

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/334262905>

System Availability Optimization for Production and Embedding of Bitumen Bounded Materials

Thesis · April 2016

DOI: 10.13140/RG.2.2.19987.84000

CITATIONS

0

READS

4

1 author:



Milan Mirkovic

Consulting Experts system

11 PUBLICATIONS 5 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Availability in Construction [View project](#)



Investment Strategy [View project](#)

Универзитет у Београду
Грађевински факултет

мр Милан С. Мирковић дипл. грађ. инж.

**ОПТИМИЗАЦИЈА РАСПОЛОЖИВОСТИ СИСТЕМА ЗА
ПРОИЗВОДЊУ И УГРАЂИВАЊЕ БИТУМЕНОМ ВЕЗАНИХ
МАТЕРИЈАЛА**

- докторска дисертација -

Београд, 2016. године

University of Belgrade
Faculty of civil Engineering

mr. sci. Milan S. Mirkovic C. E.

**SYSTEM AVAILABILITY OPTIMIZATION FOR
PRODUCTION AND EMBEDDING OF BITUMEN BOUNDED
MATERIALS**

- doctoral dissertation -

Belgrade, 2016.

Ментор:

1. Проф. др Бранислав Ивковић, дипл. грађ. инж.

Грађевински факултет Универзитета у Београду

Чланови комисије:

1. Проф. др Горан Младеновић, дипл. грађ. инж.

Грађевински факултет Универзитета у Београду

2. Проф. др Милан Тривунић, дипл. грађ. инж

Факултет техничких наука - Нови Сад

Датум одбране: _____

Београд, 2016. год.

Резиме

Примена поузданости поправљивих система на решавање проблема из области грађевинских производних система заузима важно место у процесу избора оптималних решења међу понуђеним варијантама система. Основна претпоставка код примене поузданости поправљивих система је да свака машина представља компоненту, што је са аспекта осталих техничних наука веома дискутабилно. Међутим, с обзиром на другу претпоставку о стационарности процеса уводи се функција расположивости као незаобилазна мера између поузданости и погодности одржавања компонената и система у целини. Додатни и последњи разлог за анализирање грађевинских машина као компонената је економске природе. Са аспекта укупних трошкова и производног капацитета система, функција расположивости заузима све већи значај у процесу одређивања укупних трошкова по јединици мере готовог производа и укупних трошкова у предмеру и предрачуну радова као најважнијем делу тендерских докумената. У досадашњим радовима, углавном је преовладала техно-економска оптимизација приликом избора система грађевинских машина. У раду су приказане методологије за прикупљање и анализу показатеља расположивости и израчунавање оперативне расположивости за сваку јединицу машинског парка предузећа. Истраживана су времена отказа и поправки код 34 компоненте у периоду од 6 (пословних) година. На основу добијених резултата за различите услове експлатације грађевинских машина и постројења предложена је методологија будућег понашања истих, у саставу модела оптимизације расположивости грађевинског производног система. Са циљем елиминисања сувишних критеријума, предложени модел узима у обзир *укупне трошкове* компонената када су у функцији и ван ње. Такав приступ омогућава доносиоцу одлуке избор висине профита, дужину трајања радова у функцији пројекције новчаних токова и управљањем са стварним показатељима функционисања система на нивоу пројекта. С обзиром на то да су политике одржавања машина базиране на расположивости, а не на поузданости компонената, са циљем максимизирања расположивости за различита буџетска сценарија, логичан приступ у избору функције циља са аспекта управљања грађевинским производним системима је минимизирање трошкова за задату (алоцирану) расположивост. Предложени модел оптимизације расположивости система грађевинских машина заснован је на коришћењу историјске базе података са вредностима оперативних расположивости компонената, условима у којима су вршиле функцију и степену амортизованости у процесу предвиђања пројектне расположивости, за пројекте који следе. Рангирања варијантних решења су последица усвојене функције циља која је резултат проширења методе егзактног прорачуна расположивости за серијско паралелне системе, са припадајућим ограничењима. За оптималну расположивост система усваја се вредност која припада минималним укупним трошковима. Моделом је, такође, предвиђено да се по окончању пословне године упореде стварни и пројектовани показатељи функције система. Информациона подршка предложеном моделу је информациони систем предузећа, који је израђен у програмском језику PHP на Linux софтверској основи и базом података у MySQL-у. Предложени модел тестиран је на систему за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала на конкретном пројекту. Добијени резултати потврђују оправданост коришћених претпоставки у раду.

Кључне речи: *расположивост, систем, интензитет отказа, интензитет поправки, укупни трошкови, укупни трошкови система по јединици мере готовог производа*

УДК број : 624 : 658 : 512 (043.3)

Abstract

Application of the reliability of repairable systems on solving problems from constructing production systems takes an important place in the process of finding the optimal solution among the suggested system choices. The basic hypothesis when using the reliability of the repairable systems is that every machine is representing a component, a fact that is debatable when talking about technical sciences. However, considering the second assumption of the stationary process, the function of the availability is introduced. It represents the measure between the reliability and the benefit of maintaining the components and the system as a whole one. An additional and the last reason for analyzing constructing machine as a whole one has an economic reason. From the aspect of the total cost and the capacity of the system, the function of the availability is catching more and more impact in the process of determining the total cost in bill of quantities as the most important part of tender documents. Until former works, techno-economic optimisation usually ran over when choosing the system of the construction machines. In the work, there are shown the methodologies for gathering and analyzing the indicators of availabilities per unit of a company's machine park. The time of demission and reparation have been investigated among 34 components in the period of 6 years. Based on the obtained result for different conditions of machine exploitation and facilities, it is suggested the methodology of the future behaviour of the corresponding within the model optimization availability of constructing production system with the aim of eliminating extra criterion. The suggested model takes in consideration the total cost of the components when they are functional, and when they are not. This kind of approach enables the one who take choices decision of the height of profits, in the length of work in function of the projection of cash flow and managing with real indicators of functioning the system at the project level. Given the fact that the maintenance policy of machines is based on availability, and not on reliability of components, with the aim of maximizing the availability of different budget scenarios, a logical approach to the selection of the objective function in the terms of management of construction production systems is to minimize costs for a given availability of system constructing machinery is based on the use of historical data base with the values of the operational availability of components, conditions in which they function, in the process of forecasting the project availability for projects that follow. Ranking variant solutions is the result of the adopted function of the aim as a consequence due to enlargement methods of availability for serial parallel systems with the associated restrictions. For optimal system availability is taken a value that belongs to minimal total cost. However, it is predicted that after the end of the financial year, the real and projected indicators of system functions get compared to each other. Informational support to the proposed model is informational company system, which was built in the PHP programming language on the Linux software platform, and with data based in My SQL. The suggested model is tested on the system for the production and embedding bitumen bound materials on the specific project. Obtained results confirm the assumptions used in work.

Keywords: availability, system, failure rate, repair rate, total system costs, total system cost per unit of finished product

UDK number : 624 : 658 : 512 (043.3)

1 Увод.....	2
1.1 Расположивост у функцији времена.....	7
1.1.1 Тренутна расположивост.....	8
1.1.2 Интервална расположивост.....	8
1.1.3 Расположивост у устаљеном стању.....	8
1.2 Расположивост у функцији врсте застоја.....	10
1.2.1 Својствена расположивост.....	10
1.2.2 Остварена расположивост.....	10
1.2.3 Оперативна расположивост.....	11
1.3 Дефинисање предмета истраживања.....	12
1.4 Циљеви истраживања.....	13
1.5 Хипотезе истраживања.....	13
1.6 Обим и ограничења истраживања.....	13
1.7 Структура докторске дисертације.....	15
2 Преглед литературе.....	20
2.1 Поузданост поправљивих (одржаваних) система.....	20
2.1.1 Интензитет појаве отказа - интензитет поправке.....	21
2.1.2 Функција интензитета отказа.....	22
2.1.3 Укупна функција интензитета отказа.....	22
2.2 Расположивост одржаваних система.....	24
2.2.1 Статистичке расподеле у анализама расположивости.....	24
2.2.2 Методе одређивања расположивости одржаваних система.....	25
2.2.2.1 Методе предвиђања расположивости производних система.....	26
2.2.2.1.1 Моделовање трошкова у функцији расположивости.....	26
2.2.2.1.2 Моделовање расположивости засновано на перформансама система.....	29
2.2.2.1.3 Моделовање својствене расположивости система у условима неизвесности... 30	
2.2.2.1.4 Моделовање почетне погодности одржавања.....	31
2.2.2.2 Аналитичке методе напредног предвиђања расположивости производних система 31	
2.2.2.2.1 Мере системских перформанси и граничних способности система.....	32
2.2.2.2.2 Анализе системских перформанси и симулациона моделовања.....	32
2.2.2.2.3 Неизвесност у симулационом моделовању перформанси система.....	34
2.2.2.3 Методе процењивања расположивости производних система.....	34
2.2.2.3.1 Модели Маркова за процењивање расположивости и погодности одржавања... 35	
2.2.2.3.2 Моделовање достигнуте расположивости система са аспекта одржавања.....	40
2.2.2.3.3 Процењивање погодности одржавања на основу модела за одржавање система 41	
2.2.2.4 Методе аналитичког развоја процењивања расположивости производних система. 42	
2.2.2.5 Методе оцењивања расположивости производних система.....	43
2.2.2.5.1 Моделовање расположивости са аспекта сигурности функционисања система . 43	
2.2.2.5.2 Моделовање оперативне расположивости са аспекта логистичке подршке.....	44
2.2.2.5.3 Специфична моделовања расположивости и погодности одржавања.....	46
2.2.2.6 Аналитичке методе напредног оцењивања расположивости производних система . 48	
2.2.2.6.1 Карактеристике комплексности производних система.....	49
2.2.3 Расположивост грађевинских производних система.....	50
2.2.3.1 Примена методе уравнотежења учесталости на грађевинске производне системе... 50	
2.3 Методе оптимизације расположивости производних система.....	52
2.4 Закључак.....	54

3	Основе технолошког процеса производње битуменом везаних материјала	57
3.1	Производња битуменом везаних материјала	57
3.2	Транспорт битуменом везаних материјала	58
3.3	Полагање битуменом везаних материјала са предзбијањем	58
3.4	Секундарно збијање битуменом везаних материјала	59
3.5	Обнова постојећих коловозних конструкција	59
3.5.1	Обнова / рециклажа коловозног застора хладним поступком	60
3.5.2	Обнова / рециклажа коловозног застора топлим поступком	60
3.6	Блок дијаграм расположивости истраживаног система	61
4	Анализа и систематизација истраживаних догађаја	63
4.1	Преглед времена и параметара функције расположивости	63
4.2	Систематизација параметара функције расположивости	64
4.3	Анализа оперативних расположивости истраживаних грађевинских машина	69
4.3.1	Постројење за производњу битуменом везаних материјала / асфалтна база	69
4.4	Закључак	71
4.4.1	Камион носивости 20 тона MAN TGA 33/2365	72
4.4.2	Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала W 110	73
4.4.3	Камион носивости 15 тона КАМАЗ / 2115	74
5	Предлог модела за анализу и пројектовање расположивости грађевинских производних система	77
5.1	Евидентирање времена отказа и времена поправки компонената система	77
5.2	Одређивање оперативне расположивости компонената система	79
5.3	Процена пројектне расположивости машина/компонената	79
5.3.1	Процена параметара расположивости машина/компонената	80
5.4	Одређивање укупних трошкова у раду и застоју компоненте	81
5.4.1	Трошкови радне снаге	82
5.4.2	Трошкови енергије	82
5.4.3	Трошкови мазива	83
5.4.4	Трошкови текућих поправки	83
5.4.5	Трошкови хабајућих делова	83
5.4.6	Трошкови амортизације	84
5.4.7	Трошкови инвестиционог одржавања	84
5.4.8	Трошкови камате и осигурања	84
5.4.9	Трошкови машина у застоју	85
5.4.10	Утицај начина набавке машина на укупне трошкове	85
5.5	Општи блок дијаграм расположивости производног система	85
5.6	Расположивост и учинак система у функцији врсте веза компонената	86
5.6.1	Систем са редном везом компонената	86
5.6.2	Систем са паралелном везом компонената	87
5.6.3	Систем са активном паралелном везом компонената типа (k / n)	88
5.6.4	Систем са пасивном паралелном везом компонената типа (k / n)	90
5.7	Одређивање укупних трошкова рада система у функцији расположивости	92
5.8	Закључак	94
6	Оптимизација расположивости грађевинских производних система	97
6.1	Дефинисање функције циља и услова ограничења	97
6.2	Приступ пројектовању и вредновању варијантних решења система	99

7 Информациони систем за анализу, пројектовање и оптимизацију расположивости грађевинских производних система	102
7.1 Структурни приказ рада у подмодулу OPTRA.....	102
8 Имплементација предложеног модела на систему за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала	107
8.1 Варијантна решења производних система.....	108
8.2 Рангирање алтернативних решења	110
8.3 Закључак.....	112
9 Закључак и правци даљих истраживања	118
9.1 Оригинални научни доприноси	120
9.2 Правци даљих истраживања.....	120
10 Литература	124
11 Прилог	131
11.1 Преглед времена отказа и поправки истраживаних компонената.....	131
11.2 Систематизација показатеља расположивости компонената.....	174
11.2.1 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2362	174
11.2.2 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2363	175
11.2.3 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2364	177
11.2.4 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2365	178
11.2.5 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2366	179
11.2.6 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2367	181
11.2.7 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2368	182
11.2.8 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2369	183
11.2.9 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2370	185
11.2.10 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2371	186
11.2.11 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2109.....	187
11.2.12 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2110.....	189
11.2.13 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2111.....	190
11.2.14 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2112.....	191
11.2.15 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2113.....	193
11.2.16 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2114.....	194
11.2.17 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2115.....	195
11.2.18 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2116.....	197
11.2.19 Финишер VOGELE 1600 / 927	198
11.2.20 Финишер VOGELE 1800 / 1912	199
11.2.21 Финишер VOGELE 1900 / 2189	201
11.2.22 Компактор / ваљак тандем / 1296.....	202
11.2.23 Компактор / ваљак тандем / 1937.....	203
11.2.24 Компактор / ваљак тандем / 1938.....	205
11.2.25 Компактор / ваљак тандем / 2180.....	206
11.2.26 Компактор / ваљак гумени / 2061	207
11.2.27 Компактор / ваљак гумени / 2181	209
11.2.28 Компактор / ваљак гумени / 2404	210
11.2.29 Компактор / ваљак гумени / 2405	211
11.2.30 Компактор / ваљак комбиновани / 2062.....	213
11.2.31 Компактор / ваљак комбиновани / 2178.....	214
11.2.32 Компактор / ваљак комбиновани / 2179.....	215
11.2.33 Компактор / ваљак комбиновани / 2182.....	217

11.3	Слике компонената и делова технолошког процеса за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала	218
11.3.1	Постројења за производњу битуменом везаних материјала - Асфалтне базе	218
11.3.2	Транспортна средства за битуменом везане материјале - Камioni	219
11.3.3	Грађевинске машине за полагање асфалта са предзбијањем - Финишери	220
11.3.4	Грађевинске машине за збијање и ваљање асфалта - Компактори.....	220
11.3.5	Уграђивање битуменом везаних материјала на конкретним пројектима	221
11.3.6	Обнова / рециклирање постојећих коловозних конструкција.....	222
11.4	Прикази преосталих варијантних решења код тестирања модела	223
11.4.1	Блок табеле варијантних решења код тестирања предложеног модела.....	223
11.4.2	Табеларни прикази вредности показатеља функције расположивости за варијантна решења	233

Листа табела

Табела 1	- Стања система у функцији времена.....	4
Табела 2	- Матрица прелазних вероватноћа за систем са три могућа стања	39
Табела 3	- Параметри расположивости за истраживане компоненте	65
Табела 4	- Параметри расположивости за истраживане компоненте.....	66
Табела 5	- Параметри расположивости за истраживане компоненте.....	67
Табела 6	- Параметри расположивости за истраживане компоненте.....	68
Табела 7	- Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте	69
Табела 8	- Улазни подаци за формирање варијантних решења	107
Табела 9	- Рангирање варијанти у функцији зависних отказа.....	110
Табела 10	- Рангирање варијанти у функцији независних отказа.....	111
Табела 11	- Показатељи расположивости подсистема и система у целини.....	112
Табела 12	- Стварни показатељи укупних трошкова и функције расположивости	116
Табела 13	- Однос стварних и пројектованих показатеља рада система.....	116

Листа табела - прилог

Табела 1	- Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2005. година	132
Табела 2	- Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2006. година	133
Табела 3	- Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2007. година	134
Табела 4	- Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2008. година	135
Табела 5	- Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2009. година	136
Табела 6	- Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2010. година	137
Табела 7	- Камion носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2005. година.....	138
Табела 8	- Камion носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2006. година.....	139
Табела 9	- Камion носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2007. година.....	140
Табела 10	- Камion носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2008. година.....	141
Табела 11	- Камion носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2009. година.....	142
Табела 12	- Камion носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2010. година.....	143
Табела 13	- Камion носивости 15 т - КАМАЗ, 2005. година	144
Табела 14	- Камion носивости 15 т - КАМАЗ, 2006. година	145
Табела 15	- Камion носивости 15 т - КАМАЗ, 2007. година	146
Табела 16	- Камion носивости 15 т - КАМАЗ, 2008. година	147
Табела 17	- Камion носивости 15 т - КАМАЗ, 2009. година	148
Табела 18	- Камion носивости 15 т - КАМАЗ, 2010. година	149
Табела 19	- Метални ваљак BOMAG 13 т, 2005. година	150
Табела 20	- Метални ваљак BOMAG 13 т, 2006. година	151

Табела 72	- Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте	213
Табела 73	- Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте	214
Табела 74	- Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте	215
Табела 75	- Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте	217
Табела 76	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 2	233
Табела 77	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 3	233
Табела 78	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 4	234
Табела 79	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 5	234
Табела 80	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 6	234
Табела 81	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 7	235
Табела 82	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 8	235
Табела 83	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 9	235
Табела 84	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 10	236
Табела 85	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 11	236
Табела 86	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 12	236
Табела 87	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 13	237
Табела 88	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 14	237
Табела 89	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 15	237
Табела 90	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 16	238
Табела 91	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 17	238
Табела 92	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 18	238
Табела 93	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 19	239
Табела 94	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 20	239
Табела 95	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 21	239
Табела 96	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 22	240
Табела 97	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 23	240
Табела 98	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 24	240
Табела 99	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 25	241
Табела 100	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 26	241
Табела 101	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 27	241
Табела 102	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 28	242
Табела 103	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 29	242
Табела 104	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 30	242
Табела 105	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 31	243
Табела 106	- Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 32	243

Листа слика

Слика 1	- Структурни приказ расположивости	3
Слика 2	- Графички приказ функције расположивости компоненте/система	5
Слика 3	- Конфигурације система.....	6
Слика 4	- Расположивост система у функцији времена	7
Слика 5	- Приказ прелаза тренутне расположивости у расположивост у устаљеном стању.....	9
Слика 6	- Дијаграм структуре дисертације	16
Слика 7	- Интензитет отказа у функцији времена.....	23
Слика 8	- Графички приказ минимизирања фиксних и текућих трошкова LCC	28
Слика 9	- Дијаграм за два могућа стања система	35
Слика 10	- Дијаграм за систем са више стања	37
Слика 11	- Дијаграм вероватноћа стања система у функцији времена	38
Слика 12	- Хомогени Марков процес за систем за три могућа стања	39
Слика 13	- Општи временски линијски модел оперативне расположивости	45

Слика 14 - Временски линијски модел оперативне расположивости у функцији опоравка.....	46
Слика 15 - Блок дијаграм расположивости истраживаног система за справљање и уграђивање битуменом везаних материјала.....	61
Слика 16 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	70
Слика 17 - Интензитети отказа и поправки.....	70
Слика 18 - Функција расположивости.....	70
Слика 19 - Карактеристичне вредности функције расположивости.....	72
Слика 20 - Карактеристичне вредности функције расположивости.....	73
Слика 21 - Карактеристичне вредности функције расположивости.....	74
Слика 22 - Карактеристична времена у раду компоненте.....	77
Слика 23 - Општи блок дијаграм расположивости производног система.....	85
Слика 24 - Систем са редном везом компонената.....	87
Слика 25 - Систем са паралелном везом компонената.....	88
Слика 26 - Систем са активном паралелном везом компонената k / n	89
Слика 27 - Систем са пасивном паралелном везом компонената k / n	91
Слика 28 - Алгоритамски приказ програма “OPTRA”.....	103
Слика 29 - Пријављиваље на информациони систем.....	104
Слика 30 - Избор расположивих машина за формирање варијантних решења.....	104
Слика 31 - Приказ ранжираних варијанти са показатељима рада система.....	105
Слика 32 - Приступ приказивања варијантних решења за анализираних машине и постројења ...	109
Слика 33 - Функција расположивости за случај зависних отказа.....	113
Слика 34 - Функција укупних трошкова по јединици мере готовог производа.....	113
Слика 35 - Функција минималног стварног пројектованог практичног учинка.....	113
Слика 36 - Функција потребног броја часова за варијантна решења.....	114
Слика 37 - Функција расположивости за случај независних отказа.....	114
Слика 38 - Функција укупних трошкова по јединици мере готовог производа.....	114
Слика 39 - Функција минималног стварног пројектованог практичног учинка.....	115
Слика 40 - Функција потребног броја часова за варијантна решења.....	115

Листа слика - прилог

Слика 1 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	174
Слика 2 - Интензитети отказа и поправки.....	175
Слика 3 - Функција расположивости.....	175
Слика 4 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	176
Слика 5 - Интензитети отказа и поправки.....	176
Слика 6 - Функција расположивости.....	176
Слика 7 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	177
Слика 8 - Интензитети отказа и поправки.....	177
Слика 9 - Функција расположивости.....	178
Слика 10 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	178
Слика 11 - Интензитети отказа и поправки.....	179
Слика 12 - Функција расположивости.....	179
Слика 13 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	180
Слика 14 - Интензитети отказа и поправки.....	180
Слика 15 - Функција расположивости.....	180
Слика 16 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	181
Слика 17 - Интензитети отказа и поправки.....	181
Слика 18 - Функција расположивости.....	182
Слика 19 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	182

Слика 71 - Интензитети отказа и поправки	205
Слика 72 - Функција расположивости.....	206
Слика 73 - Однос средњих времена отказа и поправки	206
Слика 74 - Интензитети отказа и поправки	207
Слика 75 - Функција расположивости.....	207
Слика 76 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	208
Слика 77 - Интензитети отказа и поправки	208
Слика 78 - Функција расположивости.....	208
Слика 79 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	209
Слика 80 - Интензитети отказа и поправки	209
Слика 81 - Функција расположивости.....	210
Слика 82 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	210
Слика 83 - Интензитети отказа и поправки	211
Слика 84 - Функција расположивости.....	211
Слика 85 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	212
Слика 86 - Интензитети отказа и поправки	212
Слика 87 - Функција расположивости.....	212
Слика 88 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	213
Слика 89 - Интензитети отказа и поправки	213
Слика 90 - Функција расположивости.....	214
Слика 91 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	214
Слика 92 - Интензитети отказа и поправки	215
Слика 93 - Функција расположивости.....	215
Слика 94 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	216
Слика 95 - Интензитети отказа и поправки	216
Слика 96 - Функција расположивости.....	216
Слика 97 - Однос средњих времена отказа и поправки.....	217
Слика 98 - Интензитети отказа и поправки	217
Слика 99 - Функција расположивости.....	218
Слика 100 - Старији тип стационарне асфалтне базе.....	218
Слика 101 - Савремена стационарна асфалтна база торањског типа	219
Слика 102 - Мобилна асфалтна база новије генерације.....	219
Слика 103 - Камион за транспорт асфалтних мешавина	219
Слика 104 - Финишер гусеничар новије генерације	220
Слика 105 - Финишер гусеничар новије генерације са додатном опремом.....	220
Слика 106 - Компактор са металним ваљцима (тандем)	220
Слика 107 - Компактор са пнеуматичима	221
Слика 108 - Компактор са металним и гуменим ваљцима (комбиновани).....	221
Слика 109 - Уграђивање битуменом везаних материјала на локалној саобраћајници	221
Слика 110 - Уграђивање битуменом везаних материјала на државном путу првог реда.....	222
Слика 111 - Производња и уграђивање рециклираног слоја CR технологијом	222
Слика 112 - Производња и уграђивање рециклираног слоја WR технологијом	222
Слика 113 - Производња и уграђивање рециклираног слоја топлим поступком.....	223
Слика 114 - Табеларни блок дијаграми варијантних решења са назначеним типовима веза између компонената у подсистему	232

1 У В О Д

1 Увод

Оптимално пројектовање производних система и оптимизација расположивости заузимају значајно место у инжењерским пројектима. Важна карактеристика производних система је поправљивост, која функцији расположивости даје све више на значају у анализирањима рада поправљивих система кроз меру поузданости истих, и релације између планираних и стварних вредности резултата рада у јединици времена, цене система и цене система по јединици мере готових производа.

Овакав приступ значају функције расположивости има за последицу интегрални приступ у пројектовању и анализирању производних система који се огледа кроз истовремено сагледавање показатеља поузданости, расположивости и погодности одржавања (енгл: "Reliability, Availability and Maintainability"). Овакав приступ се назива и RAM програмом а назив потиче од првих слова наведених перформанси система [1], [2].

Производни системи представљају скупове елемената и релација између њих и њихових карактеристика, повезаних међусобно у целину, на начин погодан за вршење функције. То значи да је за функционисање система, поред квалитета компонената и подсистема у целини, неопходна одређеност веза између истих. Основни разлог за ово лежи у чињеници да сваки сложени систем обједињује већи или мањи број подсистема пројектованих од већег или мањег броја компонената, те се о њиховој расположивости може судити само ако се анализирају и аналитички обухвате расположивости сваке компоненте понаособ [3], [4].

Грађевински производни системи су специфична врста индустријских система због њихове пројектне структуре, која је у највећем броју случаја синоним за привременост и уникатност. Сваки грађевински пројекат има јасно дефинисан почетак и крај радова на реализацији зацртаног циља и ни један систем за реализацију истих или сличних пројеката нема идентичну организациону структуру, али се може изнети уопштени став да је за реализацију сваког пројекта потребно знање (кадрови), радна снага (обучено особље), опрема и механизација (грађевинске машине и постројења) и материјали (сировине и полупроизводи) како би се грађење несметано одвијало. Информација као најважнији ресурс прожима пројекат у његовој реализацији од почетка до краја радова.

