

## I – Утврђивање карактеристика претоварног задатка

Овом фазом задатка је предвиђено да се утврде и идентификују захтеви ради њихове даље анализе у циљу квантификације истих, односно одређивања броја и оптерећења друмских возила приспелих у систем на 100 минутном интервалу времена.

### 1. Идентификација захтева

Снимањем је утврђен следећи закон наиласка возила у 100 минутним интервалима:  
7,10,8,4,8,8,9,8,9,6,8,5,10,8,6,6,8,4,8,8,4,7,7,7,4,8,6,5,7,7,5,7,8,8,4,7,8,4,4,6,4,10,7,6,8,8,6,9,7,4,5,  
10,9,7,5,8,6,6,9.

Оптерећење возила (т) било је следеће:  
17,19,20,13,19,17,10,14,16,17,12,11,13,16,19,11,14,17,15,22,12,15,17,16,18,12,16,22,22,15,23,19,2  
1,15,16,19,15,23,10,17,22,10,17,15,15,15,15,14,19,15,20,13,19,17,18,12,20,16,11,12.

2. Квантификација захтева – на бази анализе података добијених снимањем наилазака друмских возила и њихових оптерећења у тонама.

- расподела броја возила приспелих у систем на интервалу од 100 минута:

$n_v$	$f$	$p$	$p(kum)$
4	9	0.15	0.15
5	5	0.08	0.23
6	9	0.15	0.38
7	12	0.20	0.58
<b>8</b>	<b>16</b>	<b>0.27</b>	<b>0.85</b>
9	5	0.08	0.93
10	4	0.07	1.00
$\Sigma$	60	1.00	/

Са вероватноћом **0.85** усваја се долазак **8 возила** у систем на 100 минутном интервалу  $n_v = 8$ .

- расподела оптерећења возила

$Q_v(t)$	$f$	$p_i$	$p(kum)$
10	3	0.05	0.05
11	3	0.05	0.10
12	5	0.08	0.18
13	3	0.05	0.23
14	3	0.05	0.28
15	10	0.17	0.45
16	6	0.10	0.55
17	8	0.13	0.68
18	2	0.03	0.71
19	7	0.12	0.83
20	3	0.05	0.88
<b>21</b>	<b>1</b>	<b>0.02</b>	<b>0.90</b>
22	4	0.07	0.97
23	2	0.03	1.00
$\Sigma$	60	1.00	/

Са вероватноћом **0.90** усваја се да возило одлази из система са **21 тоном** терета:  $Q_v = 21 t$ .

У претоварни систем, дакле, пристиже 8 возила, а *оптерећење сваког* појединачног возила је 21 тона, натоварених робом хомогеном по појавном облику, врсти и тежини (палете, 750 кг са слогом). При томе, важно је напоменути да карактеристике самог друмског возила морају да буду такве да је његова носивост ради безбедносних разлога увек нешто већа од носивости потребне за смештај целокупног терета (то би у овом случају било довољно 22т, но, како је претоварни систем складишта за палетизоване терете предвиђен да ради на начин да претоварна средства улазе у друмска возила при њиховом истовару, што је описано у даљем раду, то је потребно да је носивост ових возила већа). У ту сврху, одабрано је возило које задовољава поменуте захтеве у погледу носивости и димензија.

Димензије товарног простора друмског теретног возила које долази у систем (тип 18.413 FLLC немачког произвођача MAN), максималне носивости од  $Q_t = 24$  t, износе:



#### Димензије товарног дела друмског возила\*:

- |          | спољне          | (унутрашње) |
|----------|-----------------|-------------|
| ➤ дужина | $L_v = 6800$ mm | (6720 mm)   |
| ➤ ширина | $B_v = 2550$ mm | (2480 mm)   |
| ➤ висина | $H_v = 3000$ mm | (2970 mm)   |

носивост:  $Q_t = 24$  t

Слика 1.1. Приказ друмског транспортног средства које долази на фронт претовара, са основним димензијама

Табела 1.1. Приказ основних техничких карактеристика друмског транспортног средства

Дужина (мм)	Ширина (мм)	Висина (мм)	Висина платформе (мм)	Мин. радијус окретања (мм)	Носивост (т)
8430	2490	2992	1092	8650	28

Јединица руковања, односно претовара је Еуро-палета, масе  $q_p = 750$  кг под теретом, а њене димензије су:



$l_p = 1200$  мм (дужина),

$b_p = 800$  мм (ширина),

$h_p = 1145$  мм (висина са палетним слогом)

Слика 1.2. Приказ димензија и изглед Еуро-палете

Напомена: У задатку је усвојено да је висина палетног слога 1 м. За носивост једне Еуро палете (1000 – 4000 кг), усвојено је 1500 кг, а тежина око 30 кг.

\*Спецификације за овај тип друмског транспортног средства и слика преузете су са интернет адресе: [www.man-mn.hr/rabljenavozila](http://www.man-mn.hr/rabljenavozila), али, обзиром да није било података о унутрашњим димензијама, носивости и радијусу окретања, у ту сврху су коришћени подаци из дипломског рада Слободана Обућине (типови mercedes-ових возила AXOR 1823 и 2628), као и са адресе [www.nissandiesel.th.co/models](http://www.nissandiesel.th.co/models) (тип CDA214M), што је наведено у списку литературе.



Укупан број палета које би се могле сместити у товарни простор једног возила наведених димензија, износи:

$$n_p = \frac{L_v}{l_p} \times \frac{B_v}{b_p} \times \frac{H_v}{h_p} = \frac{6.72}{1.2} \times \frac{2.43}{0.8} \times \frac{2.97}{1.145} = 5.6 \times 3.04 \times 2.59 = 44.09 \text{ палета} \approx 45 \text{ палета.}$$

Укупан број палета које би се могле утоварити у возило носивости 24 т износио би:

$$n_p = Q_v / q_p = 24\,000 \text{ кг} / 750 \text{ кг} = 32 \text{ палете.}$$

Укупан број палета је, обзиром на ограничење у дозвољеној носивости возила, једнак:

$$N_p = Q_v / q_p = 21\,000 \text{ кг} / 750 \text{ кг} = \mathbf{28 \text{ палета.}}$$

Из овога се може закључити да ће у систем пристизати 8 возила, свако са по 28 палета, те стога произилази да је неопходно претоварити укупно палета:

$$n_v \times N_p = 8 \times 28 = \mathbf{224 \text{ палете,}}$$

у захтеваном временском интервалу од 100 минута.

## II – Генерисање варијантних решења

У овој фази израде, предвиђен је приказ три изабране технолошке концепције, односно начина реализације претоварног задатка применом три различита технолошка решења по, за то утврђеном, одговарајућем редоследу одвијања операција у процесу претовара, идентификујући све потребне технолошке елементе према назначеним технолошким захтевима.

Као могући начини реализације претоварног задатка предложене су три следеће варијанте:

- ❖ варијанта 1. – примена **чеоног индустријског електро-виљушкара** са седиштем за возача за извођење процеса претовара
- ❖ варијанта 2. – примена **чеоног електро-виљушкара са тежиштем терета у бази** виљушкара (без контратега, са платформом - местом за стајање возача) за реализацију претовара
- ❖ варијанта 3. – примена **вишенаменског VNA електро-виљушкара** са ротирајућом катарком и седиштем за возача

Наведене варијанте се разликују по примењеном средству механизације (врсти виљушкара), односно примењеној *типичној технологији* реализације претовара палетизованог терета.

Све три наведене варијанте се односе на исти складишни објекат – истих димензија и просторног распореда елемената у *складишној технологији* **селективних палетних регала** (постављених у парове-двоструко, осим уз зид складишног објекта), уз ту разлику што одређени тип виљушкара поставља другачије услове у погледу захтеване и потребне ширине радног пролаза због својих основних димензија и карактеристика у погледу кретања и окретања, чиме се утиче на број складишних регала у објекту, или пак њихову висину (колико то могућности дозвољавају) да би се задовољили захтеви за потребним капацитетом складиштења. У систему се рукује само палетама типа 800 x 1200 мм (Euro palet). Сви виљушкари (у свим варијантама) су на електро погон (из разлога мање буке и елиминисања емисије штетних гасова, испарења и честица, чиме је омогућен већи степен заштите *људи* задужених за рад у складишту и *окужења* од опасности угрожавања еколошким загађењем).

