

# Ergonomske značajke viličara

---

Grilec, Hrvoje

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:474415>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-28**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# ZAVRŠNI RAD

**Hrvoje Grilec**

Zagreb, 2015. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

ERGONOMSKE ZNAČAJKE VILIČARA

Mentor:

Prof. dr. sc. Goran Đukić

Student:

Hrvoje Grilec

Zagreb, 2015. godina.

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam ovaj rad radio samostalno uz korištenje navedene literature.

Ujedno se zahvaljujem voditelju rada prof. dr. dc. Goranu Đukiću na pružanoj pomoći prilikom izrade ovog rada.

Hrvoje Grilec



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne 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:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Hrvoje Grilec**

Mat. br.: 0035177121

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Ergonomske značajke viličara**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Ergonomic characteristics of forklifts**

Opis zadatka:

U projektiranju logističkih sustava jedan od osnovnih principa je princip ergonomičnosti. Osim ergonomskog pristupa u oblikovanju manualnih radnih zadataka, također je od značaja i primjena ergonomski oblikovane opreme. Mnogi proizvođači logističke opreme u svojim tehničkim i komercijalnim opisima naglašeno ističu i ergonomske značajke. Navedeno se vidi i kod mnogih proizvođača viličara.

U ovom radu potrebno je analizirati i prikazati stanje i trendove ergonomskih rješenja raznih modela viličara.

U radu je potrebno:

- Uvodno prikazati područja logistike i ergonomije ponaosob, te analizirati njihovu međusobnu povezanost i značaj primjene ergonomije u logistici.
- Dati sistematizaciju vrsta viličara uz opis njihovih karakteristika.
- Temeljem dostupnih literaturnih izvora prikazati stanje i trendove na području primjene viličara.
- Napraviti prikaz ergonomskih rješenja kod viličara pregledom prodajnog programa, odnosno modela viličara najznačajnijih proizvođača.
- Pretraživanjem Interneta i znanstvenih baza istražiti provedene analize ergonomskog utjecaja u primjeni viličara, usporedbe raznih izvedbi viličara s ergonomskog stajališta, procjene trendova razvoja viličara i slično.

Zadatak zadan:  
25. studenog 2014.

Rok predaje rada:  
1. rok: 26. veljače 2015.  
2. rok: 17. rujna 2015.

Predviđeni datumi obrane:  
1. rok: 2., 3., i 4. ožujka 2015.  
2. rok: 21., 22., i 23. rujna 2015.

Zadatak zdao:

Izv.prof. dr.sc. Goran Đukić

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zoran Kunica

**Sadržaj**

Sadržaj.....	I
Popis slika.....	III
Popis tablica.....	V
Sažetak.....	VI
1. Uvod.....	1
2. Općenito o ergonomiji i logistici.....	2
2.1. Ergonomija.....	2
2.1.1. Znanost o radu.....	3
2.1.2. Povijest ergonomije.....	8
2.1.3. Klasifikacija ergonomije.....	9
2.2. Logistika.....	16
2.2.1. Povijest logistike.....	17
2.2.2. Podjela logistike.....	18
2.2.3. Značaj logistike u gospodarstvu.....	19
2.2.4. Rukovanje materijalom.....	21
2.2.5. Vozila unutrašnjeg transporta.....	22
2.2.6. Viličari.....	25
2.3. Značaj ergonomije u logistici.....	39
3. Ergonomska rješenja proizvođača viličara u primjeni.....	42
3.1. Direktna interakcija čovjeka s upravljačkim kontrolama i njihove izvedbe.....	45
3.2. Izvedba kabine.....	52
3.3. Sigurnosna rješenja na viličarima s utjecajem na ergonomiju.....	57
3.4. Indirektni utjecaj okoline i uz to vezana rješenja.....	65
4. Znanstveni radovi o utjecaju ergonomije na viličare.....	67
4.1. Subjektivna procjena sjedala za viličare u laboratorijskim uvjetima.....	67

4.2. Ergonomija i njena primjena kod regalnih viličara .....	70
4.3. Utjecaj zakretnog sjedala na ergonomiju.....	76
5. Zaključak.....	83
6. Prilozi .....	84
7. Literatura .....	85

**Popis slika**

Slika 1. Sustav obuhvata ergonomije [1] .....	3
Slika 2. Dijelovi znanosti o radu [2] .....	4
Slika 3. Glavne antropometrijske točke [10].....	5
Slika 4. T-raspored zrakoplovnih instrumenata s njihovim nazivima [7].....	9
Slika 5. Preporučeni izgled radnog mjesta [11] .....	13
Slika 6. Udio troškova logistike u BDP-u [18] .....	20
Slika 7. Ručni viličar s hidrauličnim podizanjem [52].....	23
Slika 8. Ručni viličar s elektromotornim podizanjem [53] .....	23
Slika 9. Podni viličar [54] .....	24
Slika 10. Prvi električni viličar [23] .....	27
Slika 11. Predstavnicu viličara klase I .....	29
Slika 12. Viličari klase II.....	30
Slika 13. Pregled viličara klase III .....	32
Slika 14. Bandažna (cushion) guma za viličare [55].....	33
Slika 15. Viličar klase IV [56] .....	33
Slika 16. Kontejneri za prijevoz tereta [57] .....	34
Slika 17. Kategorizacija viličara klase V .....	35
Slika 18. Traktori za vuču i transport klase VI .....	36
Slika 19. Viličari klase VII.....	37
Slika 20. Razvoj tržišta viličara u Europi (broj narudžbi) [24].....	38
Slika 21. Stopa slučaja mišićno-koštanih ozljeda za navedene industrije privatnog sektora, 2013 [30] .....	39
Slika 22. Zakrenuti položaj tijela prilikom vožnje unatrag [58] .....	42
Slika 23. Pravilan položaj za upravljanje viličarom [59].....	43
Slika 24. Ergonomsko sjedalo viličara [33] .....	45
Slika 25. Moguće varijante sjedala (Still) [60] .....	46
Slika 26. Linde 393 viličar sa zakretnim sjedalom [40].....	47
Slika 27. Viličar sa zakretnim sjedalom za 90°, koje se zakreće zajedno s volanom i upravljačkim kontrolama tereta [41] .....	48
Slika 28. Podešavanje volana naprijed-nazad [61].....	48
Slika 29. Podešavanje volana gore-dolje [62].....	49
Slika 30. E-man upravljanje .....	50
Slika 31. BT Optio serija komisionera .....	50



Slika 32. Izvedbe elektroničkog upravljanja raznih proizvođača .....	51
Slika 33. „Joystick“ rješenje - Linde .....	52
Slika 34. Viličar sa rotirajućom kabinom, Linde H120 [39].....	53
Slika 35. Kutevi zakretanja i način upravljanja [39].....	53
Slika 36. opseg vidnog polja uz primjenu rotirajuće kabine .....	54
Slika 37. Jungheinrich EFG D30 [63].....	55
Slika 38. Raymondov viličar s mogućnošću usmjerenja vozača u smjeru vožnje.....	55
Slika 39. Toyota BT Reflex visokoregalni viličar.....	56
Slika 40. Linde "BlueSpot" sustav upozorenja .....	58
Slika 41. Slikoviti prikaz funkcionalnosti sustava [36].....	59
Slika 42. Prikaz trenutnih parametara prijevoza tereta i ograničenja na "Safety Pilot" ekranu [38] .....	60
Slika 43. Način rada i upozorenja prilikom kritičnih situacija [38] .....	61
Slika 44. Primjer montaže ekrana sustava [38] .....	61
Slika 45. Funkcije Toyota "SAS" sustava [43] .....	62
Slika 46. Mogućnosti i varijante montaže kamere [48] .....	63
Slika 47. "SpotMe" sustav upozorenja [46] .....	65
Slika 48. Neravnine na voznoj površini [33].....	66
Slika 49. Preferirani načini podešavanja sjedala [49] .....	68
Slika 50. Biomehanička ograničenja tijela u odnosu na položaj tijela prema teretu [50] .....	72
Slika 51. Kretanje viličara u svrhu vožnje tereta i kut pogleda [50] .....	73
Slika 52. Hemisfera vidljivosti u odnosu na orijentaciju vozača prema smjeru vožnje [50].....	73
Slika 53. Učestalost vizualnih događaja koji zahtijevaju vozačev pogled [50] .....	75
Slika 54. Vizualna fokalna sposobnost vozača [50].....	75
Slika 55. Adaptacija ljudskog modela prema stvarnom položaju vozača [51] .....	77
Slika 56. Prosječni kutovi pojedinih točaka kralješnice s obzirom na položaj tijela svih vozača prilikom vožnje unatrag [51].....	78
Slika 57. Limiti zglobova desne noge i njezina rotacija tijekom vožnje.....	80
Slika 58. Usporedba vidnog polja pogleda unatrag ovisno o izvedbi sjedala [51] .....	81

**Popis tablica**

Tablica 1. LPI rang lista [19] .....	21
Tablica 2. Top 20 proizvođača viličara [22] .....	25
Tablica 3. Raspodjela upotrebe viličara u raznim granama industrije [24] .....	26
Tablica 4. Broj dana izostanaka s posla i njihov medijan, zbog ozljeda ili bolesti uzrokovanih navedenim razlozima prema stopi učestalosti na 10 000 radnika [30] .....	40
Tablica 5. Ukupna rotacija između glave i vozila, prosječne vrijednosti svih vozača [51] .....	79
Tablica 6. Vidno polje s obzirom na izvedbu sjedala [51].....	81

**Sažetak**

Tema ovog završnog rada su ergonomske značajke viličara. U drugom su poglavlju prikazana područja ergonomije i logistike ponaosob, a kasnije u poglavlju prikazana je i njihova međuovisnost. U tom istom poglavlju dana je i klasifikacija viličara. U trećem poglavlju dan je prikaz ergonomskih rješenja i trendova najvećih proizvođača viličara, uz kratke osvrtne na znanstvene radove predstavljene u četvrtom poglavlju.

## **1. Uvod**

Ergonomija je znanost koja obuhvaća sadržaj više znanstvenih disciplina u jednu cjelinu. Njezin primarni cilj je omogućiti povoljno i sigurno radno okruženje čovjeku prilikom obavljanja radnih zadataka koji iziskuju interakciju sa strojevima ili okolinom.

Kako bi se pobliže upoznali sa problematikom ergonomije, točnije njenom primjenom u logistici, u drugom poglavlju razjašnjeni su sami pojmovi logistike i ergonomije, počevši od definicija i osnovnih primjena, do konačnog presjeka gdje se objašnjava važnost ergonomije u logistici. U tom istom poglavlju, s naglaskom na temu ovog rada dana je podjela viličara prema preporukama proizvođača.

Osnovna tema ovog rada razrađena je u trećem poglavlju, gdje je dan osvrt na utjecajne ergonomske značajke viličara, uz prikaz stanja i trendova ergonomskih rješenja vodećih proizvođača viličara. Većina rješenja plod su pomnih istraživanja proizvođača ili obrazovnih ustanova. Iz tog razloga u radu je također navedeno nekoliko znanstvenih istraživanja koje svoje uporište pronalaze u ergonomskim principima oblikovanja viličara u svrhu efektivnijeg, sigurnijeg i manje napornog rada operatera viličara.

Na temelju gore iznesenih poglavlja, na kraju je izveden zaključak o važnosti i mogućnostima primjene ergonomije prilikom određivanja glavnih značajki viličara koje se u izravnoj interakciji s operaterom viličara.

## 2. Općenito o ergonomiji i logistici

U ovom radu prvo će biti predstavljena područja ergonomije i logistike ponaosob, te će se nadalje prikazati njihova međusobna povezanost i važnost multidisciplinarnog pristupa kreiranju logističkih sustava uzimajući u obzir ljudska psihološka i fizička ograničenja.

### 2.1. Ergonomija

Prema definiciji Međunarodne udruge za ergonomiju, ergonomija (ili ljudski faktori<sup>1</sup>) je znanstvena disciplina koja se bavi razumijevanjem interakcija između ljudi i ostalih elemenata sustava, a ujedno je i profesija koja primjenjuje teoriju, principe, podatke i metode dizajna (konstrukcije) u svrhu optimizacije ljudskog blagostanja i sveukupnog učinka sustava.

Srž bavljenja ergonomijom i ergonomskim značajkama je doprinos dizajnu (konstrukciji) i procjena zadataka, poslova, proizvoda, okoline i sustava općenito, u svrhu kompatibilnosti s potrebama, sposobnostima i ograničenjima čovjeka. Te se iz tog razloga čovjek postavlja u središte pozornosti.[1]

„Ergonomija je mlada znanstvena disciplina čije je istraživanje usmjereno na interakciju između čovjeka i tehničkih sustava. Zbog toga se ona s jedne strane temelji na znanostima o čovjeku, posebno na fiziologiji, psihologiji i antropologiji, a s druge strane na fizici i inženjerskim znanostima.“<sup>2</sup>

Sam pojam ergonomija izveden je iz grčkih riječi ergon (djelo, čin, rad) i nomos (odluka, red, pravo, zakon), a prvi ga je spomenuo poljski znanstvenik Wojciech Jastrzebowski 1857. u članku „Rys ergonomji czyli nauki o pracy, opartej na prawdach poczerpniętych z Nauki Przyrody“ (Pregled ergonomije: odnosno, znanost o radu, na temelju istina uzetih iz prirodnih znanosti) što u prenesenom značenju znači znanost o radu. Međutim, po današnjim shvaćanjima, znanost o radu je nadređeni pojam ergonomiji, tj. ergonomija je njezin interdisciplinarni dio.[2]

Budući da se prema svom pojmu ergonomija shvaća kao dio znanosti o radu potrebno je razjasniti što je zapravo znanost o radu i koji su to sastavni dijelovi znanosti o radu i koja je njena uloga u primjeni ergonomije.

<sup>1</sup> Pojam ljudski faktori se pretežito koristi u Sjevernoj Americi, zbog primjene istih metoda u situacijama ne vezanim za radno mjesto ili posao.

<sup>2</sup> D. Mikšić, Uvod u ergonomiju, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1997, str. 1.

### 2.1.1. Znanost o radu

Kao definiciju znanosti o radu prof. Mikšić [2] navodi sljedeće, „znanost o radu bavi se raščlambom i oblikovanjem radnih sustava i radnih sredstava, pri čemu je čovjek u svojoj grupnoj i individualnoj dinamici dio tog sustava. Ona nastoji, na osnovi znanstvenih spoznaja, ustanoviti sve potrebne mjere kojima bi se unaprijedio i olakšao život i rad čovjeka u industriji, ne zanemarujući pritom marginalnu korist.“

Kako se u definiciji govori o sustavu koji znanost o radu obuhvaća potrebno je odrediti sudionike tog sustava. Taj sustav obuhvaća: (slika 1)

- ljude
- strojeve
- način organizacije gdje dolazi do interakcije čovjeka, stroja i radne okoline, odnosno radnog mjesta



Slika 1. Sustav obuhvata ergonomije [1]

Gore navedeni čimbenici razlog su poistovjećivanja pojma ergonomije i znanosti o radu, ali glavna razlika je u tome što je ergonomiju potrebno promatrati kao tehnologiju sa mnogo užitim teoretskim spektrom, tj. ona svoju važnost stječe u praktičnoj primjeni.

Tako se navodi da je smisao i zadaća ergonomije uskladiti navedene dijelove sustava uz pomoć sastavnih dijelova znanosti o radu:

- antropometrije
- fiziologije rada
- psihologije rada

- sociologije rada
- tehnologije rada
- pedagogije rada
- organizacije rada



Slika 2. Dijelovi znanosti o radu [2]

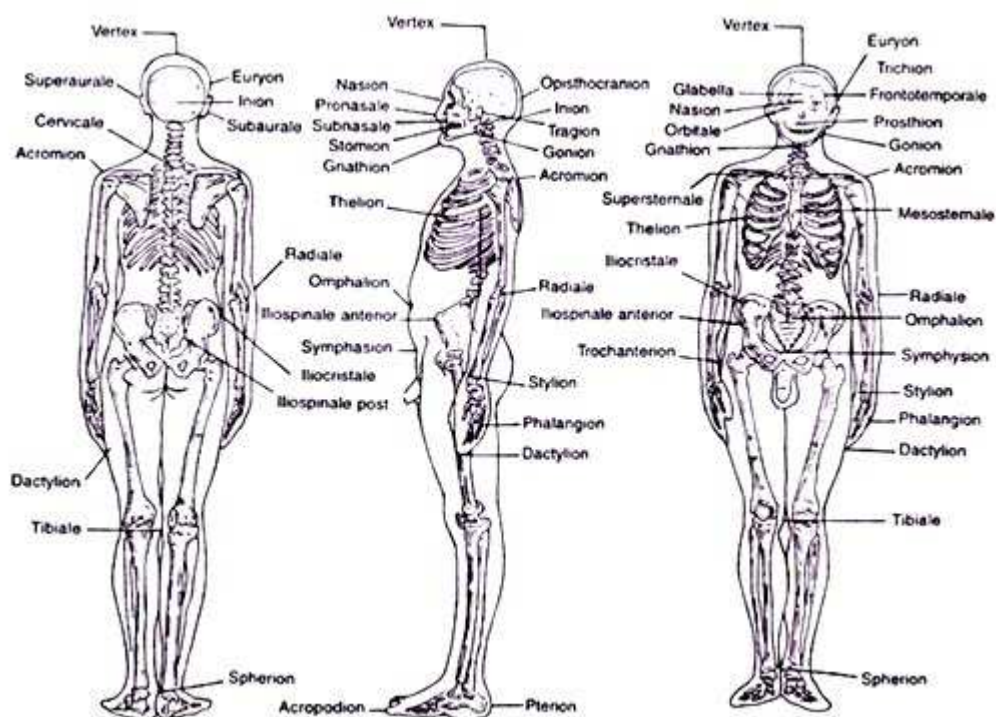
#### 2.1.1.1. Antropometrija

Antropometrija je metoda antropologije kojom se vrše mjerenja ljudskog tijela, njegovih dijelova i funkcionalnih sposobnosti. Naziv potječe od grčkih riječi *antropos* = čovjek i *metrein* = mjeriti. Mjerenja se vrše na tijelu čovjeka (somatometrija) ili na kosturima (osteometrija). Mjere su udaljenosti između pojedinih točaka na tijelu (metričko mjerenje) i kutovi što ih tvore određene ravnine i linije tijela (goniometričko mjerenje).

Svrha antropometrijskih podataka u ergonomiji je oblikovanje optimalnih, te najboljih oblika i dimenzija strojeva, alata, naprava, radne okoline i proizvoda koji su prilagođeni antropometrijskim osobinama čovjeka.

Kako bi se mjerenja uvijek davala usporedive podatke određene su glavne antropometrijske točke koje su uglavnom vezane za kosti i nalaze se na mjestima gdje je skelet najbliži površini tijela.

Prikaz glavnih antropometrijskih točaka s njihovim nazivima dan je na slici 3. [10]



Slika 3. Glavne antropometrijske točke [10]

### 2.1.1.2. Fiziologija rada

Fiziologija (grč. *fisis* = priroda, *logos* = riječ, znanost) je znanost koja proučava životne procese. Glavni interesi fiziologije su:

- objasniti životne procese u organizmu
- lokalizirati ih u odnosu prema stanicama, tkivu, organima i sustavima
- protumačiti uzroke pojava i organskih procesa
- povezati sve to u uzročnu cjelinu

Fiziologija rada je dio fiziologije, tj. „grana fiziologije koja se s jedne strane bavi proučavanjem funkcije motornog aparata organizma i promjena koje rad u organizmu izazivlje (akutne i kronične promjene, promjene biokemizma i ustrojstva organizma, adaptacijske promjene različitih organskih sustava), a s druge strane faktorima koji pozitivno ili negativno utječu na rad i radnu sposobnost pojedinaca ili kolektiva... Fiziologija rada usko je povezana s općom fiziologijom, a posebno s fiziologijom mišića, živčanog sustava i sustava osjetnih organa. Nadalje fiziologija rada je u veoma uskoj vezi s higijenom rada.“



Glavna zadaća fiziologije rada je prilagoditi rad anatomskim, fiziološkim i psihološkim karakteristikama ljudskog organizma.

#### *2.1.1.3. Psihologija rada*

Psihologija rada govori o psihičkim zahtjevima rada i o odnosu čovjeka prema radu i zanimanju, te rješava psihološke probleme koji se javljaju u odnosu čovjeka prema suradnicima.

#### *2.1.1.4. Sociologija rada*

Zahvaljujući sociologiji rada moguće je istražiti grupnu i individualnu dinamiku pri radu u odnosu prema suradnji, rukovođenju, kontroli, fluktuaciji i apsentizmu.

#### *2.1.1.5. Tehnologija rada*

Tehnologija se odnosi na svaki radni proces fizičkog i umnog rada u privredi i izvan nje. Ali kada se govori o tehnologiji, tada se obično misli na informacije, opremu, tehnike i procese koji se upotrebljavaju da bismo preoblikovali neki ulaz u određeni izlaz. Iz tog razloga tehnologija se odnosi na svaku proizvodnju, ali i na druga područja kao što su istraživački laboratoriji, tj. znanstveni rad, socijalne službe itd.

Međutim ono što je u bitno u ergonomske aspektima je uvjetovanje pojedinih vrsta tehnologije na načine rada. Ono na čemu su sve tehnologije jednake je izloženost čovjeka stroju, alatima i napravama, tj. čovjek je u potpunosti izložen radnoj okolini.

U nekim slučajevima tehnologija može djelovati loše na ljudsko psihofizičko zdravlje, primjer je znanstveni menadžment i linijska proizvodnja gdje su izračunata parcijalna vremena za izvođenje svake operacije, te se tako određuje i takt linije. Takav način rada neprimjeren je jer svaki čovjek ne može raditi s istim stupnjem efikasnosti, te tu dolazi do izražaja posvećenost i angažiranje ergonomske stručnjaka i općenito primjena ergonomije radi boljeg sklada između čovjeka i stroja.

#### 2.1.1.6. *Pedagogija rada*

To područje istražuje postupke svrsishodnog školovanja, odgoja i poduke i preporučuje pedagoške mjere za unaprjeđenje individualnog i grupnog rada kao i rukovođenja. Fokus je stavljen na razvoj čovjekovih sposobnosti.