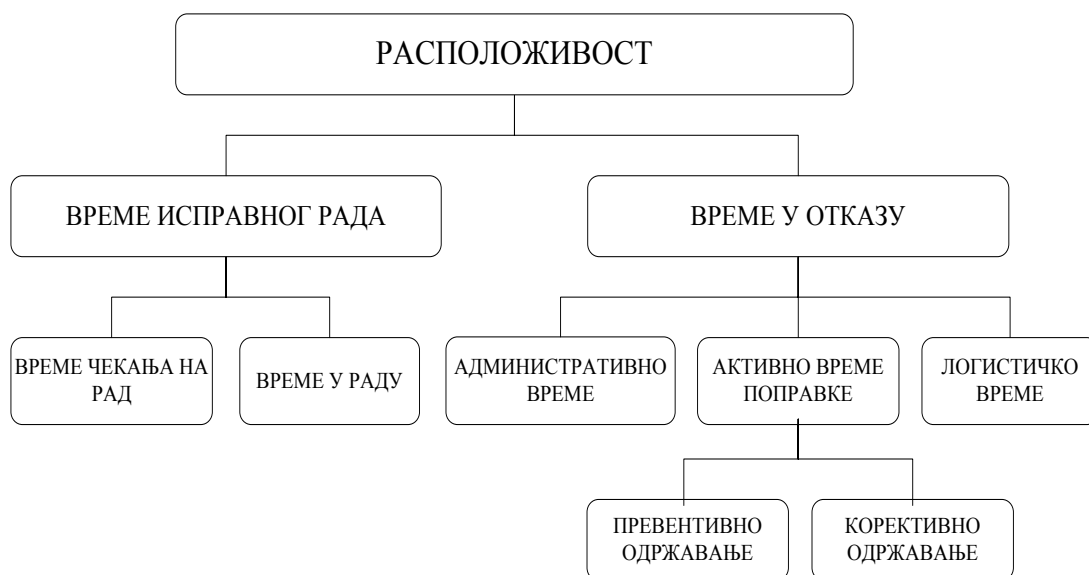
Комплексност грађевинских система са нагласком на пројекте из области нискоградње, где је високо заступљен механизовани рад, са аспекта расположивости производног система, огледа се у специфичности окружења у ком се објекат изводи, најчешће непознатој укупној цени, функционисању на отвореном простору, већем броју производних линија међусобно значајно удаљених, променљивом трајању радова (од неколико месеци до више година) и прилично специфичним уговорним односима између инвеститора и извођача [6].

Расположивост компонената система, подсистема и система у целини представља вероватноћу да ће систем успешно ступити у дејство и ући у подручје дозвољених одступања постављене функције критеријума у датом времену и датим условима окружења. Њихова расположивост се предвиђа, процењује и оцењује, и то у функцији нивоа пројектовања система (генерални, идејни и главни пројекат). Историјска база података о систему и његовим саставним деловима има непроцењиву улогу у

одређивању пројектоване и оперативне расположивости за одређени период времена, где се наведени подаци користе као полазни основ за процену расположивости система у току реализације пројекта. Евентуалне активности на повећању расположивости са циљем несметаног функционисања система морају бити усклађене са пројектованим приходима и расходима на конкретном пројекту, како се не би угрозила укалкулисана добит (профит). Мету пројектоване расположивости система на реализацији радова ближе одређује анализа исте након завршетка пројекта.

Резултат функције производних процеса у грађевинарству је производ који се као жељени циљ може на више начина квантификовати. Зато, логичан приступ анализи расположивости конкретног производног система је дефинисање коначног броја стања у функцији резултата рада и утрошака ресурса током времена. Захваљујући овој карактеристици производног процеса, грађевински системи се посматрају као стохастички процеси са дискретним простором стања и континуалним временом. Са друге стране, више аутора су након обимних анализа континуалних оперативних система са припадајућим подсистемима и компонентама, дошли до закључака да није неопходно претпоставити било коју посебну дистрибуцију за време трајања стања функције (енгл.: „up state”) и стања ван функције (енгл.: „down state”) тих компонената, односно подсистема јер, такви системи функционишу у тзв. устаљеном стању (енгл.: „steady state”). Наиме, интервал времена у којем се посматра расположивост производних процеса (система) је довољно дуг, тако да је стохастички процес у суштини удаљен од времена почетка због чега и расподеле вероватноћа достижу статистичку равнотежу, што значи да се процес налази у условима устаљеног стања. Са циљем омогућавања анализе расположивости посебно се анализирају начини повезивања елемената система како би се прецизно одредили аналитички изрази за израчунавање функције расположивости [6].

Грађевински производни системи, иако сложени са становишта структуре и међусобних односа компонената, свде се најчешће на серијску везу више подсистема са различитим типовима веза.



Слика 1 - Структурни приказ расположивости

У односу на остале производне системе карактерише их динамичност и реконфигурабилност, док се за анализу расположивости не морају користити сложени математички модели који у својој структури имају наглашене критеријуме ризика по здравље људи и околине.

Код грађевинских производних система значајну улогу имају критеријуми квалитета, производног капацитета (учинака) и трошкова (цена система и цена система по јединици мере готовог производа). Изузимање осталих критеријума налази оправдање у прецизно дефинисаним процедурама за безбедност и заштиту на раду, заштиту животне средине и одржавања система. Ради лакшег разумевања појма расположивости и њених параметара, послужиће слика 1 и табела 1.

Стања система у табели 1 подељена су на расположива и нерасположива. Расположиво време је време у току којег се систем *користи*, или је *спреман за коришћење*, док нерасположиво време обухвата *време застоја* система.

СТАЊА СИСТЕМА	
НЕРАСПОЛОЖИВ	РАСПОЛОЖИВ
	ЧЕКАЊЕ НА РАД
	У РАДУ
	ЧЕКАЊЕ НА РАД
	У РАДУ
ПРЕВЕНТИВНА ПОПРАВКА	
	У РАДУ
	ЧЕКАЊЕ НА РАД
	У РАДУ
АДМИНИСТРАТИВНО ВРЕМЕ	
ЛОГИСТИЧКО ВРЕМЕ	
АКТИВНО ВРЕМЕ КОРЕКТИВНЕ ПОПРАВКЕ	
АДМИНИСТРАТИВНО ВРЕМЕ	
ЛОГИСТИЧКО ВРЕМЕ	
	У РАДУ
	ЧЕКАЊЕ НА РАД

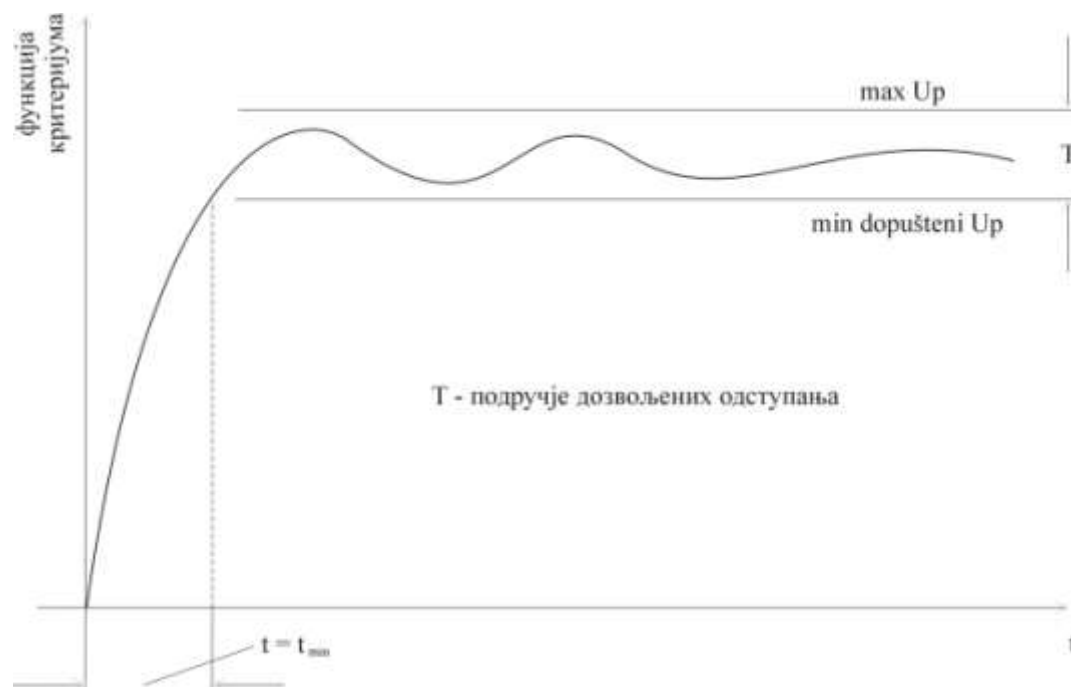
Табела 1 - Стања система у функцији времена

Традиционални инжењерски приступ теорији поузданости разматра расположивост једноставно као посебан случај поузданости када се у обзир узима погодност одржавања компонената, такође и као параметар који преводи карактеристике поузданости и погодности одржавања у индекс ефективности система.

Шта мора бити разматрано да би се осигурали радни услови под којима би компонента система несметано функционисала у задатом тренутку времена? Способност одговора на ово питање за конкретан систем и његове делове представља најважнији део пројектног задатка у инжењерском пројектовању производних система.

Британски стандард *BS 4778*, део 3.1, Интернационални стандард *IE 60050-191*, Амерички војни стандард *MIL-STD-721B* и Руски стандард *ГОСТ Р 27.000 - 2009* [61], у погледу дефиниције Расположивости (енгл.: "Availability", рус.: "Доступность") немају суштинских разлика.

Ако се расположивост компоненте или система дефинише као способност истих да изврше захтевану функцију у задатом тренутку времена и за одређени период, онда се не разликује од дефиниције да ће систем успешно ступити у дејство и ући у подручје дозвољених одступања постављене функције циља у датом минималном времену и у датим условима окружења. Оваква дефиниција се може приказати и графички као на слици 2 [4].



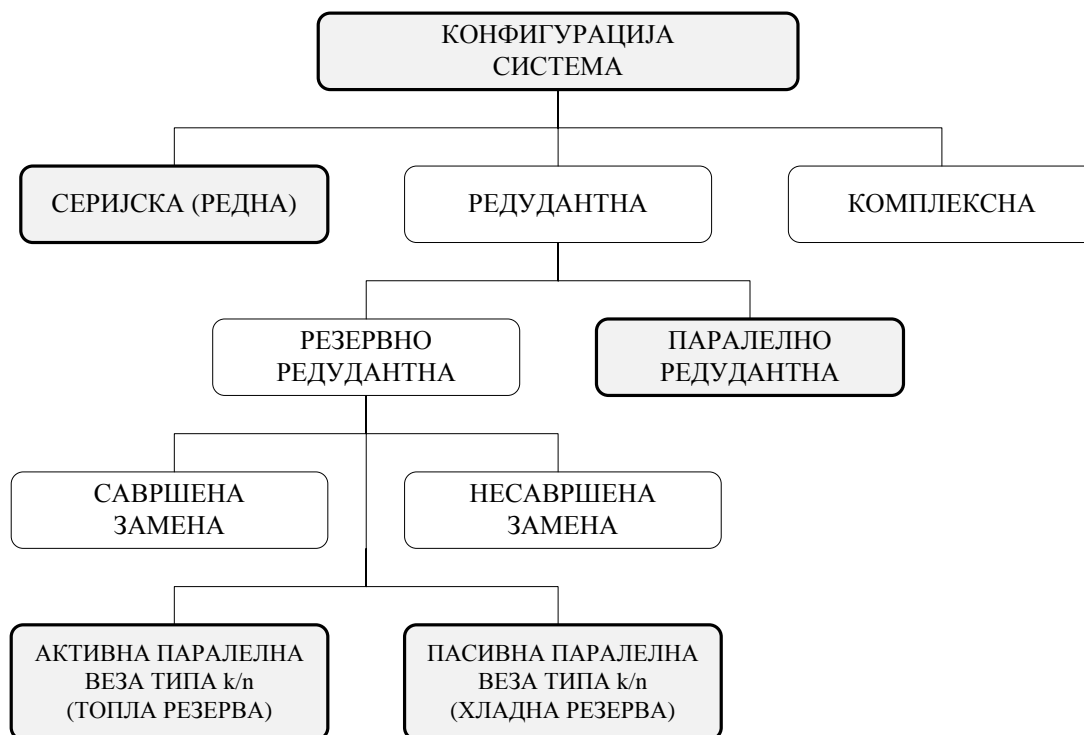
Слика 2 - Графички приказ функције расположивости компоненте/система

Да је расположивост веома важна перформанса одржаваних (поправљивих) система, указује и дефиниција која расположивост посматра као вероватноћу да ће систем функционисати задовољавајуће у било ком тренутку времена кад се користи у оквиру задатих услова, где се разматрано време односи на *време рада* и *време отказа*.

Улазни подаци за прорачун показатеља расположивости система су у функцији:

- конфигурације система,
- процеса отказа компонената и
- процеса одржавања и поправки компонената.

Када је у питању *конфигурација* система, била она разматрана са становишта поузданости, погодности одржавања или расположивости, приступ анализи исте је идентичан за сваки случај. На слици 3 приказане су могуће конфигурације система са нагласком на типове веза међу компонентама подсистема и система у целини када су у питању грађевински производни системи.



Слика 3 - Конфигурације система

У делу модела информационог система који се бави анализом и прорачуном показатеља расположивости изводе се изрази за следеће везе компонената и подсистема:

- серијска (редна) веза,
- паралелна редундантна веза,
- активна паралелна веза типа k/n , (топла резерва) и
- пасивна паралелна веза типа k/n , (хладна резерва).

Форма израза за показатеље расположивости система, за наведене типове веза је у функцији врсте отказа компонената који могу бити независни и зависни. Досадашњи радови [1], [2], [3], [6], из ове области су доказали занемарљивост у разликама између резултата код примена претпоставки о врсти отказа компонената на отказ осталих у систему. Међутим, иако су откази у грађевинским системима најчешће зависни може се изнети тврдња да је њихова природа у практичном смислу условно независна или условно зависна а све у функцији времена поправке. Наиме, ако се посматра систем за производњу и уграђивање бетона или битуменом везаних материјала у коме је дошло до отказа кључне машине (асфалтна или бетонска база) може се приметити да подсистеми за транспорт и уграђивање и даље функционишу до тренутка уградње последњег кубног метра бетона или тоне асфалтног материјала, отпремљеног ка месту уграђивања. Систем тек тада ступа у стање отказа ако у међувремену није отклоњен квар. *За случај када је време квара мање од времена потребног за уграђивање материјала који је отпремљен пре настанка отказа кључне машине*, подсистеми за транспорт и уграђивање најчешће функционишу са практичним учинком који је по вредности у границама минимално прихватљивог и планског. Одавде се може извући закључак да и након отказа кључне машине може доћи до отказа осталих компонената, што не двосмислено потврђује независност отказа уз резерву њихове условности.

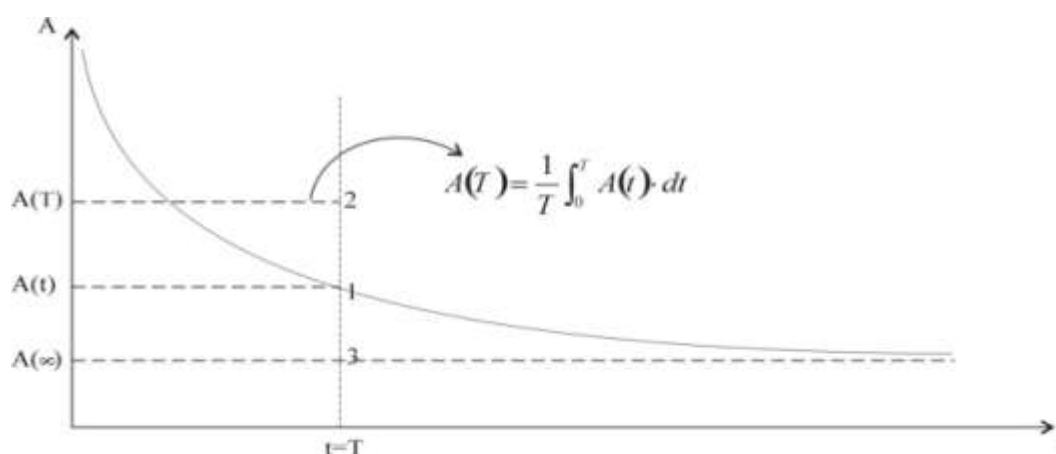
Значи, ако се узму у обзир мале разлике у вредностима показатеља расположивости у функцији врсте отказа и последња тврдња о њиховој условности, предлог за усвајање у склопу модела за анализу и оптимизацију је независност отказа у делу подсистема. Са обзиром да се структура модела своди на прикупљање и систематизацију података из рада система који служе за прорачун оперативне расположивости на основу које се врши предвиђање (пројектовање) расположивости за пројекте који следе, претпоставка о врстама отказа неће имати значајнијих утицаја на добијене резултате.

Процеси отказа и процеси поправки компонента и система описују се статистичким расподелама времена отказа и времена поправки. Врста расподеле ближе одређује методологију прорачуна интензитета отказа (λ) и интензитета поправки (μ), и представља најважнији део исте, посебно код техничких система који немају особине производних система [4], [5], [16]. У раду су наведене расподеле према заступљености у теорији и решавању практичних проблема из домена расположивости, поузданости и погодности одржавања техничких система, са посебним освртом на производне системе са пројектном структуром.

Еволуција дефиниције расположивости утиче и на класификације исте, од којих се као најзначајнија истиче подела на *зависне од интервала времена* и *од врсте застоја*. У структури предложеног модела заступљена је оперативна и расположивост у устаљеном стању. Оперативна расположивост налази примену у делу модела за анализу и прикупљање података, док се расположивост у устаљеном стању примењује за пројектовање расположивости производног система. Ради лакшег разумевања концепта предложеног модела неопходно је дефинисање свих врста расположивости.

1.1 Распоживост у функцији времена

Расположивост у функцији времена дели се на три категорије, како је то и приказано на слици 3.



Слика 4 - Распоживост система у функцији времена

где је:

- $A(t)$ - тренутна расположивост,
- $A(T)$ - интервална расположивост, и
- $A(\infty)$ - расположивост у устаљеном стању.

1.1.1 Тренутна расположивост

Тренутна расположивост (енгл.: Instantaneous or Point Availability, $A(t)$) представља вероватноћу да ће систем бити у оперативном стању у случајном временском тренутку „ t ”, односно у специфицираном времену „ t ” интервала $[0, T]$. За разлику од поузданости, тренутна расположивост укључује информације о погодности одржавања (енгл. „maintainability”). У овом случају, систем је оперативан у тренутку времена ако су испуњени следећи услови [3]:

- Компонента је функционисала исправно од „ 0 ” о „ T ” са вероватноћом $R(t)$, и
- Компонента је функционисала исправно од последње поправке у времену „ u ”,

где је:

$0 < u < t$, са вероватноћом [],

$$\int_0^t R(t-u) \cdot m(u) \cdot du, \text{ а} \quad (1)$$

$m(u)$ - функција густине обнављања система.

Тренутна расположивост је збир предходне две вероватноће и гласи [3]:

$$A(t) = R(t) + \int_0^t R(t-u) \cdot m(u) \cdot du \quad (2)$$

1.1.2 Интервална расположивост

Интервална расположивост (енгл. „Average Up Time Availability” or „Mean Availability”) је пропорција времена у раду система или очекивана вероватноћа расположивости система у времену $[0, T]$ и изражава се као [1], [2], [3]:

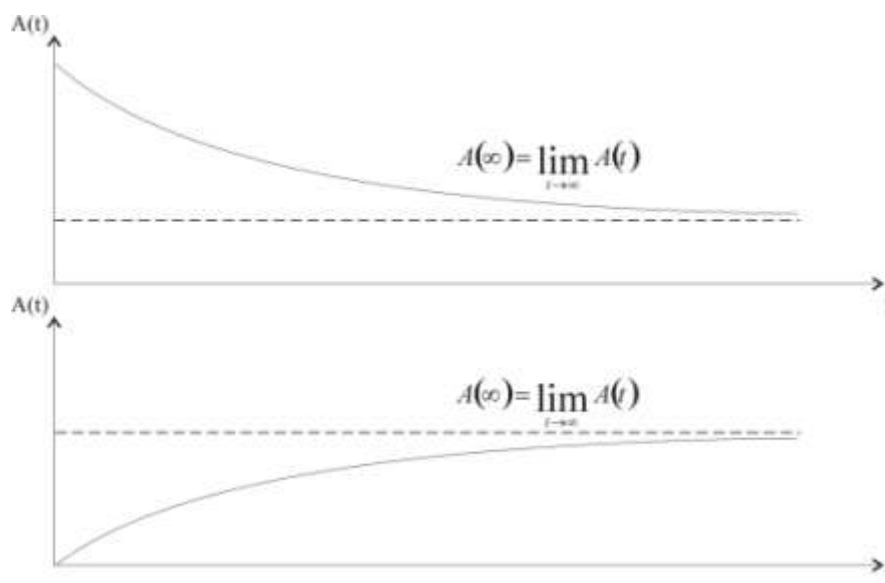
$$A(T) = \frac{1}{T} \int_0^T A(t) \cdot dt \quad (3)$$

1.1.3 Расположивост у устаљеном стању

Расположивост у устаљеном стању (енгл. „Steady State Availability”) је гранична вредност тренутне расположивости функције за време „ t ” које тежи бесконачности, или:

$$A(\infty) = \lim_{n \rightarrow \infty} A(t) \quad (4)$$

Доказано је да тренутна расположивост тежи расположивости у устаљеном стању након времена које има вредност четири пута средњег времена до отказа. На слици 3 може се уочити оваква функција [1], [2], [3], [6]:



Слика 5 - Приказ прелаза тренутне расположивости и расположивост у устаљеном стању

Значи, расположивост у устаљеном стању се може разматрати као стабилизирајућа тачка, где расположивост система поприма вредност која ће у времену испред бити константна. У индустријским системима, па и грађевинским (системи грађевинских машина и постројења на реализацији одређених позиција пројеката), расположивост у устаљеном стању примењује се најчешће због довољно великог укупног времена (t) функционисања система. У оваквим ситуацијама када математички посматрано, време тежи бесконачности, следи да су интензитет отказа (λ) и интензитет поправке (μ), константне вредности, тј.

$$\lambda(t) = \lambda, \quad (5)$$

$$\mu(t) = \mu, \quad (6)$$

тако да је расположивост [1], [2], [3]:

$$A(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot e^{-(\lambda + \mu) \cdot t} \quad (7)$$

која је за велику вредност времена " t "

$$A(\infty) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (8)$$

док је нерасположивост (U) једнака:

$$U(t) = 1 - A(t), \text{ тј. } U(\infty) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (9)$$

а израз за $A(\infty)$ може се исказати и на следећи начин [1], [2], [3], [6]:

$$A(\infty) = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (10)$$

где је:

$MTTF$ - средње време до отказа, а
 $MTTR$ - средње време до поправке,

док је:

$$U(\infty) = \frac{MTTR}{MTTF + MTTR} \quad (11)$$

1.2 Распољивост у функцији врсте застоја

Распољивост у функцији врсте застоја, такође, као и распољивост у функцији времена има своје препознатљиве поделе.

1.2.1 Својствена распољивост

Својствена распољивост (енгл.: „Inherent Availability”) дефинише се као вероватноћа да ће систем у коришћењу под задатим условима, *без узимања у обзир било какве планиране или превентивне поправке, функционисати задовољавајуће у датом тренутку времена*. Ова врста распољивости представља испуњеност захтева за достизање очекиваних перформанси између планираних прекида у раду. Изрази за распољивост се подударају са изразима распољивости у устаљеном стању, с'тим да се код прекида рада система узимају у обзир само *времена корективних поправки система* [3].

Распољивост компоненте система је:

$$A(i) = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (12)$$

Док се распољивост система може добити из израза:

$$A(I) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (13)$$

где је:

$MTBF$ - средње време између отказа.

1.2.2 Остварена распољивост

Остварена распољивост (енгл.: „Achieved Availability”) је одређена детаљним пројектом који ближе дефинише врсту, количину и распоред опреме за благовремене поправке (одржавање). Као и сопствена распољивост, и остварена се може посматрати као распољивост у устаљеном стању која *обухвата само времена активне превентивне и активне корективне поправке*.

Остварена (достигнута) распољивост се може изразити као следећи однос [2], [3]:

$$A(o) = \frac{MTBM}{MTBM + M} \quad (14)$$

где је:

$MTBM$ - средње време између поправки, а
 \bar{M} - средње време одржавања.

Оваква дефиниција испуњава захтеве за достизање расположивости када су планирани прекиди у раду. Резултат остварене расположивости зависи од пројекта производног система којим се одређују сви могући сценарији током његовог функционисања и стратегије одржавања, која на основу пројекта и података из претходног рада система успоставља актуелну остварену расположивост.

1.2.3 Оперативна расположивост

Оперативна расположивост (енгл.: „Operational Availability”) је мера просечне расположивости у периоду времена и укључује све искуствене изворе и узроке застоја и отказа (административне, логистичке, организационе и сл.). Оперативна расположивост је расположивост кроз коју је систем прошао, и она је базирана на актуелним догађајима који су се десили у систему.

Претходне расположивости су базиране на проценама, а на основу модела система који је у функцији статистичких расподела времена у функцији и ван функције система. Оперативна расположивост се може исказати као однос између времена у раду и укупног времена система. Математички, одређује се као [2], [3]:

$$A(o) = \frac{Up\ Time}{Operating\ Cycle} \quad (15)$$

односно:

$$A(o) = \frac{MTBM}{MTBM+MDT} \quad (16)$$

где је:

MDT - средње време застоја (енгл.: “Mean Down Time”)

Захтев оперативне расположивости је препознавање и изоловање ефективности и ефикасности операција одржавања. Она утиче на ниво ресурса за одржавање и организационе ефективности производног система. Оперативна расположивост је доња граница перформанси које су искуствено одређене (посматрањем система у раду) за задати пројектовани учинак и остале претходно наведене критеријуме.

Када са високом вероватноћом располажемо вредношћу расположивости система са којом ће систем остварити постављени циљ, онда пројектант технологије грађења изражава жељену расположивост која се најчешће назива Распоживошћу задатка (енгл.: „Mission Availability”) [3], [7], односно, пројектованом расположивости система.

Не уважавањем функције расположивости у процесу израде понуде, добијене вредности за цену рада система и цену система по јединици мере готовог производа стварају погрешну слику о стварним трошковима и стварним практичним учинцима система, што за последицу може имати значајне разлике у висини профита које могу створити губитке на пројекту и угрозити пословање читаве компаније. Да би се избегла оваква врста ризика неопходно је располагати са вредностима оперативне расположивости свих машина и постројења из машинског парка тј. компонената свих

алтернативних решења производног система. Оптимизацијом расположивости, разлике између стварних и планираних показатеља рада система своде се на ниво прихватљиве грешке, што оправдава циљ расположивости, као важне перформансе одржаваних система у проналажењу оптималних вредности функције, како би систем био на пројектованом нивоу оперативности.

1.3 Дефинисање предмета истраживања

Производни системи у грађевинарству су сложени вештачки системи који се састоје од већег броја подсистема и компонената. Њихова комплексност посебно долази до изражаја приликом пројектовања и анализирања истих у области нискоградње тј. реализације инфраструктуралних пројеката, где је високо заступљен механизован рад. Стања у којима се системи могу налазити у току планираног времена функционисања указују на не заобилазност расположивости у анализирању и оптимизацији пројектованих решења. У грађевинској пракси присутни су још увек приступи који не подразумевају прорачун величина који карактеришу вероватноћу појаве стања функције или стања отказа компонената и система у целини и анализу њиховог утицаја на планске показатеље функције система. Избор оптималног решења у наведеним приступима заснива се на критеријуму минималне цене по јединици мере готовог производа за задати резултат рада (практични учинак), подразумевајући континуирану функцију свих елемената система. Због не реалности претпоставке о континуалном раду система коришћење фактора ризика приликом израде тендерских понуда може довести до погрешних процена функције система исказане преко [6]:

- резултата рада у јединици времена (практичног учинка),
- трошкова рада система у јединици времена,
- трошкова рада система по јединици мере готовог производа,
- укупних трошкова рада система и
- потребног времена за реализацију планираних позиција радова.