Што се тиче опреме на фронту претовара, ради превазилажења висинске разлике између нивоа пода возила и нивоа претоварног места, пројектовање фронта претовара је изведено са **фиксном рампом**, чија је висина приближно једнака висини пода товарног сандука теретног возила. Дакле, *ниво фронта претовара и ниво складишта  $\neq$  од нивоа саобраћајнице.*

Потребно је још да се напомене да, иако се у овако дефинисаном систему – складишном објекту као складишна опрема користе селективни регали, у технологији складиштења којом је омогућен директан приступ свакој складишној јединици али зато са мањом искоришћеном површином услед постојања радних пролаза, ипак су, као средства механизације, у обзир узети чеони и четворострани виљушкар који иначе захтевају шире радне пролазе и као такви се ређе користе у овој складишној технологији (у односу на технолошка решења виљушकारа са обртном главом, на пример), а из разлога што се ради о складишту у коме коефицијент обрта није изражено велик.

## I ВАРИЈАНТА – Чеони индустријски електро-виљушкар са седиштем за возача

### Опис рада система



Систем је делимично већ описан кроз неколико претходних пасуса у погледу примењене технологије реализације претоварног задатка (виљушкарска), технологије складиштења (са складишном опремом – селективни регали), нивелације претоварног фронта и складишта у односу на саобраћајнице за теретна друмска возила која пристижу на претовар, чиме су обухваћене неке од заједничких карактеристика које се односе на овај систем у погледу примене различитих средстава за реализацију процеса претовара (различитих варијантних технолошких решења претоварног задатка применом различитих техничких средстава претоварне механизације).

Сам систем функционише на следећи начин: друмска теретна возила (камиони са полуприколицама) пристижу у складишни систем са спољашње главне друмске саобраћајнице, затим се врши њихово вагање и прегледају пратећа документа возача примљена на увид, контролу и обраду, и уколико квантитативна контрола мерењем установи подударност са количином коју је потребно испоручити у систем, возила се онда, ако постоји слободно место, упућују директно на фронт претовара постављен уз складишни објекат. Уколико слободних места на претоварном фронту нема, тада се возило упућује на чекање на паркинг-место. Возила постављена на претоварни фронт се прво припреме за процес истовара (скида се цирада, отвара приколица, постављају виљушкар у приправност за рад...), затим се опслужују чеоним виљушкарима са фиксне рампе постављене у висини товарног сандука возила (камиона) уз коју је постављено возило док се истовара. Виљушкар приступа возилу са задње стране која је постављена до рампе, захвата најближу палету (а у наредним фазама и улази у возило ради захвата палета), подиже је на одређену висину од тла и транспортује до места складиштења у регал складишног објекта, по потреби врши маневар окретања, подиже или спушта виљушке ради одлагања палете у неку од слободних регалских ћелија, одлаже палету на место њеног даљег чувања у складишној зони, спушта виљушке, поново по потреби маневрише окретањем и креће се до места поновног захвата наредне палете у товарном сандуку друмског теретног возила и по потреби подешава висину виљушки (подизањем) ради захвата следеће по реду палетне јединице.

На овом процесу ангажован је један виљушкар за опслугу више возила (сви виљушкар ангажовани на процесу претовара су истог типа). По завршетку овог процеса, опслужено (истоварено) возило напушта претоварни фронт уступајући место следећем возилу упућеном претходно на чекање, возач на излазној капији прима натраг поднешену документацију након утврђивања да је посао адекватно изведен и оверавања докумената, и возило напушта складишни систем.



### Матрица – технолошки захтеви/технолошки елементи (ТЗ/ТЕ)

Идентификоване технолошке захтеве је потребно реализовати одређеним технолошким елементима које складишни објекат поседује као саставни део постојеће опреме и ресурса. Циљ је да се најпре идентификују сви потребни технолошки елементи за реализацију претоварног задатка. Да би се то утврдило, тј. да би се одредило који ће технолошки елементи реализовати поједине технолошке захтеве који се јављају, потребно је исте довести у везу преко матрице ТЗ/ТЕ.

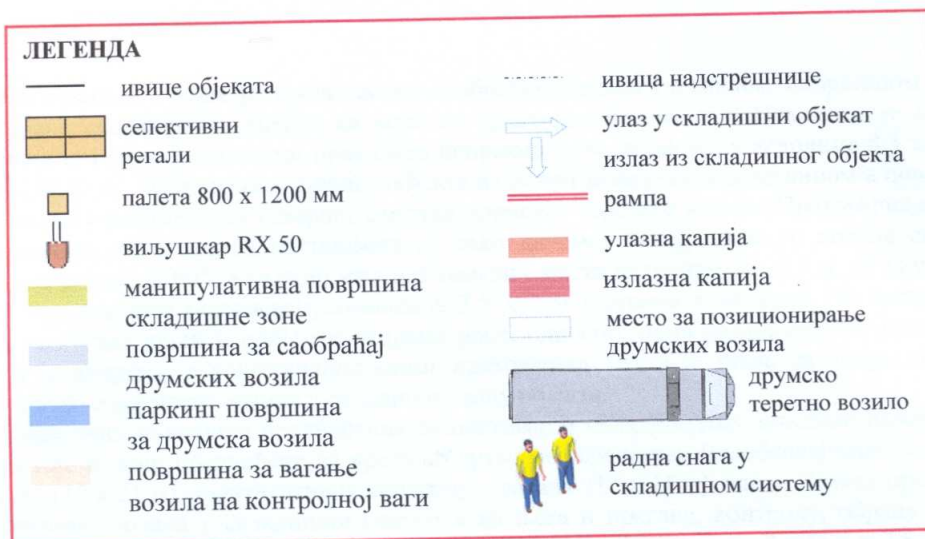
Једна од важних улога ове матрице је да прикаже могућности реализације више ТЗ-а једним ТЕ-ом (уколико таквих случајева има), односно да се утврди хомогеност технолошких захтева по технолошким елементима. Сабирање технолошких захтева према једном од технолошких елемената представља један од услова за правилно димензионисање ТЕ-а. У наставку је дата ова матрица, табелом 2.1.

Табела 2.1. Матрица ТЗ/ТЕ

<div>ТЕ</div> <div>ТЗ</div>	Улазна капија – рампа	Информациони систем	Контролна вага	Саобраћајница	Претоварни фронт	Паркинг место	Чеоно електро – виљушкар	Манипулативна површина складишне зоне	Селективни регали – регалска ћелија	Радна снага	Излазна капија – рампа
Искључење друмских теретних возила са главне саобраћајнице и приспеће у складишни систем	✖										
Предаја и провера пратеће документације		✖								✖	
Квантитативна контрола приспелих возила			✖							✖	
Упућивање и кретање возила до претоварног фронта				✖							
Чекање возила на ослобађање места за претовар на претоварном фронту						✖					
Пријем и постављање возила на место за реализацију процеса претовара					✖						
Припрема возила и опреме за истовар палета из возила					✖					✖	
Истовар палета из друмског возила							✖				
Транспорт палете кроз складишну зону до места за ускладиштење							✖	✖			
Ускладиштење палете у складишту							✖		✖		
Чување палетизоване робе у складишту									✖		
Припрема истовареног возила за напуштање складишта					✖					✖	
Испаркиравање возила са претоварног места и кретање до рампе на улазној капији				✖	✖						
Пријем предатих и обрађених докумената		✖									
Издазак возила из складишног система и укључивање у саобраћај				✖							✖

Слика 2.1. Приказ просторног распореда и димензија елемената складишно-претоварног система по првој варијанти реализације (све димензије су у метрима)





Слика 2.2. Шематске ознаке елемената просторно димензионисаног складишно-претоварног система распоређених на начин приказан претходном скицом

❖ Утврђивање потребних димензија саобраћајних и манипулативних површина

Да би се обезбедили услови за правилно функционисање свих технолошких елемената и њихово међусобно повезивање у циљу реализације технолошких захтева, неопходно је да се изврши и правилно димензионисање саобраћајних и манипулативних површина у систему.