#### 2.1.1.7. *Organizacija rada*

Dio organizacije rada posebice je važan jer se tako oblikuje radni proces i radna okolina na način da je utrošak čovjekove bioenergije najmanji. Organizacijom rada potrebno je omogućiti objektivno potrebno trošenje radne snage, a svako prekomjerno trošenje potrebno je eliminirati jer to uzrokuje štetne posljedice koje se očituju u sljedećim aspektima:

- smanjenje radnog učinka
- opadanje motivacije
- povećanje fluktuacije
- povećanje apsentizma
- povećanje stope bolovanja
- povećanje stope invaliditeta

Sva, u ovom poglavlju navedena, područja u svrsi su ergonomije tako da pružaju pomoć inženjerima prilikom rješavanja konkretnih zadataka koji su u njihovoj domeni djelovanja prilikom oblikovanja radnog mjesta i općenito rada u industriji.

### 2.1.2. Povijest ergonomije

Već u antičkim vremenima stare Grčke naziru se temelji ergonomije u oblikovanju alata, poslova i radnih mjesta. Primjer su Hipokratove upute kako bi radno mjesto kirurga i njegovi alati trebali izgledati.[3]

Međutim, kao znanstvena disciplina počela se razvijati u 1940-ima, prilikom razvoja sve kompleksnije opreme, koja je svoj puni potencijal razvijala samo ako je radnici u potpunosti shvate i koriste na pravi način.[4]

Prvotna je primjena ergonomije bila u vojnom sektoru, točnije, tijekom Drugog svjetskog rata. Jedan od primjera je početak istraživanja ergonomskih značajki ciljnika puški kako bi bili bolje prilagođeni ljudskim percepcijskim i psihomotornim sposobnostima i ograničenjima. Drugi značajniji primjer pojavio se u ratnom zrakoplovstvu Sjedinjenih Američkih Država. Problem je bio u kategorizaciji uzroka zrakoplovne nesreće kao pilotske greške, te su za pomoć u istrazi pozvani inženjerski psiholozi kako bi pokušali odgonetnuti što je razlog tome. Temeljni zaključak bio je da su greške uzrokovane lošom konstrukcijskom izvedbom kontrola i mjernih instrumenata, tj. njihovim lošim pozicioniranjem u kokpitu. Budući da su piloti bili naučeni na jedan zrakoplov, njihov prijelaz na drugi zrakoplov, prilikom stresnih situacija, rezultirao je instinktivnim čitanjem informacija s već memorirane pozicije instrumenata za očitavanje brzine, visine i ostalih bitnih parametara ili čak kriva upotreba pojedinih komandi. Naime, u prve dvije godine američke prisutnosti u Drugom svjetskom ratu, preko 2000 zrakoplovnih nesreća uzrokovano je identičnim oblikom, veličinom i načinom upotrebe poluga za upravljanje stajnim trapom i zakrilcima, te njihovim smještanjem preblizu jedno drugome. Kako piloti moraju istovremeno vršiti više operacija odjednom, tako je logično da su vizualnim osjetilom pratili horizont kroz prozor, a osjetilom dodira identificirali su polugu za stajni trap, te je to rezultiralo katastrofom prilikom slijetanja. Rezultati tog istraživanja doprinijeli su poticanjem novih istraživanja tijekom 1950-ih i 1960-ih koji su doveli do standardizacije zrakoplovnih kontrola i smještaja glavnih instrumenata koji se primjenjuju i danas u svim sferama zrakoplovstva.[5]

Primjera radi, na slici 4 prikazan je standardni T- raspored zrakoplovnih instrumenata.



Slika 4. T-raspored zrakoplovnih instrumenata s njihovim nazivima [7]

Najstarije profesionalno tijelo vezano za ergonomiju osnovano je 17. rujna 1949. u Londonu, pod nazivom Društvo ergonomije što je preteča današnjeg Instituta za ergonomiju i ljudske faktore.[8]

### 2.1.3. Klasifikacija ergonomije

Klasifikacija ergonomije višeznačno je određena u raznim izvorima. razlike i sličnosti prikazane su u nastavku ovog poglavlja.

Prvo treba krenuti od pretpostavke da postoje dvije varijante oblikovanja radnog sustava:

- za neku svrhu još nije oblikovan radni sustav
- nezadovoljstvo postojećim stanjem jer ne ispunjava željene svrhe

Kako bi se gore navedeni ciljevi ispunili od pomoći može biti pet vrsta ergonomije:

- koncepcijska
- sistemska
- korektivna
- softverska
- hardverska

### 2.1.3.1. Konceptijska ergonomija

Prema definiciji konceptijska se ergonomija bavi oblikovanjem ergonomskih mjera u samom početku konstruiranja nekog radnog sustava. Iz tog razloga to je i najbolja vrsta ergonomije jer sprječava moguće probleme prije nego uopće nastanu, te su na taj način i najjeftiniji.

Njezina je zadaća poboljšanje uvjeta života i rada na dvjema područjima:

- područje humaniteta gdje je potrebno:
  - smanjiti opterećenje
  - smanjiti opasnost na radu
  - učiniti rad ugodnijim
  - omogućiti odmor
  - poboljšati spoznaju informacija
  - njegovati funkcionalnu sposobnost čovjeka
  - smanjiti oštećenja zdravlja pri radu
  - olakšati izvođenje rada
  - humanizirati procese
  - omogućiti inicijativu pri radu
  - zainteresirati za rad
  - unaprijediti radni učinak
  - smanjiti monotoniju
  - smanjiti štetno djelovanje okoline
  - povećati samoostvarenje
  - uzeti u obzir čovjekove socijalne potrebe izvan rada
  - poboljšati zaštitu na radu
  - smanjiti podopterećenje
  - povećati odgovornost
  - povećati radno zadovoljstvo
  - povećati sadržajnost rada
  - povećati suradnju
- područje ekonomičnosti gdje se gleda kako:
  - zgusnuti sadržaj rada
  - povećati preciznost rada
  - ubrzati radni ritam

- osigurati izvodljivost rada
- smanjiti zahtjeve pri radu
- olakšati odlučivanje
- poboljšati spoznaju informacija
- smanjiti učestalost pogrešaka
- povećati radnu sposobnost osoblja
- smanjiti fluktuaciju
- smanjiti ukupne troškove
- olakšati radne postupke
- povećati motivaciju
- povećati kvantitetu rada
- povećati kvalitetu rada
- omogućiti specijalizaciju osoblja
- poboljšati ekonomičnost
- omogućiti razvoj vještina
- poboljšati iskorištenje vremena
- poboljšati suradnji

### *2.1.3.2. Sistemska ergonomija*

Glavna zadaća systemske ergonomije je usklađivanje funkcija cijelog sustava, a ne njegovih pojedinačnih dijelova, uzimajući u obzir osobne i strojne funkcije, na način da čovjek ne smije biti ni previše ni premalo opterećen.

U toj domeni razlikuje se sljedeća interesna područja koja u obzir moraju uzeti čovjekove psihofizičke mogućnosti:

- oblikovanje organizacije radnog sustava
- organizacija tijeka (procesa) radnog sustava
- oblikovanje radnog mjesta
- oblikovanje radnoga područja
- oblikovanje radne okoline
- izbor i školovanje osoblja

Kao i koncepcijska ergonomija potreba za sistemskom ergonomijom također se javlja u najranijim fazama oblikovanja nekog sustava u cjelini, nadalje, systemska ergonomija i je

nastavak koncepcijske ergonomije, tj. ona predstavlja metodički tehnološki postupak i priručnik nakon što se situacija koncepcijski ustanovi. [1]

#### 2.1.3.3. *Korektivna ergonomija*

Ta se vrsta ergonomije javlja u kasnijem razdoblju realizacije i korištenja radnog sustava, a budući da je to zapravo naknadna mjera, ona podliježe ograničenjima popravaka i konačnici rezultira višim troškovima. Za njom se poseže u slučajevima zapostavljanja ergonomskih načela u razvojnom razdoblju sustava, u stadiju kada je već sustav djelomično gotov.

Ali kad su u obzir uzme cijela faza razvoja, iako je korektivna skuplja metoda, budući da je iskustvena njezina su rješenja pouzdana, te je napredak još uvijek zadovoljavajući i bolji nego da se nedostaci otkriju u još kasnijim fazama razvoja.

#### 2.1.3.4. *Softverska ergonomija*

Cilj i zadaća softverske ergonomije je razvoj kriterija i metoda, kojima će se softverski proizvodi, s obzirom na njihovu primjenjivost, kvalitativno ocjenjivati i međusobno uspoređivati radi njihovog praktičnog poboljšanja.

Glavni ciljevi softverske ergonomije jesu:

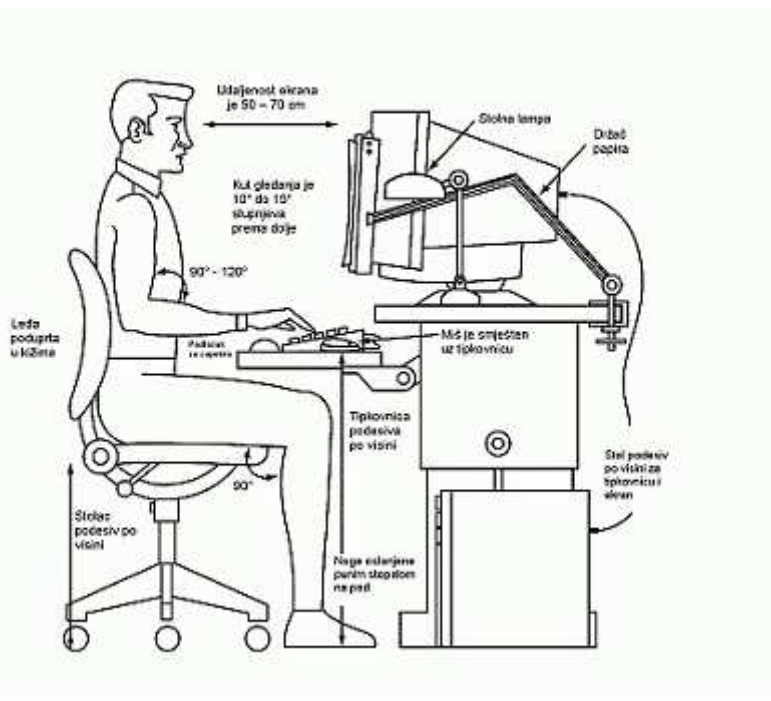
- poboljšanje prihvaćanja ove tehnologije
- poboljšanje radne motivacije
- povećanje radnih kompetencija
- razvoj osobnosti
- optimiranje opterećenja pri uvođenju novih tehnologija

Ono u čemu softverska ergonomija ima veliku važnost je da ne dođe do prevelikog ili premalog opterećenja čovjeka upotrebom softvera i smanjenje time uzrokovanog stresa. Naime, ono što se u današnje vrijeme događa je smanjenje fizičkog opterećenja i povećanje fizičkog opterećenja na čovjeka, te se teži tome da se optimira psihofizičko opterećenje.

2.1.3.5. Hardverska ergonomija

Ta se ergonomija ne bavi radnim sadržajima već se u užem smislu bavi tehničko-fizikalnim komponentama računalnog sustava, kao što je tip i razmještaj zaslona i tipkovnice, a u širem smislu bavi se neposrednom i posrednom okolinom toga sustava, što se na primjer tiče konstrukcije mjesta na kojoj je aparatura, o dimenzijskim karakteristikama i parametrima stola i stolaca, te o utjecaju reflektirajućih površina na radno mjesto.

Na slici 5. [11] prikazane su neke karakteristike radnog mjesta za računalom koje spadaju u domenu hardverske ergonomije.



Slika 5. Preporučeni izgled radnog mjesta [11]

U prvom dijelu poglavlja dana je kategorizacija ergonomije prema autoru Dragutinu Mikšiću i njegovoj knjizi „Uvod u ergonomiju.“ [1] Osim te kategorizacije postoji i kategorizacija prema Međunarodnom udruženju ergonomije, koja dijeli ergonomiju na tri domene specijalizacije:

- fizička ergonomija
- kognitivna ergonomija
- organizacijska ergonomija



### 2.1.3.6. Fizička ergonomija

Takva vrsta ergonomije bavi se ljudskim anatomskim, antropometričkim i biomehaničkim karakteristikama povezanim s fizičkom aktivnošću. Tu spadaju radni položaji, rukovanje materijalom, ponavljajući pokreti, poremećaji mišićno-koštanog sustava uzrokovani radom, raspored radnog mjesta i sigurnost i zdravlje.[1]

Bavljenje tim područjem do izražaja dolazi u medicinskim aspektima, posebice je važno onima koji imaju dijagnosticirane bolesti i poremećaje kao što su sindrom karpalnog tunela i artritis. Naime, ono što nema prevelikog utjecaja na zdravog pojedinca, kod ljudi s tim poremećajima mogu se javiti brojni neugodni osjećaji boli i nemogućnost korištenja danog sredstva. Iz tog razloga bitno je posvetiti pažnju rješavanju takvih problema, a fizička ergonomija definitivno je upotrebljivo područje koje se bavi tim problemima.[3]

### 2.1.3.7. Kognitivna ergonomija

U ovom segmentu primarna briga je postavljena na mentalne procese, kao što su percepcija, pamćenje, rasuđivanje i motorički odziv, jer upravo navedeni procesi imaju veliki utjecaj na interakciju između čovjeka i elemenata sustava.

Ovdje se misli na mentalnu opterećenje, kao i na donošenje odluka i pouzdanost, utjecaj stresa prisutnog kod rada, te utjecaj treninga i obrazovanja za oblikovanje interakcije čovjeka i sustava. Također se u ovom području uzima u obzir interakcija između čovjeka i računala što je isto bitno u današnje vrijeme. [1]

### 2.1.3.8. Organizacijska ergonomija

Organizacijska ergonomija bavi se socio-tehničkim sustavima, uključujući njihove organizacijske strukture, politike i procesi.

Tu spada komunikacija, upravljanje ljudskim resursima, način rada, određivanje radnih vremena i timski rad. Osim toga gleda se i ergonomija zajedništva i zajedničkog rada, te neki novi radni obrasci i načini organiziranja poduzeća, kao što su na primjer virtualne organizacije, rad preko telefona i upravljanje kvalitetom. [1]

Uzevši u obzir dane definicije kategorizacije ergonomije prema Mikšiću i Međunarodnoj udruzi ergonomije mogu se uočiti neki zajednički obrasci ispreplitanja pojedinih pojmova.

Može se vidjeti da koncepcijska ergonomija, velikim dijelom prema svojim danim karakteristikama, opisuje sve tri sistematizacije prema Međunarodnoj udruzi ergonomije, međutim njezino glavno obilježje je da se koristi u samom početku kreiranja nekog sustava, a fizička, kognitivna i organizacijska ergonomija nemaju u svojoj definiciji jasno naglašenu tu karakteristiku.

Također se sličnost vidi u usporedbi kognitivne ergonomije s softverskom i hardverskom ergonomijom. Budući da hardverska ergonomija sagleda činjenice posredne i neposredne okoline uočena je povezanost s mentalnim opterećenjem, jer okolina ima veliki utjecaj na produktivnost i način kako će se odvijati interakcija čovjeka i sustava. Međutim, gledajući karakteristike softverske ergonomije također se vidi važnost izvedbe softverskog sustava jer i to djeluje na kognitivne procese u čovjeku.

U današnje vrijeme softver je veoma bitan u svakom pogledu u poduzećima, jer je upotreba informatičkih sustava veća iz dana u dan, a sustavi se koriste u svrhu planiranja proizvodnje kao i upravljanja resursima i zalihama, te bi se moglo reći da softverska ergonomija ulazi u domenu organizacijske ergonomije.

Iz gore navedenih usporedbi vidljivo je koliko je zapravo ergonomija širok pojam, te je u svakom slučaju potreban interdisciplinarni pogled na tu problematiku. Zato je pred stručnjake i inženjere koji se bave ergonomijom postavljen je veliki zadatak usklađivanja jednog tako širokog područja koje na kraju mora biti svedeno na upotrebljivu razinu.

## 2.2. Logistika

Jednoznačna definicija logistike ne postoji, ali kako bi se поблиže upoznao pojam logistike u nastavku su dane neke od njih.

Prema Vijeću profesionalaca za upravljanje lancem opskrbe<sup>3</sup> logistika je proces planiranja, provedbe i kontrole postupaka za učinkovito i djelotvorno transportiranje i skladištenje robe, uključujući usluge i s time povezane informacije od ishodišne točke do točke potrošnje u svrhu usklađivanja s potrebama kupaca. Prema definiciji uključena su sva ulazna, izlazna, unutarnja i vanjska gibanja.[12]

Međutim, u tom području s obzirom na mjesto nastanka definicije (u Europi ili Sjevernoj Americi) javlja se još i pojam lanac opskrbe. U lancu opskrbe naglasak se stavlja na kretanju materijala kroz više organizacija. Lanac opskrbe sastoji se od niza aktivnosti i organizacija uključenih u kretanje materijala od izvora do krajnjeg korisnika.[13]

Također se smatra da je logistika djelatnost koja se bavi savladavanjem prostora i vremena uz najmanje troškove, a u današnje vrijeme se koristi za označavanje poslovne funkcije i znanstvene discipline koja se bavi koordinacijom svih kretanja materijala, proizvoda i robe u fizičkom, informacijskom i organizacijskom pogledu.[14]

U svom smislu, logistika je integrirajuća funkcija koja koordinira i optimizira sve logističke aktivnosti i integrira ih s ostalim funkcijama, kao što su marketing, prodaja, proizvodnja, financije i informacijske tehnologije.

Etimološki gledajući, ishodišta pojma logistike nalazimo u grčkom i francuskom jeziku. Grčkom riječju *logistikos* označavala se vještina osobe u računanju, a dovodi se i u vezu s *logistima*, činovnicima koji su vodili financije i pripreme za ratove u staroj Ateni. Također joj se korijeni mogu tražiti u riječima *logos*, što znači pojam, razum ili pamet, te *logismos*, koja ima značenje računa ili plaće. Francuske riječi koje su povezane s logistikom su *loger* i *logis*, prva znači stanovati, boraviti ili prebivati, a druga je naziv koji se koristi za stan, kuću ili boravište, a izvedena je iz naziva dočasničkog čina *Marechal de logis*, kojemu je zadaća bila planirati sve administrativne poslove vezane za pomak snaga u francuskoj vojsci u 17. stoljeću.[13] [14]

<sup>3</sup> CSCMP (skrać. Council of Supply Chain Management Professionals ) eng.; prijašnji naziv CLM

### 2.2.1. Povijest logistike

Kao i mnoge druge discipline i znanosti važnost logistike uočena je u mogućnostima boljeg napredovanja u ratovima već od antičkih vremena. Razlozi su bili veoma jednostavni, jer su loše organizirani vojni poduhvati rezultirali velikim gubicima u vidu broja ljudi, a najčešće su uzrok tomu bile ograničene zalihe i resursi koje su mogli ponijeti sa sobom, tako da je upravljanje zalihama i planiranje putova bilo od velike važnosti.

Za primjer se može uzeti Aleksandar Veliki, koji je u svoje vrijeme zajedno sa svojim ocem Filipom Makedonskim, značajno unaprijedio metode nošenja oružja, oklopa i zaliha prilikom marširanja. Radi mobilnosti i veće brzine putovanja pratećih karavani koristio je konje, deve i magarce koji, za razliku od nekih starijih vojnih pohoda kada su se koristili volovi i volovska kola, nisu imali problem s izdržljivošću, te su tako trupe napredovale po 15 milja na dan. Znajući kakva su bila vojna osvajanja Aleksandra Velikog može se reći da su razumijevanje i primjena logistike imali veliki utjecaj pri tome.[15]

Tijekom povijesti znalo se dogoditi da neke naoko dobre ideje vezane uz logistiku, ne donose korist u svim situacijama. Na vlastitoj koži to je osjetio i sam Napoleon prilikom neslavnog poraza u vojnom pohodu na Rusiju. Prilike ranog 19. stoljeća donosile se određene prednosti u odnosu na neka starija vremena, te je u to doba u Europi već postojala solidna cestovna infrastruktura, što je rezultiralo promjenom logističkih metoda u ratovima. Budući da su karavane sa zalihama dosta spore, Napoleon je svojim trupama naredio da čim više žive od hrane koju nađu putem, osim toga izazov je predstavljao rastući broj artiljerijskog oružja koji je bivao sve problematičniji za transport, pa su uštede tražene na načine ne spavanja u šatorima i ne nošenju istih, što je opet donosilo negativne efekte veće prisutnosti oboljenja među vojnicima. Te su metode bile učinkovite u zemljama srednje Europe, ali do kamena spoticanja je došlo prilikom napada na Rusiju, gdje su ceste bile malobrojne, a od zemlje, što zbog klime, a što zbog pustošenja polja od strane ruskih snaga prilikom povlačenja, nije bilo moguće nahraniti 600 000 vojnika. Loša logistička priprema, rezultirala je nedovoljnim i neadekvatnim zalihama hrane te je pokosila Napoleonovu vojsku i spriječila je u osvajanju Rusije.[15]

Međutim, pravi značaj logistike pokazan je u Drugom svjetskom ratu, nakon kojeg počinje transformacija logistike iz vojne u gospodarsku, kao i u znanstvenu domenu. Predvodnici tih promjena bili su bivši vojnici koji su prenosili iskustva vezana uz logistiku iz rata u civilnu upotrebu. [16]

### 2.2.2. Podjela logistike

U literaturi postoje razne podjele logistike, pa je tako potrebno krenuti od početne podjele prema kojoj se logistika dijeli na: [14]

- logistiku kao znanost
- logistiku kao poslovnu funkciju

Logistika kao znanost opisuje skup multidisciplinarnih i interdisciplinarnih znanja koje izučavaju i primjenjuju zakonitosti planiranja, organiziranja, upravljanja i kontroliranja tokova materijala, osoba, energije i informacija u sustavima. Nastojanja su u pronalasku optimizacijskih metoda tih tokova kako bi se ostvario traženi ekonomski efekt.[14]

Logistiku u službi poslovne funkcije nastoji obuhvatiti sve djelatnosti koje su potrebne za pripremu i realizaciju prostorne i vremenske transformacije dobra i znanja. Zapravo srž logistike kao poslovne funkcije je osigurati da određeni materijal, odgovarajuće kvalitete, u potrebnoj količini s pravim informacijama, bude raspoloživ u određenom trenutku, na određenom mjestu, odgovarajućem korisniku s najmanjim, tj. prihvatljivim troškovima. [14] [13]

Prema djelatnostima moguće je podjela na: [13]

- logistika industrije
- logistika trgovine
- logistika usluga (logističko poduzeće)

Logistika se može podijeliti i prema funkcijama unutar poduzeća: [13]

- logistika nabave
- logistika proizvodnje
- logistika distribucije
- logistika otpada
- povratna logistika

Glavne su komponente logistike prikazane u podijeli prema vrsti logističkih aktivnosti, a one glase: [13]

- logistika transporta
- logistika skladištenja
- logistika prekrcaja

- logistika komisioniranja
- logistika pakiranja

Podjela prema vrsti logističkih aktivnosti najbolji je primjer

**Logistika transporta** prema [13] definira se kao „planiranje, izvršavanje, kontrola i upravljanje kretanjem robe i informacija između dvije točke.“ Transport je općenito podijeljen na vanjski i unutarnji, gdje se pod pojmom vanjski misli na transport dobara i usluga od dobavljača prema kupcu, a unutarnji obuhvaća transport materijala unutar poduzeća.