Пројектовање производних процеса на основу реалних улазних података подразумева анализирање и прорачун показатеља расположивости са избором оптималног решења за наведене критеријуме. *Зато, предмет истраживања дисертације обухвата анализу утицаја функције расположивости за набројане показатеље рада грађевинских производних система кроз избор адекватне методологије у оквиру модела, тестиране на резултатима мерења времена отказа и поправки компонената (машина) машинског парка у вишегодишњем временском периоду (2005-2010). Такође, истраживање је обухватило и одређивање начина оптималног избора расположивости у процесу пројектовања технолошког процеса.*

Резултати оперативне расположивости, тј расположивости из предходног рада компонената система искориштени су за предвиђање расположивости у току пројектовања другог производног система. *Метода уравнотежења учесталости* (енгл.: "frequency balancing method") налази оправдање у примени на континуалне процесе са дискретним простором стања у дужем временском периоду. *Метода егзактног прорачуна расположивости за серијско - паралелне системе, може се проширити на системе са редундантним компонентама.* На тај начин се добијају тачни показатељи перформанси расположивости система за сваку од пројектованих варијанти. За задати опсег вредности расположивости као индиректну последицу основних елемената уговора одређују се цене система по јединици мере готовог производа. Предлог модела

информационог система увелико олакшава избор оптималног решења због великог броја могућих варијанти технолошког процеса за задати опсег код резултата рада у јединици времена.

1.4 Циљеви истраживања

Основни циљ рада је:

- Формирање модела за оптимизацију расположивости грађевинских производних система са тестирањем на систему за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала.

Изведени циљеви су:

- дефинисање методологије за бележење времена отказа, времена поправки, административног и логистичког времена и времена застоја у оквиру методологије за израчунавање оперативне расположивости компонената,
- дефинисање методологије за анализу утицаја функције расположивости на трошкове и резултате рада компонената, подсистема и система у целини,
- одређивање начина за прорачун пројектне расположивости у функцији уговорених обавеза,
- одређивање начина за преиспитивање потребе за алокацијом расположивости производних система и пројектовање информационог система за анализу и оптимизацију расположивости грађевинских производних система.

1.5 Хипотезе истраживања

Основне хипотезе предметног истраживања су:

- Прорачуни оперативних расположивости компонената система врше се на основу реалних података о временима рада и отказа у довољно дугом временском периоду.
- Могуће је формирање више од једне алтернативе технолошког процеса.
- Све алтернативе технолошког процеса имају најмање једну подалтернативу.
- Метода егзактног прорачуна трошкова расположивости серијско - паралелних система може се проширити на редундантне системе са могућношћу алокације расположивости. Уговорним односима између наручиоца и извођача на пројекту одређује се опсег у ком ће се наћи вредност оптималне расположивости производног система за сваку од позиција радова.

1.6 Обим и ограничења истраживања

На основу података из дела информационог система предузећа који се односи на управљање машинским парком и људским ресурсима бележена су времена рада и отказа

машина, постројења и радника свих квалификационих група и платних разреда, ангажованих на реализацији конкретних позиција радова у оквиру реализације пројеката у целини. Првобитни разлози за овакав приступ прикупљању података били су у функцији анализе трошкова по свим пројектима а са циљем тражења узрока разлици између планираних и стварних трошкова. Стварни трошкови су увек и по правилу били већи од пројектованих. Ширим сагледавањем проблема, дошло се до закључка да увођењем критеријумске функције расположивости може се и научно доказати њен утицај не само на економске већ и на производне показатеље рада система. Информационим системом предузећа тј. процедурама система квалитета, за сваку јединицу машинског парка јасно су дефинисани поступци за корективна и превентивна одржавања (редовни и ванредни сервиси и инспекцијски прегледи) са одговарајућим трошковима за сваку активност посебно. Руковаоци грађевинских машина и особље задужено за одржавање прошло је све потребне обуке за несметан рад на механизацији. За одређене врсте превентивних и корективних поправки уговором су обавезани испоручиоци и произвођачи опреме да их изведу са сопственим ресурсима.

Такође, из радних налога могу се уочити времена која се појављују након извршеног одржавања и отпочињања система са радом. Ова времена која у практичном смислу представљају разлику између времена активне поправке и укупног времена застоја система представљају времена која се могу назвати административно - логистичким и као таква представљају део израза за одређивање оперативне расположивости компонената/машина за одређени временски период. Референтни временски период чини једна пословна година тј. период од 1. јануара до 31. децембра. Оперативна расположивост компонената из наведеног периода се користи код предвиђања расположивости за пројекте које следе. За анализу показатеља расположивости код конкретних пројеката, посматрано време је време трајања радова.

Због комплетности података из информационог система, анализиран је период од 1. јануара 2005. до 31. децембра 2010. год. У овом периоду забележена су наведена времена за сваку од 199 јединица машинског парка. Водећи се значајношћу постројења и машина са аспекта вредности компонената система и комплексности позиција радова за које су намењене, као и основним циљем рада изабране су *34 јединице од којих се могу формирати варијантна решења система за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала*. У овом случају, то су:

- постројење за производњу битуменом везаних материјала ком 1,
- транспортна средства (камиони) ком 18,
- финишери ком 3,
- компактори ком 12.

Део модела који се односи на предвиђање расположивости система узима у обзир оперативне расположивости компонената (расположивости из предходног рада), услове у којима је компонента система функционисала и амортизациону стопу исте. Такође, наведени подаци нису довољни за квалитетно предвиђање без информације о условима и месту одвијања радова на посматраном пројекту.

Наведене машине, како је то приказано у поглављу имплементације модела на реалан систем нису исте старости и амортизационих стопа, што у овом случају представља предност приликом предвиђања пројектне расположивости компонената

система јер се може одредити утицај старости машина на стварну тј. оперативну расположивост.

У процесу пројектовања система, од концептуалног до главног пројекта (коначне алтернативе) показатељи расположивости система еволуирају ка реалним вредностима са којима се може ући у процес оптимизације трошкова за задати опсег пројектне расположивости.

Захваљујући вишегодишњем истраживању литературе из области расположивости, поузданости и поправљивости производних система са различитим пројектно организованим структурама уочене су предности и мане постојећег информационог система што је за последицу имало потребу за измене и допуне, што је и део предмета истраживања. На основу истовремене анализе литературе и реалног система у раду, предложен је модел за пројектовање, анализу и оптимизацију расположивости грађевинских система. *Због своје опитности, применљив је на све позиције радова које се могу појавити у току пројектовања и извођења тј. на систем за справљање и уграђивање битуменом везаних материјала.*

1.7 Структура докторске дисертације

На слици 6 приказан је општи приступ формирању целина (поглавља) у оквиру дисертације. коју чине десет поглавља. У уводном поглављу приказан је општи приступ предмету истраживања проширен последњим сазнањима. Такође, поред постојећих сазнања, изнесено је, шта је о предмету истраживања још потребно знати. Значи, поред дефиниције предмета истраживања одређени су основни и изведени циљеви са хипотезама, и обимом и ограничењима истраживања. Такође, приказана је и структура дисертације са кратким садржајем по поглављима.

У другом поглављу извршено је обимно и вишестепено истраживање доступне литературе из области расположивости, поузданости и погодности одржавања поправљивих система. Истраживана литература је из периода првих до последњих радова за наведену област и предмет истраживања. Први корак се односио на истраживање расположивости техничких система уопште. У другом кораку истраживана је литература из области производних система, без обзира на врсту и намену истих. У трећем кораку извршено је сужавање и фокусирање истраживања на производне системе чији откази и хаварије не могу озбиљније утицати на безбедност и здравље људи и околине. У овакве системе спадају и грађевински производни системи.

Досадашња теоријска искуства проширена су на основу позитивне праксе из истраживане области. ОвOME су допринели подаци о истраживаним временима рада и отказа јединица машинског парка са критичким освртом на коначни изглед посматраног информационог система. Анализирани су методе оптимизације поправљивих система са практичном применом на грађевинске, тј пројектно организоване технолошке процесе.

У трећем и четвртом поглављу описан је систем за справљање и уграђивање битуменом везаних материјала и извршена је анализа и систематизација прикупљених података о отказима јединица машинског парка (грађевинских машина) у периоду од шест година, како је то предходно наведено. На основу начина систематизовања података о временима отказа предложени су изрази за одређивање оперативне

расположивости компонената система са циљем израчунавања улазних података за следећи корак у формирању модела.



Слика 6 - Дијаграм структуре дисертације

Такође, приказан је утицај функције расположивости на укупне трошкове рада система и недостатке класичног (постојећег) приступа у одређивању стварних трошкова рада.

У петом поглављу садржан је предлог модела за пројектовање и анализу расположивости грађевинских производних система. Модел се састоји од методологија за:

- прикупљање података о временима отказа и поправке компонената и система,
- одређивање трошкова за време функције, застоја и отказа компонената и система,
- прорачун оперативне расположивости компонената и система,
- одређивање пројектне расположивости компонената, подсистема и система у целини,
- алоцирање расположивости у функцији захтева технолошког процеса и
- одређивање броја могућих алтернатива производног система.

Шесто поглавље представља избор методе за оптимизацију расположивости грађевинских производних система. На избор методе, од великог утицаја су набројане карактеристике пројектно организованих технолошких процеса. Избором методе за оптимизацију заокружује се процес формирања модела. Предложена метода представља проширену методу егзактног одређивања трошкова расположивости серијско - паралелних структура производних система на исте са редундантним елементима. Избор оптималне расположивости за могуће алтернативе производног система врши се према економском критеријуму тј. минималној цени по јединици мере готовог производа за задати опсег пројектне расположивости [68], [70].

Након дефинисане структуре модела са научног становишта, обезбеђени су услови за несметано пројектовање модула информационог система за подршку у наведеном процесу оптимизације грађевинских производних система. У седмом поглављу је образложен и избор програмског језика са становишта компатибилности са савременим тенденцијама из ове области.

У осмом поглављу је извршено тестирање предложеног модела оптимизације расположивости на конкретном систему за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала.

Целокупан процес оптимизације предложеног модела тестиран је са реалним подацима. За улазне податке послужиле су истраживане вредности показатеља расположивости за наведене јединице машинског парка у назначеном периоду. Посебан нагласак дат је на анализирању утицаја расположивости на стварне показатеље рада система.

Након предложеног и тестираног модела оптимизације грађевинских производних система, у деветом поглављу је извршен обиман закључак са смерницама за даља изучавања и истраживања из области расположивости поправљивих система тј. производних система са пројектном организационом структуром.

Десето поглавље садржи списак литературе (референце), где је побројана значајнија литература из ширег и ужег опсега предметног истраживања.

Због великог обима обрађених података који су резултирали великим бројем табела, графикана и делова из информационог система за подршку што бржем остваривању постављеног циља, исти су приказани у прилогу рада.

2 Преглед литературе

2 Преглед литературе

Richard E. Barlow у својим последњим радовима из области математичке теорије поузданости износи став да је први рад из ове математичке дисциплине објављен 1961. године под називом: "Multy-Component Systems and Their Structures and Their Reliability" од стране Birnbaum, Landers и Esary. Пре овог времена, математичари су само примењивали стандардне математичке технике као што су теорија редова и статистика и вероватноћа у поузданости математичких система. Иначе, поузданост је постала предмет инжењерских и научних разматрања 1950. године, након отказа Америчких ракета и првог отказа Британског комерцијалног ваздухоплова [8].

Epstein и Sobel (1953) су објавили рад где наводе експоненцијалну расподелу као базичну за даља истраживања. Појам погодности одржавања појављује се одмах након првих истраживања отказа авионских мотора. Barlow и Proschan (1975) дефинисали су расположивост поправљивих система као вероватноћу да ће систем бити у оперативном стању за задато време " t ". Blanchard (1988) дао је квалитативну дефиницију расположивости као меру степена оперативности система на почетку задатка за захтев у непознатом случајном временском тренутку. Ова дефиниција је преузета из Америчког војног стандарда *MIL STD - 721*. Lie, Hwang и Tillman (1977) развили су систематичну класификацију расположивости. На додатним класификацијама расположивости радио је и Blanchard (1988). Предложена је подела расположивости у функцији врсте отказа и нивоа пројектовања на својствену (*inherent*), остварену (*achived*) и оперативну (*operational*) расположивост. Barlow и Proschan (1975) истичу неопходност увођења функције расположивости у моделе за одржавање система. Fazuzi и Hawkes (1991) користе функцију расположивости код поправки система са редувансама. О утицају превентивних поправки на функцију расположивости објављен је велики број радова од стране Nachias (1989, 1998), Wang и Pham (1996) и осталих. Практична примена расположивости и погодности одржавања у индустријским системима почиње осамдесетих година прошлог века. Инжењери и научници увиђају потребу интегралног приступа анализирању поузданости, расположивости и погодности одржавања. Од почетних радова и имплементације у војне сврхе до примене строгих стандарда у комерцијалној области требало је две деценије [9].

Истраживање литературе због обимности исте *подељено је на три нивоа*, и то:

- Истраживање литературе из области поузданости поправљивих система,
- Истраживање литературе из области расположивости и погодности одржавања индустријских (производних) система и
- Истраживање литературе из области расположивости и погодности одржавања грађевинских производних (пројектно организованих) система.

2.1 Поузданост поправљивих (одржаваних) система

Приликом развоја теорије поузданости, одмах са почетним радовима, уочено је да се поред поузданости непоправљивих система морају развијати математички модели за поправљиве, тј. одржаване системе. До оваквог закључка дошло се спознајом да се системи могу састојати од поправљивих и не поправљивих компонената и делова. Jelinski и Moranda (1972) објавили су рад из практичне примене истраживања времена између отказа (*TBF*) на рачунарским системима. Balaban (1978) је вршио испитивања времена до

првог отказа са временима поправке и осталих отказа на механичком систему, када се појављују стохастички модели за поправљиве системе. Примена модела математичке статистике се разликовала у погледу броја анализираних система. Тако су развијани модели за изучавање једног или више система истовремено.

Статистичке методе за прикупљање и обраду података из поправљивих система значајно се разликују код анализирања једног или више система истовремено. Анализирајући функцију поузданости поправљивих система ствара се целокупна слика комплексности производних система, што за последицу има суштинско и практично разумевање функције расположивости и погодности одржавања у технолошким процесима. Као и код расположивости поправљивих система где постоје два важна показатеља функционисања, интензитет отказа ($\lambda(t)$) и интензитет поправке ($\mu(t)$), код поузданости поправљивих система такође постоје два важна показатеља [10]:

- функција интензитета отказа ($\lambda(t)$), (енгл: "Intensity Function") и
- интензитет појављивања отказа *ROCOF*, (енгл: "Rate of Occurrence of Failure")

Најзаступљенији модели за одређивање наведених показатеља су:

- Хомогени Поасонов процес (НРР),
- Нехомогени Поасонов процес (ННРР),
- Нехомогени Поасонов процес са експоненцијалним законом расподеле и
- Процеси обнављања.

Rigdon и Basu (2000) истичу да код примене хомогених Поасонових процеса треба бити опрезан због претпоставке о константним интензитетима отказа јер у пракси системи функционишу или у стању побољшања или погоршања [10].

2.1.1 Интензитет појаве отказа - интензитет поправке

Код тачкастог процеса који представља стохастички модел описивања догађаја у одређеном времену где су времена између појављивања независна и не једнака и представљају отказе поправљивих система, онда се са $N(t)$ може означити случајна променљива која представља број отказа у интервалу $(0, t)$. Ако се унутар интервала $(0, t)$ посматра подинтервал (a, b) , и важи да $N(a, b)$ представља број отказа у наведеном интервалу, онда:

$$N(a, b) = N(b) - N(a) \quad (17)$$

представља број отказа у интервалу (a, b) , у оквиру интервала $(0, t)$. У овом случају ради се о стохастичком моделу за тачкасти процес (енгл: "Point Process"), где се сваком времену отказа придружује одређена статистичка расподела.

Очекивани број отказа у времену "t":

$$M(t) = E(N(t)) \quad (18)$$

где је $M(t)$ не опадајућа а $N(t)$ не опадајућа и степенаста функција са не опадајућом функцијом средње вредности. У случају појаве симултаних отказа, функција $M(t)$ није

континуална, што не важи за десну страну. Када је наведена функција диференцијална, онда се може уочити да је [10]:

$$\mu(t) = \frac{dM(t)}{dt} = ROCOF \quad (19)$$

интензитет појаве отказа или интензитет поправке (енгл: "Repair Rate" - *ROCOF*).

2.1.2 Функција интензитета отказа

Функција интензитета отказа у стохастичком, тачкастом процесу може се изразити као:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(N(t, t+\Delta t) \geq 1)}{\Delta t} \quad (20)$$

За наведени израз може се рећи да представља вероватноћу отказа у малом интервалу времена као делу укупног временског интервала у ком се врши анализирање система. У непоправљивим системима функција интензитета отказа (енгл: "Hazard Rate") је условна вероватноћа да ће се један и само један отказ десити у малом интервалу укупног времена рада система. У поправљивим системима, функција интензитета отказа представља без условну вероватноћу отказа (небитно да ли је прва) у малом интервалу времена добијеног поделом укупног посматраног времена $(0, t)$.

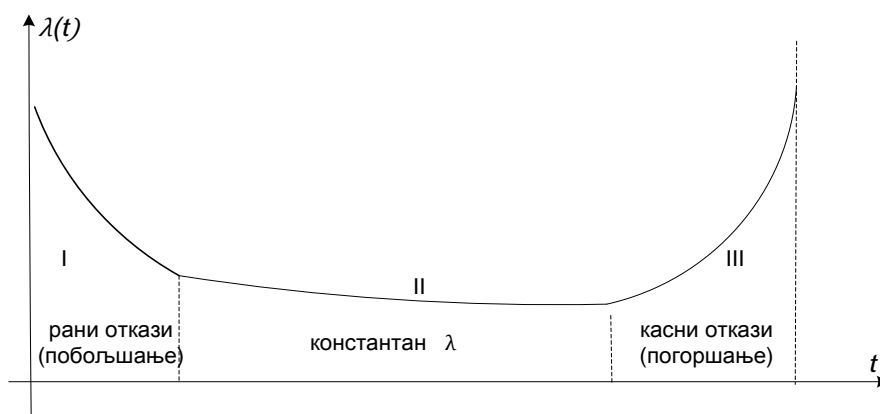
Значи, функција интензитета отказа $(\lambda(t))$ и интензитет појаве отказа (*ROCOF*) тј. интензитет поправке $(\mu(t))$ су мере поузданоси поправљивих система које су једнаке осим у случајевима истовремених отказа више компонената система [10].

2.1.3 Укупна функција интензитета отказа

Модели који се при процењивању поузданости поправљивих система ослањају на предходни рад компонената и система тј. податке о историји процеса отказа дају реалније процене за будуће стање система. Ако се предходни откази у времену " t " за целокупну историју процеса означе са " H_t ", онда се она може представити скупом времена отказа $\{t_i : i = 1, 2, \dots, N(t)\}$, тј:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(N(t, t+\Delta t) \geq 1 | H_t)}{\Delta t} \quad (21)$$

За велики број поправљивих система интензитет појаве отказа и функција интензитета отказа може се приказати графички (слика - 7). За мале вредности времена " t ", тј. када је систем млад, *ROCOF* је висок и откази су фреквентни. Након периода уходавања *ROCOF* је низак и задржава постојећи ниво у периоду корисног рада. Графикон на слици 7 облика каде показује условне вероватноће само једног отказа система у случају интензитета отказа.



Слика 7 - Интензитет отказа у функцији времена

Исти графикон у случају *ROCOF*-а или функције интензитета отказа код поправљивих система показује да је систем прошао кроз већи број отказа у предходном времену (рани откази), након чега следи период константних вредности за *ROCOF* и $\lambda(t)$. Коначно, старењем система откази ће бити све фреквентнији [5], [10].

Сви модели за анализу и пројектовање поправљивих система са аспекта начина и врсте поправке (минимална или перфектна), указују на компромисна решења и упућују на не хомогени Поасонов процес или моделе обнављања (енгл: "Renewal Models").

Ben и Bhattacharyu (1993) и Sen (1998) објављују радове засноване на хибридном функцијама унутар модела за прецизније одређивање времена отказа, где користе различите дистрибуције за посматрани период рада и отказа система. Амерички стандард *MIL - HDBK 189* се искључиво бави поправљивим системима, док се *MIL - HDBK 781* замењује са *MIL - STD 781D*. Амерички национални стандарди (*ANSI*), Интернационални електро стандарди (*IEC*) и *ASQ 61164* (енгл: "American Society for Quality") такође ближе одређују нумеричке методе и моделе за процену раста поузданости код поправљивих система [10].

До наглог пораста објављених радова долази у периоду након 1990. год. захваљујући све строжијим захтевима за поузданошћу војних и система за свемирска истраживања. Придавање све већег значаја истовременом праћењу података о отказима и поправкама из више система обележава последње деценије истраживачког рада који за последице имају појаву комплексних модела за веома сложене пројекте из наведених области као и хемијских и нуклеарних производних система. код којих појава квара може имати не сагледиве последице по здравље људи и животне средине.

Примена метода математичке статистике и вероватноће на поправљиве системе кроз функцију поузданости увелико олакшава рад на изналажењу одговарајућих модела када је функција расположивости у питању. Посебан значај се огледа у избору реалних претпоставки о понашању система у дефинисаном опсегу времена и утицају на пројектоване перформансе функције расположивости и погодности одржавања [89].

2.2 Распољивост одржаваних система

Једна од најважнијих претпоставки о понашању истраживаног система је врста статистичке расподеле која најприближније описује времена отказа и поправки компонената, подсистема и система у целини. Тек након оређивања наведених расподела могу се израчунати вредности за интензитет отказа (λ) и интензитет поправки (μ).

2.2.1 Статистичке расподеле у анализама располољивости

Према заступљености, у истраживаној литератури за располољивост одржаваних система код времена отказа и времена поправки издвајају се следеће статистичке расподеле [10]:

- времена отказа
 - Експоненцијална расподела (C)
 - Општа расподела (C)
 - Вајбулова расподела (C)
 - Нормална расподела (C)
 - Гама расподела (C)
 - Лонг нормална расподела и (C)
 - Ерлангова расподела (C)
- времена поправки
 - Експоненцијална расподела (C)
 - Општа расподела (C)
 - Лонг нормална расподела (C)
 - Гама расподела (C)
 - Нормална расподела (C)
 - Ерлангова расподела (C)
 - Вајбулова расподела (C)

Наведене расподеле су континуалног типа (C) где је случајна променљива величина време и не прекидног је карактера. Расподеле које описују дискретне процесе (D) немају већег значаја за анализирање поузданости и располољивости поправљивих система. Велика заступљеност дискретних расподела присутна је код одржавања система и теорије залиха [5], [10].

Најчешће кориштене методе за одређивање закона расподеле на основу емпиријских података су χ^2 и Колмогоров - Смирнов тест, иако су развијене и новије методе као што су W , WE_0 , и Флинкештај - Шефер, које немају универзалност предходних већ се могу користити код претпоставки о нормалној, лонгнормалној и експоненцијалној расподели. О универзалности Вајбулове тропараметарске расподеле и примени на различите системе постоји доста практичних радова [10]. У случајевима када се у пракси не располаже са подацима о отказима и поправкама већим од 50 догађаја, потребно је одредити тачност параметара расподеле према већ познатим методама [5].

Када се више расподела не могу одбацити као неодговарајуће, поставља се питање која од њих представља најтачнији приказ. Иако методе одређивања расподела нису намењене за одабир најбољег међу dobrим моделима, неке статистике у оквиру ових метода могу се користити на хеуристички начин у том циљу [5]. Поред χ^2 статистике могу се искористити методе рангирања регресије и максималне веродостојности (енгл: "Maximum Likelihood Method") [10].

Када истраживач разуме суштину проблема, захваљујући добром познавању истраживаног система и метода математичке статистике, примена новијих софтверских решења из области поузданости и расположивости поправљивих система увелико доприносе бржим и квалитетнијим анализама улазних података.

2.2.2 Методе одређивања расположивости одржаваних система

Успостављање најодговарајуће методологије за одређивање расположивости технолошког процеса, нарочито са освртом ка развоју у фази пројектовања технологије грађења или процењивања расположивости посматраног техничког система, техникама од врха ка дну или од дна ка врху у системској хијерархији, имају за потребу дефинисање и разматрање адекватности постављене функције циља [8]. Истраживана литература обухвата ширу област производних система са циљем провера претпоставки када су у питању пројектно организовани технолошки процеси тј. грађевински производни системи.

Због карактеристике поправљивости односно одржавања, као последице планираних застоја (превентивних поправки) и случајних отказа (корективних поправки) истраживана су времена када је систем у раду (*MTTF*) и отказу (*MTTR*). Овакав приступ има за потребу истовремено анализирање функције расположивости (*A*) и погодности одржавања (*M*).

Методологије за предвиђање, процењивање и оцену расположивости система и његових делова подељене су у функцији нивоа пројектовања технолошког процеса.

На првом, тј. концептуалном нивоу пројекта врши се предвиђање својствене (енгл: "inherent") расположивости. Други ниво обухвата процењивање достигнуте (енгл: "achived") расположивости на нивоу идејног пројекта технолошког процеса, док се на трећем нивоу користе методе за оцену оперативне (енгл: "operational") расположивости при изради главног (деталног) пројекта.

Colonel (1982) је образложио оправданост коришћења и анализирања различитих расположивости на различитим нивоима пројектовања а, у функцији обухваћених времена отказа и поправки са саставним деловима истих. Stapelberg (2009) у систематизацији досадашњих радова из области расположивости и погодности одржавања поправљивих система извршио је поделу метода и техника у функцији нивоа пројектовања технолошког процеса. За предвиђање времена поправке компонената система и система у целини, Амерички војни стандарди (*MIL - STD - 470A* и *MIL - STD - 471A*) одређују два основна приступа у примени анализе погодности одржавања код предвиђања средњег времена до поправке (*MTTR*). Први се односи на метод који анализира сваку поправку за посматрану компоненту система и захтева адекватну базу података о отказима и поправкама. У случајевима недостатака података о већем броју времена отказа и поправки компонената, примењује се метода упоредне процене на

основу података за сличну компоненту система. Други приступ је емпиријски, који се заснива на проценама погодности одржавања на основу листе провере. Метода је детаљно описана у стандарду *USA MIL - HDBK - 472* [8].

2.2.2.1 Методе предвиђања расположивости производних система

Иако сличне, али неједнаке методама предвиђања поузданости, предвиђање расположивости се претежно разматра на самом почетку пројектовања технолошког процеса и протеже кроз идејну фазу пројекта, заједно са проценама очекиваних резултата интензитета отказа и интензитета поправке.