Складишни објекат је затвореног типа, надземан, правоугаоне (готово квадратне) основе димензија 33.5 x 35 м, челично – бетонске носеће конструкције, прилагођен чувању палетизоване робе у регалском систему складиштења (селективни регали) и са могућношћу директног приступа свакој палетној јединици. Кровна конструкција је ослоњена на зидове објекта, који имају улогу заштите унутрашњости од спољног атмосферског утицаја, па нема таквих ограничења унутар самог простора у смислу кретања претоварних средстава и распоређивања регала због непостојања носећих стубова. Унутрашње димензије су 33 x 34.5 м, чиме је обезбеђена корисна површина од око 1138.5 м<sup>2</sup>. Корисна висина је око 7 м. Висина регала је 4.5 м, ширина регалске ћелије 2.2 м, а дубина око 1.4 м. Размак између две подужне додирне стране регала је 20 цм. Висина ћелије је око 1.5 м (а може се додатно подешавати по потреби), чиме је за ову варијанту висина складиштења ограничена на 3 реда палета (обзиром и на носивост регала, корисну висину унутар објекта, као и карактеристике изабраног виљушкара у погледу максималне висине дизања рама, при којој носивост и стабилност оптерећеног виљушкара имају велики значај – видети одељак III, I варијанта RX 50, који се односи на техничке спецификације овог претоварног средства. Примена овог виљушкара уласком у друмско возило ради захвата палета, могућа је коришћењем HILO MAST рама са слободном висином дизања виљушки, 1230мм, већом од 1.1м – на којој је други ред палета- да би рам остао у свом неутралном положају минималне висине од 1.86м, због висине товарног дела друмског возила. Виљушкар најпре истовари 2 реда првих 6 палета, па са својих 2.502 t тежине улази у товарни део возила не прекорачујући његову носивост). Укупан број расположивих ћелија је 120 x 3 реда = 360 регалских ћелија, чиме је омогућено слагање 720 палета типа 800 x 1200 мм (капацитет једне ћелије је 2 палетне јединице назначених димензија). Између регала су радни пролази ширине 3.6 м (карактеристике средства захтевају минимум 3180 мм ширине ових пролаза, али је ипак при пројектовању допуштено више – 3.6м, због могућности рада по два виљушкара у пролазу па ради безбедности у погледу њиховог мимоилажења), а ширине осталих радних пролаза су 3.1 и 5 м. Укупна површина радних пролаза (манипулативних површина у складишној зони) је 742.5 м<sup>2</sup>, па је површина под селективним регалима 396 м<sup>2</sup>.



*Претоварни фронт* је представљен саобраћајно-манипулативном површином испред краће стране складишног објекта на који се просторно надовезује. Покривен је кровном надстрешницом (што је на слици приказано испрекиданом линијом), а величине  $8.5 \times 33.5$  м, односно  $284.75 \text{ м}^2$ . Излаз из складишног објекта издигнут је над овом површином а повезује их фиксна рампа у висини пода товарног сандука друмског теретног возила. Претоварна места за позиционирање ових возила постављена су тако да омогућавају приступ возила са задње стране, под углом од  $90^\circ$ , а укупно има пет оваквих места величине  $3 \times 8.5$  м, са укупно пет врата са вертикалним подизањем, димензија  $3.5 \times 3$  м (ширина  $\times$  висина). На претоварним местима се уједно врши и пријем и отпрема робе, односно, нема раздвојености фронтита за пријем и за отпрему, а конструкција самог претоварног места је таква да допушта једним делом увлачење друмског возила у складишну зону објекта.

Осим ових површина предвиђених за претовар и складиштење приспеле палетизоване робе, постоје и зоне предвиђене за кретање друмских средстава ((саобраћајнице  $\approx 1320 \text{ м}^2$ , паркирање  $(15 \times 21 \text{ м})$ , квантитативну контролу – вагање  $(13 \times 15 \text{ м})$ , као и објекти предвиђени за пропуштање возила у складишни систем и из њега и преглед, контролу, обраду и оверу документације (улазна и излазна капија са информационом системом –  $2 \times (3.5 \times 7.5 \text{ м})$ ). Сам информациони систем у виду рачунара повезаног са базом података, конципиран је тако да својим софтверским решењем омогућава праћење рада у складишту, интерактивну комуникацију између надлежних и радника, као и радника међусобно, праћење броја приспелих палета и лоцирање тачних позиција сваке палете појединачно у складишту, односно регалској ћелији селективног регала, као и обраду пријемних и отпремних докумената.

**Напомена:** Носивост регала у свим варијантама, допушта слагање 2 палете од 750 кг тежине по ћелији, односно 4 реда слагања палета у регал по висини.

## II ВАРИЈАНТА – Чеони електро-виљушкар са тежиштем терета у бази

### Опис рада система



*Складишно – претоварни систем* за варијанту реализације претоварног задатка применом другог типа виљушкара, другачијих карактеристика у погледу димензија, висине дизања и захтева за ширином радних пролаза, осмишљен је тако да *функционише заправо на исти начин као и у претходно дефинисаној варијанти*. Разлике се, због управо напоменутих разлога, огледају у могућности складиштења додатног реда палетних јединица у висину (што носивост регала допушта), подешавањем висине регалске ћелије ( $1.35 \text{ м}$  уместо  $1.5 \text{ м}$ ) и због могућности дизања рама овог виљушкара на већу висину од оне код претходне варијанте код које поменуто подешавање у висини ћелије регала не би било од значаја. Сам претоварни фронт је истих димензија и просторног распореда као у првој варијанти, као и све остале површине, па складишни систем у целисти функционише на исти начин. Процес истовара палета из камиона обавља се исто једнофазно. Сви виљушкери који се користе за реализацију претоварног задатка истих су карактеристика, истог типа (различитог у односу на примењени тип виљушкара у првој варијанти). Користи се и иста складишна опрема – селективни регали истих димензија ћелија, са могућношћу подешавања висине регалске ћелије. Претоварни фронт је и у овом случају нижи од висине пода складишне зоне објекта и повезан са њом фиксном рампом.

### Матрица – технолошки захтеви/технолошки елементи (ТЗ/ТЕ)

Улога ове матрице, као и у претходном случају, јесте да повеже технолошке елементе са захтевима који се њима реализују, идентификујући најпре који су то све технолошки елементи за то потребни, као и да утврди постојање међусобних веза између ових елемената по питању реализације неког од захтева (или истог захтева), да би на бази тога систем могао да



### III – Димензионисање технолошких елемената

Ово поглавље се односи на утврђивање потребног броја (димензионисање) технолошких елемената (претоварних средстава, радника и др.) за обављање претоварног задатка, на бази претходног избора конкретног типа претоварног средства и његових карактеристика, просторног распореда елемената, начина одвијања процеса у претоварном систему и организације рада, за сваку поједину, предложену, варијанту реализације.

#### I ВАРИЈАНТА – Чеони индустријски електро-виљушкар са седиштем за возача



Слика 3.1. Изглед чеоног електро-виљушкара  
тип RX 50 – произвођач STILL

#### Карактеристике чеоног виљушкара:

- ПОГОН: Снажан трофазни погон са хидрауличном пумпом (за максималан резултат претовара), на три точка.
- ОДРЖАВАЊЕ: Интервал одржавања је на сваких 1000 сати или 12 месеци, и уз кратко време трајања сервисирања даје минималне трошкове одржавања.
- РАЗНОВРСНОСТ: Стандардна висина крова 2.080 метара, или по избору 1.980 метара за рад у нижим просторијама или пролазиома кроз врата. RX 50 серијски садржи регулисање брзине уметком на волану. Сигуран рад и рад без додатних напора обезбеђује примена малог, лако покретљивог волана и полуге вентила са пригушењем осцилација за минималне вибрације.
- ВЕЋИ УЧИНАК: 24-волтни трофазни погон доприноси повећању брзине на тлу и порасту учинка до 12 %, чиме се превазилазе досадашњи стандарди у овој класи виљушкара. Нова динамика погона (батерије) веома доприноси већој способности подизања терета. Пет програма вожње гарантују при томе једно оптимално прилагођавање на сваку ситуацију примене.