**Logistika skladištenja** definirana je [13] „kao planiranje, izvršavanje, kontrola i upravljanje uskladištenjem robe i s tim povezanih informacija.“

Kao podproces skladištenja, budući da se također obavlja u skladištima, označava se **logistika komisioniranja**, te ona [13] „planira, izvršava, kontrolira i upravlja aktivnostima pripreme robe za raspodjelu proizvodnji ili kupcima.“

**Logistika pakiranja** predstavlja [13] „planiranje, izvršavanje, kontrolu i upravljanje aktivnostima pakiranja.“

Pakiranje se kao logistička aktivnost pojavljuje u poduzećima kod: [13]

- prijema robe (formiranje logističkih jedinica za uskladištenje)
- u proizvodnji (formiranje logističkih jedinica za manipulaciju i unutarnji transport)
- nakon proizvodnje (formiranje logističkih jedinica za uskladištenje)
- u skladištu gotove robe i distribucijskim skladištima (formiranje otpremno-transportnih jedinica)

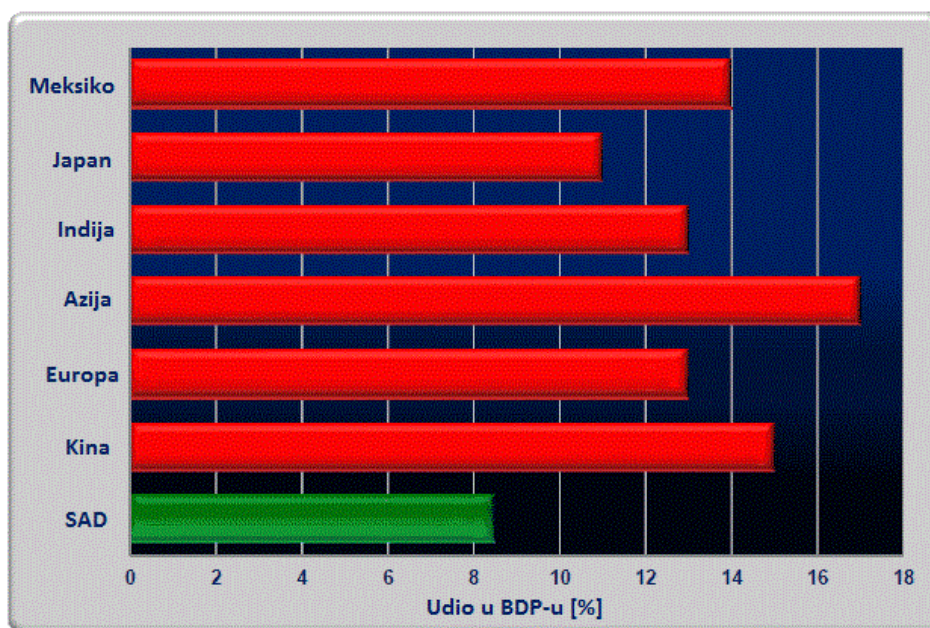
Te sve aktivnosti mogle bi se svrstati u kategoriju rukovanja materijalom. U okviru ovog rada bitno je razjasniti i definirati pojam rukovanja materijalom, te je to u poglavlju 2.2.5. objašnjeno.

### **2.2.3. Značaj logistike u gospodarstvu**

U gospodarskom smislu uvidjelo se da logistika i troškovi vezani za logistiku poprimaju izvjestan udio u BDP-u pojedinih država, te se iz tog razloga iz godine u godinu prate pomaci kako bi se udio troškova logističkih aktivnosti smanjio na najmanju moguću mjeru.

CSCMP na godišnjoj razini izdaje tzv. „State of Logistics<sup>4</sup>“ izvještaj, u kojem su predstavljeni trendovi troškova vezanih za logistiku te kakav je njihov raspored po pojedinim granama logistike.

U izvještaju za 2013. godinu stoji da su troškovi poslovne logistike u SAD-u iznosili 1 390 milijardi USD, što u usporedbi s BDP-om zauzima udio od 8,2 % BDP-a. Primjera radi, 1981. godine troškovi su logistike iznosili čak 15,8 % BDP-a. kako bi se usporedili udjeli u BDP-u SAD-a s ostatkom svijeta, na slici ispod (slika 6) prikazani su njihovi odnosi.



**Slika 6. Udio troškova logistike u BDP-u [18]**

Iz slike se vidi da je SAD predvodnik u svijetu što se tiče logističkih troškova u BDP-u, a sljedeći po učinkovitosti su Japan, Indija i Europa.

Osim gore navedenog izvještaja, proučavanjem logistike u širem smislu bavi se i Svjetska banka, koja je formirala LPI<sup>5</sup>.

LPI je zapravo globalni benchmark indikator svih zemalja svijeta kako bi se usporedbom ključnih područja vezanim za logističku učinkovitost, pružio uvid manje razvijenim zemljama u stanje u razvijenim zemljama, te da im se olakša provedba reformi u tom području.

Šest je ključnih uvjeta za određivanje prosječne ocjene zemlje:

- carina (učinkovitost)
- infrastruktura (kvaliteta luka, željeznica, ceste, informacijske tehnologije)

<sup>4</sup> eng. za „stanje u logistici“

<sup>5</sup> LPI (Logistic Performance Indeks), eng. = Indeks logističkih performansi

- međunarodne isporuke (sposobnost cjenovno konkurentnih isporuka)
- logistička kompetencija (razina znanja i kvaliteta logističkih usluga)
- praćenje pošiljki
- pravovremenost isporuka

U nastavku su prikazani predvodnici svijeta s najvišim LPI-em. (tablica 1)

Tablica 1. LPI rang lista [19]

Država	Godina	LPI rang	LPI rezultat	Carina	Infrastruktura	Međunarodne isporuke	Logistička kompetencija	Praćenje pošiljki	Pravovremenost isporuka
Njemačka	2014	1	4,12	4,1	4,32	3,74	4,12	4,17	4,36
Nizozemska	2014	2	4,05	3,96	4,23	3,64	4,13	4,07	4,34
Belgija	2014	3	4,04	3,8	4,1	3,8	4,11	4,11	4,39
Ujedinjeno kraljevstvo	2014	4	4,01	3,94	4,16	3,63	4,03	4,08	4,33
Singapur	2014	5	4	4,01	4,28	3,7	3,97	3,9	4,25
Švedska	2014	6	3,96	3,75	4,09	3,76	3,98	3,97	4,26
Norveška	2014	7	3,96	4,21	4,19	3,42	4,19	3,5	4,36
Luksemburg	2014	8	3,95	3,82	3,91	3,82	3,78	3,68	4,71
SAD	2014	9	3,92	3,73	4,18	3,45	3,97	4,14	4,14
Japan	2014	10	3,91	3,78	4,16	3,52	3,93	3,95	4,24

U poduzećima se najveći dio logističkih aktivnosti spada u rukovanje materijalom.

#### 2.2.4. Rukovanje materijalom

Rukovanje materijalom u širem smislu obuhvaća područja transportne tehnike, skladišne tehnike i tehnike pakiranja. Međutim, u okviru ovog rada naglasak će biti stavljen na unutrašnji transport, tj. još preciznije, vozila unutrašnjeg transporta.

Unutrašnji je transport, po definiciji, ukupno kretanje materijala, alata, poluproizvoda i proizvoda u tvorničkome krugu, da bi se omogućio proces proizvodnje. U unutrašnji transport spadaju svi postupci kretanja materijala unutar tvorničkog kruga, sve dok se ne dogodi izrada ili skladištenje, a to su:

- utovar
- istovar
- skidanje
- nagomilavanje
- uskladištenje



Važnost transporta u proizvodnom procesu očituje se u sljedećim područjima:

- trajanje ciklusa proizvodnje
- iskorištenje kapaciteta
- iskorištenje prostora
- proizvodnost rada
- troškovi proizvodnje

Cilj je transporta u nekom proizvodnom sustavu ili poduzeću ostvariti tok materijala. Taj se cilj ispunjava prijevozom materijala između sudionika proizvodnog procesa, kao što su:

- mjesto istovara sa sredstva vanjskog transporta sa mjestom privremenog odlaganja ili skladištenja
- skladišta sa proizvodnim pogonom
- unutar proizvodnog pogona
- proizvodne pogone međusobno, uključujući i montažu
- proizvodni pogon sa skladištem
- skladište sa mjestom utovara vanjskog skladišta

Pod tok materijala ubrajaju se tokovi sirovina, poluproizvoda i proizvoda.

Transport se vrši ručnim rukovanjem, kao najprimitivnijim načinom, transportnim sredstvima i dodatnim uređajima. U nastavku ovog poglavlja dan je pregled vozila unutrašnjeg transporta.

### **2.2.5. Vozila unutrašnjeg transporta**

Vozila unutrašnjeg transporta moguće je klasificirati prema više kriterija. Prva klasifikacija koja ima najveću utjecaj na način interakcije između vozila i čovjeka je podjela prema vrsti pogona i ona se dijeli na:

- ručna vozila
- motorna vozila

#### **2.2.5.1. Ručna vozila**

Ručna su vozila najjednostavnija transportna sredstva koja se primjenjuju za prijevoz tereta manjih težina (do 30 kN), na kraće udaljenosti (do 50 m). Osnovna im je značajka, kao što im naziv govori, da koriste ručni pogon. Osnovna im je podjela na:

- vozila opće namjene
- vozila i uređaji posebne namjene

U obje grupe nalaze se sljedeće izvedbe:

- kolica raznih izvedbi
- viličari (za transport i dizanje)
- poličari (za dizanje tereta)
- podni viličari (samo za transport paleta)
- granici
- pneumatska vozila
- ostali uređaji

Od ovih izvedbi pomnije će biti objašnjeni ručni i podni viličari, te poličari.

**Ručni viličari i poličari** koriste se za prijevoz tereta težine do 10 kN i dizanjem tereta do visine od 3,5 metara. Dizanje može biti ručno, elektromotorom ili hidromotorom. Osnovna je razlika između viličara i poličara po načinu zahvata, viličar u zahvat sa materijalom ulazi preko vilica, a poličar platformom. Najčešća im je upotreba u zatvorenim prostorima, npr. skladištima. Na slikama ispod prikazani su ručni viličar s hidrauličnim podizanjem (slika 7), te ručni viličar s podizanjem potpomognutim elektromotorom (slika 8).



Slika 7. Ručni viličar s hidrauličnim podizanjem [52]



Slika 8. Ručni viličar s elektromotornim podizanjem [53]

**Podni viličari** (slika 9) isključivo se koriste za prijevoz paletiziranih materijala, standardnih izvedbi za težine do 30 kN, s minimalnom visinom dizanja koja najčešće iznosi od 100 do 150 mm.



Slika 9. Podni viličar [54]

U današnje vrijeme, osim za namjene u zatvorenim i površinom manjim prostorima, upotreba ručnih vozila nema tako veliki značaj kao upotreba motornih vozila, tj. viličara, te je u nastavku dana njihova klasifikacija

#### 2.2.5.2. *Motorna vozila*

Motorna vozila su takav tip vozila koji za kretanje koriste motorni pogon. Osnovna im je podjela na: [13]

- motorna kolica
- vučna vozila s prikolicama
- razne izvedbe viličara

U ovome je radu fokus stavljen na karakteristike viličara, te će oni u nastavku biti detaljnije obrađeni

### 2.2.6. Viličari

Viličari su jedno od najraširenijih vozila unutrašnjeg transporta zbog fleksibilnosti prijevoza materijala i sposobnosti prevoženja raznih težina tereta. U uobičajenom skladišnom okruženju raspon nosivosti je od 1 tona do 5 tona, a u ekstremnim slučajevima gdje se koriste specijalni viličari, npr. za kontejnere, nosivost može biti i do 50 tona. [21]

O njihovoj popularnosti i potrebi u proizvodnim i skladišnim aktivnostima dovoljno govore brojke iz 2013. godine, gdje je prema podacima WITS<sup>6</sup>-a izdanih u časopisu „Modern materials handling“ 20 najvećih proizvođača viličara širom svijeta ostvarilo prihode od 31,45 milijarde USD, s prodanih 1 009 777 jedinica. (Tablica 2) [22]

Tablica 2. Top 20 proizvođača viličara [22]

Rang 2013.	Kompanija	Rang 2012.	Prihodi 2012. (milijuni)	Prihodi 2013. (milijuni)	Brendovi prisutni u Sjevernoj Americi
1	Toyota Industries Corp.	1	\$6,877	\$7,706	Toyota, Raymond
2	KION Group	2	\$6,250	\$6,111	Linde
3	Jungheinrich AG	3	\$2,995	\$3,158	Sold in NA by Mitsubishi Nichiyu
4	Hyster-Yale Materials Handling	4	\$2,469	\$2,666	Hyster, Yale
5	Crown Equipment Corp.	5	\$2,200	\$2,400	Crown, Hamech
6	Mitsubishi Nichiyu Forklift Co.	N/A	\$2,317	\$1,956	Mitsubishi, CAT, Jungheinrich (NA only)
7	UniCarriers Americas Corp.	6	\$1,900	\$1,689	Nissan, TCM, Barrett, Atlet, UniCarriers
8	Anhui Forklift Truck Group Corp.	9	\$976	\$1,089	Heli
9	Hangcha Group Co.	11	\$845	\$998	HC, Hangcha
10	Komatsu Ltd.	7	\$1,400	\$900	Komatsu
11	Clark Material Handling International	12	\$681	\$708	Clark
12	Doosan Industrial Vehicle	13	\$650**	\$707	Doosan
13	Hyundai Heavy Industries	14	\$453	\$477	Hyundai
14	Lonking Forklift Co.	N/A	\$157	\$198	Lonking
15	Tailift	15	\$166**	\$181	Tailift, World-Lift
16	Combilift	16	\$144	\$170	Combilift
17	Hubtex	17	\$99**	\$108	Hubtex
18	Hytsu	18	\$75**	\$82	Hytsu
19	Godrej & Boyce Manufacturing	19	\$70**	\$76	Not available in North America
20	Palettrans Equipment	20	\$63**	\$69	Palettrans

Nadalje na tablici 3, prikazana je raspodjela upotrebe viličara u određenim granama industrije prema podacima FEM<sup>7</sup>-a, provedena u Francuskoj, Njemačkoj i Velikoj Britaniji.

<sup>6</sup> WITS (skrać. The Worldwide Industrial Truck Statistics), eng.= svjetska statistika viličara

<sup>7</sup> FEM (skrać. European Federation of Materials Handling), eng.= europska federacija za rukovanje materijalom

Tablica 3. Raspodjela upotrebe viličara u raznim granama industrije [24]

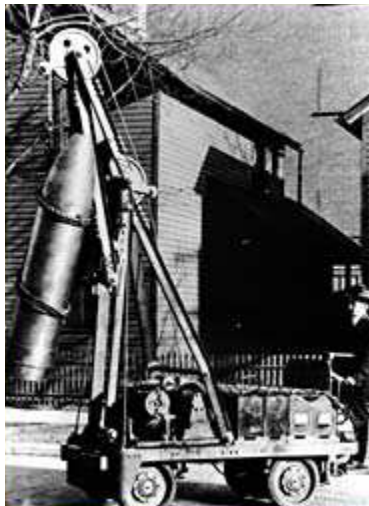
Grana industrije	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Transport i logistika	15%	16%	16%	15%	17%	19%
Trgovina hranom i pićima	15%	18%	18%	13%	16%	16%
Ostale trgovinske industrije	20%	19%	19%	18%	18%	17%
Uslužna	11%	9%	7%	10%	8%	9%
Prehrambena	7%	9%	8%	9%	8%	8%
Proizvodnja i prerada metala	6%	4%	5%	6%	6%	5%
Kemijska	6%	6%	6%	7%	6%	6%
Strojarska i električna	6%	5%	6%	5%	5%	5%
Auto i transportna industrija	4%	3%	3%	5%	4%	4%
Ostale proizvodne industrije	11%	11%	12%	12%	12%	10%

Iz tih podataka vidljivo je da je u najvećem dijelu upotreba viličara najviše zastupljena u distribuciji i trgovinskim djelatnostima, dok su u proizvodnim granama oni zastupljeni u manjoj mjeri, što bi se moglo pripisati tome što su u njima koriste neki drugi oblici rukovanja materijalom kao što su to sredstva neprekidnog toka materijala.

#### 2.2.6.1. Povijest

Viličari su se krajem 19. stoljeća razvili na temelju dizalica. Te dizalice su u osnovi bile vitla, međutim na samoj prekretnici između 19. i 20. stoljeća, te su se dizalice počele montirati na vozeće drvene platforme, koje su se kasnije počele opremiti električnim motorima.

U Prvom svjetskom ratu njihova je upotreba bila za prijevoz bombi zahvaljujući električnom podiznom mehanizmu, te se taj viličar, proizvođača „The Baker Rauch & Lang Company“ (slika 10), smatra prvim električnim viličarom, iako nije u punom smislu riječi viličar jer nije imao vilice. Budući da su imali jednostavnu konstrukciju, nisu čak ni imali hidraulično podizanje, ali unatoč ograničenjima u nosivosti, imali su veliki značaj u olakšavanju posla i učinkovitijem obavljanju radnih zadataka utovara i istovara tereta.



Slika 10. Prvi električni viličar [23]

Prvi pravi uspon tržišta i industrije viličara počinje tijekom Drugog svjetskog rata, kada je došlo do povećanih zahtjeva za rukovanje zalihama hrane i oružja, npr. jedna je tvrtka u 1939. isporučila 500 jedinica, a kroz godine rata taj se broj popeo na 23 500 viličara.

Krajem 50-ih i kroz 60-e godine 20. stoljeća radi sigurnosti operatera viličara, proizvođači su počeli nuditi verzije s zaštitnim kavezom i sjedalima s naslonima, što se može smatrati prvom primjenom osnovnih načela ergonomskog oblikovanja viličara.

Osim napretka u ergonomskom i sigurnosnom vidu, napredak kroz godine razvoja vidljiv je i kroz brigu za okoliš i smanjenje emisije štetnih plinova. Iz tih razloga razvoj pogonske tehnike ne staje, pa se osim električnih pogona, komprimiranog prirodnog plina i propana, u 2000-ima razvijaju i vodikove gorive ćelije za pogon viličara. [23] [27]

#### 2.2.6.2. Klasifikacija viličara

Postoji više klasifikacija viličara prema raznim izvorima.

Prema [20] viličari mogu biti klasificirani prema više kriterija:

- prema vrsti pogona:
  - elektroviličari
  - viličari s toplinskim motorom
- prema položaju težišta tereta u odnosu na vozilo:
  - viličari s težištem izvan tlocrta kotača
  - viličari s težištem unutar tlocrta kotača
- prema pristupu vilice teretu:

- čeonni viličari
- bočni viličari
- viličar s zakretnim vilicama
- četverosmjerni viličar
- viličar s teleskopskim vilicama
- prema broju kotača:
  - viličari s tri kotača
  - viličari s četiri ili više kotača
- prema mjestu vozača:
  - viličari, kojima vozač upravlja hodajući uz vozilo
  - viličari, kojima vozač upravlja stojeći na vozilu
  - viličari, kojima se upravlja u sjedećem položaju (u smjeru ili poprečno na kretanje)

Udruga proizvođača viličara ITA<sup>8</sup>, podijelila je viličare u sedam osnovnih klasa, uzevši u obzir vrstu pogona i njihovu namjenu, te njihova klasifikacija [26] glasi:

- klasa I (viličari na električni pogon, kojima se upravlja u sjedećem ili stojećem položaju)
- klasa II (uskoprolazni viličari na električni pogon)
- klasa III (viličari na električni pogon, kojima vozač upravlja hodajući uz vozilo ili stojeći na vozilu)
- klasa IV (viličari s motorom sa unutarnjim sagorijevanjem, s CUSHION?? kotačima)
- klasa V (viličari s motorom sa unutarnjim sagorijevanjem, sa pneumaticima)
- klasa VI (vučna vozila s električnim motorom ili motorom s unutarnjim sagorijevanjem)
- klasa VII (viličari za teške terene)

U nastavku će biti prikazani i opisani pojedini predstavnici određenih klasa prema ITA klasifikaciji.

#### 2.2.6.2.1. Klasa I

Klasu I viličara predstavljaju viličari na električni pogon koji su opremljeni, ili punim gumama ili pneumatskim gumama, a operater na njemu sjedi ili stoji. Broj kotača može varirati od 3 do 4. Takva je vrsta viličara svestrana i njihova je upotreba moguća pri utovarima i istovarima, kao i u skladištu. Zahtjev za njihovom primjenom postavlja se u uvjetima gdje je potrebna dobra

<sup>8</sup> ITA (skrać. Industrial Truck Association), eng.= Udruga viličara

kvaliteta okolišnog zraka na mjestima kao što su zatvorena skladišta i zatvorena postrojenja industrijskih poduzeća. [28]

Njihova podjela unutar klase prikazana je na slici 11.