Најприменљивије методологије за предвиђање расположивости обухватају основне концепте математичког моделовања, као што су:

- моделовање трошкова у функцији расположивости,
- моделовање расположивости у функцији перформанси система,
- моделовање својствене расположивости система и његових делова са аспекта неизвесности,
- моделовање почетне погодности одржавања.

Такође, код наведених методологија могу се селектовати технике за напредна предвиђања расположивости сложених производних система у оквиру следећих целина:

- мере системских перформанси и граничне способности система,
- анализа системских перформанси и симулационо моделовање и неизвесност у симулационом моделовању системских перформанси.

2.2.2.1.1 Моделовање трошкова у функцији расположивости

Основна претпоставка код анализе производног система с аспекта расположивости је да постоји оптимална расположивост или област расположивости за коју су све врсте трошкова (укупни трошкови) рада система на минимуму. Овакав приступ пројектовању системске расположивости има за циљ изнајмавање минималних трошкова рада система за задати опсег (скуп) вредности прихватљиве расположивости, а све у функцији пројектованог производног капацитета. Методологије предвиђања расположивости у доступној литератури из ове области осмишљене су са циљем олакшаног предвиђања трошкова рада система у фази функције и ван ње (превентивно или корективно одржавање) .

Економски губитак или трошак система услед отказа може се кватификовати као трошак у зависности од производних ресурса. Huggett и Edmundson (1986) предложили су изразе за зависне трошкове у функцији пројектованих и стварних капацитета (учинака) система [8]:

$$\text{релативни учинак} = \frac{\text{стварни учинак} - \text{вишак}}{\text{пројектовани учинак}} \times 100 (\%) \quad (22)$$

где је:

$$\text{вишак} = \text{пројектовани учинак} - \text{стварни учинак} \quad (23)$$

У случају серијске везе подсистема и компонената у оквиру производног система, учинак истог је једнак најмањој вредности међу учинцима свих делова система. Код паралелне везе компонената у оквиру система и подсистема, учинак истог је једнак збиру учинака свих делова [7], [8].

Дакле, економски губитак односно трошак у функцији расположивости система је:

$$\text{економски губитак} = \text{трошак релативног учинка} \quad (24)$$

где је:

$$\text{трошак релативног учинка} = \text{релативни трошак изгубљеног времена (РТИВ)} \quad (25)$$

где је:

$$РТИВ = \text{изгуб. време} \times \text{трош. произв. губ. при 100\% релат. учинку} \times \text{сист. релатив. учинак} \quad (26)$$

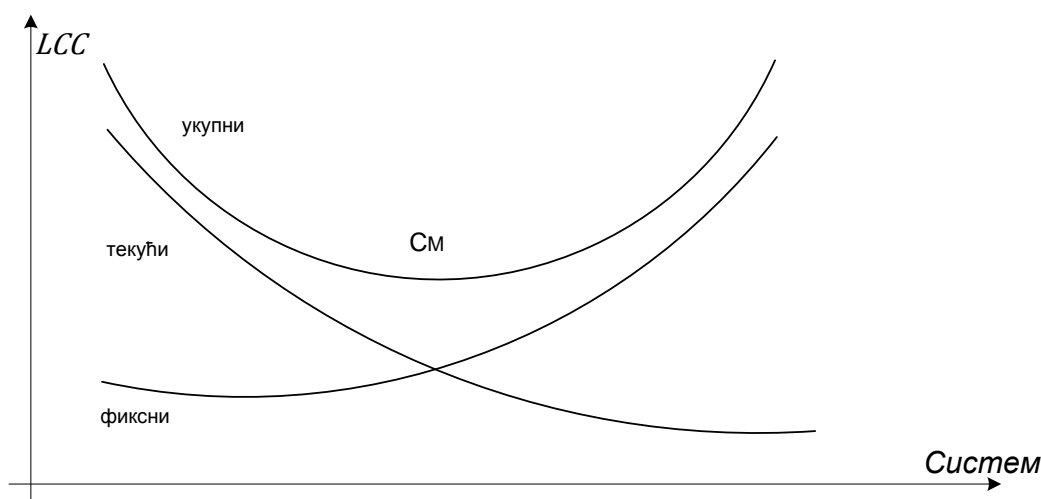
О значају метода анализирања животног циклуса и трошкова истог при пројектовању производног система са аспекта расположивости, Lee (1993) наводи пет фактора, који у себи садрже подфакторе које треба узети у обзир приликом пројектовања техноложких процеса:

- производни захтеви,
- оперативно окружење,
- временска ограничења,
- оперативни захтеви и
- трошкови животног циклуса.

Lee (1993) између осталих дефинише инжењерски приступ у анализи животног века система кроз перформансе расположивости и погодности одржавања. Barringer (1996) објављује рад о аналитичком проценама укупних трошкова у трошкова животног циклуса система (енгл: " Life - Cicle Costs " - *LCC*), које у основи имају за циљ тражење алтернативног решења производног система са минималним укупним трошковима функционисања (рад и застој).

Fabrycky (1991) истиче важност релативних трошкова у производном циклусу, са свим трошковима у фази рада и одржавања (поправки). Barringer (1998) наглашава укупно процењене трошкове као фиксне за случај прецизно одређених компонената и назива их придруженим трошковима *LCC* - а. Aslaksen (1992) наглашава значај јасно дефинисане хијерархије у оквиру блок дијаграма расположивости код одређивања трошкова животног циклуса [8].

Код прорачуна вредности система и његових компонената, животно циклус је одређен периодом амортизације, фиксним трошковима основног средства док трошкови енергије спадају у категорију текућих, односно трошкова који се понављају. Dhilon (1983), представио је ову врсту трошкова са циљем минимизације истих, како је то и приказано на слици бр. 8:



Слика 8 - Графички приказ минимизирања фиксних и текућих трошкова LCC

Са слике се може закључити да је [8]:

$$LCC = C_s + C_e + C_u + C_r \quad (27)$$

где су:

- C_s - трошкови специфицирања
- C_e - трошкови успостављања система
- C_u - трошкови рада
- C_r - трошкови опоравка / поправке

Bussey (1978) објављује рад о значају вредности новца кроз време трајања пројекта у функцији инвестиционих трошкова, инфлације и каматних стопа. Коришћењем израчунавања садашње вредности за дисконтовану пројекцију новчаних токова и увођењем фактора садашње вредности у обзир се узимају *утицаји инфлаторних кретања и каматних стопа на вредност компонента система*. Резултат оваквог приступа је нето садашња вредност (енгл: " Net Present Value"). Увођењем интерне стопе повратка у процену животног циклуса а за време трајања радова на реализацији пројекта добијају се тачнији улазни подаци о укупним трошковима система у функцији и ван ње. Ова два показатеља уводе два критеријума која су најчешће запостављена међу осталим критеријумима:

- улазна пројекција новчаних токова за време трајања пројекта (енгл: " Entire Cash Flow"),
- вредност новца кроз време.

Aslaksen (1992) наглашава значај пројектних трошкова кроз варирање пројекција новчаних токова за време трајања пројекта. Посебно су истакнути трошкови система у раду, застоју и логистици приликом одржавања система. У каснијим радовима, Aslaksen (1993) и Blanchard (1995) дефинишу релације између трошкова и ефективности система, у оквиру које је и функција расположивости.

Један од најважнијих закључака је да пораст расположивости система мерена кроз дужине времена у раду и отказу (*MTBF* и *MTTR*) позитивно утиче на економичност, тј. потенцијално повећава интерну стопу поврата.

2.2.2.1.2 *Моделовање расположивости засновано на перформансама система*

Системске перформансе у процесу пројектовања расположивости производног система могу бити анализирани као комбинације системске способности, сагледаване кроз капацитет, процесне улазе, функцију процеса, процесне излазе и квалитет готовог производа. Наведене карактеристике могу послужити као критеријуми у процесу пројектовања оптималне расположивости. Захтевани квалитет финалног производа и процедуре система квалитета из области одржавања система обезбеђују слободу несметаног формирања ограничавајућих услова у процесу формулисања функције циља. Mead (1994) истиче способност пројектанта технолошког процеса у прилагођавању пројектног задатка стварним захтевима нових технолошких решења.

Taguchi (1993, 1999) придаје важност компатибилности софтверских решења са *CAD* окружењем, са циљем бољег разумевања улоге и значаја сваке компоненте система са аспекта применљивости [8].

Са циљем бољег разумевања специфичности грађевинских производних система, истраживана је област општег приступа пројектовању индустријских система са аспекта расположивости и практичне примене методологија и техника вештачке интелигенције. Разлог оваквом приступу налази оправдање у све већој заступљености рачунарских компонената унутар грађевинских машина и постројења, како у квалитативном, тако и у квантитативном смислу. Mc Cuire (1993), Olsen (1995) и Pancerelle (1995) објављују радове о вештачкој интелигенцији кроз тражење адекватних софтверских решења за одређене технолошке процесе и њихову интернет повезаност у сложени систем. Овакав приступ има посебан значај на релацији испоручилац - корисник опреме, што је случај и код грађевинских постројења, посебно оних са већом набавном вредношћу и комплексном производњом. У истраживаној области дисертације овакав пример се односи на постројења за производњу битуменом везаних материјала.

Little (1991), Cheremisnof (1990), Goldratt (1990) и Thompson (1998) истичу значај процесних карактеристика у анализама расположивости кроз:

- процесни капацитет,
- процесни улаз,
- функцију процеса,
- процесни излаз и
- процесни квалитет.

Расположивост у производним системима је често посматрана као синоним за продуктивност, која се изражава као:

$$\text{продуктивност} = \text{процесни излаз} / \text{процесни улаз} \quad (28)$$

Заједничко у наведеним истраживањима су закључци да код анализа расположивости производних система не заобилазне су перформансе наведених процесних карактеристика [8].

2.2.2.1.3 Моделовање својствене расположивости система у условима неизвесности

На самом почетку одређивања расположивости компонената и система у целини, када је ниво неизвесности највећи, оправдано је дефинисати системску расположивост само у функцији оперативног времена и корективног одржавања. Овако дефинисана расположивост назива се својственом (енгл: "inherent availability"). На почетном нивоу процене исте игноришу се времена превентивних поправки, административног и логистичког времена. На овом нивоу, својствена расположивост се може назвати моделом за процену параметара поузданости и погодности одржавања. У приручнику Америчког секретаријата одбране DoD 32351 - H из 1982. год. својствена расположивост је одређена изразом [8]:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (29)$$

где је:

$MTBF$ - средње време између одржавања и

$MTTR$ - средње време до поправки.

Својствена расположивост има највећу вредност коју расположивост компоненте, подсистема или система може достићи. Разлог овом је узимање у обзир само времена корективне поправки унутар укупног времена застоја. Из израза (29) се може закључити да постоји компромисно решење (енгл: "trade - off") на релацији поузданост - погодност одржавања са циљем достизања жељене расположивости технолошког (производног) процеса.

Ако је пројектовани интензитет отказа (λ) и интензитет поправки (μ) једнак:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (30)$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (31)$$

и оба показатеља имају експоненцијалну расподелу, онда следи да је функција густине вероватноће (енгл: "Probability Density Function") једнака:

$$f(t) = \frac{\lambda\mu e^{-\mu t}}{\mu - \lambda} (e^{-\lambda t} - e^{-\mu t}) \quad (32)$$

Просечан период циклуса расположивости ($E(t)$) је:

$$E(t) = \int_0^t t f(t) dt \quad (33)$$

онда следи:

$$E(t) = \frac{\lambda + \mu}{\lambda\mu} = \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu} = MTBF + MTTR \quad (34)$$

Значи, својствена расположивост (A_i) је део циклуса расположивости, тј.

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{1/\lambda}{1/\lambda + 1/\mu} = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (35)$$

Предходни израз указује на експоненцијалну расподелу за обе карактеристике расположивости ($MTBF, MTTR$) где је својствена расположивост у функцији интензитета отказа и интензитета поправке. Обе функције интензитета могу се лако користити за Бајесове "Pre" и "Post" анализе, где се случајне вредности генеришу у итеративним поступцима са циљем симулације вредности за " A_i " [8], [10]. Процентуалне вредности резултујућих дистрибуција за својствену расположивост су лимити поверења за предвиђену вредност исте. У случају експоненцијалне расподеле за интензитет отказа и интензитет поправке Бајесовим формулама, вредности за средња времена између отказа и средња времена до поправке лако се одрђују из података о предходном раду система. Успостављање нивоа поверења за различите вредности својствене расположивости представља веома сложен математички проблем. Booker (2000), између осталих предлаже концепт интегралне информационе технологије (енгл: "Information integration technology" - ИИТ). Предложени модел укључује комбинацију метода и техника за прикупљање, организацију и анализирање информација са циљем доношења оптималних одлука.

2.2.2.1.4 Моделовање почетне погодности одржавања

Функција погодности одржавања ($M(t)$) за било коју врсту расподеле времена поправки дата је изразом [2], [5]:

$$M(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (36)$$

и иста се користи за предвиђање вероватноће поправке, започете у времену $t = 0$ и предвиђеним завршетком у времену " t ". $f(t)$ у горњем изразу представља функцију густине вероватниће времена поправке. У случају експоненцијалне расподеле наведена функција поприма облик:

$$f(t) = \frac{1}{MTTR} e^{-\left(\frac{t}{MTTR}\right)} \quad (37)$$

Заменом израза (37) у (36) следи:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (38)$$

У поправљивим системима, односно производним процесима, фундаментални параметар функције процеса је интензитет поправке " μ " као реципрочна вредност средњег времена до поправке " $MTTR$ " и као такав има значајнију улогу од интензитета отказа " λ " који представља реципрочну вредност средњег времена између отказа. Анализирањем времена неког догађаја може се повратним приступом тражити што је могуће већа вредност за " μ " тј. што краће време поправке и са што је могућем мањом вредношћу за " λ " тј. већом вредношћу времена између отказа.

2.2.2.2 Аналитичке методе напредног предвиђања расположивости производних система

Истраживане технике за напредна и даља истраживања као алати за предвиђања параметара средњег времена до поправке и средњег времена између отказа могу се приказати кроз анализу перформанси производних система засновану на симулационим

моделима. Најчешће коришћена метода за симулирање перформанси расположивости (*MTTR*, *MTTF* и *MTBF*) је Монте Карло симулација. Анализиране технике за предвиђање расположивости могу се сврстати у следеће области [8]:

- Мере системских перформанси и граничних способности система,
- Анализе системских перформанси и симулациона моделовања и
- Неизвесност у симулационим моделовањима системских перформанси.

2.2.2.2.1 Мере системских перформанси и граничних способности система

Мера системских расположивости може се вршити на основу процењених вредности параметара поузданости и погодности одржавања. За процењене вредности *MTBF* и *MTTR* може се одредити и својствена расположивост на основу израза (35).

Booker (2001) појашњава структуру матрице перформанси система за случај експерименталне процене параметара *MTBF* и *MTTR*. Између осталог предложене су минимално и максимално прихватљиве вредности за наведене параметре. Thompson (1998) између осталих, описује изглед матрице перформанси система због анализирања сваког податка из редова и колона, са циљем предвиђања свих релевантних параметара. У случају расположивости, погодности одржавања и поузданости, матрица садржи два параметра (*MTBF*, *MTTR*) за сваку алтернативу технолошког процеса.

Mc Kinney (1998) развија експертски приступ предвиђању параметара система који одређивање својствене расположивости базира на контролној листи (енгл: "check list"). Такође, да би се скратило време потребно за предвиђање средњих времена између отказа и поправки, постојеће методе засноване на експертском предвиђању издвајају компоненте са заједничком или сличном процедуром за одређивање погодности одржавања.

Поузданост, својствена расположивост и погодност одржавања, садржане су у матрици оцењивања параметара система, процењивањем *MTBF* и *MTTR* времена, и израчунавања својствене расположивости. У комбинацији са одговарајућом контролном листом, доприносе прецизнијим проценама и предвиђањима.

2.2.2.2.2 Анализе системских перформанси и симулациона моделовања

Претходно набројане системске перформансе у контексту пројектовања технолошког процеса са аспекта расположивости [8] :

- способност система,
- функционална ефективност система и
- оперативни услови система

узајамно су зависне, тј. карактерише их интерактивност током анализирања истих.

Из претходно наведених системски перформанси може се уочити да су параметри способности система у функцији функционалне способности и оперативних услова. Примена оваквог приступа анализирању технолошког процеса на грађевински производни систем има за последицу редуковање вредности практичних учинака са

аспекта утицаја окружења у коме систем грађевинских машина и постројења функционише.

Анализа системских перформанси обухвата изучавање понашања система кроз мерљивост карактеристика истог. Због своје обимности и мултидисциплиналности, изражене кроз велики број техника и метода (матрица параметара перформанси, еволуциони рад, експериментално пројектовање, теорија редова, технике моделовања и динамичких симулација) истраживане су технике симулационог моделовања са применом на производни систем и његове карактеристике које утичу на системску расположивост [8].

Моделу системских перформанси могу се класификовати као аналитички или симулациони. Аналитички модели су засновани на формулисању понашања компонената система. Law (1991) наглашава непредвидивост у понашању система, иако су просечни резултати истраживаних параметара прихватљиви. Закључци истраживања су се односили на важност функције расподеле за очекиване вредности. Emsholf (1970) за предвиђање средњих вредности предлаже лимитирање истих уз анализирање утицаја великог броја фактора који утичу на понашање производног процеса. За велике и комплексне системе симулационо моделовање перформанси система намеће се као најадекватнији приступ. Shannon (1975) и Bulgren (1992) основну поделу симулационог моделовања на :

- симулационе моделе са континуалним временом и
- симулационе моделе са дискретним догађајима

ближе примењује на различите врсте производних система. Такође, проширују дотадашњи рад Emsholf- а, који је симулационе моделе поделио на четири могућа случаја у пракси :

- дискретни простор стања и дискретни параметри,
- дискретни простор стања и континуални параметри,
- континуални простор стања и дискретни параметри и
- континуални простор стања и континуални параметри.

За техничке системе у које се могу стврстати индустријски (производни) процеси важи примена модела са дискретним простором стања и континуалним параметрима. Дискретном простору стања одговара скуп догађаја у посматраном времену, који у случају расположивости представљају времена отказа и поправки. Под континуалним параметрима подразумева се време у ком се систем анализира [1], [2], [6].

Иако се симулациони модели користе за предвиђање понашања моделованог система, њихово понашање, морало би се обрадити и статистички. Law (1991) закључује да, иако спорији од експерименталних модела, аналитички модели засновани на симулацијама системских перформанси могу имати за последицу значајно ниже трошкове функционисања система. Такође, када су индустријски системи предмет анализирања, њихова карактеристика поправљивости и континуалност у раду тј. довољно дуг временски период у ком се систем анализира, већину аутора је навело на закључак да такви системи функционишу у устаљеном стању (енгл: "steady state"). Претпоставка устаљеног стања има за потребу анализирање додатних карактеристика, како би се технолошки процес реалније сагледао. Singh, Billington и Dhilan (1975-1981)

развили су методу уравнотежења учесталости (енгл: "Frequency Balancing technique") која се може употребити на пројектно организованим системима као што су и грађевински технолошки процеси.

2.2.2.2.3 Неизвесност у симулационом моделовању перформанси система

Разматрањем различитих неизвесности обухваћених моделовањем системских перформанси симулационим техникама, техника робусног пројектовања издваја се својом детаљношћу у примени код доношења одлука. Du (1999), између осталих, врши поделу извора неизвесности у симулационим моделима предвиђања на :

- екстерне неизвесности и
- интерне неизвесности.

Екстерне неизвесности су последица варијабилности системски перформанси, док интерне имају два извора. Један је последица ограничених информација у проценама моделованих параметара за фиксирану структуру модела. Други извор се односи на валидност претпоставки на којима се модел заснива. Технике за анализу неизвесности укључују статистички приступ и анализу најлошијег случаја или приступ екстремног стања [8].

Hoover (1989) закључује да Монте Карло симулација постаје скупа у симулацијама комплексних система. Vox (1978) и Phadke (1989) истичу предности технике латинске хипер коцке и Тагучијеве технике ортогоналних низова, иако нису често примењиване у комерцијалним симулационим софтверима. Истраживања о значају и применљивости робустних техника за одређивање перформанси система са циљем прецизнијег одређивања расположивости или погодности одржавања настављају Suri и Phadke (1999).

Статистички приступ обради података је развијан за процене кумулативне функције расподеле и функције густине расподеле. Hicks (1993) издваја Монте Карло симулациони приступ као адекватнији у поређењу са приступом екстремних услова, где се одређују најбоља и најлошија решења. Разлог овоме оправдава у великом броју симулација код Монте Карло методе која су базирана на статистичким приступима.

Taguchi (1993) анализира технике робусног пројектовања са циљем ублажавања осетљивости система на потенцијалне варијације. Такође, истиче применљивост већег броја постојећих приступа за решавање проблема вишекритеријумске оптимизације код техника робусног пројектовања система. Parkinson (1993) предлаже анализу најлошијег случаја за формулисање ограничења функције сила [8].

2.2.2.3 Методе процењивања расположивости производних система

За разлику од модела предвиђања, модели процењивања расположивости система и његових делова узимају у обзир и застоје система проузроковане превентивним одржавањем. На основу обимне литературе и великог броја радова из изучаване области, најпримењивије методологије за процену расположивости система могу се поделити на :

- модели Маркова и

- модели достигнуте расположивости одржаваних система са нагласком на одржавање.

Такође, као и у случају предвиђања селектоване су технике за унапређење и развијање процењивања расположивости у случајевима производних система. С обзиром на велики утицај превентивног одржавања на расположивост компонената система и система у целини, као и на висину производних трошкова, наведени су модели Петријевих мрежа у пројектовању и оптимизацији функције расположивости кроз [8], [10]:

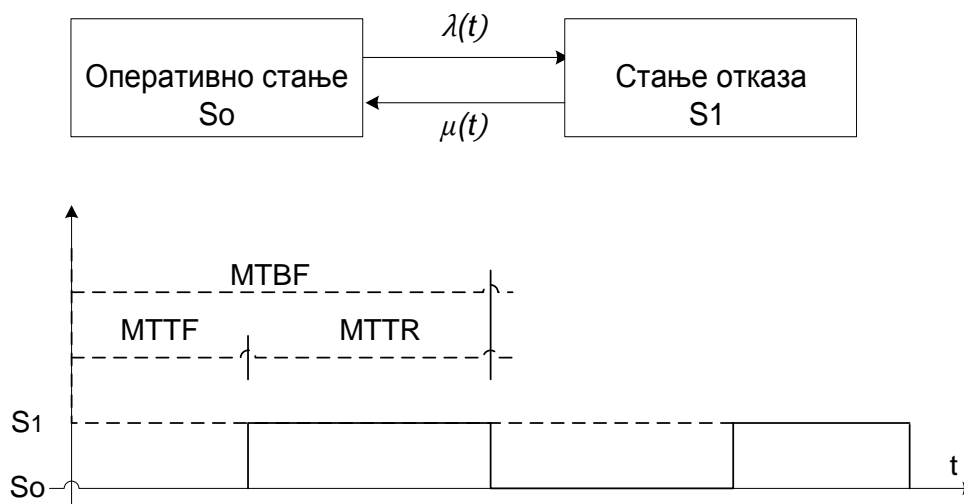
- максимизирање пројектне расположивости коришћењем модела Петријевих мрежа,
- пројектовање расположивости коришћењем модела Петријевих мрежа и
- процењивање погодности одржавања у функцији модела одржавања система.

2.2.2.3.1 Модели Маркова за процењивање расположивости и погодности одржавања

Модели Маркова су често коришћени за анализу поузданости, расположивости и погодности одржавања код великих и сложених производних система. Нарочито су корисни за анализирање поправљивих система где су појаве отказа и поправки случајне променљиве које могу бити константне или временски независне. Метода је непоуздана за производне системе са временски зависним отказима и поправкама [2].

а) Распоживост компоненте са два могућа стања

Дијаграм стања стања се може приказати као на слици 9 :



Слика 9 - Дијаграм за два могућа стања система

Системска расположивост у овом случају једнака је вероватноћи да ће одржавани систем бити у оперативном стању у задатом временском тренутку "t", тј.

$$A(t) = P_0(t) \tag{39}$$

где се након решавања линеарних диференцијалних једначина које се називају једначинама Колмогорова, добија:

$$A(t) = \frac{\mu(t)}{\lambda(t)+\mu(t)} + \frac{\lambda(t)}{\lambda(t)+\mu(t)} e^{-(\lambda(t)+\mu(t))t} \quad (40)$$

За производне системе се може узети у обзир да је време " t " довољно велико, тј. у математичком смислу да тежи бесконачности ($t \rightarrow \infty$) где предходни израз поприма облик:

$$A(\infty) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} \quad (41)$$

који представља расположивост система који функционише у устаљеном стању.

Ако се узму у обзир изрази (30) и (31) за интензитет отказа и интензитет поправки, онда се расположивост у устаљеном стању може приказати као:

$$A(\infty) = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (42)$$

док је нерасположивост система (U) једнака:

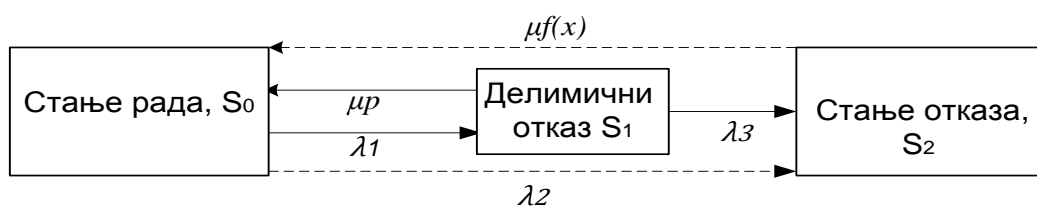
$$U = \frac{MTTR}{MTBF+MTTR} \quad (43)$$

У случајевима када постоје подаци о предходном раду система и његових делова, односно, када су улазни подаци за интензитет отказа и интензитет поправки познати, овакав приступ за процењивање и оцењивање расположивости даје високо поуздане резултате [2], [6].

б) Распоживост компоненте са више могућих стања - метода додатних променљива

За компоненте производних система откази се најчешће процењују тако што се интензитетима отказа придружује константност, тј. експоненцијална функција расподеле. Међутим, времена поправки компонента најчешће нису експоненцијално расподељена, већ припадају генералним тј. арбитражним дистрибуцијама [8].