Табела 3.1. Приказ основних техничких карактеристика електро виљушкара RX 50

Модел	Максимална носивост* (кг)	Максимална висина подизања (мм)	Брзина вожње (км/ h)	Напон батерије (V)
RX 50 – 13	1.250	3.430	12.0	24
* Називна носивост код нормиране висине подизања и нормираног тежишног растојања.				

**Напомена:** Све спецификације за овај тип виљушкара преузете са веб адресе: [www.still.de/rx50](http://www.still.de/rx50)

Табела 3.2. Техничке карактеристике – спецификација чеоног електро-виљушкара RX 50 – 13

Characteristics	1.1	Manufacturer		STILL		
	1.2	Manufacturer's model designation		RX 50-13		
	1.3	Manufacturer's model designation		electric		
	1.4	Control - hand, pedestrian, stand-on, rider seated		rider seated		
	1.5	Carrying capacity/load	Q	kg	1250	
	1.6	Load centre	c	mm	500	
	1.8	Load distance	x	mm	325	
	1.9	Wheelbase (Mast Forward/ Vertical/ Back)	y	mm	1079	1112 1178
Weights	2.1	Weight		kg	2538	2520 2502
	2.2	Axle loadings laden front		kg	3279	3265 3251
	2.2.1	Axle loadings laden rear		kg	509	505 497
	2.3	Axle loadings unladen front		kg	1102	1090 1074
	2.3.1	Axle loadings unladen rear		kg	1436	1430 1424
Wheels / Tyres	3.1	Tyres - rubber (V), SE, pneu. (L), poly. (PE)			V	SE L
	3.2	Tyre size - front			16 x 6 x 10 <sup>1/2</sup>	18 x 7-8 18 x 7-8/16PR
	3.3	Tyre size - rear			16 x 6 x 10 <sup>1/2</sup>	18 x 7-8 18 x 7-8/16PR
	3.5	Wheels - number front (x = drive wheel)			2	
	3.5.1	Wheels - number rear (x = drive wheel)			1x	
	3.6	Track width - front	b <sub>10</sub>	mm	835	842 870
	3.7	Track width - rear	b <sub>11</sub>	mm	0	
Dimensions	4.1	Tilt angle, mast/fork carriage forwards		Grad	3	
	4.1.1	Tilt angle, mast/fork carriage backwards		Grad	6	
	4.2	Closed height	h <sub>1</sub>	mm	2260	
	4.3	Free lift	h <sub>2</sub>	mm	150	
	4.4	Lift height	h <sub>3</sub>	mm	3430	
	4.5	Height, mast raised	h <sub>4</sub>	mm	4080	
	4.7	Height to top of overhead guard (cabin)	h <sub>5</sub>	mm	2080**	
	4.8	Seat height	h <sub>7</sub>	mm	935	
	4.12	Coupling height	h <sub>10</sub>	mm	435	
	4.19	Overall length	l <sub>1</sub>	mm	2527	
	4.20	Length to front face of forks	l <sub>3</sub>	mm	1727	
	4.21	Overall width	b <sub>1</sub>	mm	993	996 1043
	4.22	Fork thickness	s	mm	35	
	4.22.1	Fork width	e	mm	80	
	4.22.2	Fork length	l	mm	800	
	4.23	Fork carriage to DIN 15173 - class / form A or B			ISO II B	
	4.24	Fork carriage width	b <sub>2</sub>	mm	980	
	4.31	Ground clearance beneath mast, laden	m <sub>1</sub>	mm	90	
	4.32	Ground clearance at centre of wheelbase	m <sub>2</sub>	mm	100	
	4.33	Aisle width for pallets 1000 x 1200 wide	A <sub>10</sub>	mm	3058	
Performance	4.34	Aisle width for pallets 800 x 1200 long	A <sub>10</sub>	mm	3180	
	4.35	Outer turning radius	W <sub>1</sub>	mm	1403	
	4.36	Inner turning radius	b <sub>13</sub>	mm		
	5.1	Speed laden		km/h	12	
	5.1.1	Speed unladen		km/h	12.5	
	5.2	Lift speed laden		m/s	0.31	
	5.2.1	Lift speed unladen		m/s	0.52	
	5.3	Lowering speed laden		m/s	0.54	
	5.3.1	Lowering speed unladen		m/s	0.6	
	5.5	Rated drawbar pull laden		N	1400	
	5.5.1	Rated drawbar pull unladen		N	1700	
	5.6	Max. drawbar pull laden		N	3500	
	5.6.1	Max. drawbar pull unladen		N	7500	
	5.7	Gradeability laden		%	5	
	5.7.1	Gradeability unladen		%	8.5	
Misc	5.8	Max. gradeability laden		%	19	
	5.8.1	Max. gradeability unladen		%	25	
	5.9	Acceleration time laden		s	5.4	
	5.9.1	Acceleration time unladen		s	4.8	
	5.10	Brakes			hydraulic	
	6.1	Drive motor hourly capacity		KW	4.5	
	6.2	Hoist motor capacity at 15% duty factor		KW	7.8	
Other	6.3	Battery equipment to DIN 43531/35/36 A, B, C, no			DIN 43535 A	
	6.4	Battery voltage	U	V	24	
	6.4.1	Battery capacity	K 5	Ah	805 (500-875)	
	6.5	Battery weight		kg	600	
	6.6	Energy consumption according to VDI cycle		KWh/h		
Other	8.1	Drive control			Stilltronic-Impulse	
	8.2	Operating pressure for attachments		bar	230	
	8.3	Oil flow for attachments		l/min		
	8.4	Average noise peak at operator's ears		dB(A)		
	8.5	Trailer coupling, type/DIN			pin	

\* Overhead guard height above 1965 mm available \*\* Overhead guard height above 1980 mm



Табела 3.3. Типови рамова за подизање и одлагање палетних јединица

Mast Types			Telescopic-Mast				HiLo-Mast	
RX-50-13	Lift Height	h <sub>3</sub>	2630-3430	3530-4430	4530-4830	4930-5430	2775-3475	3575-4075
	Closed Height	h <sub>1</sub>	1860-2260	2310-2760	2810-2960	3010-3260	1860-2210	2260-2510
	Free Lift	h <sub>2</sub>	150				1230-1580	1630-1880
	Overall Height Raised	h <sub>4</sub>	3280-4080	4180-5080	5180-5480	5580-6080	3425-4125	4225-4725
	Angle of Tilt	$\alpha/\beta$	3/6				3/6	
	Wheelbase *	y	1079/1112/1178				1079/1112/1178	
	Overall Width	b <sub>1</sub> SE	996				996	
		V	993				993	
		L	1043				1043	
	Load Distance	x	325				325	
	Aside Width	A <sub>s</sub>	3058/3180				3058/3180	
	Pallet 1000 x 1200 across 800 x 1200 long							

Mast Types			Triplex-Mast				Triplex-Mast, Narrow			
RX-50-13	Lift Height	h <sub>3</sub>	4020-4470	4620-4920	5070-5520	5620-5820	6070-6370	4020-4320	4470-4770	4920-5220
	Closed Height	h <sub>1</sub>	1860-2010	2060-2160	2210-2360	2460-2560	2610-2710	1860-1960	2010-2110	2260-2360
	Free Lift	h <sub>2</sub>	1230-1380	1430-1530	1580-1730	1830-1930	1980-2080	1230-1330	1380-1480	1530-1630
	Overall Height Raised	h <sub>4</sub>	4670-5120	5270-5570	5720-6170	6270-6570	6720-7020	4670-4970	5120-5420	5570-5870
	Angle of Tilt	$\alpha/\beta$	3/5				3/5			
	Wheelbase *	y	1099/1132/1187				1099/1132/1187			
	Overall Width	b <sub>1</sub> SE	1186				1073			
		V	1127				1005			
		L	1205				-			
	Load Distance	x	325				325			
	Aside Width	A <sub>s</sub>	3082/3199				3082/3199			
	Pallet 1000 x 1200 across 800 x 1200 long									

\* = Mast Forward/Vertical/Backward

Број потребних претоварних средстава утврђује се на бази карактеристика самог средства (RX-50 за ову варијанту реализације), дефинисаног просторног распореда димензионисаних елемената и начина функционисања система претовара, а поступак одређивања изложен је у наставку.