Slika 11. Predstavnici viličara klase I

Prema oznakama na slici 11, toj klasi pripadaju: [26] [29]

- A. čeonu viličar, kojim se upravlja stojeći na vozilu
- B. čeonu viličar s 3 kotača, kojim se upravlja sjedeći na vozilu
- C. čeonu viličar s *cushion* kotačima, kojim se upravlja sjedeći na vozilu
- D. čeonu viličar s pneumatskim kotačima, kojim se upravlja sjedeći na vozilu



2.2.6.2.2. Klasa II

Ovoj klasi (slika 12) pripada kategorija uskoprolaznih električnih viličara. Njihova upotreba posebice je pogodna u situacijama gdje se traži vrlo visoka iskorištenost skladišne površine, te se zahvaljujući njihovoj upotrebi ostvaruju veće brzine rukovanja materijalom i bolja efikasnost. [28]



Slika 12. Viličari klase II

Kao što je označeno na slici 12, prikazane vrste viličara su redom: [26] [29]

- A.** visokopodizni viličar s proširenim tragom prednjih kotača, kojim se upravlja stojeći ili sjedeći na vozilu
- B.** komisioner
- C.** regalni viličar s pomičnim stupom
- D.** regalni viličar s dohvatnim vilicama
- E.** bočni viličar
- F.** visokoregalni viličar komisioner
- G.** visokoregalni viličar sa zakretnim vilicama
- H.** viličar sa zakretnim jarbolom
- I.** niskopodizni viličar, kojim se upravlja stojeći na njemu (paletni ili platforma)

#### 2.2.6.2.3. Klasa III

Viličari klase III su električno pogonjeni ručni viličari koji su najčešće upravljani hodajući uz vozilo, ali postoje i varijante kojima se upravlja stojeći na njima. Sve su kontrole potrebne za upravljanje viličarom montirane na upravljačku polugu, koja se okreće lijevo ili desno, ovisno o željenom pravcu kretanja. Takva vrsta viličara koristi baterije manjeg kapaciteta za napajanje, budući da ne služe za prijevoz materijala na veće udaljenosti. [28]

Na slici ispod (slika 13) prikazane su vrste viličara u toj klasi: [26] [29]

- A.** niskopodizni viličar komisioner kojim se upravlja hodajući uz njega
- B.** traktor
- C.** niskopodizni viličar komisioner kojim se upravlja stojeći na njemu u sredini
- D.** regalni viličar dvostruke dubine kojim se upravlja hodajući uz njega
- E.** viskopodizni viličar komisioner s proširenim tragom prednjih kotača kojim se upravlja hodajući uz njega
- F.** paletni viličar s nemogućnošću proširivanja vilica
- G.** čeonni viskopodizni viličar kojim se upravlja hodajući uz njega
- H.** niskopodizni, kombinirano hodajući/stojeći upravljani, viličar komisioner



Slika 13. Pregled viličara klase III

## 2.2.6.2.4. Klasa IV

Pod tu klasu spadaju viličari koji za pogon koriste motor s unutrašnjim sagorijevanjem, a još je bitno spomenuti da na kotačima koriste tzv. *cushion*, bandažne gume (slika 14) koje su pogodne za primjenu na glatkim i suhim površinama u skladištima ili pogonima. Takva vrsta guma omogućuje im nižu ukupnu visinu vozila, tako da se mogu koristiti i u nižim prostorima. [28]



Slika 14. Bandažna (*cushion*) guma za viličare [55]

Na slici ispod (slika 16) prikazan je čeonu viličar s bandažnim gumama, koji kao pogon koristi motor sa unutarnjim sagorijevanjem.



Slika 15. Viličar klase IV [56]

## 2.2.6.2.5. Klasa V

Ovaj je tip viličara najčešće u primjeni u skladištima, zbog toga što je zbog njegovih karakteristika moguća primjena moguća u zatvorenim i otvorenim prostorima za gotovo svaki tip primjene. Njihov raspon nosivosti veliki je, pa tako postoje viličari te kategorije koji se koriste za jedinične paletne terete, ali postoje i specijalne varijante koje mogu rukovati i kontejnerima (slika 17). Za pogon koriste motore sa unutarnjim sagorijevanjem, kao i prethodna klasa IV, te oni mogu biti dizelski, benzinski, te pokretani propanom i komprimiranim prirodnim plinom.



Slika 16. Kontejneri za prijevoz tereta [57]

U tu klasu spadaju: [29]

- A. čeonni viličari sa motorom s unutarnjim sagorijevanjem, sa pneumaticima
- B. bočni viličar s motorom sa unutarnjim sagorijevanjem
- C. viličar za rukovanje praznim kontejnerima
- D. viličar za rukovanje punim kontejnerima
- E. viličar za naslagivanje kontejnera

Na slici na sljedećoj stranici prikazani su primjeri kategorizacije viličara klase V. (slika 17)





**A**



**B**



**C**



**D**



**E**

**Slika 17. Kategorizacija viličara klase V**

## 2.2.6.2.6. Klasa VI

U ovu kategoriju spadaju traktori (slika 18). Ukoliko se koriste u zatvorenim prostorima imaju električne motore, a ako su za vanjsku upotrebu mogu imati motor sa unutarnjim sagorijevanjem. Kako bi zadovoljili kriterije ove kategorije, moraju biti u stanju vući terete teže od 450 kg. [26] [28]



Slika 18. Traktori za vuču i transport klase VI

## 2.2.6.2.7. Klasa VII

U toj kategoriji nalaze se viličari namijenjeni za teško pristupačne terene. Karakteristični su im veliki kotači s gumama sposobnim za savladavanje teških terena. Najčešće se koriste na gradilištima za transport i dizanje građevinskih materijala, ali česta im je primjena i u drvnjoj industriji i na lokacijama za recikliranje auto otpada.

Podjela unutar klase glasi: [26] [29]

- A. viličari s vertikalnim jarbolom
- B. viličari s teleskopskim vilicama

Slikovni prikaz dan je na slici 19.



**A**



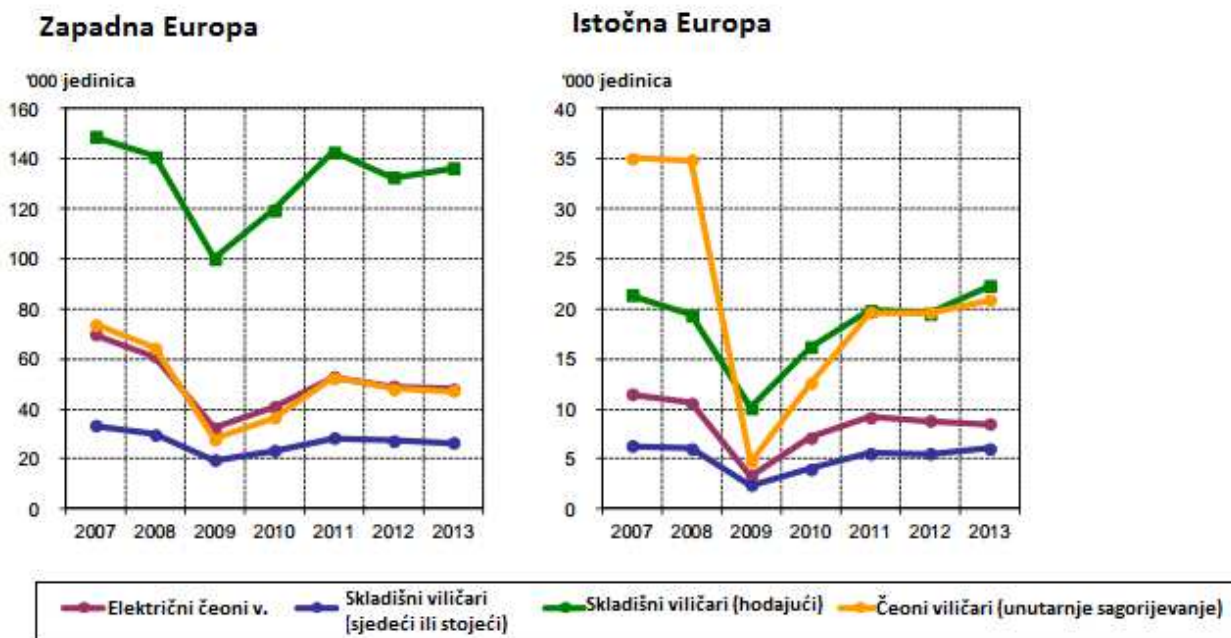
**B**

**Slika 19. Viličari klase VII**



2.2.6.3. Trendovi tržišta viličara na europskom tržištu

Kako bi se razjasnili udjeli pojedinih tipova i vrsta viličara prisutnih na tržištu zapadne i istočne Europe, u FEM-u je napravljen graf [24] koji oslikava to stanje te je on prikazan na slici 20.



Slika 20. Razvoj tržišta viličara u Europi (broj narudžbi) [24]

Iz priloženog grafa vidi se da zemlje zapadne Europe prednjače u narudžbama svih vrsta viličara, što se može pripisati većoj industrijskoj proizvodnji i većem udjelu tercijarnog sektora u gospodarstvu, jer je upotreba skladišnih viličara vrlo visoka. Ali osim što broj naručenih jedinica veći, također se vidi da je udio čeonih viličara s električnim motorom i motorom s unutarnjim sagorijevanjem gotovo jednak u zapadnoj Europi, dok u zemljama istočne Europe<sup>9</sup> to nije slučaj. Taj primjer govori koliko se u zapadnim zemljama više ulaže u okolišu prihvatljivija rješenja, čemu bi se trebalo težiti u budućnosti, međutim čini se da istočne zemlje nisu u mogućnosti pratiti te trendove.

<sup>9</sup> države koje spadaju u tu kategoriju: AL, ARM, AZE, BY, BA, BG, HR, CZ, EST, GEO, H, KZ, KGZ, LV, LT, MK, MD, PL, RO, RUS, SK, SLO, TD, TMN, UA, UZ, MNE, SRB, od 2011. bez KZ, KGZ, TD, TMN, UZ.

### 2.3. Značaj ergonomije u logistici

U današnje vrijeme ergonomija i logistika dva su pojma koji sažeti u cjelinu daju tražene rezultate efikasnijeg i efektivnijeg rukovanja materijalom. Razloga koji idu u prilog primjene u logistici ima više.

Prvi razlog sigurno je smanjenje ozljeda na radu uzrokovanih zbog loše konstrukcijskog dizajna ergonomske opreme.

Prema podacima američkog Ureda za statistiku rada (BLS) [30] udio mišićno-koštanih bolesti i ozljeda u cjelokupnom privatnom sektoru iznosio je 33,5 slučaja na 10 000 radnika. Od toga u proizvodnji dobara, gdje spadaju poljoprivreda, šumarska industrija, ribarstvo i lovna industrija, broj slučaja mišićno-koštanih bolesti i ozljeda na 10 000 radnika ostvaruje maksimum od 41,9 i 41,5 slučaja. Međutim, u uslužnom sektoru, još preciznije u transportu i skladištenju, stopa mišićno-koštanih bolesti i ozljeda penje se na 80,3 slučaja na 10 000 radnika (slika 21).



Slika 21. Stopa slučaja mišićno-koštanih ozljeda za navedene industrije privatnog sektora, 2013 [30]

Gledajući stope ozljeda u cjelokupnom privatnom sektoru i u dijelu transporta i skladištenja, vidljivo je da je ona više nego dvostruko viša u dijelu transporta i skladištenja, te se može zaključiti da u tom dijelu svakako ima mjesta za napredak u ergonomske smislu, budući da je takav tip ozljede povezan s dodiranjem čovjeka i opreme za rad i prilikom dizanja ili spuštanja tereta, što je vidljivo prema stopama ozljeda za tu vrstu industrije u privatnom sektoru iz tablice 4 prema podacima iz [30], gdje je zbog kontakta s objektom učestalost ozljede na 10 000 radnika 43,9 slučajeva, a pretjerani napor prilikom dizanja i spuštanja 29,7 slučaja na 10 000 radnika.

Tablica 4. Broj dana izostanaka s posla i njihov medijan, zbog ozljeda ili bolesti uzrokovanih navedenim razlozima prema stopi učestalosti na 10 000 radnika [30]

Transport i skladištenje		
	Ukupan broj dana izostanaka s posla	87 190
	Medijan dana izostanaka s posla	19
	Mišićno-koštane ozljede (stopa)	80,3
	Ukupna stopa ozljeda (bez smrtnog ishoda)	215,3
Razlog ozljede ili bolesti (stopa)	Kontakt s objektom	43,9
	Pad na nižu razinu	12,1
	Pad na istoj razini	28,3
	Poskliznuće i spoticanje bez pada	10,2
	Pretjerani napor prilikom dizanja/spuštanja	29,7
	Repetitivne radnje i kretanje	3,4
	Izloženost štetnoj atmosferi i tvarima	5
	Nesreće prilikom transporta	23,6
	Požari i eksplozije	0,3
	Nasilje i ozljede uzrokovane drugim osobama ili životinjama	2,1

Drugi razlog svakako predstavlja sve starije radno sposobno stanovništvo u razvijenijim zemljama, te su ergonomski oblikovani alati i oprema način kojima poduzeća mogu zadržati, a u nekim situacijama čak i privući tu demografsku skupinu. [31]

Međutim, važnost ergonomije u logistici nije samo u olakšavanju fizičkih napora zaposlenika. Naglasak je stavljen i na povećanju produktivnosti, tj. stvaranje lako slijedljivih i logičnih radnih koraka u okruženju koje iziskuje male napore. Tako su u tvrtci „SSI-Schäfer“ razvili princip „ergonomics@work!“ koji se vodi prema tri principa koji kombinirani moraju povećati kvalitetu logističkih aktivnosti, te oni glase: [32]

- smanjenje fizičkog opterećenja radnika i time se umanje pogreške uzrokovane umorom
- jednostavni i jasno strukturirani procesi koji smanjuju mogućnost pojave grešaka već od samog početka
- inteligentna radna mjesta koja uviđaju greške prije nego proces završi

Direktni je rezultat takvih ergonomskih nastojanja u skladišnom okruženju fleksibilniji proces skladištenja, te manja kompleksnost procesa vezanih uz komisioniranje u vidu većeg protoka narudžbi i manjeg broja grešaka što dobro utječe na rezultate poslovanja poduzeća.

Značaj ergonomije u logističkim djelatnostima vidljiv je i na djelovanju „Udruženja industrije za upravljanje lancima opskrbe (MHI)“, tj. vijeća unutar te organizacije, nazvano EASE<sup>10</sup>, koje predstavlja izvor trendova, informacija, praksi, opreme i organizacija koji su usmjereni na ergonomiju i unaprjeđenje radne interakcije između ljudi i materijala koje je potrebno prenositi s ciljem smanjenja ozljeda i povećanja produktivnosti uz značajni povrat investicijskih sredstava.[32]

Ergonomska oprema, prema [32], koja pridonosi povećanju sigurnosti i smanjuje zdravstvene rizike u blizini mehaničke opreme može biti:

- podesiva radna platforma
- balanser
- manipulator
- nagibini držač spremnika
- podizni stol
- paletni inverter
- vakuumski pomoćni uređaj
- kolica
- dizalica
- inteligentni pomoćni uređaj
- viličar

EASE-ov cilj je stvoriti osjećaj svjesnosti radnika na pravilno korištenje ergonomske opreme prilikom rukovanja materijalom, te staviti naglasak na važnost ergonomskih, sigurnosnih i zdravstvenih utjecaja i trendova koji utječu na performanse ljudskog rada.

Dobri primjeri značaja ergonomije u logistici vidljivi su trendovima i razvoju ergonomskih značajki viličara, te je u sljedećem poglavlju dan kratak pregled modernih ergonomskih rješenja vodećih proizvođača viličara, te trendovi vezani uz područje ergonomske oblikovanja viličara.

---

<sup>10</sup> skraćeno od „Ergonomic Assist Systems and Equipment“ (eng.) = Ergonomski sustavi pomoći i oprema

### 3. Ergonomska rješenja proizvođača viličara u primjeni

Viličari su od svog nastanka uvelike napredovali od svojih početnih izvedbi, te su njihove ergonomske značajke uvelike olakšale rad njihovim operaterima. Vodeći proizvođači viličara uvidjeli su prednosti ergonomskeg razvoja svojih proizvoda, što je vidljivo iz trenutnih trendova na tom polju.

Prvo je potrebno identificirati koji su ključni problemi svakog vozača, tj. operatera viličara.

Većina operatera viličara najviši udio radnog vremena provede u sjedećem položaju s konstantnim okretanjem tijela prema smjeru vožnje viličara, a iz prakse je poznato da se viličari gotovo 50% vremena vožnje voze unatrag (slika 22), jer im je vidljivost naprijed, zbog tereta, smanjena. Rezultat takvih uvjeta su lagana bol i ukrućenost mišića, te se pred proizvođače stavlja zadatak rješavanja tih problema kako bi operateri viličara bili jednako produktivni na početku, kao i na kraju radnog dana. Uz napredak tehnologije, mnogo je problema koji su pogađali operatere riješeno, međutim, još uvijek se traže poboljšanja na tom polju, posebice kod boli u donjem dijelu leđa, koja još uvijek predstavlja problem. [33] [34]



Slika 22. Zakrenuti položaj tijela prilikom vožnje unatrag [58]

Mišićno-koštani bolovi ozljede rezultat su neprikladnog položaja tijela, vibracija i trzanja vozila. Najčešći tip takvih ozljeda rezultira bolovima, neugodnostima u vratu, ramenima, gornjem dijelu leđa i u podlakticama, kao i smanjenim opsegom njihovog kretanja. Moguće su i lagane trzajne ozljede vrata zbog konstantnih ubrzavanja i usporenja viličara. Posljedice osim bolova mogu dovesti i do nesposobnosti za obavljanje rada. [33]

Kako bi se došlo do rješenja tih poteškoća, potrebno je djelovanje proizvođača viličara, ali i samih poduzeća u kojima se rad izvršava pomoću viličara, jer se često događa da su uvjeti u nekom skladištu ili pogonu loši, a može se dogoditi i da sami operateri viličara dovoljno ne brinu o mogućim posljedicama svojih navika prilikom upravljanja viličarima.

Načini na koje operateri i poduzeća mogu smanjiti rizike ozljeda jesu: [30]

- zahtjev za sporijom vožnjom
- vježbe istezanja tijela
- edukacija o pravilnom položaju tijela
- popravak i prilagodba voznih površina
- zamjena dotrajalih sjedala

Iako se na prvi pogled čini da sporija vožnja ima posljedicu manje produktivnosti, brza vožnja rezultira većom izloženosti vibracijama i trešnji viličara, te na taj način umara operatera. Zbog malog opsega kretnji vozačima se preporuča uzeti kratke stanke, prilikom kojih je potrebno napraviti kratke vježbe istezanja vrata, ruku i ramena u trajanju od bar 30 sekundi.

Pod edukacijom o pravilnom položaju tijela, smatra se razumijevanje i primjena, tzv. provjere u 5 točaka, koje glase: [33] (slika 23)

- maknuti novčanik iz zadnjeg džepa (manje neugodnosti u leđima)
- prilikom sjedanja na sjedalo, potrebno se je nagnuti prema naprijed i zabaciti kukove do naslona sjedala, pritom pozicionirajući kralješnicu u oblik trostruke krivulje
- pomaknuti sjedalo tako da noge imaju udobno uporište, a volan i kontrolne pedale su unutar dohvata
- naslon mora biti lagano nakošen prema natrag
- osigurati korištenje sigurnosnog pojasa na viličaru



Slika 23. Pravilan položaj za upravljanje viličarom [59]

U svrhu ovog rada ergonomska rješenja podijeljena su prema načinu interakcije čovjeka i viličara uz obzir razine ergonomskog utjecaja na tijelo vozača i ostalih faktora koji doprinose ergonomiji.

Prema tim uvjetima podjela će biti izvršena na :

1. Direktna interakcija čovjeka s upravljačkim kontrolama i njihove izvedbe
2. Izvedba kabine
3. Sigurnosna rješenja na viličarima s utjecajem na ergonomiju
4. Indirektni utjecaj okoline i uz to vezana rješenja

### 3.1. Direktna interakcija čovjeka s upravljačkim kontrolama i njihove izvedbe

Pod direktnom interakcijom smatraju se svi dijelovi unutrašnjosti s kojima vozač ili operater viličara ima izravan tjelesni kontakt.

Dijelovi unutrašnjosti s kojima vozač ima kontakt su:

- sjedalo
- upravljačke kontrole za promjene smjera viličara
- upravljačke kontrole za manipulaciju tereta

#### Sjedalo

Jedan od važnijih aspekata koji imaju veliki utjecaj na kvalitetu vožnje svakako je sjedalo na viličaru, osim što su sjedala na viličarima predmet proučavanja i razvoja od strane proizvođača viličara, također su i odgovornost poduzeća koja koriste viličare. Naime, stara i dotrajala sjedala, koja više ne pružaju dovoljan stupanj komfora, zaštite od vibracija i potpore tijelu vozača, potrebno je zamijeniti novima.

Tipični su zahtjevi na sjedalo viličara (slika 24): [33]

- zaštita nogu, glave, ramena i vrata prilikom prevrtanja
- zakretno postolje sjedala (povećana vidljivost u svim smjerovima uz manje zakretanje tijela)
- nasloni za ruke radi smanjenja napora
- sjedala sa suspenzijom, s mogućnošću podešavanja tvrdoće s obzirom na masu vozača



Slika 24. Ergonomsko sjedalo viličara [33]





Slika 25. Moguće varijante sjedala (Still) [60]

Važnost sjedala također je ispitana i u istraživačkim radovima. Jedno od tih istraživanja detaljnije je opisano u poglavlju 4.1., a doneseni zaključci mogu se primijeniti kod načina na koje je sjedalo oblikovano, tj. preferiranih tipova podešavanja sjedala.

Sjedalo je također predmet istraživanja u poglavlju 4.3. U tom istraživanju proučavane su i mjerene blagodati uvođenja zakretnog sjedala pod kutom od  $17^\circ$  zbog olakšavanja vožnje unatrag.