Поправљиви системи са више могућих стања у функционисању истих где времена поправки припадају генералним расподелама, тешко се могу анализирати у оквиру познатих математичких метода. Овакви системи су стохастички процеси без Маркових карактеристика. Сох (1954) оправдава увођење довољног броја додатних променљива како би се систем могао анализирати са константним интензитетима отказа ($\lambda(t)$) и не експоненцијално расподељеним временима поправки. Vistanen (1977) констатује да динамичност у понашању система описује скуп диференцијалних једначина са варијабилним коефицијентима и посебно са граничним и иницијалним условима. Дијаграм стања система може се приказати као на слици 10:



Слика 10 - Дијаграм за систем са више стања

Као и у случају два могућа стања система, диференцијалне једначине се у овом случају за почетне услове и коришћењем Лапласових трансформација свде на једначине стања за устаљена решења (енгл: " steady state solutions"):

$$sp_{0(s)} - 1 + (\lambda_1 + \lambda_2)p_{0(s)} - p_{1(s)}\mu_p = \int_0^\infty p_2(x,s)\mu_{f(x)}dx \quad (44)$$

$$sp_{1(s)} + (\lambda_3 + \mu_p)p_{1(s)} - p_{0(s)}\lambda_1 = 0 \quad (45)$$

$$\frac{\partial p_2(x,s)}{\partial x} + [s + \mu_{f(x)}] p_2(x,s) = 0 \quad (46)$$

са граничним условима :

$$p_2(0,s) = \lambda_2 p_{0(s)} + \lambda_3 p_{1(s)} \quad (47)$$

Вредности устаљених стања за $p_0(s)$, $p_1(s)$ и $p_2(s)$ налазе се интеграљењем из израза (44) - (46).

Вредности за устаљена стања система независна су од времена и могу се одредити према Virtmanu (1972), без прецизних података о расподелама карактеристиних времена система [8].

в) Распоживост компоненте са више могућих стања - вероватноће преласка из једног у друго стање компонената и система

За пројектанта технолошког процеса који између осталог врши и алокацију ресурса, изузетно су значајни подаци о расположивости свих компонената система и система у целини, после одређеног броја временских интервала. Анализом наведених података олакшан је рад на изналажењу оптималне вредности расположивости за задати технолошки процес. Коришћењем Маркових стохастичких процеса могуће је сагледати вероватноћу појаве анализираних стања система после одређеног временског интервала, односно понашања система у будућности.

Информација о почетном стању система задаје се матрицом " $\pi(0)$ ":

$$\pi(0) = [\pi_1(0), \pi_2(0), \dots, \pi_n(0)] \quad (48)$$

Информације о прелазним вероватноћама из стања " i " у стање " j " за посматрани интервал времена $(t, t+I)$ приказују се матрицом :

$$p_{ij}^n = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad (49)$$

онда следи да је вероватноћа:

$$\pi_j^n = \sum_{i=1}^n \pi_i^{(n-1)} p_{ij}^n \quad (50)$$

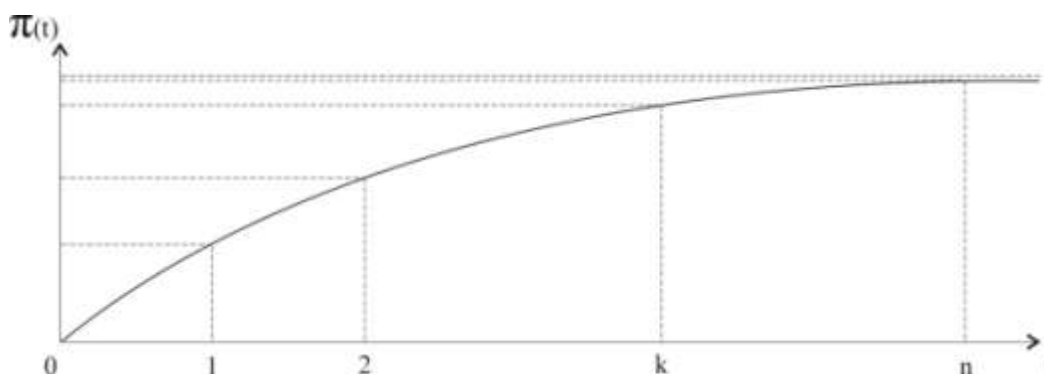
што се може приказати и у следећем облику:

$$\begin{aligned} p_{11} \pi_1 + p_{12} \pi_2 + \dots + p_{1n} \pi_n &= \pi_1 \\ p_{21} \pi_1 + p_{22} \pi_2 + \dots + p_{2n} \pi_n &= \pi_2 \\ \dots & \dots \dots \dots \dots \dots \\ p_{n1} \pi_1 + p_{n2} \pi_2 + \dots + p_{nn} \pi_n &= \pi_n \end{aligned} \quad (51)$$

где је:

$$\pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_n = 1 \quad (52)$$

Посебан значај за анализу расположивости има сазнање о вероватноћама појаве појединих стања система при устаљеном (стационарном) режиму рада. У математичком смислу, матрица прелазних вероватноћа за устаљена стања је константна а Марковљеви ланци називају се хомогеним Марковљевим ланцима. На слици бр. 11 може се уочити стационарност у функционисању система након " n " временских интервала:



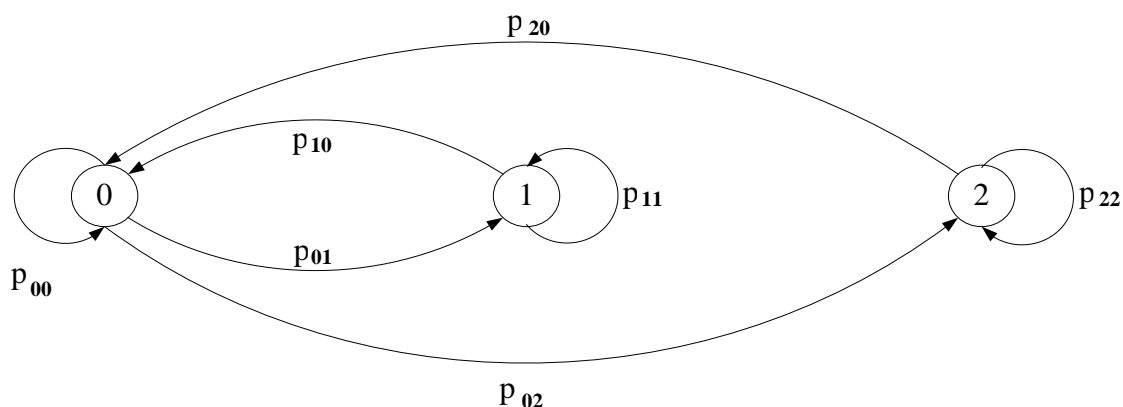
Слика 11 - Дијаграм вероватноћа стања система у функцији времена

Вредности за "π" добијени су израза на основу израза:

$$\pi^n = p \pi^{n-1} \quad (53)$$

где је за свако време t_i одређена вероватноћа π^i .

У случајевима када постоје подаци о предходном раду компонената система, метода хомогених Марковљевих процеса са прелазним вероватноћама применом на грађевинске производне системе поприма следећи облик:



Слика 12 - Хомогени Марков процес за систем за три могућа стања

- Стање 0 - планирани просечни практични учинак система (Up)
- Стање 1 - планирани минимално допуштени практични учинак ($minUp$ -делимични отказ)
- Стање 2 - практични учинак система је мањи од минимално допуштеног (отказ система)

Значајан утицај на одређивање прелазних вероватноћа има и расположивост система у посматраним стањима. Матрица прелазних вероватноћа (за три могућа стања) садржи следеће [2], [5]:

		Стање система у интервалу времена $n + 1$		
		0	1	2
Стање система у интервалу n	0	p_{00}	p_{01}	p_{02}
	1	p_{10}	p_{11}	p_{12}
	2	p_{20}	p_{21}	p_{22}

Табела 2 - Матрица прелазних вероватноћа за систем са три могућа стања

где је :

$$p_0 = \sum_{i=0}^m p_{0i} = 1, \quad i = 0,1,2, \quad m = 3 \quad (54)$$

$$p_1 = \sum_{i=0}^m p_{1i} = 1, \quad i = 0,1,2, \quad m = 3 \quad (55)$$

$$p_2 = \sum_{i=0}^m p_{2i} = 1, \quad i = 0,1,2, \quad m = 3 \quad (56)$$

На почетку рада система све компоненте су исправне и почетна вероватноћа стања је :

$$\pi^{(0)} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (57)$$

Употребом израза (53) тј.

$$\pi^n = p\pi^{n-1} \quad (58)$$

где је n вредност за коју π^n нема различит број на трећем месту десно од децималног зареза у односу на време t_{n-1} , тј. $(n - 1)$ корак. Добијене вредности за π_i , тј.

$$\pi^{(n)} = \begin{matrix} \pi_0 \\ \pi_1 \\ \pi_2 \end{matrix} \quad (59)$$

представљају вредности вектора вероватноће за устаљено стање [2].

Ова метода у приступу анализама расположивости система у устаљеном стању даје реалне показатеље рада система кроз :

- стварни практични учинак,
- стварне трошкове рада система и
- стварне трошкове рада система по јединици мере готовог производа

2.2.2.3.2 *Моделовање достигнуте расположивости система са аспекта одржавања*

Када производни системи функционишу у окружењу за које нису у потпуности пројектовани, достигнута расположивост даје поузданије податке у односу на остале, јер искључује све активности пре и након поправке, а које се односе на административно логистичко време која су укључена у код анализирања оперативне расположивости.

Colonel (1982), образлаже стандарде за ову област из упутства америчког министарства одбране (*DoD*), дефиницијом:

$$A_a = \frac{OT}{OT+TSM+TPM} \quad (60)$$

где је :

- *OT* - оперативно време (енгл: "operating time"),
- *TSM* - укупно време корективног одржавања (енгл: "total corrective maintenance") и
- *TPM* - укупно време превентивног одржавања (енгл: "total preventive maintenance").

Dhillon (1999) предлаже алтернативни приступ моделовању расположивости кроз разматрање вероватноће да ће систем или његове компоненте у пројектованим условима функционисати како је предвиђено пројектом. За обе алтернативе заједничко је да узимају у обзир времена административних и логистичких активности. Алтернативни приступ је предложен изразом [8]:

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM+TSM+TPM} \quad (61)$$

где је:

MTBM - средње време између поправки.

2.2.2.3.3 Процењивање погодности одржавања на основу модела за одржавање система

Погодност одржавања и одржавање су веома блиско повезани термини и никако нису исти. Погодност одржавања је област која обухвата мере које се предузимају за време пројектовања, развоја и примене производног система и његових делова, са циљем редуковања трошкова одржавања, логистике и времена застоја.

Модел одржавања су развијани за циљем што бољег предвиђања посебних активности одржавања, као што су планирани застоји, планиране замене компонената, инспекцијски прегледи и редовна сервисирања.

Политике одржавања, стратегије и оперативни планови имају велики утицај на расположивост и погодност одржавања производних система. Исте су базиране на основу препорука произвођача опреме, механизације и искуства са радом истих или сличних компонената и система. С обзиром да наведена област није тема дисертације, важно је истаћи да се изведене хипотезе рада техничке природе, између осталих, односе и на одржавање система и његових компонената (машине и постројења) [15], [51], [56], [60], [73].

Оптимална погодност одржавања је најчешће она вредност *MTTR*-а за коју су трошкови одржавања минималних, или најкраћи интервал времена до поправке, ако нема буџетских ограничења за различите сценарије истих.

За оптимално управљање одржавањем компонената система постоје два приступа:

- Одржавање засновано на поузданости (енгл: "Reliability centered maintenance" - *RCM*) и
- Одржавање засновано на расположивости (енгл: "Availability centered maintenance" - *ACM*)

Термин *RCM* је ушао у индустријску употребу раних 1960-их. Главни циљ технике је дефинисање политике одржавања компонената засновано на критеријумима:

- Отказа,
- Трошкова,
- Поузданости и
- Сигурности

RCM техника се континуално преиспитује и унапређује, што је и ближе дефинисано међународним стандардом *SAE IA 1011* [25]. Техника одржавања заснованог на расположивости је примењива на све врсте индустријских система, јер узима у обзир расположивост, поузданост и погодност одржавања у процесу изналажења оптималних приступа одржавању компонената система. *ACM* техника је осмишљена да отклони нејасноће са аспекта *RCM* приступа, тако што је базирана на њој, али са циљем побољшања *RCM* ефективности. Ceschini и Saccardi (2000) као главне разлике у наведеним техникама одржавања компонената система, наводе следеће [26]:

- Основни принцип *RCM* је очување функције у поступку изналажења оптималних трошкова система, док је основна замисао *АСМ* технике гаранција достизања циљева расположивости за време оптимизације трошкова.
- У оквиру *RCM* јасно је наведено које захвате и зашто их треба извести, али без дефинисања термина одржавања. *АСМ* дефинише ближе време извршавања одржавања са временом набавке резервних делова и алокацијом радника и опреме са придодатим часовима рада.
- У већини практичних примена *RCM* је фокусирана на техничке аспекте карактеристичних времена, док *АСМ* пружа истовремену техно-економску информацију.

Део анализираног информационог система који се односи на управљање машинским парком, у оквиру којег су процедуре о превентивним и корективним поправкама са везама ка процедурама за одељење набавке и складиштења базиран је управо на *АСМ* техници за одржавање машина и постројења (компонента система).

2.2.2.4 Методе аналитичког развоја процењивања расположивости производних система

Аналитичке процене расположивости и погодности одржавања у функцији превентивног одржавања сложених производних система постале су незаобилазне у процесу оптимизације расположивости компонента делова система и система у целини, иако анализирана литература из ове области није од великог значаја појектанту технолошког процеса на реализацији конкретног грађевинског пројекта, иста је од велике важности менаџменту из сектора за управљање машинским парком [50], због одговорности за спровођење процедура политике квалитета које се односе на оптимално одржавање машина и постројења, а све у складу са плановима приоритета за наступајућу грађевински сезону или пројекат.

Циљ увођења критеријума превентивног одржавања је изналажење аналитичког израза за устаљено понашање производног система и одређивање оптималног интервала одржавања за који функција расположивости система / компоненте поприма максималну вредност.

Методологија Петријевих мрежа (енгл: "Petri net") је широко распрострањена за решавање оваквих врста проблема због могућности пружања графичког језика који је компатибилан са модерним *CAD* окружењем.

Досадашњи радови из ове области се могу поделити на две целине [8]:

- Методе аналитичког развоја процењивања расположивости производних система коришћењем Петријевих мрежа и
- Максимизирање пројектне расположивости коришћењем модела Петријевих мрежа.

Петријеве мреже и модели перформанси инициране су у Италији 1985. год. и раширене су на САД, Јапан, Аустралију, Француску и остале делове развијеног света. Murata (1989), Molloy (1982), Ciardo (1994), Lindemann (1999), Bobio (1992), Choi (1994),

Serman (1994) и Nents (1981) објављују радове о прилагодљивости Петријевих мрежа на стохастичке процесе и Марковљеве ланце са континуалним временима и Марковљеве регенеративне процесе приликом извођења транзиционих матрица вероватноћа за устаљена стања система.

2.2.2.5 Методе оцењивања расположивости производних система

Оцењивањем расположивости одређују се дужине временских интервала који су последица отказа компонената, познате као интензитет отказа и интензитет поправки. Одређивањем наведених параметара, одређене су и фреквенције за свако стање у посматраном интервалу времена. Анализирана литература се односи на одрђивање оперативне расположивости система на основу добијених података из рада истог са анализирањем методологија за предвиђање вредности за наступајући период рада система, узимајући у обзир времена активне превентивне и корективне поправке, као и времена административних и логистичких радњи.

Најприменљивије методологије могу се поделити на следеће области [8]:

- Моделовање расположивости са аспекта сигурности функционисања система (енгл: "Dependability"),
- Моделовање оперативне расположивости са аспекта логистичке подршке и
- Специфична моделовања оперативне расположивости.

Одговарајуће методе за напредна истраживања техника за оцену расположивости и погодности одржавања могу се сврстати у две важне научне дисциплине:

- Анализа техничких система (енгл: " System Engineering Analysis " - SEA) и
- Теорија комплексних система (енгл: " Complex Systems Theory" - CST).

2.2.2.5.1 Моделовање расположивости са аспекта сигурности функционисања система

Сигурност функционисања (енгл: "Dependability") према IEC 60050 - 191: 1990, означава скуп својстава која описују расположивост и факторе које на њу утичу. Дефинише се као вероватноћа да ће систем достићи планирану применљивост под условом да је био расположив у захтеваном тренутку времена (на почетку) [41].

Сигурност функционисања (D_s) разматрана кроз оперативни интегритет је дата следећим изразом:

$$D_s = M_o(1 - R_o) + A_o(R_o) \quad (62)$$

где је:

R_o - оперативна поузданост,

A_o - оперативна расположивост и

M_o - оперативна рогодност одржавања.

односно, коришћењем времена $MTTR$, MDT и $MTBF$, следи:

$$D_s = A_o + \frac{MTTR}{MDT} \quad (63)$$

где је:

$$A_0 = \frac{MTBF}{MTBF + MDT} \quad (64)$$

$$MDT = TPM + TCM + TALDT \quad (65)$$

где је:

- TPM* - укупно време застоја услед превентивног одржавања,
TCM - укупно време застоја услед корективног одржавања и
TALDT - укупно време застоја услед логистичког и административног времена.

У случају када очекивано средње време застоја садржи само застој услед превентивног одржавања, расположивост система постаје једнака својственој расположивости а *Ds* постаје [8]:

$$Ds = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} + \frac{MTTR}{TPM} \quad (66)$$

2.2.2.5.2 Моделовање оперативне расположивости са аспекта логистичке подршке

Оперативна расположивост (A_0) за разлику од својствене (A_i) и достигнуте расположивости (A_a) разматра све сегменте времена у којима се компоненте система могу наћи. Поред времена потребног за административне и логистичке радње приликом превентивних и корективних поправки, време рада система је раздвојено на две врсте у којима се систем или компонента могу наћи. Наиме, расположивост компонената се посматра са аспекта исправности за рад. Тако, време у раду се дели на оперативно и време у застоју када је компонента била у исправном стању. Овакав приступ омогућава анализирање утицаја отказа дела система на други који није отказао али је расположив и у фази је застоја [3].

Оцењивање оперативне расположивости пружа прихватљиву методологију за одређивање релација између карактеристичних параметара поузданости и погодности одржавања у јединствени параметар ефективности система. Conolon (1982) између осталих, предложио је следећи израз за оперативну расположивост:

$$A_0 = \frac{OT + ST}{OT + ST + TCM + TPM + ALDT} \quad (67)$$

где је:

- OT* - оперативно време,
ST - време у застоју,
TCM - укупно време корективног одржавања,
TPM - укупно време превентивног одржавања и
ALDT - административно и логистичко време.

Оперативна расположивост разматра системску ефективност и оперативни потенцијал компонената и олакшава димензионисање система за касније фазе рада. Овој врсти расположивости је посвећена посебна пажња јер суштина истраживаног модела се

односи на предвиђање оптималне расположивости система базирани на подацима из предходног рада истог. Свеобухватнији приступ оцењивања оперативне расположивости базиран је на средњем времену до одржавања (*MTBM*) и средњем времену у застоју (*MDT*). Оваквим приступом се обезбеђује изванредан степен сигурности приликом процењивања расположивости јер се из израза за својствену расположивост може уочити да добијени резултати имају већу вредност од истих за оперативну расположивост анализираних система. Значи, оперативна расположивост се може изразити и на следећи начин [8], [47]:

$$A_0 = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \quad (68)$$

Средње време између поправки обухвата време активног превентивног одржавања, док средње време у застоју обухвата сва предходно наведена времена. Овакав приступ је препоручљив за компоненте и систем где је могуће обавити активности на превентивном одржавању за време рада система.

DoD 3235.1-N 1982, истиче два приступа у моделовању оцењивања оперативне расположивости:

- Општи временски линијски модел и
- Временски линијски модел у функцији опоравка.

Општи временски линијски модел расположивости приказује елементе расположивости, нарочито времена у застоју која се деле на хладни (ST_C) и топли (ST_W). Предложени модел прихвата могућност превентивних поправки за време функције система и за време када је ван ње. За систем са више стања неопходна су одређивања времена рада и отказа за свако стање. Предложени модел може се приказати графички као на слици бр.13:



Слика 13 - Општи временски линијски модел оперативне расположивости

За системе и компоненте од којих се очекује функционисање у континуитету, али са планираним дневним застојима када се од система не очекује стање функције, више него оправдано је имати јасан план шта ће се од могућих активности одвијати за време нерада, када се компонента или систем могу наћи у исправном или неисправном стању. На слици бр.14 приказан је временски линијски модел у функцији опоравка (енгл: "Recovery").



Слика 14 - Временски линијски модел оперативне расположивости у функцији опоравка

2.2.2.5.3 Специфична моделовања расположивости и погодности одржавања

Под специфичним моделовањима расположивости и погодности одржавања применљивим на производне (поправљиви индустријски) системе издвајају се својом практичношћу концепти [8]:

- Еквивалентне расположивости,
- Мера погодности одржавања и
- Мерења отказа система кроз перформансе еквивалентног времена до обнове и еквивалентног времена до отказа.

Наведене технике су настале као последица разматрања производних система са више могућих стања, на које нису применљиве конвенционалне методе.

а) Еквивалентна расположивост

Концепт еквивалентне расположивости (EA) има значајну примену у одређивању системских перформанси када се систем налази у стању редуковане ефикасности или непотпуне оперативности. Nelson (1981) дефинише еквивалентну расположивост као Однос еквивалентног оперативног времена и укупног посматраног периода у коме систем достиже процесни излаз који је еквивалентан његовом максимално функционалном капацитету. Еквивалентно оперативно време је дефинисано као оперативно време у току којег систем достиже процесни излаз који је еквивалентан максимално функционалном капацитету. Максимални функционални капацитет у овом случају је еквивалентан процесном излазу (практичном учинку) при стопроцентној искоришћености система.

Израз за еквивалентну расположивост (EA) може се приказати на следећи начин:

$$EA = \frac{\sum(ET_o)}{T} \quad (69)$$

где је:

ET_o - Еквивалентно оперативно време и

T - Посматрани период рада система.

Онда је:

$$EA = \frac{\sum[(ET_o \cdot n \cdot (MDC))]}{T \cdot MDC} \quad (70)$$

где је:

MDC - Капацитет при максималној сигурности функционисања и
 n - Део процесног излаза.

У случају еквивалентне расположивости при стопроцентној искоришћености или максималној ефикасности следи да је [8]:

$$EA = A = \frac{\sum T_o}{T} \quad (71)$$

б) *Мере еквивалентне погодности одржавања при застоју и отказу компонената система и система у целини*

Због честих грешака при коришћењу средњег времена у застоју (MDT) и средњег времена до поправке ($MTTR$) неопходно је разумети у чему се разликују. Smith (1981) ближе дефинише елементе времена застоја и времена поправке. Време застоја (DT) или отказа (енгл. "outage") је период у којем је компонента или систем у отказу. Време застоја може започети пре поправке и исто тако се завршити након исте, али са одређеном временском разликом. *Време између активне поправке и укупног застоја се може поделити на на административно и логистичко у које улазе времена припреме, набавке резервних делова, замена истих, тестирање система и пуштање у рад.*

Из дефиниције отказа и поправке, датих у Америчком војном стандарду ($MIL - STD - 721B$) може се закључити да се систем или компонента могу наћи у стању:

- Комплетног губитка функције и
- Делимичног губитка функције.

Наведеним стандардом су ближе дефинисани параметри који су последица променљивих учинака система у функцији времена. Наведени параметри се могу у потпуности применити на производне системе и односе се на [8]:

- Еквивалентно средње време до отказа (EM),
- Еквивалентно средње време до обнове (ER) и
- Однос еквивалентног средњег времена до обнове и еквивалентног средњег времена до отказа.

Еквивалентно средње време до отказа одређено је изразом:

$$EM = (T_f + T_p)/N \quad \text{тј,} \quad EM = \frac{\sum(T_o)}{N} \quad (72)$$

где је:

T_f - време потпуног отказа

T_p - време делимичног отказа

N - укупан број отказа

Еквивалентно средње време до обнове (енгл. "Equivalent Mean Time to Restore" - ER) одређено је изразом:

$$ER = \frac{ELT}{N} \quad (73)$$

где је:

ELT - Еквивалентно изгубљено време , и аналогно изразу (73) следи [8]:

$$ER = \frac{[n \cdot MDC \cdot T_0]}{MDC \cdot N} \quad (74)$$

в) Однос еквивалентног средњег времена до обнове и еквивалентног средњег времена до отказа.

Ако се израз (73) и (74) доведз у међусобни однос, тако што ER дели EM тј. $\frac{ER}{EM}$ добија се:

$$\frac{\sum[n \cdot MDC \cdot T_0]}{MDC \cdot \sum(T_0)} = \frac{ER}{EM} \quad (75)$$

ценећи израз (71) следи [8]:

$$A \cdot \frac{ER}{EM} = U \quad (76)$$

где је:

U - нерасположивост система

2.2.2.6 Аналитичке методе напредног оцењивања расположивости производних система

Одговарајуће методе за оцењивање оперативне расположивости система у процесу напредног развијања применљивих техника припадају следећим областима:

- Анализа техничких система (SEA) и
- Теорија комплексних система (CST).

У развијању методологија за оцену расположивости техничких и производних система са аспекта системског инжењерства кључни параметар се односи на применљивост у реалним ситуацијама. Код теорије комплексних система карактеристична је појава излажења из оквира конвенционалних научних дисциплина. Wolfram (1998), Boullout (1998) и Pritsker (1990) образлажу комплексност индустријских система кроз особину динамичне природе ових система и тешкоћа у предвиђању будућих догађаја. О сложености производних процеса у поступку предвиђања понашања система за одређени временски период објављено је доста радова у периоду од 1980. год. до данас, Costy (1979), Ayres (1998), Deskhmah (1993), Limo (1981) i Garey (1979). Zadeh (1979) износи закључке о присуству елемената хаоса у структури појављивања догађаја у функционисању производних система. Појавом фази скупова и фази логике омогућено је формализовање са математичког аспекта, свих тешко предвидивих перформанси технолошког процеса [8].

2.2.2.6.1 Карактеристике комплексности производних система

У свим технолошким процесима, како на нивоу пројектовања, тако и у примени, наилази се на непредвидљива понашања изражена кроз следеће карактеристике:

- Променљивост у раду,
- Утицај окружења,
- Негативни ефекти поправки,
- Појаве слабљења перформанси,
- Међусобна зависност делова система,
- Организациона структура и
- Варијабилност у учинцима система.

Анализа инжењерских система састоји се од следећих функција [8]:

- Дефинисање проблема,
- Системских циљева,
- Системских ограничења,
- Делова система/компонената,
- Анализа захтева система,
- Функционалне анализе,
- Мера ефикасности,
- Оцењивање критеријума,
- Избор алтернатива и
- Оцењивање алтернатива.

Код техника функционалне анализе издвајају се блок дијаграми као важни и корисни начини за приказивање и анализу технолошких процеса. Они сликовито приказују улазе, излазе, повезаност делова система ток процеса и вредности пројектованих и стварних параметара расположивости, погодности одржавања и поузданости. Блок дијаграми су подељени на [8]:

- Процесни дијаграм тока,
- Блок дијаграм расположивости (*ABD*) и
- Блок дијаграм поузданости (*RBD*).

Блок дијаграми расположивости и поузданости у функцији конфигурације система могу бити [7], [8]:

- Серијски,
- Паралелни,
- Серијско - паралелни,
- Паралелно - серијски,
- Комплексни и
- Системи са редундантним елементима (хладне и топле резерве).