Карактеристике примењеног претоварног средства потребне за прорачун времена трајања истовара палета из камиона и утовара у палетне регале, на бази кога се, између осталог, утврђује одговарајући број претоварних средстава, узете из табела о спецификацијама самог средства механизације RX 50-13, приказане су у наставку:

$v_{ko}=12 \text{ km/h}$  – брзина кретања оптерећеног виљушкара (са теретом) =  $12000 \text{ m}/3600\text{s} \approx 3.33 \text{ m/s}$

$v_{kn}=12.5 \text{ km/h}$  – брзина кретања неоптерећеног виљушкара (без терета) =  $12500\text{m}/3600\text{s} \approx 3.47\text{m/s}$

$v_{do} = 0.31 \text{ m/s}$  – брзина дизања оптерећених виљушки

$v_{dn} = 0.52 \text{ m/s}$  – брзина дизања неоптерећених виљушки

$v_{so} = 0.54 \text{ m/s}$  – брзина спуштања оптерећених виљушки

$v_{sn} = 0.6 \text{ m/s}$  – брзина спуштања неоптерећених виљушки

### Прорачун дужине претоварног циклуса чеоног електро-виљушкара RX – 50

Сам начин функционисања складишно-претоварног система употребом селективних регала и њихов просторни распоред, подразумева да се палете са једнаком вероватноћом могу захватати са произвољних позиција у складишту јер је обезбеђен приступ свакој палетној јединици посебно, те је с тим у вези потребно најпре дефинисати средња растојања и висине.

Обзиром да су палете у возилу из ког их је потребно истоварити виљушкарем сложене у 2 реда, а ниво кретања виљушкара због коришћења фиксне претоварне рампе једнак нивоу товарног сандука, те за захват доњег реда палета није потребно подизање виљушки, то је средња висина захватања палета:

$$H_v = \frac{0+1}{2} = 0.5 \text{ m}$$

Висина  $H_v$  је иста у свим варијантама.

Средња висина одлагања палета у селективне регале у складишној зони објекта, обзиром на висину регалске ћелије у овој варијанти (1.5 м) и број редова слагања палета у регал по висини (3 реда) износи:

$$H_r = \frac{0 + 1.5 + 3}{3} = 1.5 \text{ m}$$

$t_1$  – време захватања палете са возила  
 $t_1 = 20\text{s}$  (усвојена вредност)

$t_2$  – време спуштања палете са висине  $H_v$

$t_g = 1.5\text{s}$  (усвојена вредност)

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{0.54 \text{ m/s}}{1.5 \text{ s}} = 0.36 \text{ m/s}^2; \quad b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{0.36 \cdot 0.36}{0.36 + 0.36} = 0.36 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{(0.54 \text{ m/s})^2}{0.36 \text{ m/s}^2} = 0.81 \text{ m} > H_v = 0.5 \text{ m} \Rightarrow \text{услов } S (= H_v) \geq \frac{v_{\max}^2}{b'} \text{ није задовољен па је}$$

$$t_2 = 2 \cdot \sqrt{\frac{H_v}{b'}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0.5 \text{ m}}{0.36 \text{ m/s}^2}} = 2.36 \text{ s}$$

$t_3$  – време окретања виљушкара за  $180^\circ$

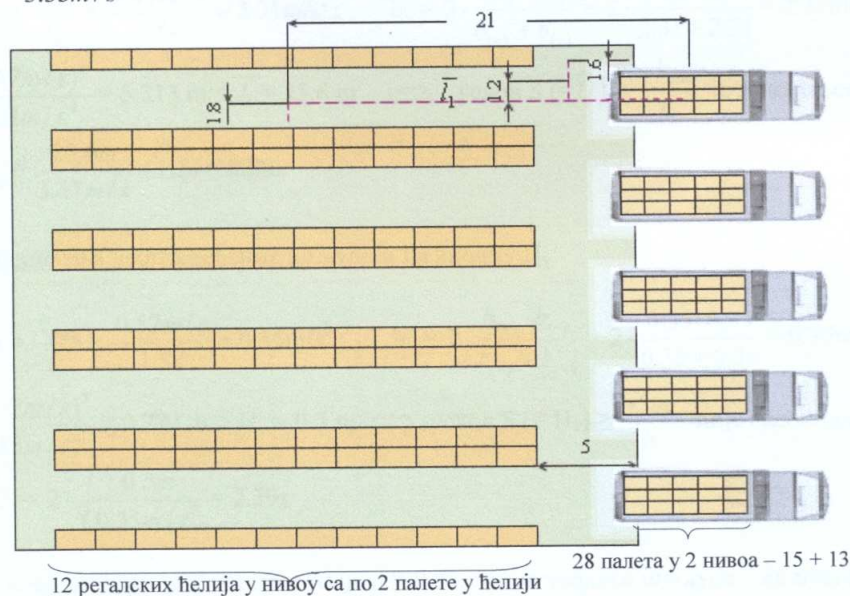
$t_3 = 10\text{s}$  (усвојена вредност)

$t_4$  – време вожње оптерећеног виљушкара на растојању  $\bar{l}_1$

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{3.33 \text{ m/s}}{1.5 \text{ s}} = 2.22 \text{ m/s}^2; \quad b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{2.22 \cdot 2.22}{2.22 + 2.22} = 2.22 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{(3.33 \text{ m/s})^2}{2.22 \text{ m/s}^2} = 4.995 \text{ m} < \bar{l}_1 = 25.6 \text{ m} \Rightarrow \text{услов } S (= \bar{l}_1) \geq \frac{v_{\max}^2}{b'} \text{ је задовољен па је}$$

$$t_4 = \frac{\bar{l}_1}{v_{ko}} + t_g = \frac{25.6 \text{ m}}{3.33 \text{ m/s}} + 1.5 \text{ s} = 9.19 \text{ s}$$



Слика 3.3. Графички приказ средњег растојања  $\bar{l}_1$  на путањи којом се креће виљушкар RX 50 у првој варијанти



$t_5$  – време подизања оптерећених виљушки на висину  $H_r$

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{0.31 \text{ m/s}}{1.5 \text{ s}} = 0.21 \text{ m/s}^2; \quad b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{0.21 \cdot 0.21}{0.21 + 0.21} = 0.21 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{(0.31 \text{ m/s})^2}{0.21 \text{ m/s}^2} = 0.458 \text{ m} < H_r = 1.5 \text{ m} \implies \text{услов } S (= H_r) \geq \frac{v_{\max}^2}{b'} \text{ је задовољен па је}$$

$$t_5 = \frac{H_r}{v_{do}} + t_g = \frac{0.458 \text{ m}}{0.31 \text{ m/s}} + 1.5 \text{ s} = 2.98 \text{ s}$$

$t_6$  – време одлагања палете у регалску ћелију

$t_6 = 16 \text{ s}$  (усвојена вредност)