Primjena zakretnog sjedala moguća je na viličarima manjih nosivosti, kao što je prikazano na slici 26, te se pokazuje kao dobra varijanta za olakšavanje posla vozačima viličara.[40]



Slika 26. Linde 393 viličar sa zakretnim sjedalom [40]

Sjedalo se zakreće za  $17^\circ$  zajedno s rukonaslonom na kojemu se nalazi konzola za upravljanje teretom. Zahvaljujući primjeni tog rješenja smanjeno je opterećenje na tijelo vozača prilikom vožnje unatrag u odnosu na nepomično sjedalo, gledajući varijantu viličara sa dvije pedale (kao na slici 26), rotacija kralješnice smanjuje se za  $37^\circ$ , a vidno polje je prema istraživanju, šire za  $12^\circ$  prilikom vožnje unatrag.

Na viličarima Linde H20 do Linde H80, pokretanih motorom sa unutarnjim sagorijevanjem postoji također mogućnost okretanja cijelog kokpita zajedno sa volanom i pedalama za  $90^\circ$  (slika 27). Razlozi su isti kao i u prije navedenim verziji zakretanja sjedala, veći rizik od ozljede i trajnog oštećenja kralješnice prilikom izloženosti vibracijama u položaju kad je gornji dio tijela zakrenut u smjeru vožnje unatrag. [41]



Slika 27. Viličar sa zakretnim sjedalom za 90°, koje se zakreće zajedno s volanom i upravljačkim kontrolama tereta [41]

### Upravljačke kontrole za promjene smjera viličara

Kad se spomenu upravljačke kontrole za promjenu smjera viličara, misli se na upravljanje viličarom lijevo ili desno, te, naprijed i nazad.

Točnije, misli se na:

- volan
- papučice gasa i kočnice

Kako bi se postigao ergonomski neutralniji položaj za volanom, poželjno je da on ima određena podešavanja. Moguća su podešavanja stupa volana naprijed-nazad (slika 28) i podešavanje gore-dolje (slika 29).



Slika 28. Podešavanje volana naprijed-nazad [61]



Slika 29. Podešavanje volana gore-dolje [62]

Još jedan od načina podešavanja prisutan je na Toyotinom viličaru komisioneru, „E-man“, gdje se volan može pomicati, prema preferencijama vozača, na lijevu ili desnu stranu.

„E-man“ upravljanje omogućava logično i jednostavno sučelje između operatera i viličara. Upravljanje se vrši naginjanjem upravljača u lijevu ili desnu stranu i tu operaciju je moguće izvršiti pomoću jedne ruke, što omogućava držanje liste za narudžbu ili skenera drugom rukom prilikom komisioniranja. Vožnja jednom rukom također omogućuje jednostavnije upravljanje s manje naprežanja i boljom vidljivošću prilikom vožnje unatrag. [44]

Ukoliko operater upravlja viličarom hodajući kraj vozila ili je prostor u kojem se kreće ograničen, upravljač je moguće pozicionirati u krajnji desni ili krajnji lijevi položaj (slika 30). Brzina kretanja, ukoliko se operater ne nalazi na platformi za vožnju, ograničena je na 6 km/h, ali moguće je programirati i niže brzine. [44]

Opcija „E-man“ dostupna je na modelima BT Optio komisionera. (Slika 31)





**Slika 30. E-man upravljanje**



**Slika 31. BT Optio serija komisionera**

Zanimljivo rješenje kod izvedbe papučica gasa i kočnice dolazi iz Lindea. U istraživanju u poglavlju 4.3. navedene su izvedbe papučica koje koriste na svojim viličarima. Zanimljivost je da se u slučaju postojanja dviju papučica, jedna koristi za kontrolu vožnje naprijed, gdje pritisnuta papučica pokreće viličar prema naprijed, a otpuštena ga automatski koči, a druga papučica ima svrhu kontrole vožnje unatrag.

## Upravljačke kontrole za manipulaciju tereta

S ergonomskog stajališta napuštaju se izvedbe mehanički upravljanih hidrauličkih ventila, jer uzrokuju nepovoljniji položaj prilikom vožnje unatrag (poglavlje 4.3.).

Sve češća su rješenja gdje su kontrole za manipulaciju tereta smještene na samom rukonaslonu viličara, te su njihove izvedbe „joystick“ ili tipke. Prednost takvih izvedbi su mala odstupanja od položaja ruke prilikom vožnje prema natrag od onog prema naprijed i brže rukovanje teretom.

Moguća rješenja prikazana su na slikama ispod.



Slika 32. Izvedbe elektroničkog upravljanja raznih proizvođača



Slika 33. „Joystick“ rješenje - Linde

### 3.2. Izvedba kabine

Izvedba kabine ima veliki utjecaj na vidljivost iz viličara. Raznim izvedbama kabine moguće je smanjiti naprezanja koja se javljaju zbog zakretanja gornjeg dijela tijela ili zbog gledanja u visinu prilikom visokoregalnog rada.

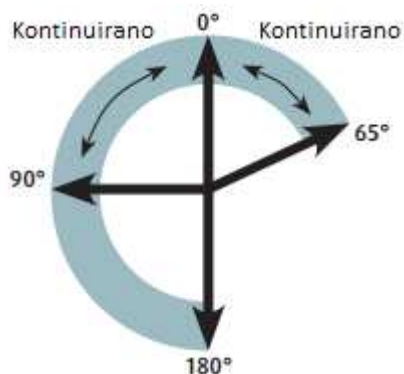
Prema istraživanju „Raymond Corporationa“ (poglavlje 4.2.) u kojem je zaključeno da se prilikom regalnog rada viličara 39% kretanja odnosi na kretanje naprijed, a otprilike 9% kretanja prema natrag, uz još dodatnih 24% aktivnosti usmjerenih prema natrag, rješenje koje može doprinijeti ugodnijem radu vozača viličara svakako je rotirajuća kabina.

Linde u suradnji s Neumeier GmbH ugrađuje rotirajuću kabinu na modele viličara nosivosti od 10 do 18 tona, tj. modele od H100 do H180 (H120 na slici 34). Ugradnja je moguća na nove viličare, a moguća je i naknadna ugradnja. [39]



Slika 34. Viličar sa rotirajućom kabinom, Linde H120 [39]

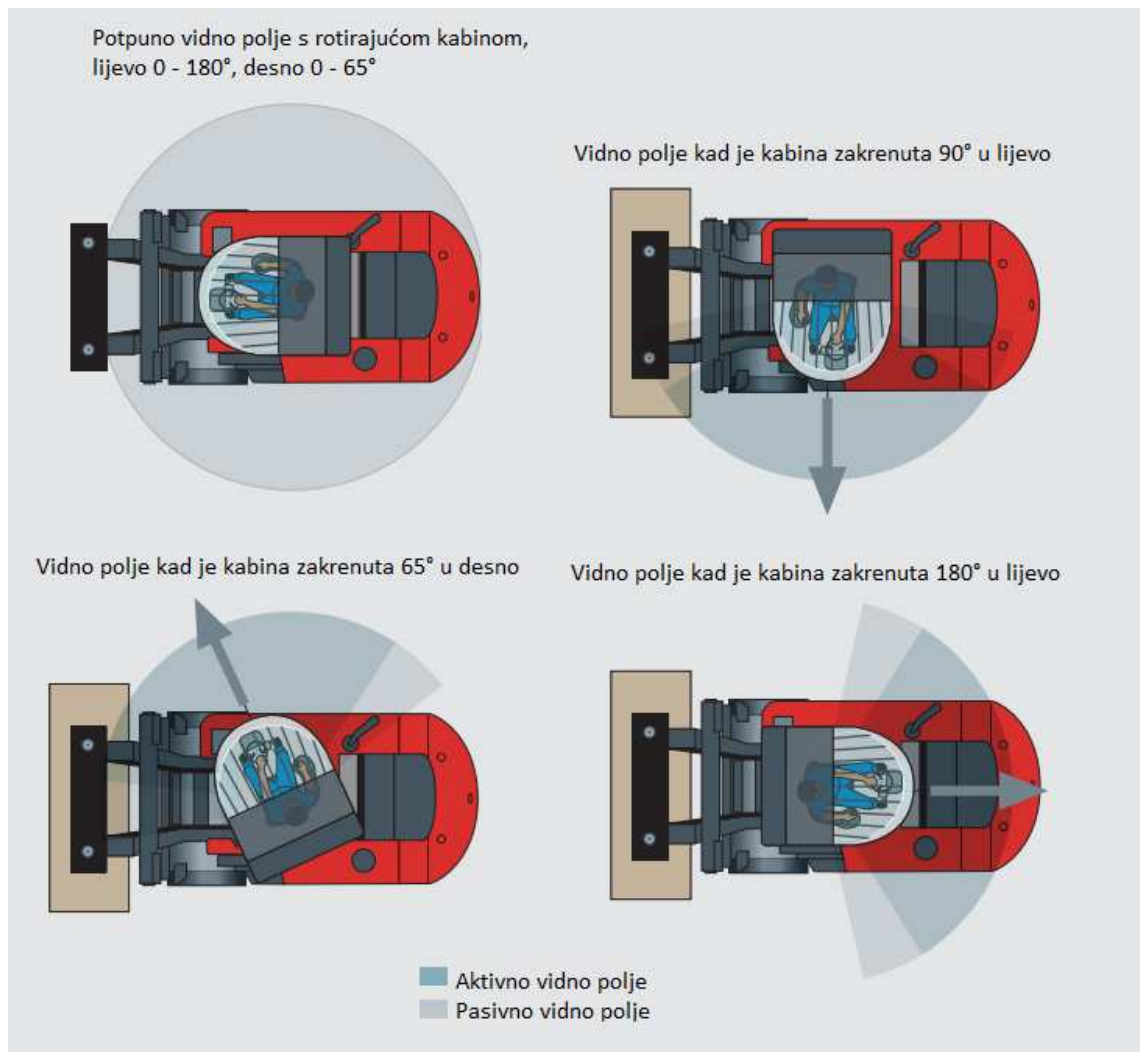
Cjelokupna se kabina kontinuirano okreće do  $65^\circ$  na desno, te čak  $180^\circ$  u lijevom smjeru, a sve pomoću pritiska na tipku u kabini. (Slika 35)



Slika 35. Kutevi zakretanja i način upravljanja [39]

Ono što omogućava takav način rada je kompletan pogled oko cijelog vozila bez nepotrebnih naprezanja i istežanja operatera, uz minimiziranje mogućnosti pojave nesreća i pogrešaka. Najveća prednost je rotiranje kabine u smjeru vožnje unatrag, ukoliko se prevoze veliki tereti, što je u tom rangu nosivosti česta pojava. [39]





**Slika 36. opseg vidnog polja uz primjenu rotirajuće kabine**

Kao što je vidljivo iz slike 36, zahvaljujući mogućnostima zakretanja, vozač viličara uvijek ima optimalno vidno polje za praćenje situacije oko viličara, te tako izbjegava dugoročne posljedice okretanja na leđa.

Osim Lindea, koji kabinu ugrađuje na viličare većih nosivosti, Jungheinrich je na modelu EFG D30 uveo rotirajuću kabinu, na viličaru nosivosti 3000 kg. [63]



**Slika 37. Jungheinrich EFG D30 [63]**

Još jedan od načina izvedbe kabine moguć je na tzv. „fore-and-aft“ viličarima s univerzalnim položajem vozača (slika 38), gdje vozač uvijek stoji u smjeru vožnje. Prednosti takve vrste viličara su bile predmet istraživanja 4.2.



**Slika 38. Raymondov viličar s mogućnošću usmjerenja vozača u smjeru vožnje**

U visokoregalnom okruženju način sprječavanja naprezanja u vratu svakako je nagibna kabina.

Toyota je na svojim regalnim viličarima BT Reflex (slika 39) od 1995. godine uvela opciju nagnjanja cijele kabine. Razlog uvođenja opcije bili su rezultati istraživanja da je kut nagiba vrata vozača viličara više od 80% vremena veći od 15°, a u više od 50% slučajeva veći od 45°, zbog čega je vjerojatnost od ozljede vrata čak 2,5 puta veća nego kod ostalih zanimanja. [45]

Prema istraživanju 4.2. u slučaju tijela bočno okrenutog teretu, maksimalni kut nagiba glave za pogled gore iznosi 60°, a to je ekvivalentno visini pogleda od 5 metara, tako da se zahvaljujući primjeni nagibne kabine, visina pogleda bez naprezanja podiže. [50]

Primjenom tog rješenja mjerenjem je dokazano da je maksimalno istežanje vrata manje za 20%, a još je važnije da je subjektivni dojam vozača bio da se istežanje smanjilo za 52%. Mjerenja u Toyoti su provedena za visine od 4 do 6 metara, a primjena na većim visinama rezultira još boljim rezultatima. [45]



Slika 39. Toyota BT Reflex visokoregalni viličar

Nagib i pomicanje kabine programibilno je u odnosu na visinu na kojoj se nalaze vilice i ovisio o osobnoj preferenciji vozača. Osim toga omogućen je i pogled preko jarbola viličara, te je ostvarena vidljivost vilica kad su u visokom položaju, što omogućuje bolju produktivnost, brzinu i sigurnost operatera viličara. [44]

### 3.3. Sigurnosna rješenja na viličarima s utjecajem na ergonomiju

Ovdje su prikazana neka rješenja i sustavi na samom vozilu kojima je glavni cilj povećanje sigurnosti prometa viličarima, ali budući da postoji povezanost između sigurnosti i ergonomije, tj. neka sigurnosna rješenja umanjuju već prije spomenute značajke ergonomske utjecaja i vrijedno ih je spomenuti.

#### **Linde „BlueSpot“ uređaj za upozoravanje na kretanje viličara**

Budući da u skladištu često dolazi do susreta pješaka i viličara, Linde je razvio sustav „BlueSpot“ koji se sastoji od dva vrlo jarka plava LED svjetla koja su montirana na vrhu zaštitnog okvira viličara (slika 40), te ovisno o smjeru vožnje (naprijed ili natrag) projicira plavu točku na pod, nekoliko metara udaljenu od vozila kao upozorenje na nadolazeći viličar. Svijetlo može svijetliti neprekidno, a može i djelovati kao bljeskalica, te na taj način još bolje upozorava na nadolazeći viličar. [35]

Iako viličari na sebi imaju standardno ugrađene tonove upozorenja, takvi tonovi kod vozača viličara stvaraju nelagodu i smanjuju njihovu produktivnost, te jednostavno ugase te tonove, čime predstavljaju opasnost za pješake i druge viličare. Iz tog razloga „BlueSpot“ sustav ima značajan doprinos sigurnosti u skladištu.

Osim plave varijante, Linde je na tržište izbacio i varijantu sa crvenim LED svjetlima, te varijantu koja projicira strelicu ovisno o smjeru kretanja viličara. [38]





Slika 40. Linde "BlueSpot" sustav upozorenja

### Sustav nadzora područja iza viličara i upozorenja na moguće sudare – Linde

U svrhu zaštite transportiranih materijala od oštećenja, te također smanjenja rizika od nesreća prilikom vožnje unatrag, Linde u ponudi ima sustav koji nadgleda prostor iza viličara. [36]

Sustav, ako postoji opasnost od sudara s nekim objektom, zvučnim i svjetlosnim signalima upozorava vozača, a ukoliko situacija postane opasna, sustav automatski smanjuje brzinu viličara. Sustav se sastoji od 2 jedinice, od kojih svaka ima 6 integriranih senzora na stražnjem dijelu viličara. Očitavanja iz senzora se šalju u središnji upravljački modul koji emitira svjetlosne i zvučne signale. Način rada koncipiran je tako da je nadzirani prostor iza viličara podijeljen na tri zone. (prikazano na slici 41)

Prva zona je zona preliminarnog upozorenja, koja treptajućim LED svjetlom i akustičnim signalima upozorava vozača na nadolazeću prepreku.

U drugoj zoni, tj. glavnoj zoni upozorenja, svjetlo u kabini bljeskaju crvenom bojom, a zvučni signali imaju sve kraće intervale zvuke.

U trećoj zoni, zoni sudara, crveno svjetlo svijetli trajno i akustični signal emitira kontinuirani zvuk upozorenja. Način rada može biti programiran tako da se vozilo automatski usporava ukoliko se objekt nalazi u bilo kojoj od navedenih zona.



Slika 41. Slikoviti prikaz funkcionalnosti sustava [36]

Sustavom nije pokriven samo mali dio prostora iza viličara, a sama funkcionalnost može biti proširena i bočnim senzorima.

### Linde „Safety Pilot“

„Safety pilot“ elektronski sustav stvoren je od strane stručnjaka iz Lindea, kako bi se umanjio utjecaj ljudske greške prilikom nesreća nastalih tijekom prijevoza materijala viličarima.

U današnje vrijeme vozač viličara odgovoran je za siguran prijevoz tereta, međutim zbog manjaka iskustva, neki vozači ne znaju je li masa tereta izvan dozvoljene nosivosti viličara, te ne uzimaju u obzir centar mase tereta i maksimalnu visinu dizanja. Rješenje tih problema dano je sustavom „Safety Pilot“ jer se jednostavnim prikazom na ekranu montiranom u kabini mogu očitati svi važni parametri tereta. (Slika 42) [38]

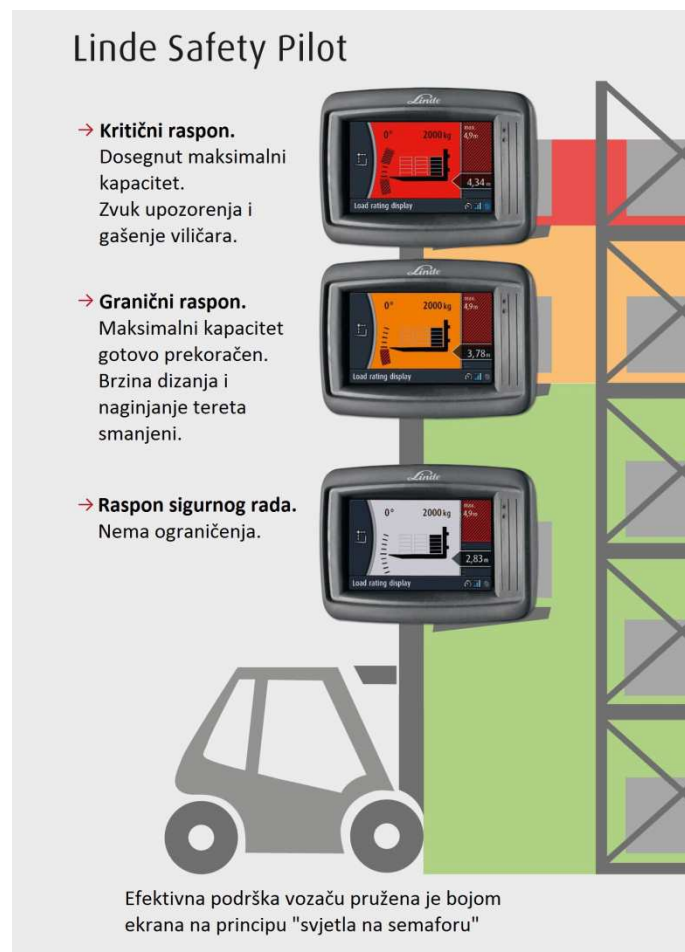


Slika 42. Prikaz trenutnih parametara prijevoza tereta i ograničenja na "Safety Pilot" ekranu [38]

Parametri koje sustav prikazuje na ekranu u realnom vremenu jesu:

- centar gravitacije tereta
- masa tereta na vilicama
- trenutna visina na koju je teret podignut
- kut nagiba vilica
- maksimalna visina dizanja u ovisnosti o trenutnoj masi tereta

Osim što pokazuje parametre prijevoza tereta, te upozorava zvučnim i svjetlosnim signalima, sustav i aktivno pomoću mnogobrojnih senzora djeluje na rad viličara, tako da smanjuje brzinu dizanja ako se ona približava maksimalnoj, a kad je dostigne, zaustavi dizanje uopće (prikazano na slici 43). Također smanjuje brzinu vožnje viličara zavisno o visini dizanja, kutu nagiba vilica i centru gravitacije tereta. [38]



Slika 43. Način rada i upozorenja prilikom kritičnih situacija [38]

Još je jedna prednost sustava mogućnost unosa određenih ograničenja koja su od pomoći vozaču. Primjeri mogućnosti unosa su:

- prethodno definirane visine podizanja koje se pozivaju pritiskom na tipku
- unos maksimalne visine prostora ili vrata, zbog izbjegavanja udaranja u njih
- unos minimalne visine spuštanja, radi čuvanja vilica i sprječavanja buke
- unos parametara željene dinamike vožnje
- vaga za teret s mogućnošću njegovog zbrajanja, npr. zbog određivanja tereta na kamionu
- prikaz potrošnje energije u kWh
- unos ograničenja brzine



Slika 44. Primjer montaže ekrana sustava [38]