Блок дијаграмима расположивости такође на сликовит начин могу се приказати информације о вредностима параметара расположивости, тј средњег времена између

отказа ($MTBF$), средњег времена у застоју (MDT), интензитета отказа (λ) и интензитета поправки (μ) и расположивост сваке компоненте подсистема и система у целини, како за пројектоване, тако и за стварне (оперативне вредности).

2.2.3 Распоживост грађевинских производних система

Истраживањем великог броја радова из области анализе и оптимизације расположивости производних система са серијско - паралелном организационом структуром са циљем изналажења адекватног модела за оптимизацију расположивости грађевинских производних система издвајају се радови са применом Марковљевих ланаца и методом уравнотежења учесталости. Прашћевић (1986, 1991 и 2014) и Ивковић (1986, 1988 и 2002) наглашавају стохастичност и стационарност у грађевинским производним системима. У радовима је доказана примена Марковљевих ланаца, методе уравнотежења учесталости и генетских алгоритама на систем са два и три могућа стања. Због специфичности грађевинских производних система које се огледају кроз:

- Довољно дуг временски период у ком систем функционише,
- Серијско - паралелна организациона структура са редундансама,
- Машина представља компоненту са аспекта технолошког процеса и
- Откази компонената могу бити независни и зависни.

Наведени аутори наглашавају потребу увођења функције расположивости и поузданости у процесу одређивања стварних учинака и трошкова посматраног система. Ивковић (1986) приликом одређивања модела за анализу и оптимизацију поузданости грађевинских производних система формулише утицај поузданости и расположивости на грађевински производни систем кроз:

- Стварни практични учинак ,
- Стварну продајну цену система,
- Стварну продајну цену система у јединици времена и
- Стварну продајну цену система по јединици мере готовог производа.

Такође, истакнута је неопходност унапређења информационих система кроз увођење функције расположивости на интегралном нивоу (одржавање машинског парка, анализа јединичних цена, праћење трошкова по пројектима итд.).

Анализирањем литературе може се уочити да на основу добијених података из рада система и одређивања оперативне расположивости компонената система (грађевинских машина) може се формирати модел за одређивање расположивости компонената система и система у целини за посматрани пројекат.

2.2.3.1 Примена методе уравнотежења учесталости на грађевинске производне системе

За методу уравнотежења учесталости може се рећи да представља алтернативни приступ хеуристичком моделовању помоћу Марковљевих ланаца. Новијим сазнањима о карактеристикама параметара расположивости наведена метода се уз одређена проширења може ефикасно применити у поступку анализе и оптимизације расположивости грађевинских производних система као и у процесу пројектовања

расположивости компонената на основу података из предходног рада система (вредности оперативне расположивости).

Ако се ознака за расположивост у устаљеном стању $A(\infty)$ усвоји као A^* тј. :

$$A_{(\infty)} = A^* \quad (77)$$

онда се општи изрази за показатеље функционисања система са аспекта устаљеног стања могу изразити на следећи начин [1], [2], [6]:

1. Фреквенција прелазака (f_{ds}) компоненте из устаљеног оперативног стања (f_{ds}) у не оперативно стање (енгл: "Steady Down State) једнака је фреквенцији прелазака (f_{us}) из не оперативног у оперативно стање (енгл: "Up State") из чега се добија једначина уравнотежених фреквенција за устаљена стања компоненте, тј. :

$$A^* \cdot \lambda = (1 - A^*) \cdot \mu \quad (78)$$

2. Средње време трајања између два узастопна отказа (MCT) (енгл: "Mean Cycle Time") :

$$MCT = MTBF = \frac{1}{f_{ds}} \quad , \text{ где је } f_{ds} = f_{us} = f_c \quad (79)$$

3. Очекивано време система у оперативном стању (енгл: "Mean Up Time" - MUT) или средње време до отказа ($MTTF$)

$$MUT = MTTF = (MCT) \cdot A^* = (MTBF) \cdot A^* \quad (80)$$

4. Очекивано време система у неоперативном стању (енгл: "Mean Down Time" - MDT)

$$MDT = (MCT) (1 - A^*) = (MTBF) (1 - A^*) = MTTR \quad (81)$$

Да би се наведени изрази применили на конкретан грађевински производни систем потребно је за сваку алтернативу технолошког процеса јасно дефинисати везу између компонената (машина) и врсту и утицај отказа компонената система на остале делове производног процеса.

За серијску везу компонената и подсистема унутар система важи правило да отказ било које компоненте или подсистема утиче на отказ целог система, што *не мора* да буде правило у већини случајева приликом функције система при реализацији одређених позиција радова. Досадашња истраживања су показала разлике у вредности расположивости система применом израза за зависне и независне отказе. Данас, због великих брзина израчунавања перформанси система за све могуће алтернативне технолошког процеса, пожељно је одредити расположивост за један и други случај врсте отказа. Након добијених резултата доноси се одлука које вредности представљају импуге за следећи корак у процесу оптимизације функције расположивости [2], [3].

Код редувантних делова система до отказа долази када откаже $n-k+1$ компонената и исти се могу анализирати као независни. Прашчевић и Ивковић (1986, 1991) објавили

су резултате истраживања утицаја различитих врста отказа на функцију расположивости, практичне учинке и трошкова система у функцији и ван ње.

Занемаривањем функција расположивости у процесу израчунавања јединичних цена може довести до непланираних трошкова који могу угрозити укалкулисани профит за конкретан пројекат [3].

2.3 Методе оптимизације расположивости производних система

Уважавајући потребу за редувантним компонентама и алокацијом расположивости, свакој алтернативи производног процеса насталој као одговор на пројектовану (захтевану) расположивост одређени су укупни трошкови система када је у раду и застоју.

У пракси су могућа два случаја оптимизације расположивости:

- Одређивање максималне (оптималне) вредности расположивости за задате трошкове и
- Одређивање минималних (оптималних) вредности трошкова за задате расположивости.

Уговором између инвеститора и извођача, између осталог, прецизиран је рок за завршетак радова на пројекту, тј. трајање радова. Трајање радова директно утиче на формирање и избор оптималне варијанте технолошког процеса, јер поред захтеваних практичних учинака компонента и система у целини, одређен је и опсег у ком се може наћи расположивост система за време трајања радова на извршавању уговорених позиција истих. Одавде се намеће закључак да је потребно одредити минималне трошкове за задате практичне учинке система на нивоу радног часа и радног дана, а самим тим и за расположивост када се разматрају стварни практични ичинци.

Ако се у процес оптимизације уђе са трошковима, а не са продајним ценама компонента и система у целини, добијањем оптималних износа трошкова (минималних) обухваћен је и критеријум максимизирања профита, тако што се укупни минимални трошкови увећавају за жељени проценат добити.

Sharma и Misra (1998) наглашавају значај политике залиха резервних делова, резервних компонента и људства приликом оптимизације одржаваних система. Наглашавајући значај наведених фактора на избор стратегије одржавања, а у функцији различитих сценарија буџета Castro (1984) користи генетске алгоритме за оптимизацију расположивости одржаваних система [29], [46], [53].

Наведени радови потврђују значај постављеног ограничавајућег услова у овом раду, односно да је у сектору за управљање машинским парком предузећа неопходно одржавати расположиву механизацију на основу претходно наведеног модела АСМ тј. одржавања заснованог на расположивости. Пројектантима технолошког процеса (грађевински инжењери) неопходни су подаци о вредностима расположивости из претходног рада система, како би са што већом вероватноћом проценили исту за наредни период, а са циљем достизања захтеване вредности за несметано функционисање система и његових делова у одређеном (уговореном) периоду.

Seidel (1983) истиче потребу за истовременом оптимизацијом поузданости и расположивости у производним системима, како би се постигли жељени екомонски ефекти. Kuo, Prasad, Tillman и Hwang (2000) користећи сву релевантну и доступну литературу и стандарде, са навођењем 337 референци објављују веома значајну књигу из области оптималног пројектовања поузданости. Наведени радови припадају периоду од првих значајних па све до 2000. год. Иако се истиче поузданост система, већина оптимизационих метода се може применити и на оптимизацију расположивости система. Један број метода се заснима на максимизирању функције поузданости за различите услове ограничења [69], док преостали у основи имају минимизирање трошкова за задате вредности поузданости [12], [13], [16], [17], [18], [19], [21], [22].

Општа и најшира класификација техника за оптимизацију поузданости и расположивости изведена је на следећи начин [11] :

- Хеуристичке методе за алокацију редунданси,
- Метакхеуристичке методе за алокацију редунданси:
 - Генетски алгоритми,
 - Табу истраживања и
 - Симулационе методе.
- Егзактне методе за алокацију редунданси:
 - Динамичко програмирање,
 - Имплицитно набрајање,
 - Метода гранања и ограничавања (енгл: "Branch and Bounds"),
 - Процедуре лексикографског истраживања,
 - Целобројно програмирање,
 - Комбиновано целобројно програмирање и
 - Технике нелинеарног програмирања.
- Апроксимативне методе за алокацију редунданси базиране на нелинеарном програмирању,
- Методе више критеријумске оптимизације,
- Методе оптималне процене компонената у кохерентним системима и
- Методе оптимизације функције напрезања.

Други приступ у класификацији оптимизационих метода за поузданост и расположивост система користи следећа три критеријума [11] :

- Конфигурација система,
- Функција циља и
- Оптимизациона метода.

За грађевинске производне системе конфигурација система је серијско паралелне структуре са топлим и хладним педундансама (енгл: "Warm Standby and Cold Standby"). Функција циља може бити максимизирање расположивости за задате трошкове или минимизирање трошкова за задату расположивост, што је и најчешћи случај при

одређивању коначних јединичних цена за све позиције из предмера радова са циљем добијања укупних трошкова и укупне уговорене цене.

Анализирањем досадашњих радова из ове области може се уочити да је највећи број метода последица истраживања из области микроелектронских и нуклеарних система [34], [35], [36], [37], [38]. Код индустријских и производних система могу се уочити одређена поједностављења код одређивања функције циља и критеријума за оптимизацију исте [1], [2], [7]. Већина истражених радова су из области нелинеарног целобројног програмирања, који су далеко комплекснији за решавање од општег нелинеарног програмирања. Такође, може се уочити да одређене методе нелинеарног програмирања могу попримити облике линеарног са итеративним приступом у решавању конкретних практичних проблема из области производних система где су грађевинске машине компоненте подсистема и система у целини [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [67].

2.4 Закључак

Истраживање литературе из области поузданости поправљивих система имало је за циљ истицање значаја функције расположивости одржаваних система и улогу математичке статистике и вероватноће у одређивању основних показатеља рада система кроз параметре интензитета отказа (λ) и интензитета поправки (μ) [40], [54], [57], [58], [63]. Такође, из примене метода математичке статистике на техничке системе који су поправљиви, али нису из групе производних тј. индустријских система може се уочити еволуирање базичних начела при примени истих на одржаване системе који функционишу у дужем временском периоду. У новијим радовима, изрази за оперативну расположивост компонената и система посебно истичу значај структуре времена када је компонента исправна (рад и мировање) и када је ван функције (активно време поправке, логистичко и административно време) [59].

Може се уочити недостатак модела за анализу и оптимизацију расположивости производних система који за улазне податке користе вредности оперативне расположивости компонената из предходних периода приликом процене пројектоване расположивости за конкретан пројекат [52].

Средње време до поправке (*MTTR*) не изједначује се са средњим временом у застоју (*MDT*), већ се посматра као његов део, тј. $MTTR < MDT$. Разлика се приписује потребном времену након поправке да би компонента и систем ушли у стање као пре отказа. У оваквим ситуацијама време *MTTR* треба посматрати као средње време до опоравка (енгл: "Mean Time To Restore").

Прашчевић и Ивковић (1980-2015), приближили су функције поузданости и расположивости компонената система и система у целини на систем грађевинских машина и постројења за реализацију пројеката из области грађевинарства. *Практични значај наведених радова се огледа кроз утицај конфигурације система и врсте отказа на системе који функционишу у устаљеном стању, а кроз практичне учинке и трошкове система* [62].

Вишегодишња анализа литературе из области поузданости, расположивости и погодности одржавања са истовременим истраживањем времена у отказу и раду јединица машинског парка (грађевинске машине и постројења) представља основу у формирању

модела за оптимизацију расположивости пројектно организованих грађевинских процеса са одговарајућим информационим системом.

У процесу пројектовања алтернативних решења технолошког процеса и одређивања свих могућих стања за сваку од алтернатива, ценећи минимално допуштене практичне учинке могуће је извршити *проширење методе егзактног прорачуна расположивости* система са серијском паралелном структуром, користећи алгебарску методологију прорачуна.

3 Основе технолошког процеса производње битуменом везаних материјала

3 Основе технолошког процеса производње битуменом везаних материјала

Технолошки процес производње и уграђивања асфалтних мешавина представља производни систем који чији број подсистема и укупних броја компонената зависи од одабране технологије извођења радова која је у функцији пројектног решења. Наиме, код изградње нових коловоза систем се може поделити на следећа четири под система:

- Производња битуменом везаних материјала - асфалтна база,
- Транспорт произведеног материјала - камиони кипери,
- Полагање (разастирање) асфалтне мешавине са примарним збијањем и
- Секундарно збијање и ваљање - компактори / ваљци.

Код реконструкција и рехабилитација постојећих коловоза, ситуација се битно мења, и у зависности од ранга пута, стања постојећег коловоза и перспективног просечног годишњег дневног саобраћаја, решења варирају и самим тим условљавају технолошки процес који ће бити примењен на извршавању радова. Најчешћа решења код реконструкција, рехабилитација и одржавања коловоза су следеће активности и њихове комбинације:

- Профилисање постојећег асфалтног застора са одвозом изгледаног материјала на депонију,
- Додатно уклањање горњих и доњих асфалтних слојева са одвозом на депонију или рециклажом постојећих хладним или топлим поступком,
- Рециклажа асфалтног застора топлим поступком са довозом или без, нове асфалтне масе,
- Рециклажа коловозне конструкције хладним поступком у асфалтним и доњим слојевима од не везаних материјала,
- Санација оштећења на површини коловоза (ударне рупе и пррлине) са израдом једнослојних или двослојних микро асфалта (површинске обраде),
- Израда изравнавајућих слојева од битуменом везаних материјала са хабајућим слојем након дубоке хладне рециклаже (WR поступак) и сл.

3.1 Производња битуменом везаних материјала

Производња асфалтних мешавина (битуменом везани материјали) одвија се у централним постројењима (асфалтним базама) која могу бити различитих инсталисаних капацитета (практичних учинака). У зависности од врсте асфалтних мешавина и покретљивости, могу се поделити на постројења која за финални производ имају вруће, топле и хладне асфалтне мешавине произведене у покретним или стационарним асфалтним базама које могу бити континуалног или цикличног типа. Покретна постројења су мањих практичних учинака, док капацитет стационарних се креће и до 400 тона по часу рада.

Без обзира на различите врсте битумена [77] и додатке који се користе са циљем побољшања појединих карактеристика готових мешавина које се уграђују у најскупље слојеве коловозних конструкција, све врсте постројења која производе вруће и топле асфалтне мешавине, састоје се од следећих склопова:

- Преддозатора,
- Транспортне траке,
- Бубањ за сушење камених агрегата,
- Отпрашивача,
- Сита за просејавања,
- Опрема за мерење тежине камених агрегата и битумена,
- Мешалица,
- Складишта произведене асфалтне мешавине,
- Резервоари за битумен са припадајућом опремом и
- Управљачким модулом.

Приликом доношења одлуке о набавци постројења за производњу битуменом везаних материјала потребно је обратити пажњу на варијабилност практичног учинка у функцији влаге у каменом агрегату. У практичном смислу, без обзира на заштиту од падавина, капацитет асфалтних база је мањи у пролеће и јесен од капацитета у топлим, летњим условима. У произвођачким упутствима су приказани капацитети за три или четири сценарија влажности камениг агрегата. На сликама 1, 2 и 3 у прилогу рада, 11.3 приказана су постројења различитих капацитета и мобилности:

3.2 Транспорт битуменом везаних материјала

Транспорт произведене асфалтне мешавине врши се камионима киперима различите носивости и габарита. Одабир врсте и броја камиона зависи од:

- Удаљености места уграђивања од централног постројења за производњу,
- Врсте објекта у који се уграђује асфалтна мешавина,
- Врсте асфалтне мешавине,
- Планиране количине за транспорт и уграђивање,
- Капацитета асфалтне базе и финишера и
- Теренских и климатских услова.

За разлику од осталих камиона кипера, камиони за транспорт асфалтних мешавина морају имати покривач (цераду) отпоран на високу температуру како би се спречио утицај спољашњих утицаја и нагло хлађење асфалтне мешавине која на месту транспорта има температуру између 175 и 180 °C. Такође, крај дна сандука мора бити продужен и благо сужен на крају како би асфалтна мешавина прилоком киповања била усмерена у кош финишера. На слици 4 у прилогу рада 11.3, може се уочити да су наведени камиони у свему исти са фабричким стандардним типовима осим надоградње:

3.3 Полагање битуменом везаних материјала са предзбијањем

Полагање асфалтних мешавина са примарним збијањем је део процеса уграђивања произведеног и транспортованог материјала, али због своје специфичности је издвојен у засебан подсистем који се састоји од постројења за полагање и предзбијање асфалтних мешавина тј. финишера. Најважнији делови финишера су мотор и пегла. Од снаге мотора која је управо пропорционална габаритима и практичним учинцима зависи способност фишера да испуни задатак на ком је ангажован. У функцији врсте асфалтних мешавина производе се пегле различите конструкције и тежине што такође утиче на избор врсте

мотора. Приликом избора одговарајућег финишера посебна пажња се посвећује уређају за нивелацију пегле од чега зависи равност уграђеног слоја. На пегли се такође одређује степен предзбијања који варира у функцији врсте и дебљине пројектованог слоја. Тако, на пример, за полагање асфалтних слојева на пешачким или бициклическим стазама, саобраћајницама нижег ранга па све до аутопутних профила користе се финишери различитих снага мотора, опреме за нивелацију, габарита и пегли. На сликама 5 и 6 у прилогу рада 11.3. приказани су новији модели различитих произвођача финишера.

3.4 Секундарно збијање битуменом везаних материјала

Након положеног слоја од битуменом везаних материјала према пројектованим висина и дебљинама са одређеним степеном предзбијености врши се ваљање и секундарно збијање истог. Овај део технолошког процеса изводи се компакторима различитих тежина и материјала од којег су изведене површине цилиндра којима се врши ваљање и збијање. Тежина компактора који се примењује у процесу збијања је у функцији ранга саобраћајнице и саобраћајног оптерећења. Метални ваљци, у технолошком поредку су одмах иза финишера и имају улогу додатног збијања док ваљци на пнеуматцима врше додатна сабијања са циљем затварања ситних попречних прелина у збијеном слоју и представљају последње компоненте у серијско паралелном блок дијаграму технолошког процеса. Значи, основна подела компактора је на :

- Ваљци са металним контактним површинама (тандем),
- Ваљци са гуменим контактним површинама и
- Комбиновани (предња пегла је увек метална а задња на пнеуматцима).

Први произведени компактори су били статичког типа, док се након појаве вибрационих са могућношћу избора врсте и интензитета вибрације почињу производити и компактори који у процесу збијања користе могућност осцилаторног деловања. Број јединица потребних за квалитетно и благовремено збијање и уваљаност увек је потребно ускладити са практичним учинком финишера. На сликама 7, 8, и 9 у прилогу рада 11.3. приказане су предходно наведене варијанте средстава за збијање:

На сликама 10 и 11 у прилогу рада 11.3. приказане су неке од *истраживаних компонента* система за транспорт и уградњу битуменом везаних материјала на реализацији конкретног пројекта.

3.5 Обнова постојећих коловозних конструкција

Иако је тема рада из области расположивости грађевинских производних система за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала, општост модела омогућује применљивост на било којем технолошком процесу. Колико реконструкција, рехабилитација или одржавање коловоза може бити сложен технолошки процес може се уочити на различитим поступцима регенерације/рециклирања постојећих коловозних конструкција. Само на примеру рециклирања по хладном или топлим поступку може се приметити варијабилност у технологији израде а која је последица *делова* пројектног решења. Због тога, изнеће се опште карактеристике код наведених технологија са припадајућим варијацијама [75], [78], [82], [83], [87], [88].

3.5.1 Обнова / рециклажа коловозног застора хладним поступком

Овај начин обнове коловозног застора врши се на лицу места и може се радити на различитим дубинама. Суштина истог је стругање постојећег застора, горњих и доњих носећих слојева са додавањем воде, цемента, битуменске емулзије или пенастог битумена. Такође, најчешће се додаје и нови камени материјал одређене гранулације. Ако се овај поступак примењује на путевима вишег ранга, након разастирања и збијања предходне мешавине следи израда хабајућег слоја према већ познатој технологији. На слици 12 у прилогу рада 11.3. приказан је поступак хладног рециклирања машином *Wirtgen CR 2200*.

У случајевима када су оштећења коловоза таква да се деформације простиру и до постелице пута, неопходно је урадити поступак сличан предходном али са комплетним стругањем битуменом везаних слојева и улажењем у невезане слојеве коловозне конструкције. Цео поступак се своди на стабилизацију комплетног коловоза како би се створили услови за наношење завршног (хабајућег) слоја. Интересантан податак за наведени технолошки поступак је рехабилитација путног превца R - 113, деоница Кумане - Нови Бечеј, где су предходна истраживања доказала деградацију комплетне постелице пута са високим процентом влаге у истој.

Са обзиром да ни једним класичним поступком није могла да се уради обнова деонице која је била у *пропалом* стању, поступак хладне рециклаже машином *Wirtgen 2500* до дубине од 30 cm са додатком цемента, пенастог битумена и камена одговарајуће гранулације према техничком решењу, обезбедио је стабилизацију пропалог коловоза и створио услове за уграђивање хабајућег слоја. На слици 13 у прилогу рада 11.3. приказан је део технолошког редоследа (употребљене машине) [79], [80], [81].

3.5.2 Обнова / рециклажа коловозног застора топлим поступком

Код обнове коловозног застора топлим поступком могу се појавити три врсте технолошког процеса који су у функцији техничког решења и то:

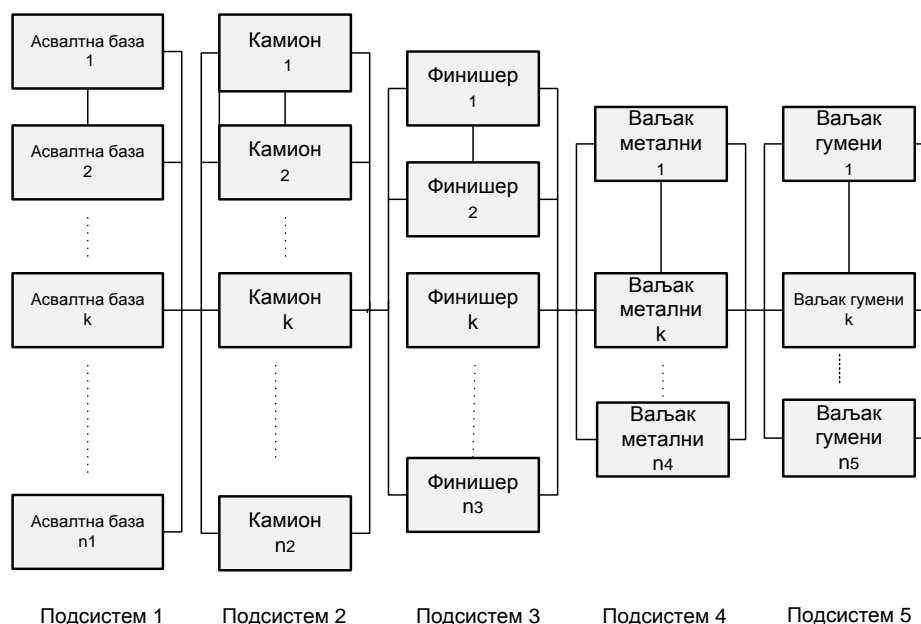
- обнова застора са додатком освеживача битумена,
- обнова застора са додатком камена или асфалтне мешавине и
- обнова застора са истовременом израдом новог слоја дебљине до 2 cm.

У последњем техничком решењу укључено је и централно постројење за справљање битуменом везаних материјала. На слици 14 у прилогу рада 11.3. приказан је део технолошког процеса.

Предходно наведене технологије су само послужиле да прикажу потенцијалну сложеност технолошких процеса код обнове коловозних застора и комплетних коловозних конструкција. Исто тако може се навести интересантан податак о комбинацији хладног и топлог поступка где се у постројењу за производњу асфалтних мешавина додаје одређени проценат материјала који је добијен хладним поступком глодања. Да варијацијама различитих техничких решења нема краја у прилог иде техничко решење последње значајне рехабилитације комплетних асфалтних слојева на деоници пута Милано - Торино.

3.6 Блок дијаграм расположивости истраживаног система

На основу практичних и теоријских искустава код пројектовања производних система, истраживањем грађевинских производних система за потребе дисертације, могу се потврдити досадашња искуства да грађевински производни системи представљају скуп компонената и подсистема серијско повезаних, где поједини подсистеми имају паралелну структуру. Значи, наведени системи спадају у групу серијско паралелних система са редундантним компоненатама. На основу овог става, блок дијаграм расположивости може се приказати као на слици 15. На блок дијаграму расположивости се може уочити подела четвртог подсистема који се односи на секундарно збијање. Овакво решење правда се претпоставком о хомогености под система где се метални компактори не могу уврстити у паралелан систем са истим на пнеуматичима, већ представљају засебан који је у редној вези са осталим компоненатама за збијање.



Слика 15 - Блок дијаграм расположивости истраживаног система за справљање и уграђивање битуменом везаних материјала

Приказани систем има " m " под система и " n " компонената. У овом случају $m = 5$, док је број компонената $n = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5$. Значи, сваки под систем " j " где $j = 1, 2, \dots, k, \dots, m$, садржи се од " i " компонената где је $i = 1, 2, \dots, n_j$. У овом случају C_{ij} представља компоненту система за коју важи предходно наведено. Истраживани блок дијаграм расположивости у великој мери ће олакшати рад на одређивању општег дијаграма грађевинског производног система.

Анализирани догађаји у раду представљају карактеристична времена у функционисању грађевинског система са аспекта функције расположивости, приказана кроз однос планираних и стварних показатеља функционисања система и предлагање пројектних вредности за наредне пројекте.

4 Анализа и систематизација истраживаних догађаја

4 Анализа и систематизација истраживаних догађаја

Истраживана времена рада, застоја, превентивних и корективних поправки са припадајућим временима за административне и логистичке радње вршена су на грађевинским машинама и постројењима машинског парка Војводина Пута у периоду 2005 - 2010 година. Подаци о наведеним временима су садржани у радним налозима машина који су уредно и благовремено бележени у информационом систему предузећа а све у складу са уведеним системом квалитета и одговарајућим процедурама које ближе дефинишу ову област. Ценећи наслов и основни циљ дисертације, из машинског парка су издвојене све компоненте од којих се могу формирати варијанте система за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала (асфалтних мешавина). Истраживани подаци за сваку од 34 компоненте имају за циљ анализу утицаја функције расположивости на практичне учинке и трошкове рада система грађевинских машина и постројења за све могуће практичне комбинације било ког грађевинског производног система. Изабране јединице машинског парка формирају систем са највећим трошковима рада, па самим тим и највећом продајном ценом по часу или по јединици мере готовог производа у нискоградњи као грани грађевинарства са најзаступљенијим машинским радом.