$t_7$  – време спуштања неоптерећених виљушки са висине  $H_r$

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{0.6 \text{ m/s}}{1.5 \text{ s}} = 0.4 \text{ m/s}^2; \quad b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{0.4 \cdot 0.4}{0.4 + 0.4} = 0.4 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{(0.6 \text{ m/s})^2}{0.4 \text{ m/s}^2} = 1.5 \text{ m} = H_r = 1.5 \text{ m} \implies \text{услов } S (= H_r) \geq \frac{v_{\max}^2}{b'} \text{ је задовољен па је}$$

$$t_7 = \frac{H_r}{v_{sn}} + t_g = \frac{1.5 \text{ m}}{0.6 \text{ m/s}} + 1.5 \text{ s} = 4 \text{ s}$$

$t_8$  – време окретања виљушкар за  $90^\circ$

$t_8 = 6 \text{ s}$  (усвојена вредност)

$t_9$  – време вожње неоптерећеног виљушкар на растојању  $\bar{l}_1$

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{3.47 \text{ m/s}}{1.5 \text{ s}} = 2.31 \text{ m/s}^2; \quad b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{2.31 \cdot 2.31}{2.31 + 2.31} = 2.31 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{(3.47 \text{ m/s})^2}{2.31 \text{ m/s}^2} = 5.213 \text{ m} < \bar{l}_1 = 25.6 \text{ m} \implies \text{услов } S (= \bar{l}_1) \geq \frac{v_{\max}^2}{b'} \text{ је задовољен па је}$$

$$t_9 = \frac{\bar{l}_1}{v_{kn}} + t_g = \frac{25.6 \text{ m}}{3.47 \text{ m/s}} + 1.5 \text{ s} = 8.88 \text{ s}$$

$t_{10}$  – време подизања неоптерећених виљушки на висину  $H_v$

$$b_{(+)} = b_{(-)} = b = \frac{v_{\max}}{t_g} = \frac{0.52 \text{ m/s}}{1.5 \text{ s}} = 0.35 \text{ m/s}^2; \quad b' = 2 \cdot \frac{b_{(+)} \cdot b_{(-)}}{b_{(+)} + b_{(-)}} = 2 \cdot \frac{0.35 \cdot 0.35}{0.35 + 0.35} = 0.35 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{v_{\max}^2}{b'} = \frac{(0.52 \text{ m/s})^2}{0.35 \text{ m/s}^2} = 0.773 \text{ m} > H_v = 0.5 \text{ m} \implies \text{услов } S (= H_v) \geq \frac{v_{\max}^2}{b'} \text{ није задовољен па је}$$

$$t_{10} = 2 \cdot \sqrt{\frac{H_v}{b'}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{0.5 \text{ m}}{0.35 \text{ m/s}^2}} = 2.39 \text{ s}$$

Уколико је коефицијент двојних операција  $\rho = 0.85$ , време трајања циклуса 1 виљушкар биће:

$$T_c = 0.85 \cdot \sum_{i=1}^{10} t_i = 0.85 \cdot (20 + 2.36 + 10 + 9.19 + 2.98 + 16 + 4 + 6 + 8.88 + 2.39) = 0.85 \cdot 81.80 \approx 69.53 \text{ s}$$

Време истовара једног камиона са 28 палета, једним виљушкар ом је:

$T_{ist} = 28 \cdot T_c = 28 \cdot 69.53s = 1946.84s = 32.45 \text{ min} = 32\text{min } 27s$ , а време истовара 8 камиона једним виљушкар ом =  $8 \times T_{ist} = 8 \times 32.45 \text{ min} = 259.6 \text{ min} = 4\text{h } 19\text{min } 48s$

Потребан број виљушкар а за истовар 8 камиона за мање од 100 min је:

$$N = \frac{8 \cdot T_{ist}}{100} = \frac{259.6}{100} = 2.60 \text{ односно, } \underline{\text{потребно је најмање 3 виљушкар а}}$$

**Потребан број радника** на бази начина организације рада:

- 3 радника на виљушкарима
- 6 радника за припрему за истовар приспелих возила на претоварни фронт, и на одржавању складишта (бар један или два радника обучени за рад на виљушкарима, као резерва)
- 2 радника на рампама (улазној и излазној капији) и 2 радника у информационом систему
- 1 радник на контролној ваги
- 1 радник за помоћ при маневрисању возила и упућивању на претоварни фронт или на паркирање
- 3 радника задужена за безбедност и реаговање у случају хаварија и несрећа
- 1 радник за надгледање и праћење рада осталих радника (пословођа-контролор)
- 1 ноћни чувар
- 1 директор и 2 секретарице- (1 књиговођа)

Укупно: **22 радника** (без директора)

Од осталих технолошких елемената, потребно је:

- 4 двострука и 2 једнострука селективна регала
- 2 контролне друмске ваге
- 5 прелазница
- 2 рампе на улазу и излазу складишног система
- рачунарска опрема (7 рачунара, умрежених) и опрема за видео-надзор, безбедност и интерне комуникације (16 инфрацрвених видео-камера за дневни и ноћни режим рада са 12 алармних детектора покрета, 7 детектора пожара/дима, 17 бежичних ФМ радио-примо-предајника за интерну комуникацију радника у складишном објекту и осталим радним просторијама са базом, као и пратећа електро-опрема за повезивање и инсталацију наведених елемената)



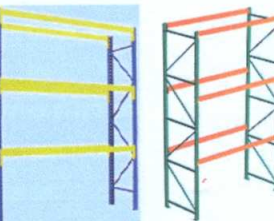
Слика 3.3.1. Рампа SEL 602 (6m) на улазу и излазу складишног система са електроником за управљање и жутим трептачем који трепће док је летва рампе у покрету



Електронска колска вага са челичним мостом опсега мерења 60 t и мерног навоза димензија 18 x 3 m



Прелазнице 3x2.5m-помоћна опрема у складишту за прелаз виљушкар а у друмско средство ради истовара



Селективни палетни регали, Heavy Duty и Cisco-Eagle произвођача

Слика 3.3.2. Приказ дела складишне опреме предложеног складишно-претоварног система



#### IV – Утврђивање коштања система по варијантама

Предмет ове фазе рада јесте да се утврди укупна сума неопходна за улагање у имплементацију сваког појединачног предложеног варијантног решења да би се могла увидети њихова исплативост. Ова сума обухвата различите категорије трошкова. Неки од њих су исти за све варијанте и као такви представљају *фиксне трошкове*. То су трошкови припреме терена за изградњу (ископ земљишта, поравнање тла...), трошкови изградње складишног објекта (пôд – манипулативна површина, конструкција – зидови и кров, врата и претоварна рампа), површина за пријем, проверу, кретање и маневар друмских средстава (улазна и излазна капија са пратећим помоћним објектима – зградама, саобраћајнице, паркинг, површине за квантитативну контролу/вагање друмских средстава, позиције на претоварном фронту) и трошкови набавке и постављања других пратећих елемената (рампе и контролне ваге, информационог система – рачунарске опреме), јер су основе димензије и број ових елемената у свим варијантама исте, а тиме и количина и цена материјала и средстава за њихову изградњу и примену. У фиксне трошкове још се могу убројати и трошкови изнајмљивања радне снаге, јер је број потребних радника по варијантатама исти, као и трошкови набавке и постављања инсталација (водовод, електрична струја, клима и термо-изолација, интерне везе и комуникациона опрема у објекту и опрема за надгледање и праћење свих процеса...)

Трошкови који нису обухваћени наведеним групама трошкова јесу *променљиви* и као такви *релевантни* за *поређење предложених варијанти* реализације и функционисања складишно-претоварног система, а односе се на *трошкове набавке претоварних средстава* (различитих типова по димензијама, техничким могућностима и ценама), као и друге опреме у складишном објекту – *селективних регала* (чији број и висина варијају по варијантама).