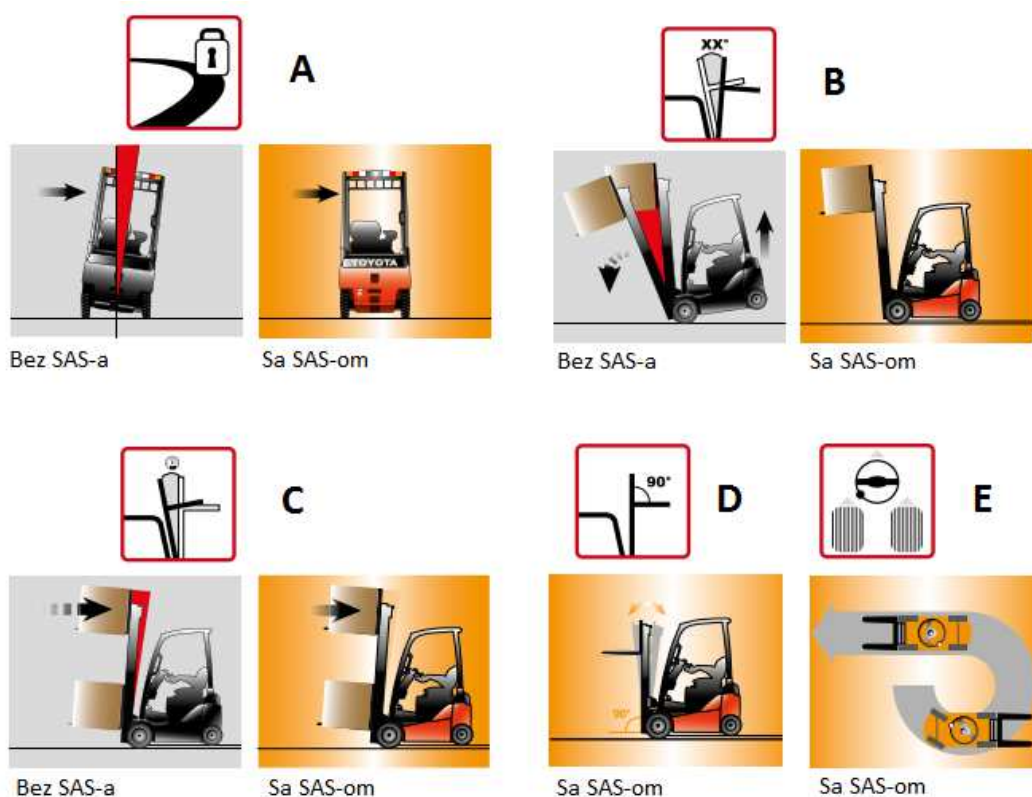


## Toyota „SAS“

Toyotin „SAS“<sup>11</sup> aktivno nadzire sve parametre koji dovode viličar u mogući nepovoljni ili opasni položaj. Sustav ima 6 funkcija koje doprinose sigurnosti upravljanja viličara i produktivnosti samoga rada. [42]

6 „SAS“ funkcija: (slika 45) [43]

- ukrućivanje zadnje osovine kako ne bi došlo do prevrtanja viličara s 4 kotača (A)
- smanjivanje brzine u zavoju kako ne bi došlo do prevrtanja viličara s 3 kotača
- konstantno nadgledanje nagiba jarbola prema naprijed i nadgledanje visine tereta kako ne bi došlo do prevrtanja prema naprijed i oštećivanja tereta (B)
- kontrola nagiba jarbola prema natrag, te sprječavanje padanja tereta na viličara i vozača (C)
- automatsko pozicioniranje vilica pod kutem od 90° (D)
- aktivno sinkroniziranje skretanja, koje omogućuje da se upravljač i kotači uvijek u istom položaju s obzirom na zakretanje upravljača, te na taj način vozač uvijek zna u kojem smjeru ide (E)



Slika 45. Funkcije Toyota "SAS" sustava [43]

<sup>11</sup> skrać. System of Active Stability (eng.) = Sustav aktivne stabilnosti

## Kamere

Tvrtka Orlaco nudi rješenja opremanja viličara kamerama koje se mogu koristiti, osim za vožnju unatrag, kao pomoć prilikom pozicioniranja vilica za podizanje i prijevoz tereta. Pogled preko na ekranu montiranom u kabini vozač ima vrlo jasan pogled na okruženje oko vozila. Pomoću kamera, rad viličarom je sigurniji i manje rizičan u odnosu na rad bez. [48]

S ergonomskog stajališta, vozač se ne treba u tolikoj mjeri saginjati i istežati, te je na taj način koncentriraniji, precizniji i brži. Budući da ima sve informacije na monitoru ispred sebe, njegovo držanje uvijek može biti pravilno. [48]



Slika 46. Mogućnosti i varijante montaže kamere [48]

Na slici 46 prikazane su jedne od mogućih varijanti montaže kamera.

**Pogled s jarbola**, tj. pogled sa središnjeg dijela jarbola na monitoru prikazuje pogled uzduž vilica nakon podizanja, a kada se ne koriste euro palete, moguć je pogled na regal, radi boljeg pozicioniranja. [48]

**Pogled na unutrašnjoj strani vilice** prikazuje najtočniji prikaz pozicioniranja vilice prilikom prihvata palete, jer se vidi i donja strana palete, budući da se montira na unutrašnju stranu desne vilice. [48]

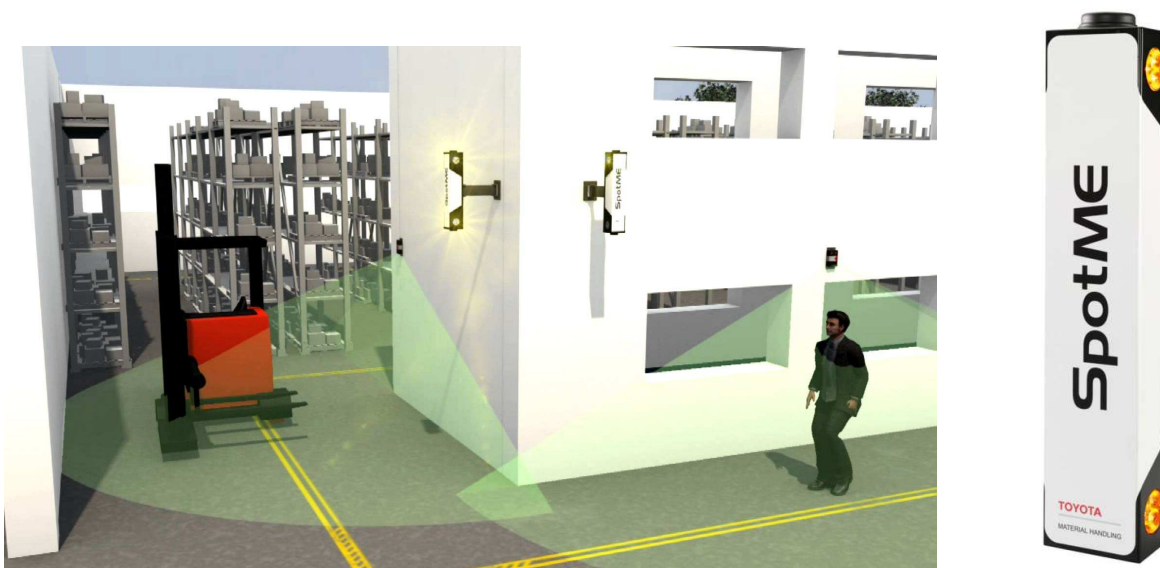
**Pogled na vilice** prikazuje obje vilice, s središnje pozicije, koji za razliku od prikaza na unutrašnjoj strani uklanja potrebu za proširivanjem vilica prilikom pozicioniranja. [48]

### 3.4. Indirektni utjecaj okoline i uz to vezana rješenja

U ovom dijelu poglavlja prikazani su načini na koji se može povećati sigurnost upravljanja viličarima, ali i ergonomski aspekt upravljanja, primjenom i rješavanjem problema koji nisu sastavni dio viličara, ali imaju utjecaj na njega.

#### „SpotMe“ sustav upozorenja u prometu viličara

Iako se ne montira direktno na viličare, Toyotin sustav „SpotMe“ ima primjenu u skladištima gdje dolazi do velike fluktuacije viličara i ljudi. Naime, sustav uz pomoć infracrvenih senzora koja detektiraju kretanje i LED svjetla upozorenja, podiže sigurnost kretanja u skladištima gdje je slabija vidljivost, jer umanjuje vjerojatnost sudara, te time štiti radnike od ozljede, a viličare i robu od oštećenja. [46]



Slika 47. "SpotMe" sustav upozorenja [46]

Na slici 47 vidi se primjer montaže sustava. Sustav ne iziskuje nikakve pomoćne instalacije, budući da senzori i svjetla upozorenja komuniciraju bežično i napajani su baterijama, te ih je potrebno samo pričvrstiti na zid ili regal. Princip rada je jednostavan, kada vozilo ili pješak uđu u domet infracrvenog senzora (zeleno područje na slici), tada senzor šalje informaciju svjetlu koje upozorava vozača ili pješaka na nadolazeću opasnost. Na taj način vozač ne mora biti toliko na oprezu, te se ne umara u tolikoj mjeri, a izbjegavaju se kočenja u panici koja mogu oštetiti robu, a osim toga štedi se i energija. [46]

**Kvaliteta voznih površina**

Kvaliteta voznih površina može imati utjecaj na trešnju viličara i odvajanje kotača od podloge, što direktno ima utjecaj na sigurnost upravljanja viličarom. Potrebno je osigurati čvrsto prijanjanje rampi na prikolice, bez zazora, kako nebi došlo do pretjeranih udaraca prelaskom preko njih. Važno je da vozač viličara prijavi takvu vrstu nepravilnosti, kao i nepravilnosti na podu skladišta ili pogona, npr. neravnine na voznim površinama prema slici 48. [33]



Slika 48. Neravnine na voznoj površini [33]

## 4. Znanstveni radovi o utjecaju ergonomije na viličare

### 4.1. Subjektivna procjena sjedala za viličare u laboratorijskim uvjetima

U časopisu „Applied Ergonomics“ [49] izvršeno je istraživanje o preferiranim dimenzijama sjedala i stupnju prihvaćanja raznih podešavanja sjedala od strane vozača viličara.

Istraživanje je povedeno zbog najčešćih primjedbi vozača viličara da im sjedala nisu uvijek prikladna za obavljanje radnog zadatka, zbog nepodesivih naslona za leđa, koji su često ili previsoki ili preniski, a sjedala ne pružaju dovoljno bočne potpore.

U istraživanju su u obzir uzeti i antropometrijski faktori, ali i subjektivni dojam vozača viličara koji su prisustvovali testu.

Sjedala su bila montirana na fiksnu klupu, i zatim su izmjerene sve bitne značajke sjedala, kao što su dimenzijske značajke, geometrijske značajke i tvrdoća naslona i sjedišta. Nakon početnih mjerenja, sjedala su ocjenjivali vozači viličara, njih 12, kojima je radno iskustvo variralo od minimalno 5 godina pa do više od 20 godina rada s viličarima. Nakon početnih razgovora o njihovim navikama, gdje je uočeno da većina njih mora često napuštati kabinu tijekom radnog vremena, te se polovica njih često mora okretati u sjedištu kako bi povećali vidljivost iz kabine. Od korištenih podešavanja najviše njih koriti pomicanje sjedala naprijed ili nazad, dok četvorica koriste i podešavanje nagiba volana.

Ispitivači su od vozača očekivali očitovanje u tri točke:

- prema dimenzijama sjedala (širina, dužina, kut i tvrdoća sjedišta; visina, kut, zakrivljenost, širina i tvrdoća naslona za leđa, pozicija lumbalne podrške, tvrdoća vrha naslona za leđa) trebali su se izjasniti kao „preveliki“, „OK“, „premali“
- opisati koliko im je bilo teško naći i potreban trud za pomicanje kontroli podešavanja (naprijed-nazad, nagib naslona za leđa, podešavanje prema masi vozača i podešavanje lumbalne podrške), a za podešavanje prema masi vozača također je trebalo ocijeniti kvalitetu priloženih uputa za pravilno namještanje
- ostale značajke (rukonasloni, sigurnosni pojasevi, bočni sigurnosni oslonci za gornji dio tijela)

Prema rezultatima, što se tiče dimenzija, vozači preferiraju dobro definiranu bočnu zakrivljenost naslona za leđa, a jastuci i nasloni za leđa trebali bi imati veći kut nagnutosti prema iza od onih preporučenih u ISO normi (rezultat malog uzorka u statičnim uvjetima).

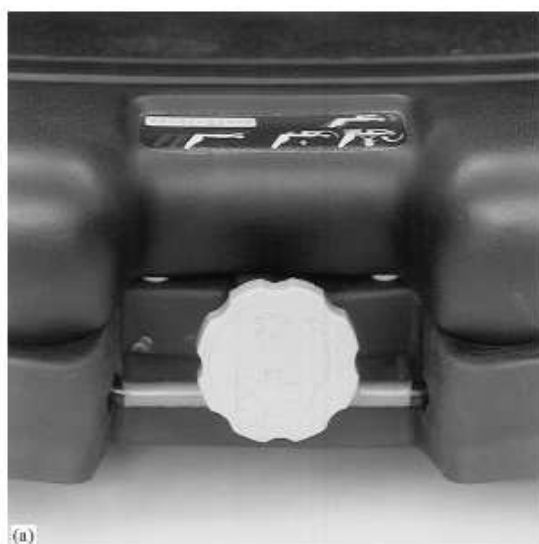
Podešavanja sjedala, prema vozačima, trebala bi biti laka i brza za upotrebu ( ako je proces predugotrajan vozači ga neće koristiti), a kontrole za podešavanje trebale bi viriti van gabarita sjedala i biti obojene bojom različitom od sjedala. Ujedno su se pitali zašto kontrole nisu standardizirane kao što su to kod sjedala za automobile. Preferirani položaji i izvedbe kontroli prikazane su na slici 49.



Primjer preferiranog načina za podešavanje naprijed-nazad pozicije sjedala



Primjer preferiranog načina podešavanja nagiba naslona sjedala



Primjer preferiranih načina podešavanja sjedala ovisno o težini vozača

**Slika 49. Preferirani načini podešavanja sjedala [49]**

Od ostalih značajki, kao što su rukonasloni (na testu je samo jedno sjedalo imalo rukonaslone), 10 od 12 vozača reklo je da ne bi koristili rukonaslone, jer često moraju izlaziti iz vozila, a kada imaju ruke na volanu onda im ni ne trebaju. Ali u današnje se vrijeme više ne može izbjeći upotreba rukonaslona, jer u većini viličara su u rukonaslon ugrađeni kontroleri za upravljanje teretom, te se na taj način povećava preciznost. Osim vozača je također iskazalo negativan stav prema sigurnosnim pojasevima, usprkos činjenici što godišnje u Francuskoj i Engleskoj pogine 8 vozača zbog prevrtanja viličara. Također su mišljenja podijeljena oko sjedala koje je opremljeno bočnom zaštitom od prevrtanja za gornji dio tijela.

Konačni zaključci testa su da su sjedala viličara prekratka, pretvrda i previše nagnuta prema naprijed, a nasloni za leđa su preravni. Svi su ti problemi rezultat skučenosti kabine viličara. Od podešavanja, najvažnijim se smatraju podešavanje sjedala naprijed ili nazad i podešavanje nagiba naslona za leđa. Od svih podešavanja vozačima su najmanje jasna podešavanja suspenzije sjedala prema masi vozača, iako je to podešavanje važno zbog reduciranja prijenos vibracija na tijelo vozača. Razlog nejasnoće su nedovoljno objašnjene upute od strane proizvođača. Zapravo ono što se traži od podešavanja sjedala je da ona budu:

- intuitivna sa jasnim uputama
- jednostavna za lociranje
- lako dohvatljiva kada je vozač u sjedećem položaju
- laka za rukovanje s malo uložene truda
- pozicionirana na sjedalu tako da ne predstavljaju opasnost za ozljedu prstiju vozača



## 4.2. Ergonomija i njena primjena kod regalnih viličara

U istraživanju [50] „Ergonomics and Reach Truck Applications“, kojeg je autor Tim Noonan, provedenog u „Raymond Corporationu“ proučavan je utjecaj položaja tijela vozača regalnih viličara u odnosu na teret, točnije, tijelo okrenuto u smjeru tereta ili bočno okrenuto teretu.

Cilj ergonomskog oblikovanja regalnih viličara je maksimalno iskoristiti njihove performanse (broj ciklusa na sat, brzina vožnje, radijus okretanja, itd.) uz izbjegavanje ekstremnih mišićno-koštanih položaja tijela koji mogu dovesti do oštećenja mekog tkiva.

Osnovna je pretpostavka da postoje dvije vrste okruženja ili načina rada regalnih viličara:

- regalni rad (podizanje, odlaganje, izuzimanje i spuštanje paleta)
- prevoženje

Svaka od navedenih vrsta okruženja i rada definirana je dvama parametrima:

- visina (do 10 m)
- duljina prevoženja (prosjeck oko 90 m)

Razlog povećanog utjecaja rada u regalnim skladištima leži u trendovima visoko produktivnih skladišta i visoke volumne iskoristivosti prostora skladišta (veće visine regala, uža prolazi, i veća površina).

U istraživanju se nastoji dati odgovore na sljedeća pitanja za regalni rad i za prevoženje:

1. Koje su implikacije gledanja i manevriranja paleta na veće visine? Kakav je utjecaj takvog rada na vrat? Koja je najbolja pozicija tijela za pružanje potpore vidljivosti prilikom dizanja ili spuštanja i odlaganja ili izuzimanja?
2. Kako optimizirati sigurnost i ergonomiju vožnje unutar dugih i kompleksnih ruta vožnje u skladištima s visokom gustoćom prometa?
3. Koja je optimalna ergonomska konfiguracija za rukovanje paletama u uskim prolazima?

## Regalni rad i rukovanje paletama

U ovom okruženju prisutna su dva ergonomska razmatranja:

- vrat
- tijelo

Prvo je sagledan utjecaj na **vrat**.

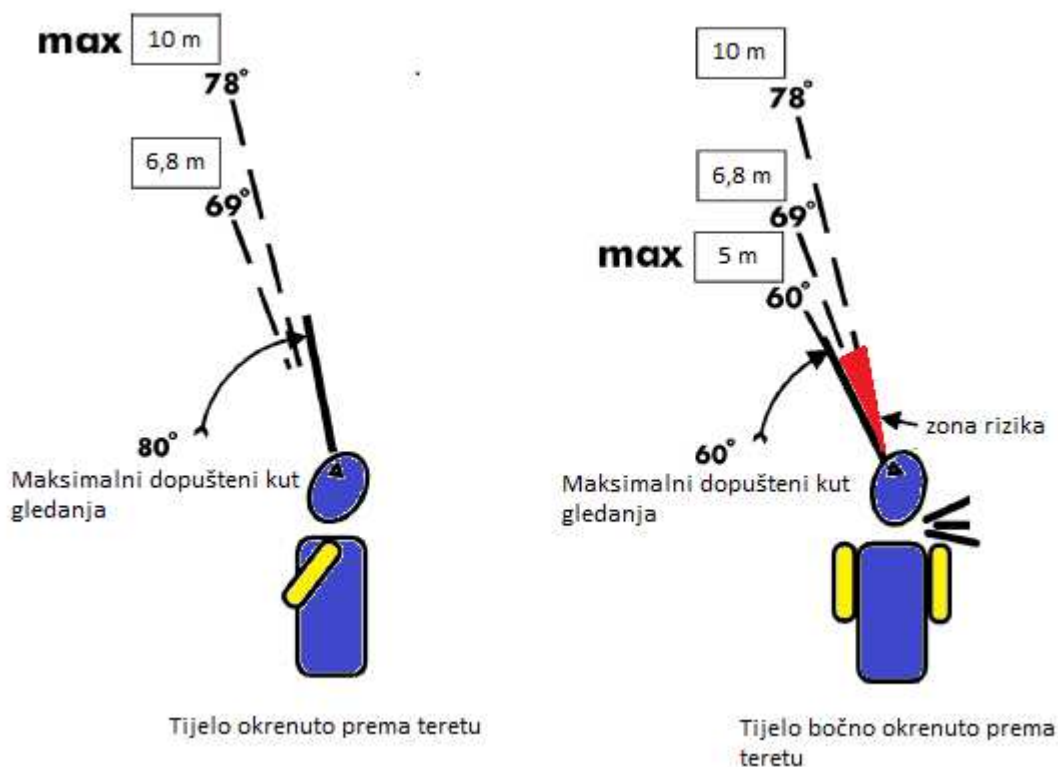
Činjenica je da operater mora gledati u visinu pod velikim kutovima prilikom rukovanja teretom. Nastojanje je smanjiti devijacije od ergonomski neutralnog položaja zbog smanjenog utjecaja na mišićno-koštani sustav prilikom gledanja prema gore. Prema definiciji tijelo u ergonomski neutralnom položaju ima ruke i noge položene na stranu tijela, oči usmjerene naprijed i lagano pogledom prema dolje, glava usmjerena naprijed i ravno, a tijelo je usmjereno prema naprijed i uspravno.

Kako bi se to postignulo, gledajući u horizontalnoj ravnini, tijelo bi trebalo biti okrenuto prema regalu, te se na taj način izbjegava složeno gibanje vrata (zakrenut u stranu i pogled usmjeren prema gore). Kada bi tijelo bilo bočno okrenuto prema teretu, vrat bi već bio okrenut u stranu do svog maksimalnog položaja, te bi zahtjev za pogledom na visinu od 10 m doprinosio riziku za oštećenjem ili ozljedom mekog tkiva, tetiva ili vratnog dijela kralješnice.

Vrat ima biomehanička ograničenja kojima je ograničen kut nagiba glave ako je istodobno vrat i okrenut na stranu. Na slici 50 prikazano je da u slučaju tijela bočno okrenutog teretu, maksimalni kut nagiba glave za pogled gore iznosi  $60^\circ$ , a to je ekvivalentno visini pogleda od 5 metara. Međutim na slici je također vidljivo, u slučaju tijela okrenutog prema teretu, da taj kut iznosi  $80^\circ$ , što je ekvivalentno pogledu na visine veće od 10 metara.

Poznavajući ograničenja prilikom tijela bočno okrenutog teretu, zaključeno je da će vozač viličara morati pretjerano napregnuti vrat kod podizanja na veće visine. Problem je još složeniji kod nekih viličara gdje jarbol zakriva pogled na teret, te se vozač mora nagnuti ili naprijed ili nazad, te tako izlazi iz zaštitnog kaveza viličara.

Koliko to može predstavljati problem, može se vidjeti iz još jedne karakteristike visokoregalnog rada, a to su konstantni ciklusi brzih pogleda prema gore (pozicioniranje tereta) i pogleda prema dolje (pozicioniranje baznih nogu prema regalu). Po teretu je uobičajeno 3 ili 4 takvih pokreta, te se gledajući po broju od 200 do 300 ciklusa premještanja palete u smjeni, rizična situacija javlja 1200 puta po smjeni.