4.1 Преглед времена и параметара функције расположивости

За наведене године истраживања, карактеристична времена са дневних извршавања усклађена су са сатима на годишњим нивоима. Изрази за оперативну расположивост A_{01} , A_{02} и A_{03} су дати изразима (64), (67) и (68), док је расположивост у устањеном стању $A(\infty)$ одређена формулом (42).

За сваку компоненту приказан је постојећи начин приказивања истраживаних времена на основу којих су израчунати основни параметри функције расположивости за сваку годину рада на различитим пројектима у оквиру истих, сличних или различитих система. Добијени подаци су искориштени за унапређивање начина приказивања у истом и наредним корацима у анализи истих.

У табелама 1 до 42 у прилогу 11.1 овог рада приказани су начини евиденције карактеристичних времена за:

- Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала тј. асфалтну базу (табела 1-6) капацитета 110 t/h,
- Камион носивости 20 тона MAN TGA 33 (табела 7 - 12),
- Камион носивости 15 тона КАМАЗ (табела 13 - 18),
- Ваљак метални (тандем) BOMAG 13 тона (табела 19 - 24),
- Ваљак гумени HAMM 150 TT(табела 25 - 30),
- Финишер VOGELE 1900 (табела 31 - 36), и
- Финишер VOGELE 1800 (табела 37 - 42).

Начин приказивања догађаја је истоветан за све јединице машинског парка односно за 34 истраживане грађевинске машине. Из истог се може уочити један од могућих начина за приказ улазних података и преглед параметара расположивости за усвојену методологију.

4.2 Систематизација параметара функције расположивости

На основу карактеристичних времена са аспекта функције оперативне расположивости и броја догађаја у току дужег временског периода у ком су јединице машинског парка биле у функцији и ван ње добијене су вредности параметара компонената система на основу којих су срачунате вредности основних показатеља рада сваког система и његових делова, интензитета отказа и интензитета поправки.

Понашање компонената на почетку, средњем делу и крају амортизационог периода посматрано кроз вредност функције оперативне расположивости и броја догађаја у истраживаном периоду указује на *арбитражност* код избора статистичке расподеле и на *стационарност* у раду истих.

Придруживање вредности амортизације вредностима оперативне расположивости на начин на који је то учињено у табелама које следе (3-6) увелико олакшава избор интервала у ком се може очекивати пројектована расположивост компоненте и система за наредни период функционисања (пројекат).

Вредност амортизације је исказана у процентуалном износу и одређена је бројем године у којој се компонента налази у односу на године живота. Ако је амортизациони период 8 година, тј годишња стопа 12.5 % и машина се налази у трећој години амортизационог века онда се такав случај означава са $3/8$, односно у процентуалном износу $3 \times 12.5 = 37.5$ %.

Из свеобухватног прегледа свих перформанси и параметара расположивости потребно је вратити се на ниво компоненте и за сваку компоненту креирати досије са свим предходно наведеним подацима. Изглед систематизованих табела у прилогу 11.2. рада пролагођен је табели 7. Изглед табеле је прилагођен једноствнијем процесу доношења одлуке о што је могуће ужем интервалу у коме се налази процењена вредност расположивости компонената и система у целини. Графички прикази параметара расположивости пружају јаснију слику понашања делова система у времену када се од њега очекивало стање функције.

Одређивањем процењене вредности расположивости одређен је и планирани (пројектовани) практични учинак компонената и система и укупни трошкови за време када је систем у функцији и ван ње. На овакав начин долази се до прихватљиве разлике између планираних и стварних трошкова рада система. У оваквом приступу процене стварних показатеља рада компонената и система у целини, не важе предпоставке из истраживане литература [6], да је стварни трошак рада система већи а практични учинци мањи итд. Код довољно прецизних података о предходном раду компонената могуће је да стварни укупни трошак рада система буде и мањи, али занемарљиво у односу када се пореде компоненте или системи са показатељима који нису изимали у обзир функцију расположивости. У следећим табелама су приказани сви показатељи расположивости компонената са припадајућим амортизационим стопама које чине довољну базу за пројектовање нових система за реализацију конкретних позиција радова.

Ред. Број	Машина / Компонента/ Постројење	2 0 0 5						2 0 0 6						2 0 0 7					
		MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am
1	Асфалтна База W 100/959	92.80	4.00	0.0108	0.2500	0.9587	6/20	102.77	4.46	0.0097	0.2241	0.958	7/20	96.56	4.78	0.0103	0.2093	0.9529	8/20
2	Финишер 1800 / 1912	185.20	5.00	0.0054	0.2000	0.9737	4/10	221.17	6.00	0.0045	0.1667	0.9736	5/10	183.20	5.00	0.0055	0.2000	0.9734	6/10
3	Финишер 1900 / 2189	185.60	4.60	0.0054	0.2174	0.9758	3/10	220.17	5.50	0.0045	0.1818	0.9756	4/10	218.50	5.50	0.0046	0.1818	0.9754	5/10
4	Финишер 1600 / 1927	183.20	5.90	0.0055	0.1695	0.9688	4/10	203.15	6.10	0.0049	0.1639	0.9708	5/10	186.40	6.20	0.0054	0.1613	0.9678	6/10
5	Ваљак Тандем / 1296	219.43	4.30	0.0046	0.2326	0.9808	6/12	254.35	5.00	0.0039	0.2000	0.9807	7/12	274.39	5.45	0.0036	0.1835	0.9805	8/12
6	Ваљак Тандем / 1937	248.67	4.90	0.0040	0.2041	0.9807	6/12	267.34	5.32	0.0037	0.1880	0.9805	7/12	302.13	6.10	0.0033	0.1639	0.9802	8/12
7	Ваљак Тандем / 1938	232.65	3.90	0.0043	0.2564	0.9835	6/12	272.34	4.60	0.0037	0.2174	0.9834	7/12	312.43	5.25	0.0032	0.1905	0.9835	8/12
8	Ваљак Тандем / 2180	228.25	3.75	0.0044	0.2667	0.9838	3/12	263.40	4.40	0.0038	0.2273	0.9836	4/12	314.25	3.50	0.0047	0.2273	0.9839	5/12
9	Ваљак Гумени / 2062	284.24	4.20	0.0035	0.2381	0.9854	6/12	302.82	4.54	0.0033	0.2203	0.9852	7/12	285.71	4.26	0.0035	0.2347	0.9853	8/12
10	Ваљак Гумени / 2181	312.67	4.00	0.0032	0.2500	0.9874	6/12	335.50	4.25	0.0030	0.2353	0.9875	7/12	290.67	3.67	0.0034	0.2727	0.9875	8/12
11	Ваљак Гумени / 2404	384.47	3.60	0.0026	0.2778	0.9907	3/12	473.36	4.50	0.0021	0.2222	0.9906	4/12	496.63	4.60	0.0020	0.2174	0.9908	5/12
12	Ваљак Гумени / 2405	379.66	3.25	0.0026	0.3077	0.9915	3/12	429.47	3.55	0.0023	0.2817	0.9918	4/12	478.29	3.90	0.0021	0.2564	0.9919	5/12
13	Ваљак Комбиновани / 2062	272.34	3.70	0.0037	0.2703	0.9866	6/12	259.35	3.62	0.0039	0.2762	0.9862	7/12	268.33	3.70	0.0037	0.2703	0.9864	8/12
14	Ваљак Комбиновани / 2178	265.38	3.20	0.0038	0.3125	0.9881	3/12	258.97	3.10	0.0039	0.3226	0.9882	4/12	277.77	3.36	0.0036	0.2976	0.9880	5/12
15	Ваљак Комбиновани / 2179	393.26	3.65	0.0025	0.2740	0.9908	3/12	465.35	4.40	0.0021	0.2273	0.9906	4/12	493.62	4.55	0.0020	0.2198	0.9909	5/12
16	Ваљак Комбиновани / 2182	380.98	3.10	0.0026	0.3226	0.9919	3/12	429.78	3.45	0.0023	0.2899	0.9920	4/12	470.38	3.85	0.0021	0.2597	0.9919	5/12

Табела 3 - Параметри расположивости за истраживане компоненте

Ред. Број	Машина / Компонента / Постројење	2 0 0 8						2 0 0 9						2 0 1 0					
		MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am
1	Асфалтна База W 100/959	118.67	5.33	0.0084	0.1875	0.9570	9/20	126.50	6.33	0.0079	0.1579	0.9523	10/20	138.80	6.40	0.0076	0.1563	0.9534	11/20
2	Финишер 1800 / 1912	200.83	5.50	0.0050	0.1818	0.9733	7/10	219.00	6.00	0.0046	0.1667	0.9733	8/10	219.33	6.00	0.0046	0.1667	0.9734	9/10
3	Финишер 1900 / 2189	213.20	5.40	0.0047	0.1852	0.9753	6/10	217.75	5.50	0.0046	0.1818	0.9754	7/10	215.33	5.33	0.0046	0.1875	0.9758	8/10
4	Финишер 1600 / 1927	197.60	5.90	0.0051	0.1695	0.9710	7/10	201.36	6.00	0.0050	0.1667	0.9711	8/10	207.45	6.20	0.0048	0.1613	0.9710	9/10
5	Ваљак Тандем / 1296	283.54	5.60	0.0035	0.1786	0.9806	9/12	258.31	5.20	0.0039	0.1923	0.9803	10/12	214.85	4.30	0.0047	0.2326	0.9804	11/12
6	Ваљак Тандем / 1937	292.80	5.87	0.0034	0.1704	0.9803	9/12	262.45	5.28	0.0038	0.1894	0.9803	10/12	258.58	5.18	0.0039	0.1931	0.9804	11/12
7	Ваљак Тандем / 1938	230.65	3.92	0.0043	0.2551	0.9833	9/12	242.15	4.20	0.0041	0.2381	0.9830	10/12	239.12	4.10	0.0042	0.2439	0.9831	11/12
8	Ваљак Тандем / 2180	212.80	3.60	0.0047	0.2778	0.9834	6/12	252.33	4.33	0.0040	0.2308	0.9831	7/12	223.00	3.67	0.0045	0.2727	0.9831	8/12
9	Ваљак Гумени / 2061	265.48	4.00	0.0038	0.2500	0.9852	9/12	243.82	3.68	0.0041	0.2717	0.9851	10/12	233.64	3.57	0.0043	0.2801	0.9850	11/12
10	Ваљак Гумени / 2181	270.75	3.50	0.0037	0.2857	0.9872	9/12	247.67	3.00	0.0040	0.3333	0.9880	10/12	218.00	2.67	0.0046	0.3750	0.9880	11/12
11	Ваљак Гумени / 2404	487.44	4.60	0.0021	0.2174	0.9907	6/12	477.78	4.53	0.0021	0.2208	0.9906	7/12	325.54	3.15	0.0031	0.3175	0.9904	8/12
12	Ваљак Гумени / 2405	468.32	3.85	0.0021	0.2597	0.9918	6/12	459.62	3.90	0.0022	0.2564	0.9916	7/12	313.38	2.70	0.0032	0.3704	0.9915	8/12
13	Ваљак Комбиновани /2062	250.50	3.42	0.0040	0.2924	0.9865	9/12	234.56	3.18	0.0043	0.3145	0.9866	10/12	241.68	3.35	0.0041	0.2985	0.9863	11/12
14	Ваљак Комбиновани /2178	255.45	3.05	0.0039	0.3279	0.9882	6/12	228.45	2.80	0.0044	0.3571	0.9879	7/12	238.63	2.90	0.0042	0.3448	0.9880	8/12
15	Ваљак Комбиновани /2179	476.46	4.40	0.0021	0.2273	0.9908	6/12	469.98	4.30	0.0021	0.2326	0.9909	7/12	315.54	2.95	0.0032	0.3390	0.9907	8/12
16	Ваљак Комбиновани /2182	459.32	3.80	0.0022	0.2632	0.9918	6/12	448.37	3.75	0.0022	0.2667	0.9917	7/12	321.22	2.70	0.0031	0.3704	0.9917	8/12

Табела 4 - Параметри расположивости за истраживане компоненте

Ред. Број	Машина / Компонента/ Постројење	2 0 0 5						2 0 0 6						2 0 0 7					
		MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am
17	Камион MAN TGA 33 /2362	374.00	7.00	0.0027	0.1429	0.9816	1/10	446.80	7.20	0.0022	0.1389	0.9879	2/10	551.75	6.75	0.0018	0.1481	0.9879	3/10
18	Камион MAN TGA 33 /2363	384.72	6.00	0.0026	0.1667	0.9846	1/10	428.64	5.20	0.0023	0.1923	0.9880	2/10	544.38	6.50	0.0018	0.1538	0.9882	3/10
19	Камион MAN TGA 33 /2364	378.12	5.85	0.0026	0.1709	0.9848	1/10	439.47	5.25	0.0023	0.1905	0.9882	2/10	548.34	6.40	0.0018	0.1563	0.9885	3/10
20	Камион MAN TGA 33 /2365	382.23	5.80	0.0026	0.1724	0.9851	1/10	430.88	5.00	0.0023	0.2000	0.9885	2/10	552.76	6.35	0.0018	0.1575	0.9886	3/10
21	Камион MAN TGA 33 /2366	385.66	5.82	0.0026	0.1718	0.9851	1/10	445.34	5.10	0.0022	0.1961	0.9887	2/10	550.88	6.25	0.0018	0.1600	0.9888	3/10
22	Камион MAN TGA 33 /2367	380.78	5.70	0.0026	0.1754	0.9853	1/10	440.34	5.00	0.0023	0.2000	0.9888	2/10	557.49	6.35	0.0018	0.1575	0.9887	3/10
23	Камион MAN TGA 33 /2368	376.12	5.65	0.0027	0.1770	0.9852	1/10	436.48	5.10	0.0023	0.1961	0.9885	2/10	560.59	6.45	0.0018	0.1550	0.9886	3/10
24	Камион MAN TGA 33 /2369	376.88	5.70	0.0027	0.1754	0.9851	1/10	444.69	5.15	0.0022	0.1942	0.9886	2/10	560.48	6.40	0.0018	0.1563	0.9887	3/10
25	Камион MAN TGA 33 /2370	388.34	5.80	0.0026	0.1724	0.9853	1/10	446.87	5.05	0.0022	0.1980	0.9888	2/10	538.11	6.10	0.0019	0.1639	0.9888	3/10
26	Камион MAN TGA 33 /2371	391.25	5.80	0.0026	0.1724	0.9854	1/10	441.49	5.35	0.0023	0.1869	0.9880	2/10	530.69	6.00	0.0019	0.1667	0.9888	3/10
27	Камион КАМАЗ / 2109	268.25	6.63	0.0037	0.1509	0.9759	4/10	239.78	6.11	0.0042	0.1636	0.9751	5/10	266.50	6.75	0.0038	0.1481	0.9753	6/10
28	Камион КАМАЗ / 2110	272.18	6.78	0.0037	0.1475	0.9757	4/10	272.18	6.78	0.0037	0.1475	0.9757	5/10	270.65	6.82	0.0037	0.1466	0.9754	6/10
29	Камион КАМАЗ / 2111	268.94	6.75	0.0037	0.1481	0.9755	4/10	235.48	6.00	0.0042	0.1667	0.9752	5/10	272.87	6.85	0.0037	0.1460	0.9755	6/10
30	Камион КАМАЗ / 2112	265.97	6.70	0.0038	0.1493	0.9754	4/10	240.24	6.00	0.0042	0.1667	0.9756	5/10	269.49	6.80	0.0037	0.1471	0.9754	6/10
31	Камион КАМАЗ / 2113	270.24	6.75	0.0037	0.1481	0.9756	4/10	238.88	6.10	0.0042	0.1639	0.9751	5/10	270.71	6.75	0.0037	0.1481	0.9757	6/10
32	Камион КАМАЗ / 2114	265.00	6.70	0.0038	0.1493	0.9753	4/10	239.77	6.00	0.0042	0.1667	0.9756	5/10	268.56	6.70	0.0037	0.1493	0.9757	6/10
33	Камион КАМАЗ / 2115	268.36	6.75	0.0037	0.1481	0.9755	4/10	236.45	6.05	0.0042	0.1653	0.9751	5/10	267.05	6.75	0.0037	0.1481	0.9753	6/10
34	Камион КАМАЗ / 2116	271.55	6.85	0.0037	0.1460	0.9754	4/10	235.70	5.98	0.0042	0.1672	0.9753	5/10	266.37	6.65	0.0038	0.1504	0.9756	6/10

Табела 5 - Параметри расположивости за истраживане компоненте

Ред. Број	Машина / Компонента/ Постројење	2 0 0 8						2 0 0 9						2 0 1 0					
		MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao	Am
17	Камион MAN TGA 33 /2362	735.67	8.00	0.0014	0.1250	0.9892	4/10	443.20	5.40	0.0023	0.1852	0.9880	5/10	741.7	9.00	0.0013	0.1111	0.9880	6/10
18	Камион MAN TGA 33 /2363	740.56	8.38	0.0014	0.1193	0.9888	4/10	439.16	5.30	0.0023	0.1887	0.9881	5/10	740.56	8.30	0.0014	0.1205	0.9889	6/10
19	Камион MAN TGA 33 /2364	745.12	8.48	0.0013	0.1179	0.9887	4/10	445.47	5.20	0.0022	0.1923	0.9885	5/10	530.34	6.35	0.0019	0.1575	0.9882	6/10
20	Камион MAN TGA 33 /2365	741.34	8.45	0.0013	0.1183	0.9887	4/10	440.55	5.10	0.0023	0.1961	0.9886	5/10	528.98	6.15	0.0019	0.1626	0.9885	6/10
21	Камион MAN TGA 33 /2366	742.85	8.40	0.0013	0.1190	0.9888	4/10	742.85	8.40	0.0013	0.1190	0.9888	5/10	532.42	6.10	0.0019	0.1639	0.9887	6/10
22	Камион MAN TGA 33 /2367	740.98	8.45	0.0013	0.1183	0.9887	4/10	446.25	5.00	0.0022	0.2000	0.9889	5/10	535.32	6.15	0.0019	0.1626	0.9886	6/10
23	Камион MAN TGA 33 /2368	737.35	8.50	0.0014	0.1176	0.9886	4/10	444.45	5.10	0.0022	0.1961	0.9887	5/10	539.92	6.10	0.0019	0.1639	0.9888	6/10
24	Камион MAN TGA 33 /2369	728.24	8.35	0.0014	0.1198	0.9887	4/10	440.33	4.98	0.0023	0.2008	0.9888	5/10	528.98	5.97	0.0019	0.1675	0.9888	6/10
25	Камион MAN TGA 33 /2370	678.45	8.25	0.0015	0.1212	0.9880	4/10	394.33	4.70	0.0025	0.2128	0.9882	5/10	428.98	5.10	0.0023	0.1961	0.9883	6/10
26	Камион MAN TGA 33 /2371	738.41	8.40	0.0014	0.1190	0.9888	4/10	388.73	4.65	0.0026	0.2151	0.9882	5/10	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	6/10
27	Камион КАМАЗ / 2109	242.22	6.22	0.0041	0.1607	0.9750	7/10	245.00	6.25	0.0041	0.1600	0.9751	8/10	259.00	6.57	0.0039	0.1522	0.9753	9/10
28	Камион КАМАЗ / 2110	245.45	6.28	0.0041	0.1592	0.9751	7/10	254.38	6.45	0.0039	0.1550	0.9753	8/10	262.14	6.58	0.0038	0.1520	0.9755	9/10
29	Камион КАМАЗ / 2111	240.70	6.10	0.0042	0.1639	0.9753	7/10	255.20	6.40	0.0039	0.1563	0.9755	8/10	260.96	6.50	0.0038	0.1538	0.9757	9/10
30	Камион КАМАЗ / 2112	238.75	6.00	0.0042	0.1667	0.9755	7/10	252.30	6.30	0.0040	0.1587	0.9756	8/10	262.57	6.68	0.0038	0.1497	0.9752	9/10
31	Камион КАМАЗ / 2113	242.60	6.12	0.0041	0.1634	0.9754	7/10	250.48	6.25	0.0040	0.1600	0.9757	8/10	258.44	6.50	0.0039	0.1538	0.9755	9/10
32	Камион КАМАЗ / 2114	244.73	6.20	0.0041	0.1613	0.9753	7/10	242.88	6.15	0.0041	0.1626	0.9753	8/10	260.68	6.65	0.0038	0.1504	0.9751	9/10
33	Камион КАМАЗ / 2115	240.60	6.05	0.0042	0.1653	0.9755	7/10	242.88	6.15	0.0041	0.1626	0.9753	8/10	264.45	6.75	0.0038	0.1481	0.9751	9/10
34	Камион КАМАЗ / 2116	246.37	6.25	0.0041	0.1600	0.9753	7/10	240.49	6.00	0.0042	0.1667	0.9757	8/10	265.96	6.65	0.0038	0.1504	0.9756	9/10

Табела 6 - Параметри расположивости за истраживане компоненте

4.3 Анализа оперативних расположивости истражених грађевинских машина

Када постоје оперативни подаци за параметре расположивости из предходног рада компонената и система, такође и евиденција о утицају превентивних и корективних поправки на систем, до које се долази на основу догађаја који су уследили, а располаже се подацима о старости компонената и система у целини (амортизациона стопа), пројектовање расположивости за период који следи је увелико олакшан. Дужина периода за који се процењује вредност функције расположивости треба да је приближан или исти дужинама из предходног рада. Због тога, прављење пресека на нивоу календарске и пословне године када се одређују и трошкови амортизације представља оптимални временски период. На оваквим ставовима је заснована методологија анализе расположивости у оквиру истраживаног модела.

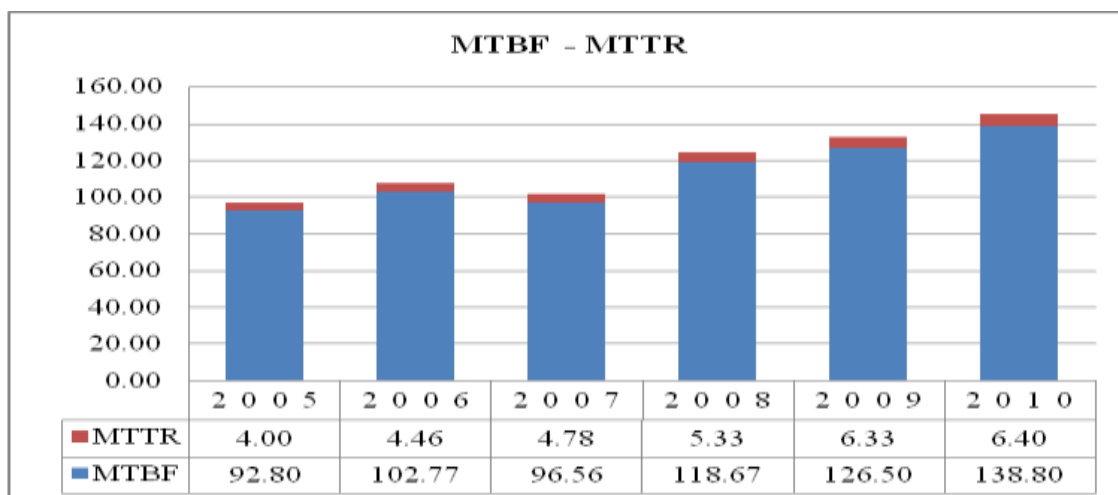
Предходне табеле са временима отказа и поправки за поједине истраживане компоненте представљају резултате првог корака у прикупљању и систематизацији података. На другом нивоу, повезивање са амортизационим стопама, и одређивање интервала у ком се налазе добијени резултати како је то приказано на табелама које следе и припадајућим графиконима за истраживане параметре расположивости ($MTBF$, $MTTR$, λ , μ и A_0) у прилогу 11.2 овог рада, могу најавити резултате и ван истраженог опсега а да се при томе не доводи у питање стационарност процеса.

4.3.1 Постројење за производњу битуменом везаних материјала / асфалтна база

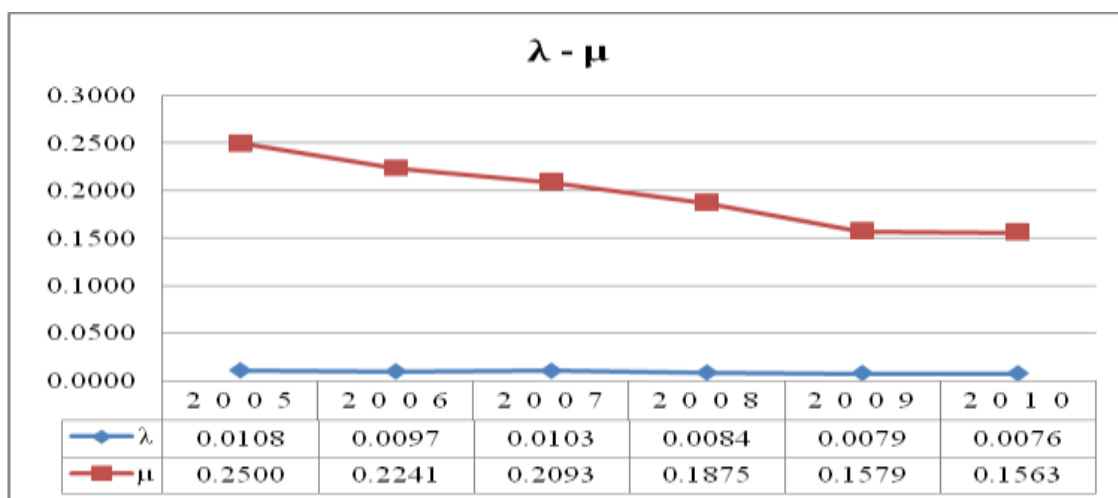
Компонента	АСФАЛТНА БАЗА W-110				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	A_0
2 0 0 5	92.80	4.00	0.0108	0.2500	0.9587
2 0 0 6	102.77	4.46	0.0097	0.2241	0.9584
2 0 0 7	96.56	4.78	0.0103	0.2093	0.9531
2 0 0 8	118.67	5.33	0.0084	0.1875	0.9570
2 0 0 9	126.50	6.33	0.0079	0.1579	0.9523
2 0 1 0	138.80	6.40	0.0076	0.1563	0.9534
Минимум	92.80	4.00	0.0076	0.1563	0.9523
Максимум	138.80	6.40	0.0108	0.2500	0.9587
Интервал варијације	46.00	2.40	0.0032	0.0937	0.0064
Проста аритметичка средина	113.72	5.16	0.0090	0.2000	0.9555
Средина интервала	115.80	5.20	0.0092	0.2032	0.9555
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	136.72	6.36	0.0106	0.2468	0.9587
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	90.72	3.96	0.0074	0.1531	0.9523

Табела 7 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте

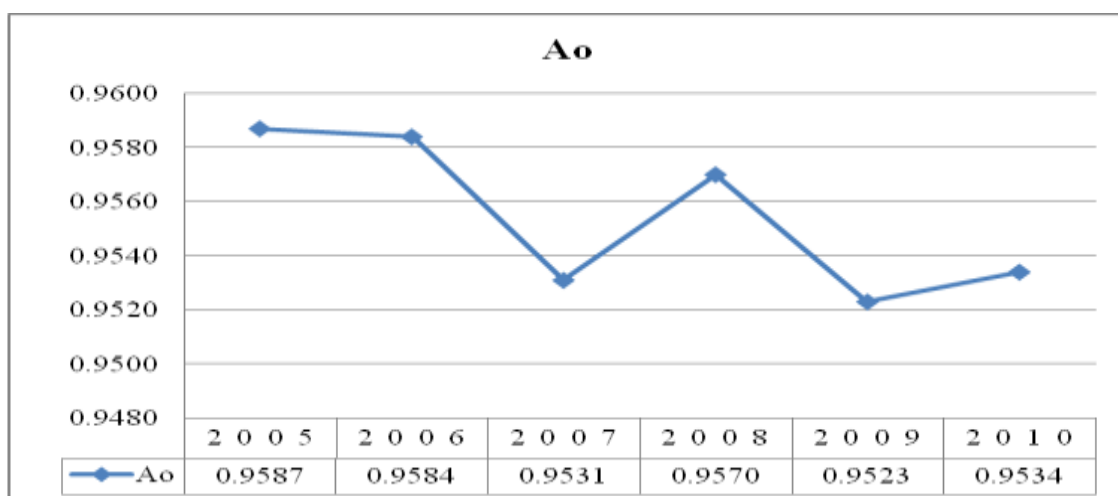
На следећим сликама добијени графикони параметара расположивости ближе појашњавају понашање постројења са аспекта функције расположивости у посматраном периоду:



Слика 16 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 17 - Интензитети отказа и поправки



Слика 18 - Функција расположивости

У другом одељку, прилога рада (11.2), садржане су табеле и графикони за преостале 33 истраживане компоненте са припадајућим анализираним подацима на исти начин као код централног постројења, кроз:

- Табеле карактеристичних вредности параметара и расположивости компоненте,
- Графиконе односа средњих времена отказа и средњих времена поправки компонентата,
- Графиконе односа интензитета отказа и интензитета поправки компонентата и
- Графиконе функције расположивости компонентата.