##### Прорачун фиксних трошкова:

###### ➤ трошкови изградње складишног објекта

- трошкови припреме терена /изнајмљивања машине и радника за земљишне радове (ископ тла, равнање...)  $40 \text{ €/h} \times 5 \text{ h} \times 2 \text{ дана} = \underline{400 \text{ €}}$

- трошкови набавке материјала за изградњу складишног објекта (основа површине  $1138.5 \text{ m}^2$ ; потребно: шљунак –  $(216 + 108 \text{ m}^3) \times 15 \text{ €/m}^3$ , цемент –  $690 \text{ дакова} \times 5 \text{ €/ком}$ , арматурна мрежа  $\varnothing 10 \text{ мм}$ ,  $6 \times 2.1 \text{ м}$ ,  $45 \text{ €/ком} \times 96 \text{ ком}$ , носеће челичне конструкције –  $1300 \text{ м} \times 2.5 \text{ €/м}$ , зидне и подне облоге од изолационог и водоотпорног материјала –  $850 \text{ m}^2 \times 2 \text{ €/m}^2$ , врата –  $5 \text{ ком} \times 350 \text{ €/ком}$ , подна облога од епоксида –  $18 \text{ €/кг} \times 2.5 \text{ кг/m}^2 \times 1138.5 \text{ m}^2$ , превоз до  $30 \text{ км}$  раздаљине =  $50 \text{ €/вожњи} \times 60 \text{ возњи}$ )  $\approx \underline{74000 \text{ €}}$

- трошкови изградње пода и претоварне рампе бетонирањем + полагање слоја епоксида  $5 \text{ €/h} \times 5 \text{ h} \times 2 \text{ дана} \times 7 \text{ радника} + 8 \text{ €/m}^2 \times 1138.5 \text{ m}^2 = \underline{350 \text{ €} + 9108 \text{ €}} \approx \underline{9460 \text{ €}}$

- трошкови изградње носеће конструкције – зидови и кров са надстрешницом, постављање врата  $4 \text{ €/h} \times 6 \text{ h} \times 2 \text{ дана} \times 5 \text{ радника} = \underline{240 \text{ €}}$

###### ➤ трошкови изградње саобраћајних и др. површина за пријем, проверу, кретање и маневар друмских средстава транспорта ( $2114.75 \text{ m}^2$ )

- трошкови набавке материјала за изградњу наведених елемената (шљунак, цемент, арматура + превоз, за бетонску основу од  $2114.75 \text{ m}^2$  – према претходном прорачуну увећано  $2114.75 \text{ m}^2 / 1138.5 \text{ m}^2 = 1.86$  пута)  $\approx \underline{28460 \text{ €}}$

- трошкови изградње (бетонирања или асфалтирања) саобраћајних површина, паркинга, претоварних места, површина за вагање друмских средстава  $45 \text{ €/h} \times 6\text{h} \times 3 \text{ дана} = \underline{810 \text{ €}}$

- трошкови постављања улазне и излазне капије са рампом и монтаже пратећих објеката – зграда на улазу и излазу складишног система

$2 \text{ радника} \times 35 \text{ €} + 4 \text{ €/h} \times 6\text{h} \times 2 \text{ дана} \times 4 \text{ радника} \approx \underline{260 \text{ €}}$

- трошкови набавке и постављања осталих пратећих елемената (рампе, контролне ваге, рачунарска опрема AMD ENERGY HD 320GB, прелазнице-претоварне рампе  $3 \times 2.25 \text{ m}$ )

$2 \times (2170 \text{ €} + 4500 \text{ €} + 680 \text{ €}) + 5 \times 3.500 \text{ €} = \underline{32200 \text{ €}}$

- трошкови набавке и увођења инсталације (вода, електр.енергија, комуникациона опрема – радио-везе, алармни системи за дојаву и видео-надзор, против-пожарни системи...)  $\approx \underline{35000 \text{ €}}$

**Укупан износ фиксних трошкова:  $\underline{180830 \text{ €}}$**

#### **Прорачун варијабилних трошкова ( I варијанта):**

- трошкови набавке и рада претоварног средства

$6970 \text{ €/ком} \times 3 \text{ ком} = \underline{20910 \text{ €}}$

- трошкови набавке селективних регала

$105 \text{ €/палетном месту} \times 720 \text{ палетних места} = \underline{75600 \text{ €}}$

$\Sigma = \underline{96510 \text{ €}}$

#### **Прорачун варијабилних трошкова ( II варијанта):**

- трошкови набавке и рада претоварног средства

$10400 \text{ €/ком} \times 3 \text{ ком} = \underline{31200 \text{ €}}$

- трошкови набавке селективних регала

$*105 \text{ €/палетном месту} \times 864 \text{ палетна места} = \underline{90720 \text{ €}}$

$\Sigma = \underline{121920 \text{ €}}$

#### **Прорачун варијабилних трошкова ( III варијанта):**

- трошкови набавке и рада претоварног средства

$24.500 \text{ €/ком} \times 3 \text{ ком} = \underline{73500 \text{ €}}$

- трошкови набавке селективних регала

$105 \text{ €/палетном месту} \times 1008 \text{ палетних места} = \underline{105840 \text{ €}}$

$\Sigma = \underline{179340 \text{ €}}$

\* Напомена: Цене регала за одређене величине и типове регала преузете са интернет странице [www.cisco-eagle.com](http://www.cisco-eagle.com)



## V – Прорачун времена утовара по варијантама

У овом поглављу је дат приказ прорачуна времена потребног за извршење дефинисаног транспортног задатка, на бази утврђеног броја претоварних средстава која се примењују у предложеним варијантама.

Оно што би можда требало нагласити је то да је при прорачуну овог времена, за све три варијанте узето приближно исто време потребно виљушкару за операције захватања и одлагања палете, окретање (у неким случајевима), губици услед постизања убрзања /успорења, што се усвојених вредности тиче, те да би се тако испитале техничке могућности сваког појединог виљушкара на бази осталих релевантних величина (брзине кретања оптерећеног и неоптерећеног виљушкара на датом растојању, брзине подизања и спуштања оптерећених и неоптерећених виљушки, висине слагања у погледу носивости и стабилности при истом оптерећењу...). Такође, да би поређење варијанти било квалитетније, усвојено је да се ради о једном истом складишном објекту и систему, истих димензија, са истим начином складиштења у технологији селективних складишних регала, при чему је слагање палета (хомогених по врсти робе и тежини) у ове регале исто у три реда по висини (да би се утврдило повећање капацитета складиштења повећањем броја регала по варијантама, обзиром да сваки регал има исте димензије и носивост - исти број хелија и предвиђен за складиштење истог броја палета).

Време потребно за извршење транспортног задатка по варијантама дато је у наставку:

$$T = \frac{\text{време за опслугу 8 камиона са 1 виљушкарем}}{\text{број виљушкара ангажованих на задатку}}$$

- ВАРИЈАНТА 1:  $T = 259.60 \text{ min} / 3 = 86.53 \text{ min} \approx 1 \text{ h } 26 \text{ min } 32 \text{ s}$
- ВАРИЈАНТА 2:  $T = 281.84 \text{ min} / 3 = 93.95 \text{ min} \approx 1 \text{ h } 33 \text{ min } 56 \text{ s}$
- ВАРИЈАНТА 3:  $T = 272.56 \text{ min} / 3 = 90.85 \text{ min} \approx 1 \text{ h } 30 \text{ min } 51 \text{ s}$

Види се да се у захтеваном временском интервалу од 100 min задатак најбрже реализује по првој варијанти, затим трећој, па другој.

## VI – Вредновање варијантних решења

Често је потребно на бази више критеријума оценити оправданост примене неког решења и одредити се за оно које је оптимално. Што већи број алтернатива и информација везаних за сваку поједину алтернативу, то је и избор оптималне варијанте у погледу понуђених алтернатива лакши. Да би се то постигло, потребно је прво изабрати одговарајућу методу вишекритеријумског одлучивања и применити је на конкретан проблем.

За представљање реалних система у вишекритеријумској области одлучивања највише су у примени следеће две врсте математичких модела:

▣ Вишециљно одлучивање

▣ Вишеатрибутивно (вишекритеријумско) одлучивање

Методе вишеатрибутног одлучивања у примени су за лоше структуриране проблеме. Свака од алтернатива би требало да је окарактерисана и описана са више атрибута (критеријума, показатеља), на бази којих се утврђује вредност алтернативе (потенцијалног решења), а сваки од критеријума је или **максимизационог** или **минимизационог типа**.