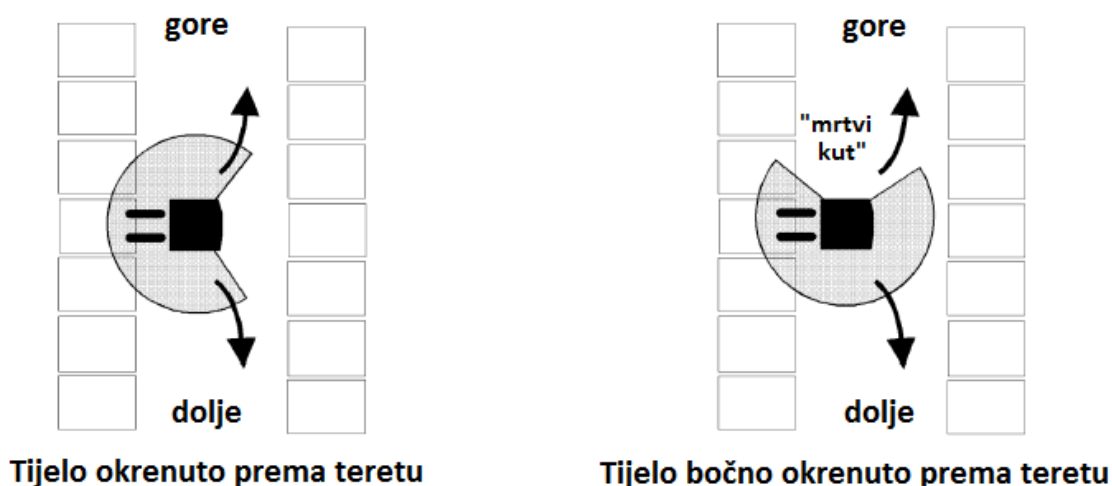


Slika 50. Biomehantička ograničenja tijela u odnosu na položaj tijela prema teretu [50]

Gledajući utjecaj na **torzo**, izvedeni su sljedeći zaključci.

Budući da se u uskim prolazima polovica izuzimanja tereta iz regala vrši uvlačenjem vilica, vozač treba pažnju usmjeriti manje na vožnju unatrag, gdje već po iskustvu zna gdje se nalaze prepreke, već je pažnju potrebo usmjeriti na prepreke uzduž prolaza.

Prema tome, vozač tijelom okrenut prema teretu ima prednost, jer za pogled u jednu ili drugu stranu odstupanje od ergonomski neutralnog položaja iznosi 90°, što se postiže bez pretjeranih naprezanja, dok npr. vozač koji je bočno okrenut tijelom teretu u jednu stranu vidi nesmetano, bez odstupanja od ergonomski neutralnog položaja, a u drugu stranu, potrebno je okrenuti istodobno tijelo i glavu za 180°. Pretpostavljeno je da vozač mora u tom smjeru voziti pola prijevoza, prema uobičajenoj smjeni od 200 do 300 ciklusa premještanja paleta, to bi iznosilo 100 do 150 nepoželjnih okretanja za 180°. (Slika 51)



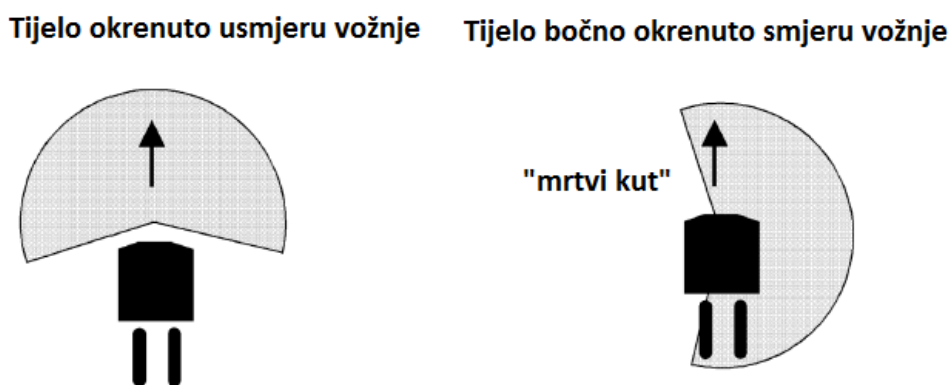
Slika 51. Kretanje viličara u svrhu vožnje tereta i kut pogleda [50]

### Okruženje prijevoza

U ovom okruženju prevladavaju dvije mogućnosti:

- prijevoz višom brzinom na veće udaljenosti, kroz okolinu visokog rizika (prometna mreža sastavljena od mnogo uzdužnih i poprečnih tereta, zidova i vrata, te visokim obujmom prometa viličara i pješaka)
- prijevoz nižim brzinama na kraće udaljenosti, u stabilnijem i manje rizičnom okruženju

Gledajući **prijevoz na veće udaljenosti**, prema svim važnim sigurnosnim preporukama, potrebno je osigurati nesmetan pogled u smjeru vožnje. Pravilo je interpretirano na način da tijelo i lice mora imati potpunu hemisferu vidljivosti u smjeru vožnje, što je prikazano na slici 52, gdje se vidi da je to i ostvareno kada je tijelo orijentirano u smjeru vožnje. Iz slike je također vidljivo da prilikom okomitog položaja na smjer vožnje, puna vidljivost na jednu stranu biomehanički ograničena.



Slika 52. Hemisfera vidljivosti u odnosu na orijentaciju vozača prema smjeru vožnje [50]

S gledišta rizika, prilikom prijevoza na veće udaljenosti iz slike se vidi da je položaj usmjerenog vozača na smjer vožnje bolji, jer je rizik od sudara na raskrižjima umanjen, zbog nesmetanog pogleda na obje strane.

**Prijevoz na kraće udaljenosti** odvija se u okolini koja ima ograničen prostor.

U takvim situacijama dovoljan je kratak pogled na okolinu, najčešće samo pregled prostora perifernim vidom, kako bi vozač dobio osjećaj prostora u kojem se nalazi i koliko vremena i prostora ima dok mu neki objekt ne uđe u bližu okolinu. Na taj način izbjegava se konstantna provjera za prometom. Razlog toj situaciji je više, al najveći doprinos daju manja brzina upravljanja od one na veće udaljenosti i nema mrtvih kutova koji otežavaju vidljivost.

Budući da operater samo brzim pogledima lijevo ili desno provjerava okolinu, zaključeno je da je najbolji položaj paralelan sa smjerom vožnje.

### **Mjerenje rizičnih položaja tijela**

Korištena metoda analize slična je tradicionalnom studiju vremena i rada gdje su snimani pokreti vozača viličara kroz cijelu smjenu, uključujući okolinu regalnog rada i prijevoza, kako bi se utvrdila frekvencija rizičnih položaja tijela.

U razvoju metode postavljeno je pitanje: „Što uzrokuje operaterovo odstupanje od ergonomski neutralnog položaja?“ Pitanje je odgovoreno također pitanjem, gdje se pita što zapravo operater gleda.

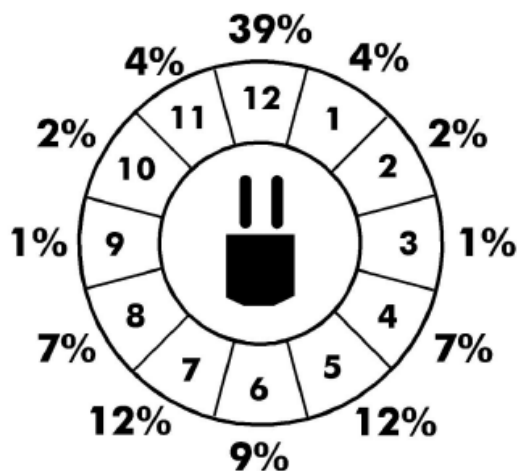
Gleda se zapravo kako su događaji koji zahtijevaju pogled vozača postavljeni u prostoru u odnosu na vozača, koliko su česti i kako shodno tome pozicionirati vozača u viličaru zbog minimiziranja frekvencije i stupnja devijacije od ergonomski neutralnog položaja.

Mjerenjem 200 odlaganja i 200 izuzimanja po smjeni, primijećeno je da se jedan ciklus sastoji od 25 diskretnih radnji viličara i 50 diskretnih vizualnih radnji operatera, što rezultira brojem od 20 000 vizualnih događaja po smjeni.

Dobiveni rezultati (slika 53) prema podjeli prostora oko viličara na isječke od 30° pokazuju da se najviše vizualnih događaja smješta u položaju od 12 sati, što pokazuje da je u slučaju viličara na kojima je vozač usmjeren u smjeru vožnje to i ergonomski neutralan položaj.

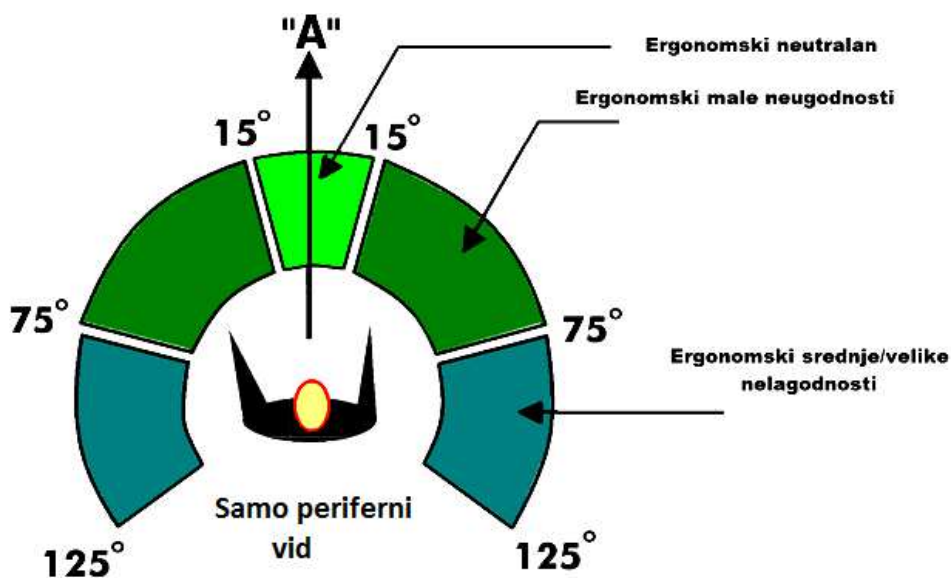
Kod viličara s bočnom orijentacijom vozača u odnosu na smjer vožnje, u položaju 9 sati vidljivom na slici, koji predstavlja ergonomski neutralan položaj, ta frekvencija jako je mala.

U položaju od 7 do 5 sati, koji predstavlja vožnju unatrag, također se nalazi dosta aktivnosti vezanih za vizualne događaje.



Slika 53. Učestalost vizualnih događaja koji zahtijevaju vozačev pogled [50]

Gledajući sposobnost vozača vizualne identifikacije prostora oko sebe, u odnosu na naprežanje rezultirano okretanjem tijela i glave na slici 54, prikazani su kutovi devijacije od ergonomski neutralnog položaja. Iz slike se vidi da je uz srednje jako i jako naprežanje moguće vidjeti do kutova od 125°, a iznad toga moguće je zamijetiti objekte samo perifernim vidom.



Slika 54. Vizualna fokalna sposobnost vozača [50]

Konačni zaključak istraživanja je da su univerzalni regalni viličari („fore-and-aft“) koji omogućuju položaj vozača u smjeru vožnje preferirani odabir za regalni rad, jer se 48% vizualnih događaja pojavljuje u, prema ovom tipu viličara, ergonomski neutralnom položaju tijela.

### 4.3. Utjecaj zakretnog sjedala na ergonomiju

Istraživanje [51] je provedeno u suradnji „Linde AG“ i Instituta za ergonomiju Tehničkog sveučilišta u Münchenu.

Glavni cilj rada bio je istražiti utjecaj i prednosti zakretnih sjedala u ovisnosti s tipom papučica koje se nalaze na viličaru.

Prema anketama, vozači viličara provedu između 6% i 73% vremena vožnje vozeći unatrag. Prosječno, uzevši u obzir 162 studija slučaja, trećina se vožnje odnosi na onu unatrag. Rezultat takvih uvjeta rada kod vozača s više od 10 godina iskustva su povećani broj pritužbi na probleme s leđima.

Na ispitivanju su mjereni rezultati na 4 tipa viličara:

- FS 392, dvostruke papučice, standardno sjedalo
- FS 392, dvostruke papučice, zakretno sjedalo (17°)
- FS 392, jedna papučica s prekidačem za promjenu smjera vožnje, zakretno sjedalo (17°)
- FS 351, dvostruke papučice, standardno sjedalo

Od navedenih modela svi FS 392 viličari opremljeni su LLC sustavom koji se sastoji od upravljačke palice („joystick“) i rukonaslonom na kojem se ona nalazi, a model FS 351 opremljen je mehaničkim aktuatorom kontrolnog ventila za manipuliranje teretom, bez rukonaslona.

Budući da vozila imaju hidrostatsko kočenje koje se uključuje podizanjem noge s papučice, osnovni princip dvostrukih papučica je takav da je jedna papučica za pokretanje i kočenje viličara u smjeru prema naprijed, a druga papučica je za kočenje i kretanje prema natrag. U slučaju samo jedne papučice, smjer vožnje mijenja se prekidačem za promjenu smjera.

Razlog odabira kuta zakretanja sjedala od 17° leži u činjenici što takva izvedba nije komplicirana za napraviti i ne iziskuje puno prostora, pa se može izvesti i na viličarima manjih nosivosti, a osim toga predstavlja optimalan položaj koji omogućuje nesmetan dohvat papučica uz povećano vidno polje prilikom vožnje unatrag.

## Vozači i ljudski model

Za svrhu ovog testa odabrano je 13 vozača različitih tjelesnih građa, te su oni izmjereni pomoću snimki njihovih tijela. Ljudski model (RAMSIS) prilagođen je za svakog vozača osobno i unesen u trodimenzionalnom obliku u računalo pomoću PCMAN softvera. Modeli su prilagođeni na način da odgovaraju svim mogućim položajima tijela vozača, npr. vožnja unatrag na slici 55.



Slika 55. Adaptacija ljudskog modela prema stvarnom položaju vozača [51]

Zahvaljujući dobro napravljenom ljudskom modelu, bilo je moguće izmjeriti sve kutove na promatranim zglobovima.

### Utjecaj rukonaslona na ergonomiju

S ergonomskog stajališta rukonaslon mora ispunjavati sljedeće kriterije:

- ukoliko nema mogućnost podešavanja visine, visina između površine naslanjanja i referentne točke sjedenja mora biti u rasponu od 180 mm do 230 mm
- širina površine za naslanjanje ne smije biti manja od 50 mm
- rukonasloni koji su pričvršćeni na naslon za leđa koji ima podesiv nagib, moraju imati mogućnost podešavanja u horizontalni položaj
- moraju biti obloženi mekim materijalom kao bi se ublažio kontaktni pritisak, posebice na laktove

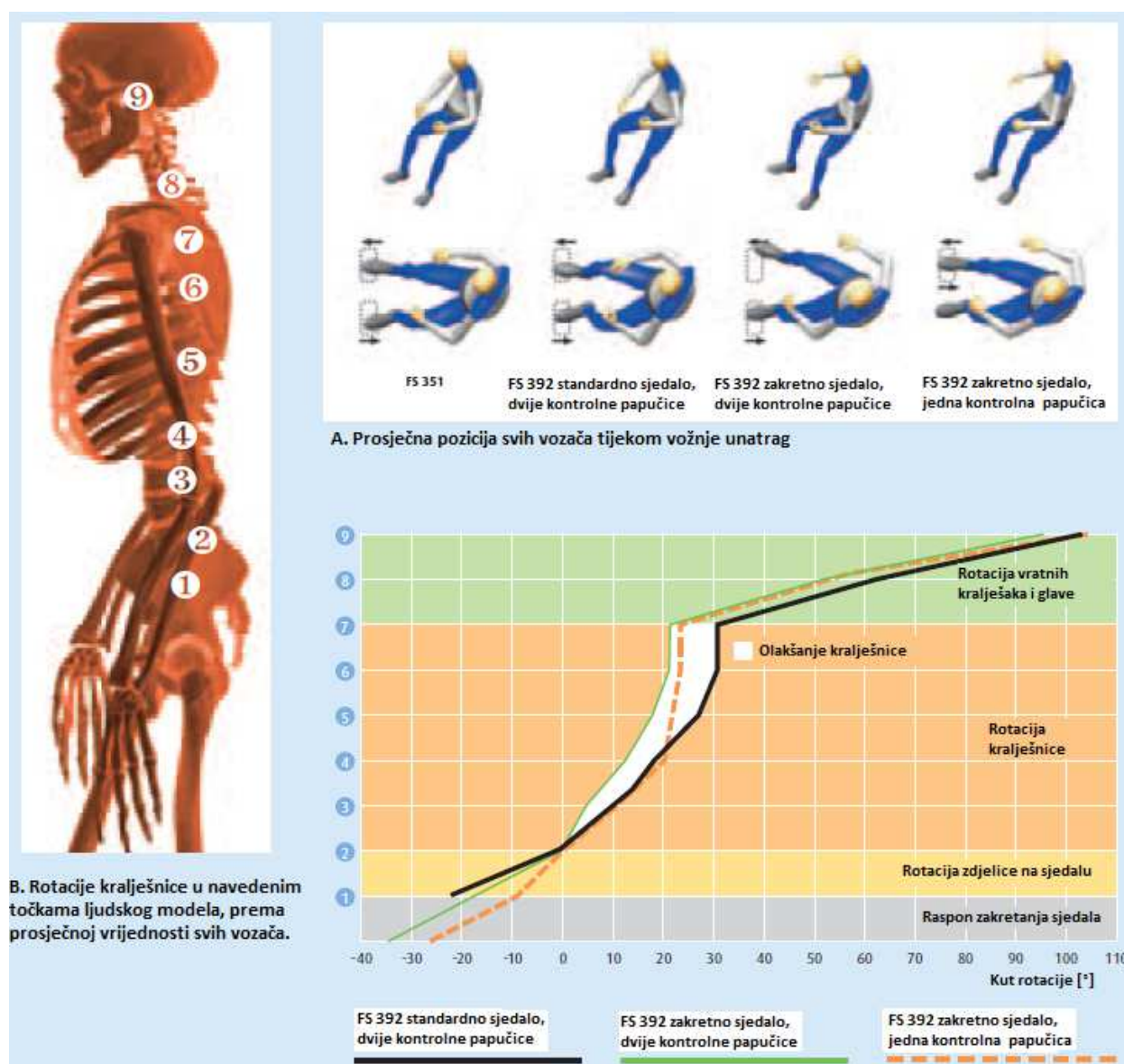
Što se tiče vožnje unatrag i navika vozača, vozači u ovom testu su većinom zadržavali položaj ruku isti kao i kod vožnje prema naprijed, a 10% njih pružilo je ruku iza B-nosača viličara zbog potpore prilikom vožnje unatrag.



Kod viličara bez rukonaslona primjećeno je da je trećina vozača značajno pomaknula desnu ruku u odnosu na položaj prilikom vožnje naprijed, tj. otpustili su ručice za upravljanje teretom. Međutim, kod viličara s rukonaslonom samo je jedan vozač pomaknuo desnu ruku kod vožnje unatrag, a svi ostali zadržali su je u blizini kontrola za upravljanje teretom.

Budući da rukonaslon značajno smanjuje naprezanja mišića ramena i ruku njegova uloga je važna s ergonomske stajališta i za vožnju unatrag i za vožnju prema naprijed.

### Položaj tijela prilikom vožnje unatrag



Slika 56. Prosječni kutovi pojedinih točaka kralježnice s obzirom na položaj tijela svih vozača prilikom vožnje unatrag [51]

Na slici 56.A. prikazani su prosječni položaji vozača prilikom vožnje unatrag s obzirom na konfiguraciju papučica.

Na grafu na dijelu slike B, prikazani su kutovi rotacije svake pojedine točke prikazane na grafičkom prikazu tijela na slici.

Na točkama su prikazani:

- zdjelica (1)
- sakralna kost (2)
- donji dio lumbalne kralješnice (od 2 do 4)
- donji vratni kralješak (7)
- zglob vrata (8)
- zglob glave (9)

Iz slike je vidljivo da najveći opseg rotacije imaju točke (8) i (9), točka (7) smatra se nepomičnom, a kao mjerodavni podaci za analizu sjedenja smatra se rotacija od točke (2) do točke (7). Pod rotacijom zdjelice smatra se rotacija cijelog tijela vozača u odnosu na sjedalo, tj. promjena položaja u prostoru.

Poželjno je da su kutovi rotacije zglobova čim manji, te se smatra da je bolje da je kut rotacije zdjelice veći, jer se na taj način sprječava pretjerano rotiranje zglobova kralješnice.

Na tablici ispod dan je prikaz i usporedba iznosa rotacija za prosječnu vrijednost vozača s obzirom na izvedbu sjedala i papučica.

