, <https://www.unlimited-robotics.com/gary>, Pristupljeno: 2024-07-25
- [21] Unlimited Robotics, Gary the Healthcare Robot: A Valuable Investment for Hospitals, <https://www.unlimited-robotics.com/post/gary-the-healthcare-robot-a-valuable-investment-for-hospitals>, Pristupljeno: 2024-07-26
- [22] Unlimited Robotics, Hospitals, <https://www.unlimited-robotics.com/hospitals>, Pristupljeno: 2024-07-27
- [23] Unlimited Robotics, Detailed Specs of Our Hospital Robots, <https://www.unlimited-robotics.com/specs>, Pristupljeno: 2024-07-27
- [24] Unlimited Robotics, Our story, <https://www.umanomedical.com/en/about/our-history/>, Pristupljeno: 2024-08-06
- [25] Umano Medical, The ook snow ALL, <https://www.umanomedical.com/en/products/beds/ook-snow-all/>, Pristupljeno: 2024-08-07
- [26] Umano Medical, The Pilot Drive, <https://www.umanomedical.com/en/pilotdrive/>, Pristupljeno: 2024-08-08
- [27] Umano Medical, Umano Connect, <https://www.umanomedical.com/en/products/umano-connect/umano-connect/>, Pristupljeno: 2024-08-08
- [28] Omron Automation, Autonomous Mobile Robots LD Series, preuzeto s <https://automation.omron.com/en/mx/products/family/LD>, Pristupljeno: 2024-08-12
- [29] Favero Health Projects, Company, <https://www.favero.it/en/company>, Pristupljeno: 2024-08-19
- [30] Favero Health Projects, Ward Furniture, <https://www.favero.it/en/products/ward/relax-armchairs-1/memory-2>, Pristupljeno: 2024-08-19
- [31] MedicalExpo, Ergonomic patient chair MEMORY, <https://www.medicalexpo.com/prod/favero-health-projects/product-68480-632281.html>, Pristupljeno: 2024-08-19
- [32] Qviro, The Cost of an Autonomous Mobile Robot (AMR), <https://qviro.com/blog/cost-of-autonomous-mobile-robots/>, Pristupljeno: 2024-09-14

- [33] Electric Automation, 37222-20004 R6A 2076M OMRON Mobile Robot Starter Kit, <https://www.electricalautomationnetwork.com/en/omron/37222-20004-r6a-2076m-omron-mobile-robot-starter-kit-ld-250-esd-with-charger-joystick-top-plate-withou>,
Pristupljeno: 2024-09-11
- [34] Electric Automation, UPS-BAT/LI/24DC/128WH 1396415 PHOENIX CONTACT Energy storage systems, <https://www.electricalautomationnetwork.com/en/phoenixcontact/ups-bat-li-24dc-128wh-1396415-phoenix-contact-energy-storage-systems-lithium-ion-lifepo4-24-vdc-128-wh>,
Pristupljeno: 2024-09-12