Обзиром да нису сви критеријуми од подједнаке важности, потребно је да се њихов релативни значај представи одређеним тежинским коефицијентима – **тежинама**. Међутим, код овог одређивања тежина критеријума веома до изражаја долази субјективност онога ко одређује тежине, па је потребно обавити и одређене анализе понашања система у случају да се ове тежине промене<sup>1</sup>.

Неке од метода вишекритеријумске анализе у примени су<sup>2</sup>:

- max-max,
- max-min,
- Hurwitz-ова (комбинација max-max и max-min метода),
- SAW (Simple Additive Weighting Method),
- TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution),
- PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod of Enrichment Evaluation)
- ELECTRE (ELimination Et Choice Translating REality)
- дисјунктивна,
- конјунктивна...

Избор оптималног решења на бази метода вишекритеријумског одлучивања је често такав да, услед присутних конфликта између појединих критеријума, не постоји могућност да се пронађе решење које ће бити најбоље по свим критеријумима, а што, иначе, представља циљ.

Конкретно, у задатку који је предмет овог рада, одлуку о избору најбољег решења је потребно донети на бази критеријума **коштања система** и **времена реализације претоварног задатка**. У ту сврху биће примењена једна од метода вишекритеријумског одлучивања, узимајући у обзир следеће тежине критеријума:

- а) коштање система – 0.7,            време реализације претоварног задатка – 0.3;
- б) коштање система – 0.5,            време реализације претоварног задатка – 0.5;
- в) коштање система – 0.3,            време реализације претоварног задатка – 0.7.

Оба ова критеријума, коштање система и време реализације претоварног задатка, минимизационог су типа.

<sup>1</sup> Мр. Снежана Тадић, вежбе из предмета *Интермодални транспорт 2*, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет, 2008. год.

<sup>2</sup> Доц. др Бранка Димитријевић, предавања из предмета *Одабрана поглавља из операционих истраживања*, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет, 2008. год.



Табела 6.1. Улазне величине и параметри вредновања варијанти релевантних за прорачун при поређењу варијанти и избору оптималног решења

	C <sub>1</sub> -Цена коштања система – варијабилни трошкови (€)*	C <sub>2</sub> - Време реализације претоварног задатка (min)
ВАРИЈАНТА 1 (A <sub>1</sub> )	96510	259.60
ВАРИЈАНТА 2 (A <sub>2</sub> )	121920	281.84
ВАРИЈАНТА 3 (A <sub>3</sub> )	179340	272.56
Тип критеријума min/ max	min	min

Обзиром да се ради о проблему вишекритеријумског вредновања  $n=3$  решења, у простору  $m=2$  критеријума, задатак се може представити на начин приказан изразима у наставку:

➤ матрица вредности критеријума  $C = \begin{vmatrix} C_1 & C_2 & \dots & C_m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C_1 & C_2 \end{vmatrix}$

➤ матрица алтернатива (варијанти)

$$A = \begin{vmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{vmatrix}$$

➤ матрица вредности тежина критеријума  $W = \begin{vmatrix} W_1 & W_2 & \dots & W_m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} W_1 & W_2 \end{vmatrix}$

➤ матрица одлучивања ( $V_{ij}$  – вредност критеријума  $j$  за варијанту  $i$ )

$$D = \begin{vmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1m} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ V_{n1} & V_{n2} & \dots & V_{nm} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} V_{11} & V_{12} \\ V_{21} & V_{22} \\ V_{31} & V_{32} \end{vmatrix}$$

Довођење вредности различитих критеријума у исти опсег (технике нормализације)  
- пресликавање у интервал  $(0,1]$  (за критеријуме типа *min*)

$$N_{ij} = \frac{V_i^{\min}}{V_{ij}}$$

Примена **методе тежинске функције**:

$$V(A_i) = \frac{\sum_{j=1}^m N_{ij} \cdot w_j^N}{\sum_{j=1}^m w_j}$$

$$V(A_1) = w_1 \cdot V_{11} + w_2 \cdot V_{12} + \dots + w_m \cdot V_{1m} = w_1 \cdot V_{11} + w_2 \cdot V_{12}$$

$$V(A_2) = w_1 \cdot V_{21} + w_2 \cdot V_{22} + \dots + w_m \cdot V_{2m} = w_1 \cdot V_{21} + w_2 \cdot V_{22}$$

$$V(A_n) = w_1 \cdot V_{n1} + w_2 \cdot V_{n2} + \dots + w_m \cdot V_{nm} = w_1 \cdot V_{31} + w_2 \cdot V_{32} = V(A_3)$$

\* **Напомена:** У табели су приказани само варијабилни трошкови по којима се варијанте разликују, ради лакшег прорачуна

У претходним поглављима овог рада, разматране су могућности примене различитих типова цикличних претоварних средстава - виљушкар, као евентуалних варијантних решења за предложени складишно-претоварни систем и то:

- варијанта 1. – **чеони индустријски електро-виљушкар** са седиштем за возача
- варијанта 2. – **чеони електро-виљушкар са тежиштем терета у бази** виљушкара
- варијанта 3. – **вишенаменски VNA електро-виљушкар са ротирајућом катарком**

Прорачун:

$$V \xrightarrow{(0,1]} N$$

$$N_{11} = \frac{V_1^{\min}}{V_{11}} = \frac{96510}{96510} = 1$$

$$N_{12} = \frac{V_2^{\min}}{V_{12}} = \frac{259.6}{259.6} = 1$$

$$N_{21} = \frac{96510}{121920} = 0.792$$

$$N_{21} = \frac{259.6}{281.84} = 0.921$$

$$N = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 0.792 & 0.921 \\ 0.538 & 0.952 \end{vmatrix}$$

$$N_{31} = \frac{96510}{179340} = 0.538$$

$$N_{31} = \frac{259.6}{272.56} = 0.952$$

а)  $w = [0.7 \ 0.3]$

б)  $w = [0.5 \ 0.5]$

$$V(A_1) = 0.7 \cdot 1 + 0.3 \cdot 1 = 1$$

$$V(A_2) = 0.7 \cdot 0.792 + 0.3 \cdot 0.921 = 0.831$$

$$V(A_3) = 0.7 \cdot 0.538 + 0.3 \cdot 0.952 = 0.662$$

$$V(A_1) = 0.5 \cdot 1 + 0.5 \cdot 1 = 1$$

$$V(A_2) = 0.5 \cdot 0.792 + 0.5 \cdot 0.921 = 0.857$$

$$V(A_3) = 0.5 \cdot 0.538 + 0.5 \cdot 0.952 = 0.745$$

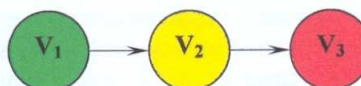
в)  $w = [0.3 \ 0.7]$

Поредак у сва три случаја је следећи:

$$V(A_1) = 0.3 \cdot 1 + 0.7 \cdot 1 = 1$$

$$V(A_2) = 0.3 \cdot 0.792 + 0.7 \cdot 0.921 = 0.882$$

$$V(A_3) = 0.3 \cdot 0.538 + 0.7 \cdot 0.952 = 0.828$$



Анализа на бази наведених критеријума у погледу коштања система и времена потребног за реализацију претоварног задатка по дефинисаним варијантама, показује да је оптимално имплементирати у систем решење представљено првом варијантом реализације – **чеони индустријски електро-виљушкар** са седиштем за возача. Затим, по „исплативости“ следи друга, па трећа варијанта. Једно од можда могућих објашњења оваквог исхода анализе изложено је у закључку који следи.

#### NAPOMENA:

- Овај фајл је састављен од делова једног пројектног задатка те се у њему могу јавити нагли прелазу између делова рада.
- Обухваћени су сви методолошки кораци, али они који се јављају за свако варијантно решење нису понављани
- Обратити пажњу на давање конкретне спецификације коришћених технолошких елемената, као и на навођење извора тих спецификација, као и на навођење коришћене литературе.