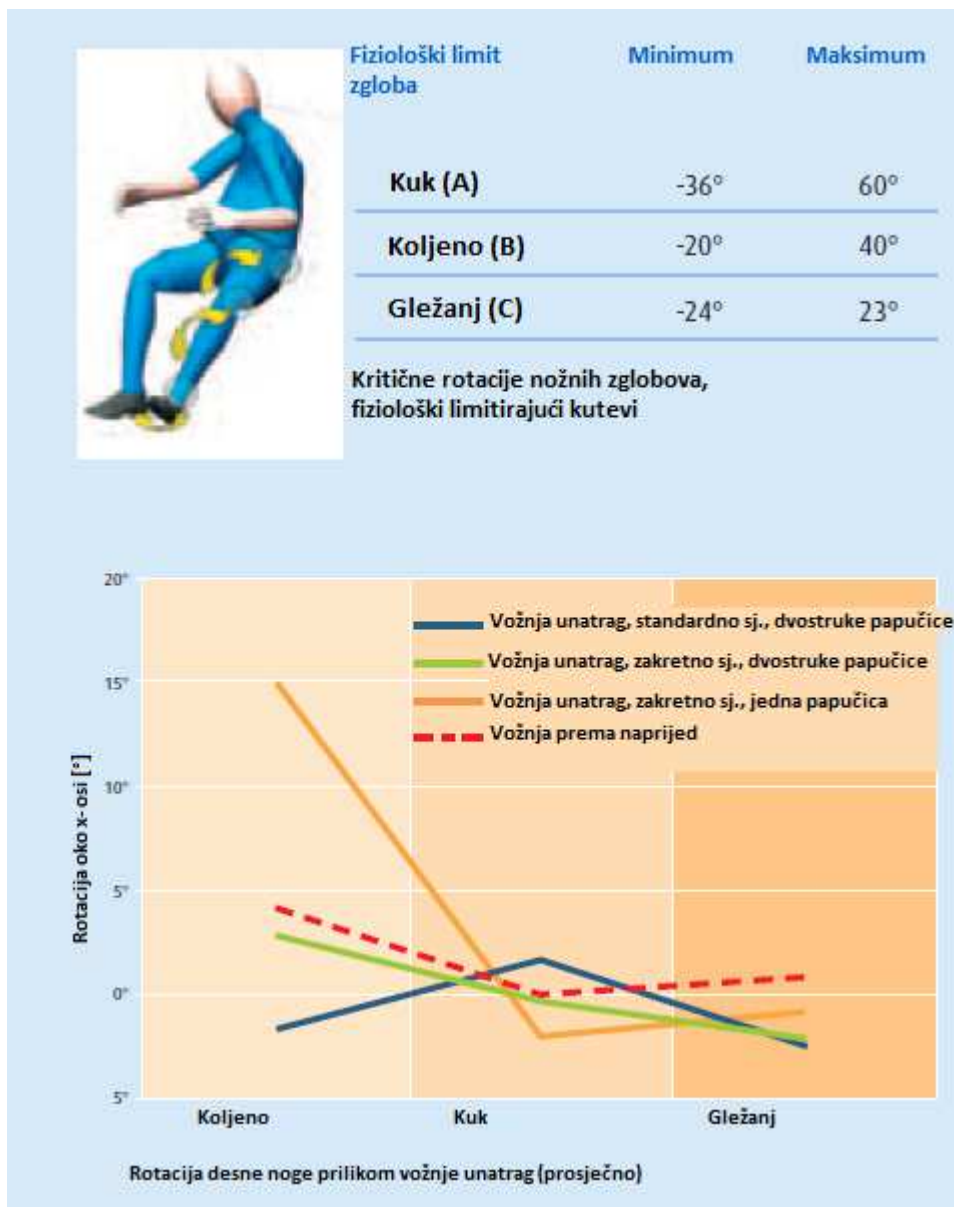
Tablica 5. Ukupna rotacija između glave i vozila, prosječne vrijednosti svih vozača [51]

Viličar	Raspon zakretanja sjedala	Rotacija kralješnice (od 2 do 7)	Rotacija donjeg dijela kralješnice (2 do 4)	Ukupna rotacija između glave vozača i vozila (1 do 9)
FS 392 standardno sjedalo, dvije kontrolne papučice	0°	31°	19°	124°
FS 392 zakretno sjedalo, dvije kontrolne papučice	17°	21° (-32%)	12° (-37%)	130° (+5%)
FS 392 zakretno sjedalo, jedna kontrolna papučica	17°	23° (-26%)	20° (+5%) <small>Vrijednost u postocima pokazuje razliku od standardnog sjedala</small>	129° (+4%)

U zagradama su prikazani postoci promjene u odnosu na standardno sjedalo. Iz prikazanog se vidi da zakretno sjedalo u kombinaciji sa dvostrukim papučicama, naspram standardnom, rezultira čak 37% manjim kutom zakretanja donjeg dijela kralješnice, a ujedno i povećava ukupan kut zakreta glave u odnosu na vozilo za 5%, na 130°. Međutim tu se javlja problem

zakretnog sjedala koje u kombinaciji sa izvedbom sa samo jednom pedalom u dijelu donje kralješnice povećava kut rotacije, što može dovesti do povećanih poteškoća i bolova u donjem dijelu leđa.

Kako bi se još bolje dao prikaz koja je varijanta rješenja ergonomski prihvatljivija, uz prikaz limita zglobova desne noge na slici 57, prikazani su i njihovi izmjereni prosječni iznosi.



Slika 57. Limiti zglobova desne noge i njezina rotacija tijekom vožnje

Ovdje se iz danih podataka također vidi da u odnosu na vožnju prema naprijed i na vožnju unatrag s zakretnim i standardnim sjedalom s dvije papučice, u koljenima i kuku javljaju veća istežanja u odnosu na prethodne dvije varijante, tako da je zaključeno da je za optimalan komfor vozača potrebno rješenje zakretnog sjedala s dvije papučice.

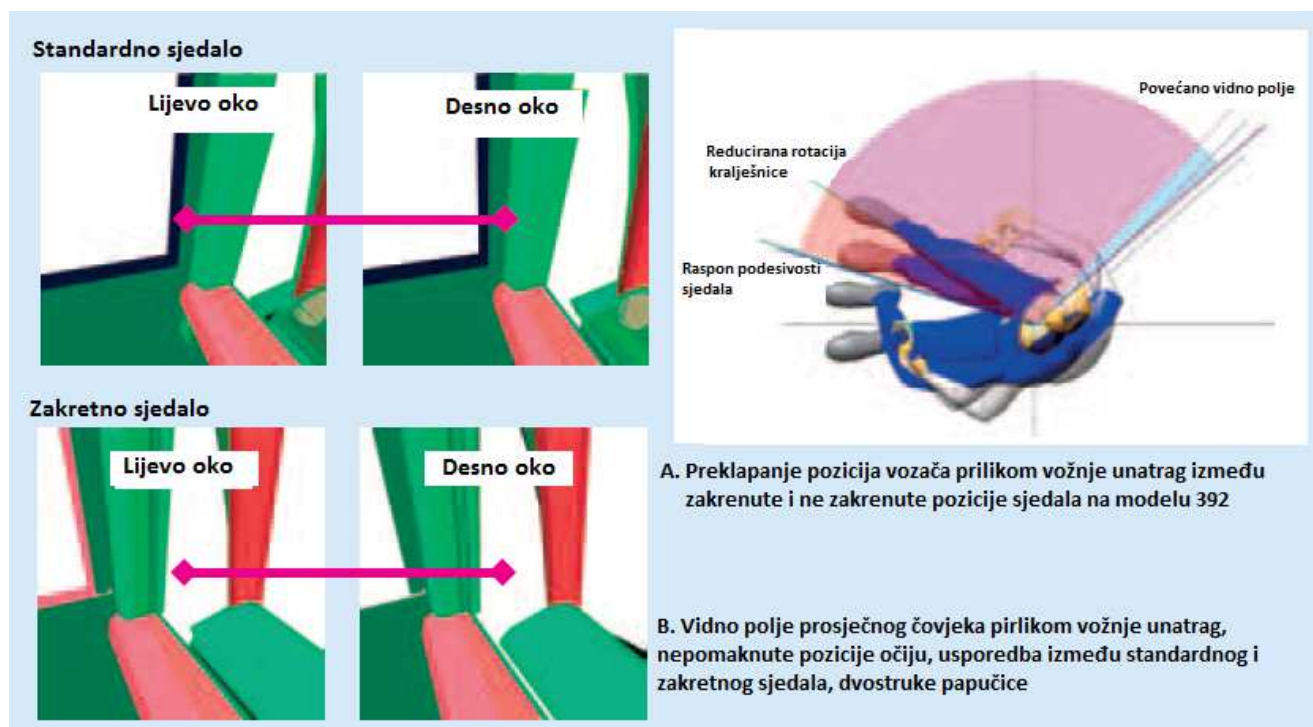
## Vidljivost prema natrag

Parametri vidljivosti prema natrag prikazani su na tablici 6.

Tablica 6. Vidno polje s obzirom na izvedbu sjedala [51]

Sjedalo/vrsta papučica	Fizička građa vozača	Kut linije pogleda [°]	Vidno polje [°]	Promjena u odnosu na standardno sjedalo [°]
Standardno sjedalo, dvostruke papučice, lijeva papučica pritisnuta	Vrlo visok, korpulentan	117	57 - 177	-
	Prosječan	116	56 - 176	-
	Vrlo nizak, korpulentan	114	54 - 174	-
Zakretno sjedalo 17°, dvostruke papučice, lijeva papučica pritisnuta	Vrlo visok, korpulentan	123	63 - 183	+6
	Prosječan	124	64 - 184	+8
	Vrlo nizak, korpulentan	126	66 - 186	+12
Zakretno sjedalo 17°, jedna papučica, papučica (desna) pritisnuta	Vrlo visok, korpulentan	114	54 - 174	-3
	Prosječan	116	56 - 176	0
	Vrlo nizak, korpulentan	109	49 - 169	-5

Zahvaljujući zakretnom sjedalu, vidno polje s obzirom na fizičku građu vozača veće je u rasponu od 6° do 12° od onog sa standardnim sjedalom, ali ovdje također postoji iznimka, te se u slučaju varijante s jednom papučicom vidno polje u slučaju ekstremno niskih i visokih i korpulentnih vozača, vidno polje može smanjiti od 3° do 5°.



Slika 58. Usporedba vidnog polja pogleda unatrag ovisno o izvedbi sjedala [51]

**Zaključak istraživanja**

Prema autorima ovog istraživanja, zaključeno je da kontrole za upravljanje na rukonaslonima koji rotiraju zajedno sa zakretnim sjedalima doprinose komforu vozača uz smanjenje mišićnih naprezanja za vrijeme vožnje unaprijed i unatrag. Doprinos komforu značajan je u odnosu na standardno sjedalo zbog smanjenog kuta zakretanja kralješnice, s time da je udio naprezanja manji oko trećinu kod varijante s dvije papučice, a nešto manji, četvrtinu kod izvedbe s jednom papučicom. Kod varijante s dvije papučice, prilikom vožnje unatrag desna noga ne treba biti na papučici, te je vozač može postaviti u sebi najpovoljniji položaj, te se rotacija donjeg dijela lumbalne kralješnice smanjuje za 7%, te je time smanjen rizik pojave bolova u leđima. Osim ergonomske aspekta povećan je i sigurnosni aspekt vožnje unatrag, te su vozači koncentriraniji na zadatak i okolinu oko sebe. [51]

## 5. Zaključak

Sagledavši sve dane činjenice i podatke u iznesenim poglavljima ovog rada, može se zaključiti da ergonomija ima bezuvjetnu primjenu i važnost prilikom konstrukcije radnog mjesta operatera viličara, točnije samog viličara. Uporište te tvrdnje svakako treba tražiti u rastućim zahtjevima svih mjerodavnih tijela, pa i poslodavaca, na smanjenje štetnih učinaka rada na radnika.

Konkretno, kod vozača viličara česte su pojave raznih mišično-koštanih problema i bolova vezanih uz neadekvatna radna sredstva. Pojava takve vrste ozljeda u uzročno je posljedičnoj vezi s povećanjem broja ozljeda na radu zbog smanjene koncentracije i nepažnje uzrokovane tim problemima. Za poslodavca to znači da mu radnik provodi vrijeme na bolovanju umjesto produktivnog rada, a osim poslodavaca razlog za brigu imaju i mjerodavni u zdravstvenim osiguranjima jer im to predstavlja dodatni trošak.

Upravo iz tih razloga vidljiva je važnost ergonomskog oblikovanja viličara, što u najranijoj fazi konstrukcije, što u kasnijim fazama eksploatacije viličara. U svakom slučaju, moglo bi se reći da je svijest proizvođača viličara po tom pitanju vrlo visoka, te oni u današnje vrijeme ulažu veliki trud u suradnji s obrazovnim ustanovama, kako bi se umanjili problemi ozljeda na radu i povećali produktivnost svojih klijenata, a ujedno im je to i teren na kojem pokazuju svoje jedinstvenosti kako bi se inovativnim rješenjima istaknuli u tom segmentu.

Cjelokupno gledajući, ergonomija je u današnje vrijeme neizostavni alat pri konstrukciji novih proizvoda koji su u interakciji sa svojim korisnicima. Ne treba skrivati da je u poslovnom segmentu ona velikim dijelom u službi ostvarivanja većeg profita, ali također je bitno naglasiti da zahvaljujući ergonomiji radnici mogu lakše i sigurnije obavljati radne zadatke, a u slučajevima vozača viličara, koji su u svom poslu u većoj mjeri fizički i psihički napregnuti, može čak i produljiti njihov radni vijek uz manji utjecaj na njihovo zdravlje.

Sudeći prema svemu, može se očekivati da će trendovi i utjecaji ergonomije u oblikovanju viličara u budućnosti svakako imati sve veću popularnost.

## **6. Prilozi**

- I. CD-R disk

## 7. Literatura

- [1] <http://www.iea.cc/whats/index.html>
- [2] D. Mikšić, Uvod u ergonomiju, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1997.
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Human\\_factors\\_and\\_ergonomics#Etymology](http://en.wikipedia.org/wiki/Human_factors_and_ergonomics#Etymology)
- [4] <http://www.ergonomics.org.uk/iehf/a-brief-history/>
- [5] <http://www.semac.org.mx/archivos/4-16.pdf>
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/Flight\\_instruments#T\\_arrangement](http://en.wikipedia.org/wiki/Flight_instruments#T_arrangement)
- [7] <http://de.wikipedia.org/wiki/Fluginstrument>
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Institute\\_of\\_Ergonomics\\_and\\_Human\\_Factors](http://en.wikipedia.org/wiki/The_Institute_of_Ergonomics_and_Human_Factors)
- [9] <http://161.53.18.5/static/erg/2005/andric/TehnologijaIergonomija.html>
- [10] <http://www.yourarticlelibrary.com/essay/anthropology/somatometry-somatometric-techniques-of-measurements-with-diagram/41904/>
- [11] <http://www.fitness.com.hr/zdravlje/ozljede-bolesti/Posljedice-dugotrajnog-sjedenja.aspx>
- [12] [https://cscmp.org/sites/default/files/user\\_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf?utm\\_source=cscmpsite&utm\\_medium=clicklinks&utm\\_content=glossary&utm\\_campaign=GlossaryPDF](https://cscmp.org/sites/default/files/user_uploads/resources/downloads/glossary-2013.pdf?utm_source=cscmpsite&utm_medium=clicklinks&utm_content=glossary&utm_campaign=GlossaryPDF)
- [13] [http://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20\\_03\\_2013\\_18649\\_TEHNICKA\\_LOGISTIKA.pdf](http://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20_03_2013_18649_TEHNICKA_LOGISTIKA.pdf)
- [14] <http://hr.wikipedia.org/wiki/Logistika>
- [15] Introduction to Logistics Engineering, Don Taylor (editor), CRC Press 2009.
- [16] [http://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20\\_03\\_2013\\_18649\\_TEHNICKA\\_LOGISTIKA.pdf](http://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20_03_2013_18649_TEHNICKA_LOGISTIKA.pdf)
- [17] [http://www.logisticsmgmt.com/article/logistics\\_costs\\_rise\\_2.3\\_percent\\_in\\_2013\\_as\\_industry\\_is\\_ready\\_for\\_a\\_new\\_rou](http://www.logisticsmgmt.com/article/logistics_costs_rise_2.3_percent_in_2013_as_industry_is_ready_for_a_new_rou)
- [18] <http://www.scdigest.com/assets/newsviews/13-06-20-2.php?cid=7168>



- [19] <http://ipi.worldbank.org/international/global>
- [20] Č. Oluić, Transport u industriji – rukovanje materijalom I. dio, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1991.
- [21] [http://en.wikipedia.org/wiki/Forklift\\_truck](http://en.wikipedia.org/wiki/Forklift_truck)
- [22] [http://www.mmh.com/article/top\\_20\\_lift\\_truck\\_suppliers\\_2014](http://www.mmh.com/article/top_20_lift_truck_suppliers_2014)
- [23] <http://www.themhedajournal.org/content/3q04/liftrucks.php>
- [24] [http://www.fem-eur.com/data/File/N284-FEM-IT-NC\\_Fact\\_Sheet\\_Europe\\_2014.pdf](http://www.fem-eur.com/data/File/N284-FEM-IT-NC_Fact_Sheet_Europe_2014.pdf)
- [25] [http://www.fem-eur.com/data/File/N498-FEM-IT-ST\\_WITS\\_Infosheet\\_2014.pdf](http://www.fem-eur.com/data/File/N498-FEM-IT-ST_WITS_Infosheet_2014.pdf)  
[PRODAJA U 2014](#)
- [26] <https://www.osha.gov/SLTC/etools/pit/forklift/types/classes.html>
- [27] <http://www.hydrogencarsnow.com/blog2/index.php/hydrogenforklifts/hydrogen-forklifts-for-food-warehouse-and-air-force-base/>
- [28] <http://logistics.about.com/od/legalandgovernment/a/forklifts.htm>
- [29] <http://www.fleetmanconsulting.com/downloads/forklift-classifications.pdf>
- [30] <http://www.bls.gov/news.release/pdf/osh2.pdf>
- [31] <http://logisticsviewpoints.com/2010/11/10/ergonomic-material-handling-reduces-injuries/>
- [32] <http://www.ssi-schaefer.de/blog/en/intralogistics-trends/ergonomics-warehouse-logistics/>
- [33] [http://www.aalhysterforklifts.com.au/index.php/about/blog-post/operator\\_ergonomics](http://www.aalhysterforklifts.com.au/index.php/about/blog-post/operator_ergonomics)
- [34] [http://www.mmh.com/article/lift\\_truck\\_tips\\_improving\\_operator\\_ergonomics](http://www.mmh.com/article/lift_truck_tips_improving_operator_ergonomics)
- [35] [http://www.linde-mh.com/en/main\\_page/news/pressreleases/pressreleases\\_1\\_1729.jsp](http://www.linde-mh.com/en/main_page/news/pressreleases/pressreleases_1_1729.jsp)
- [36] [http://www.linde-mh.com/en/main\\_page/news/pressreleases/pressreleases\\_1\\_2114.jsp](http://www.linde-mh.com/en/main_page/news/pressreleases/pressreleases_1_2114.jsp)
- [37] [http://www.linde-mh.com/en/main\\_page/products\\_features\\_1/linde\\_bluespot\\_1/linde\\_bluespot\\_1.html](http://www.linde-mh.com/en/main_page/products_features_1/linde_bluespot_1/linde_bluespot_1.html)
- [38] [http://www.linde-mh.com/en/main\\_page/news/pressreleases/pressreleases\\_1\\_4416.jsp](http://www.linde-mh.com/en/main_page/news/pressreleases/pressreleases_1_4416.jsp)
- [39] [http://www.lindeheavytruck.com/media/cmp\\_1401/Datasheet\\_Rotating\\_cab.pdf](http://www.lindeheavytruck.com/media/cmp_1401/Datasheet_Rotating_cab.pdf)

- [40] [http://www.liftec.com/sites/liftec/files/linde\\_brochure\\_39X\\_dr.pdf](http://www.liftec.com/sites/liftec/files/linde_brochure_39X_dr.pdf)
- [41] [http://www.linde-mh.ru/en/service\\_news/54.html](http://www.linde-mh.ru/en/service_news/54.html)
- [42] <http://www.toyota-forklifts.eu/en/Products/innovations/Pages/Toyota-SAS.aspx>
- [43] [http://www.toyota-forklifts.co.uk/SiteCollectionDocuments/UK%20PDF%27s/749717\\_Toyota\\_Tonero\\_CBIC\\_Brochure\\_0614.pdf](http://www.toyota-forklifts.co.uk/SiteCollectionDocuments/UK%20PDF%27s/749717_Toyota_Tonero_CBIC_Brochure_0614.pdf)
- [44] [http://www.toyota-forklifts.eu/en/Products/innovations/Pages/innovation\\_Eman.aspx](http://www.toyota-forklifts.eu/en/Products/innovations/Pages/innovation_Eman.aspx)
- [45] <http://www.toyota-forklifts.eu/SiteCollectionDocuments/PDF%20files/Facts%20about%20Tilting%20cabs.pdf>
- [46] <http://www.toyota-forklifts.eu/EN/PRODUCTS/INNOVATIONS/Pages/innovation-spotme.aspx>
- [47] [http://issuu.com/mitsubishi-forklift-trucks/docs/cebm1342\\_i](http://issuu.com/mitsubishi-forklift-trucks/docs/cebm1342_i)
- [48] <http://extern.orldaco.com/FA-EN/>
- [49] Donati P, Patel J. A., Subjective Assessment of fork-lift truck seats under laboratory conditions, Applied Ergonomics, 1999., stranice 295-309
- [50] Noonan T., Ergonomics and Reach Truck Applications, The Raymond Corporation, 1993.
- [51] Schröder F., Seitz T., Hudelmaier J., Swivel Seat Improves Ergonomics, Linde AG, Institute of Ergonomics at the Technical University of Munich, 2004. ; [http://www.the-linde-group.com/internet.global.thelindegrou.global/en/images/Linde\\_Technology\\_1\\_2004\\_En14\\_10\\_192.Pdf](http://www.the-linde-group.com/internet.global.thelindegrou.global/en/images/Linde_Technology_1_2004_En14_10_192.Pdf)
- [52] <http://www.asia.ru/en/ProductInfo/1345129.html>
- [53] <http://www.indiamart.com/sngprojects/material-lifting-equipment.html>
- [54] <http://www.toyotamaterialhandling.com.au/products/product-search/hand-pallet-trucks/bt-pro-lifter-m-lht100-hand-pallet-truck/>
- [55] <http://www.axistyres.com.au/forklift-tyres/>
- [56] <http://www.hystandard.com.au/forkliftsales/gc050lx/>

- [57] <http://www.globuscontainer.com/pub/index.php/en/component/k2/item/1-lorem-ipsum-dolor-sit-amet?Itemid=229>
- [58] <http://www.kantola.com/Forklift-Operation-Safety-PDPD-334-K.aspx>
- [59] <http://shoppasmidamerica.com/forklift-seats-101/>
- [60] <http://www.still.de/fahrersitze.0.0.html>
- [61] <http://www.forkliftaction.com/news/newsdisplay.aspx?nwid=3654>
- [62] <http://www.autotruck.net.pl/galeria.html>
- [63] [http://www.mlakar-vilicari.hr/hrv/page.asp?main=proizvodi&id=novi&md=ceel\\_det&vid=39&ime=EFG%20D30](http://www.mlakar-vilicari.hr/hrv/page.asp?main=proizvodi&id=novi&md=ceel_det&vid=39&ime=EFG%20D30)