4.4 Закључак

Добијени резултати истраживања времена отказа и времена поправки грађевинских машина и постројења у наведеном периоду времена ближе су одредили функције интензитета отказа и интензитета поправки. Такође, број догађаја је показатељ који је мера применљивости политика и процедура са припадајућим радним упутствима система квалитета предузећа за управљање машинским парком. Недовољан број догађаја да би се могла извести статистичка анализа истих како на нивоу године тако и за укупан период од шест година наводи аутора на усвајање арбитражног поступка код одређивања статистичке расподеле. Ако се проанализирају интервали варијације за добијене вредности параметара расположивости (табела 7 и 43 - 75 у прилогу рада), уочавају се мали распони који указују на оправданост тврдње већег броја аутора да производни системи функционишу у устаљеном стању. Код грађевинских производних система, због својих специфичности, посебно оних које се односе на дневне, недељне и месечне потребе за расположивошћу може се изнети правило да исти увек функционишу у стационарном стању. Исправност оваквог става ослоњена је на претпоставци о строгој примени процедура и радних упустава у процесу управљања и одржавања машинским парком предузећа.

У истраживаној литератури из области оперативне расположивости производних система препозната су три приступа за израчунавање исте. Такође, нису уочене суштинске разлике између истих већ се појављују различите врсте ознака за поједина времена у оквиру опште дефиниције за оперативну расположивост. Значи, примена израза (64), (67) и (68) која су у табелама од 1 до 42 у прилогу рада означена са A_{01} , A_{02} и A_{03} потврђују исправност примене дефиниције оперативне расположивости. Усвојена претпоставка о стационарности процеса, такође је дала идентичне резултате за расположивост у устаљеном стању ($A(\infty)$) и оперативну расположивост. Овакви излазни резултати на овом нивоу истраживања су очекивани јер су средња времена између отказа и средња времена између поправки одредила интензитете отказа (λ) и интензитете поправки (μ) као припадајуће реципрочне вредности ($1/MTBF$ и $1/MTTR$).

С обзиром да одређивање вредности оперативних расположивости компонентата има за циљ усвајање истих као инпута за процењивање расположивости за наредни период (пројекат), како би се одредила расположивост система коме припадају. У ту сврху, неопходни подаци наведени су у табелама од 43 до 75 у прилогу рада, кроз минималне и максималне вредности оперативне расположивости из добијеног скупа, интервала варијације, средине интервала, просте аритметичке средине и одступања од

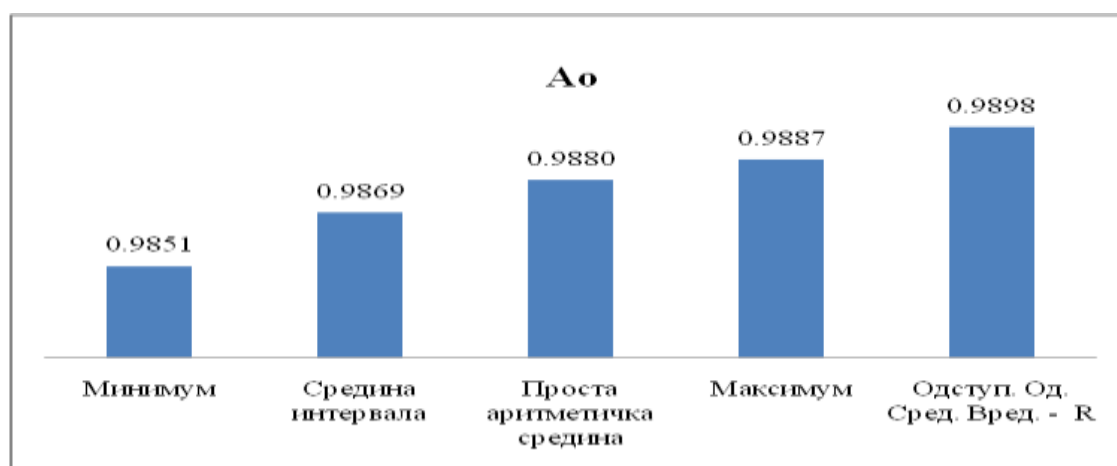
исте лево и десно у оквиру добијеног интервала. Такође, приликом доношења одлуке о процењеној пројектантској вредности расположивости, амортизациони период у коме се налази компонента имаће пресудни утицај.

Из практичних разлога а са циљем добијања прегледне проширене анализе наведених карактеристичних вредности за све истраживане компоненте, анализа ће обухватити по једну репрезентативну компоненту за сваки од три карактеристична периода у животном веку грађевинске машине и постројења како је то и приказано на слици број 7. Увидом у списак основних средстава предузећа са 31.12.2010. године, у којем се налазе подаци о предходно приказаним амортизационим периодима у табелама од 1 до 4. издвајају се следеће компоненте:

- Камион носивости 20 тона, MAN TGA 33/2365, први и део другог периода.
- Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, W 110 t/h, други период,
- Камион носивости 15 тона, КАМАЗ / 2115, крај другог и почетак трећег периода.

4.4.1 Камион носивости 20 тона MAN TGA 33/2365

Транспортном средству (камион) MAN TGA 33/2365 прва година истраживаног периода се подудара са првом годином амортизационог периода, тако да се исти може узети као узорак за компоненту која са добијеним вредностима параметара расположивости обухвата период уходавања и већи део предходно наведеног другог периода . На слици бр. 19 приказане су карактеристичне вредности функције расположивости, на основу којих ће се предложити опсег вредности из којег треба изабрати одговарајућу за пројектну расположивост (A_p).



Слика 19 - Карактеристичне вредности функције расположивости

На основу вредности оперативне расположивости за предходну годину (последња година истраживаног периода), која према табели број 46 у прилогу рада, износи 0.9885 и амортизационе стопе за наведену годину од 6/10 може се закључити да у оваквим практичним ситуацијама вредност пројектоване расположивости треба изабрати из интервала чија минимална вредност одговара простој аритметичкој средини а

максимална, постојећем максимуму. Под интервал предложеног интервала који је последица периода у ком се посматрана компонента налази је средина предложеног као минимална вредност а максимална остаје идентична максималној првобитног интервала. Значи:

$$A_p = \left[\frac{(\text{prosta aritmetička sredina} + \text{maksimum})}{2}, \text{maksimum} \right] \quad (82)$$

где у конкретном примеру износи:

$$A_p = [0,9884, 0,9887]$$

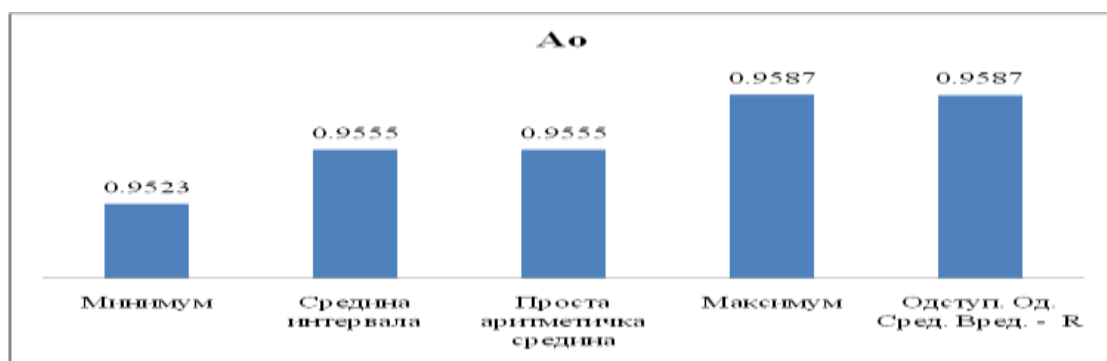
У оваквим случајевима потребно је изабрати заокружену средњу вредност на четвртом месту после зареза, без обзира на број који следи, осим у случају када је то нула. Разлог овоме је не усвајање мање вредности расположивости која доводи до мањег пројектованог практичног учинка а самим тим и до повећања норматива за посматрану позицију што доводи до веће јединичне цене и потенцијалног умањења конкурентности приликом састављања понуда. Значи, у конкретном примеру вредност за пројектовану расположивост износи:

$$A_p = 0.9885$$

4.4.2 Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала W 110

Са обзиром да централно постројење за производњу битуменом везаних материјала функционише далеко од почетка амортизационог периода и да поред ремонта који се врше на крају сваке сезоне рада са битуменом везаним материјалима извршена је реконструкција исте са намером приближавања успостављеном систему квалитета и еколошким захтевима (повећано инвестиционо улагање) пре посматраног периода од 2005. до 2010, што је довело до продужетка животног века и прерачунавања књиговодствене вредности и амортизационог периода. Овакво постројење може се узети као узорак за компоненту која са добијеним вредностима параметара расположивости обухвата други, тј. централни део, како је то приказано на слици бр.7.

На слици 20 приказане су карактеристичне вредности функције расположивости, на основу којих ће се предложити опсег вредности из којег треба изабрати одговарајућу за пројектну расположивост (A_p).



Слика 20 - Карактеристичне вредности функције расположивости

За наведени период животног века, вредност пројектоване расположивости процењује се на већу вредност између просте аритметичке средине и последње године посматраног периода. Значи:

$$A_p = \min \left[\begin{array}{l} A_{o \text{ последња година}} \\ A_{o \text{ проста арит. средина}} \end{array} \right] \quad (83)$$

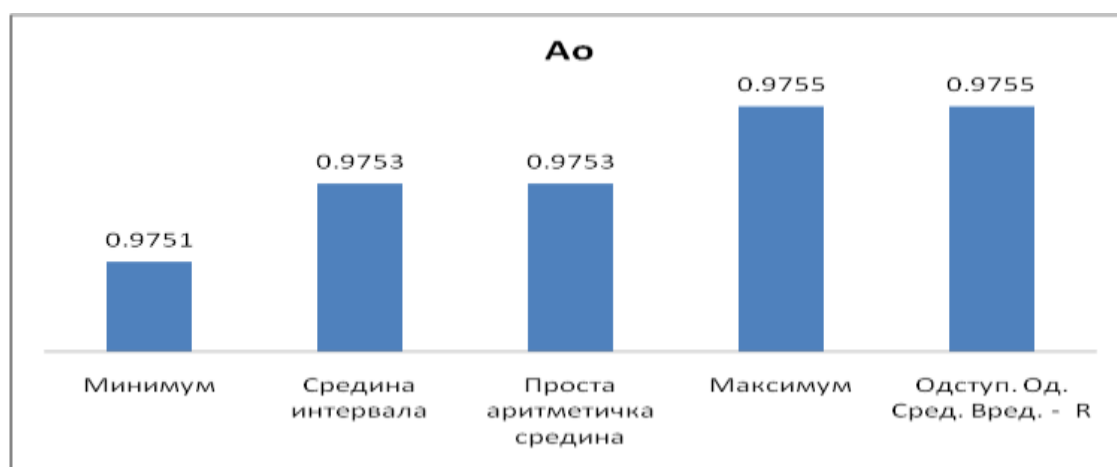
Проста аритметичка вредност у овом случају је 0.9555, док је вредност оперативне расположивости за последњу анализирану (предходну) годину 0.9534. Значи:

$$A_p = 0.9555$$

Овакав приступ процењивању је последица већ изнетог става у вези са нормативима рада и јединичним ценама.

4.4.3 Камион носивости 15 тона КАМАЗ / 2115

Када поред податка о последњој или пред последњој години амортизационог периода постоје и подаци о неколико година уназад, што је и случај са наведеном компонентом, може се веома сликовито приказати слабљење функције расположивости. На слици 21 приказане су карактеристичне вредности функције расположивости, на основу којих ће се предложити опсег вредности из којег треба изабрати одговарајућу за пројектну расположивост (A_p).



Слика 21 - Карактеристичне вредности функције расположивости

Процењена расположивост за наредни период (пословну годину) тј. пројектована расположивост у оваквим случајевима једнака је вредности оперативне расположивости за предходну годину тј. за последњу анализирану. У овом случају минимална вредност расположивости је и вредност из предходне године што није увек случај. Када вредност оперативне расположивости у предходној години није минимална у скупу свих вредности, обично се појављују веома мале разлике, што не значи да се треба одступати од већ изнесеног става. Значи:

$$A_p = A_{o \text{ последња година}} \quad (84)$$

Пројектована расположивост у конкретном случају је:

$$A_p = 0.9751$$

Ако се пажљивије анализирају услови (радно окружење) у којима је компонента функционисала у предходном периоду и исто тако процењују за наредни период, могу се избећи веће разлике између пројектованих и оперативних расположивости компонента и система у целини.

5 Предлог модела за анализу и пројектовање расположивости грађевинских производних система

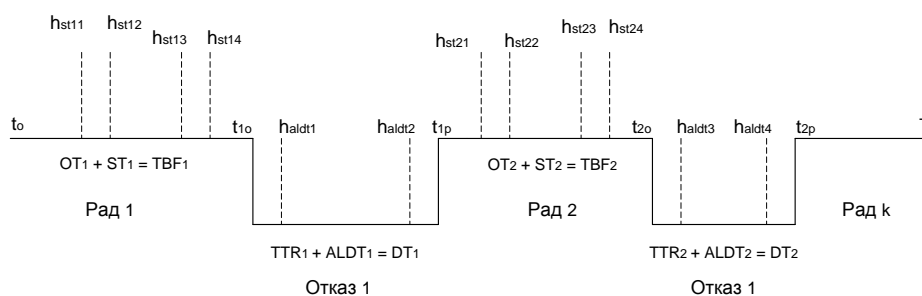
5 Предлог модела за анализу и пројектовање расположивости грађевинских производних система

Због комплексности истраживане области, непрецизности уочених у постојећем делу информационог система за експлоатацију грађевинских машина и постројења и недостатака у процедурама система квалитета и радним упутствима за управљање машинским парком предузећа, предложени модел представљаће скуп следећих методологија:

- Евидентирање времена отказа и поправки компонената са припадајућим временима у застоју и административно - логистичким активностима,
- Одређивање оперативне расположивости компоненте,
- Процена пројектне расположивости компоненте,
- Одређивање укупних трошкова компонената у раду и застоју,
- Општи блок дијаграм расположивости за грађевински производни систем,
- Расположивост у функцији структуре производног система,
- Практични учинак у функцији структуре и расположивости система и
- Одређивање укупних трошкова рада система у функцији расположивости.

5.1 Евидентирање времена отказа и времена поправки компонената система

На слици 22 приказана су карактеристична времена у функционисању компоненте/машине:



Слика 22 - Карактеристична времена у раду компоненте

За укупно очекивано време рада компоненте (T) неопходна су прецизна евидентирања и систематизација времена отказа и поправки са припадајућим временима у застоју (ST) и оперативном стању (OT) у оквиру расположивог времена, као и раздвајања времена за административно логистичке радње ($ALDT$) од времена активне поправки (TTR) у оквиру времена у отказу (DT). За укупно очекивано време рада T важи:

$$T = h_{god} \quad (85)$$

где је:

h_{god} - годишњи фонд рада машине који је садржан у изразу за цену рада исте (k_h).

На основу графичког приказа времена на слици 22 следи:

$$\begin{aligned}
 t_{1o} - t_o &= TBF_1 \\
 t_{2o} - t_{1p} &= TBF_2 \\
 &\vdots \\
 t_{ko} - t_{(k-1)p} &= TBF_k \\
 &\vdots \\
 t_{no} - t_{(n-1)p} &= TBF_{n_r}
 \end{aligned} \tag{86}$$

где су:

- t_{io} - времена отказа компоненте у интервалу времена T ,
- t_{ip} - времена враћања компоненте у стање пре отказа у временском интервалу T .
- n_r - број расположивих стања (стања између отказа) компоненте.

Одређивање времена застоја у оквиру времена између отказа одређује се према изразу:

$$ST = \sum_{i=1}^{n_r} \sum_{j=1}^{n_{st}} ST_{ij} \tag{87}$$

где је:

n_{st} - број времена у застоју (j) у оквиру једног расположивог стања (i), а

$$ST_{ij} = h_{st\ i,2j} - h_{st\ i,2j-1}, \quad i = 1, 2, \dots, n_r, \quad j = 1, 2, \dots, n_{st} \tag{88}$$

С' обзиром да за интервал расположивости (Средње време између отказа) важи:

$$TBF_i = ST_{ij} + OT_{ij} \tag{89}$$

време оперативног стања компоненте у оквиру истог расположивог стања је:

$$OT_{ij} = TBF_i - ST_{ij} \tag{90}$$

аналогно изразу (87), следи да је:

$$OT = \sum_{i=1}^{n_r} \sum_{j=1}^{n_{ot}} OT_{ij} \tag{91}$$

где је:

n_{ot} - број оперативних времена (j) у оквиру једног расположивог стања (i),

За времена унутар времена у отказу (DT) важе следећи изрази:

$$\begin{aligned}
 t_{1p} - t_{1o} &= (TTR_1 + ALDT_1) = DT_1, \\
 t_{2p} - t_{2o} &= (TTR_2 + ALDT_2) = DT_2, \\
 &\vdots \\
 t_{kp} - t_{ko} &= (TTR_k + ALDT_k) = DT_k, \\
 &\vdots
 \end{aligned} \tag{92}$$

$$t_{np} - t_{no} = (TTR_n + ALDT_n) = DT_n$$

Са слике 22, може се уочити да за времена до поправке и административно логистичка времена важи:

$$TTR_i = t_{kpi} - t_{ppi}, \quad (93)$$

где је:

$$\begin{aligned} t_{ppi} & - \text{време почетка поправке } i, \text{ где, } \quad i = 1, 2, \dots, n_f \\ t_{kpi} & - \text{времезавршетка поправке } i, \text{ где је,} \\ n_f & - \text{број отказа компоненте,} \end{aligned}$$

Онда следи да је за поправку и:

$$ALDT_i = (t_{ppi} - t_{io}) + (t_{kpi} - t_{ip}) \quad (94)$$

док је наведено време за све поправке (период 0 - T):

$$TALDT = \sum_{i=1}^{n_f} ALDT_i \quad (95)$$

Иако су делови времена у раду (ST) и времена у отказу ($ALDT$), наведена времена се морају пажљиво издвојити како се не би појавили проблеми са не одговарајућим трошковима. Наиме, у различитим режимима рада и отказа, различити су и трошкови који одговарају истим.

5.2 Одређивање оперативне расположивости компонената система

На основу евиденције часова, како је наведено у изразима (85) до (92) обезбеђени су техно - економски захтеви за несметано и прецизно одређивање оперативне расположивости грађевинске машине/компоненте. Из анализиране литературе, коришћени изрази за одређивање оперативне расположивости за истраживана времена машина у прилогу рада издвајају израз (67) за наведени критеријум трошкова а да се суштински израз оперативне расположивости не мења. Значи, следећи корак у методологији модела, који се односи на израчунавање оперативне расположивости своди се на усвајање наведене формуле:

$$A_o = \frac{OT+ST}{OT+ST+TCM+TPM+ALDT} \quad (96)$$

за одређивање исте.

Како су истраживане компоненте функционисале у устаљеном стању, тј. интензитети отказа и интензитети поправки су реципрочне вредности средњих времена до отказа и средњих времена између поправки ((30), (31)), може се усвојити да се израз (42) може користити као контролни за тачност усвојеног за оперативну расположивост.

5.3 Процена пројектне расположивости машина/компонената

На основу историјске базе података о јединицама машинског парка, тј:

- Временима отказа и временима поправки,
- Вредностима оперативне расположивости,
- Условима рада компонената из предходних периода,
- Амортизационог периода у ком се компонента налази и
- Карактеристичних вредности оперативних расположивости (табела 7 у раду и 43 - 75 у прилогу рада).

предлажу се изрази (82), (83) и (84) за процену расположивости компоненте система за пројекат који следи, ценећи график функције интензитета отказа (слика бр. 7), тј.

Период I :

$$A_p = \left[\frac{A_{0 \text{ проста arit. sredina}} + A_{0 \text{ max}}}{2}, A_{0 \text{ max}} \right] \quad (97)$$

Период II :

$$A_p = \min \left[\begin{array}{l} A_{0 \text{ poslednja godina}} \\ A_{0 \text{ проста arit. sredina}} \end{array} \right] \quad (98)$$

Период III :

$$A_o = A_{o \text{ poslednja godina}} \quad (99)$$

Предложени изрази су обухватили све критеријуме који се односе на историјску базу података.

5.3.1 Процена параметара расположивости машина/компонената

Процењене вредности пројектне расположивости су довољне за даљи рад али само са компонентама, не узимајући у обзир системе у којима се могу наћи у периоду који следи. Зато је потребно извршити и процену вредности интензитета отказа (λ) и интензитета поправки (μ) због израза за одређивање расположивости подсистема са везама које нису серијског типа. Када су одређене вредности и интервали за пројектну расположивост према изразима (97), (98) и (99) одређене су и вредности параметара јер су исти исказани у табелама од (43) до (75) у прилогу рада (11.2). Аналогно изразима за пројектну расположивост следе изрази за пројектни интензитет отказа и пројектни интензитет поправки (λ_p и μ_p):

Период I :

$$\lambda_p = \left[\frac{\lambda_{\text{ проста arit. sredina}} + \lambda_{\text{ min}}}{2}, \lambda_{\text{ min}} \right] \quad (100)$$

$$\mu_p = \frac{A_p}{1-A_p} \times \lambda_p$$

Период II :

$$\lambda_p = \min \left[\begin{array}{l} \lambda_{\text{ poslednja godina}} \\ \lambda_{\text{ проста aritmet. sredina}} \end{array} \right]$$

$$\lambda_p = \frac{A_p}{1-A_p} \times \lambda_p \quad (101)$$

Период III :

$$\lambda_p = \lambda_{\text{poslednja godina}} \quad (102)$$

$$\mu_p = \mu_{\text{poslednja godina}}$$

5.4 Одређивање укупних трошкова у раду и застоју компоненте

У процесу процене трошкова рада грађевинских машина важна су реална сагледавања експлоатационих трошкова и трошкова основног средства. Најчешћи проблем у одређивању истих представљане додовољно добро познавање нових технологија, где се за трошкове рада усвајају препоруке произвођача опреме које су ретко кад прихватљиво прецизне. Други, веома важан приступ формулисању израза за укупне трошкове машина и опреме је респектовање начина набавке конкретних основних средстава.

Исправно постављен пројектни задатак информационог система предузећа увелико олакшава превазилажења проблема са новим технологијама преко праћења система у раду и ажурирањем историјске базе података. Различити модели набавке механизације различито и/или слично утичу на формирање методологије прорачуна укупних трошкова рада компоненте.

С обзиром да се грађевинске машине и постројења могу набавити :

- Лизингом,
- Кредитом,
- Готовинским плаћањем и
- Изнајмљивањем,

и да су предности и мане наведених опција обрађене у истраживаној литератури [84], [85], [86] у раду ће се приказати варијације израза за израчунавање трошкова рада основног средства као саставног дела интегралног израза у функцији врсте набавке.

За основни израз за прорачун укупних трошкова рада грађевинских машина може се прихватити често пута истицана формула:

$$C_h = \frac{J_t}{h_{gr}} + (E_E + E_{OS}) \quad (103)$$

где је:

- J_t - једнократни трошкови,
- h_{gr} - планирано време ангажовања компоненте на пројекту,
- E_E - експлоатациони трошкови и
- E_{OS} - трошкови основног средства.

Наведени делови израза имају сопствену формулацију која ће у овом случају бити проширена практичним приступом:

$$J_t = k_1 \times NV \quad (104)$$

$$E_E = E_{RS} + E_{EN} + E_{MAZ} + E_{TO} + E_{HAB} \quad (105)$$

$$E_{OS} = E_{AM} + E_{INV} + E_{KOS} \quad (106)$$

где је:

- k_1 - коефицијент односа једнократних трошкова и набавне вредности машине,
- NV - набавна вредност машине,
- E_{RS} - трошкови радне снаге,
- E_{EN} - трошкови енергије,
- E_{MAZ} - трошкови мазива,
- E_{TO} - трошкови текућих поправки,
- E_{HAB} - трошкови хабајућих делова,
- E_{AM} - трошкови амортизације,
- E_{INV} - трошкови инвестиционог улагања и
- E_{KOS} - трошкови камате и осигурања.

5.4.1 Трошкови радне снаге

За ову врсту трошкова је важно нагласити да нису најчешће једнаки вредности бруто сата руковоаца већ свим радницима који се технолошки везују за посматрану машину. Значи:

$$E_{RS} = \sum_{i=1}^{n_{rs}} E_{RSi}, \quad i = 1, 2, \dots, n_{rs}, \quad (107)$$

где је:

- n_{rs} - број различитих квалификационих структура радника који су технолошки део процеса уз припадајућу машину.

5.4.2 Трошкови енергије

За трошкове енергената, увек се мора предвидети више врста истих. Значи:

$$E_{EN} = \sum_{i=1}^{n_e} E_{ENi}, \quad i = 1, 2, \dots, n_e \quad (108)$$

где је:

- n_e - број различитих енергената које машина или постројење користи у раду.

онда следи:

$$E_{ENi} = q_{eni} \times C_{ENi} \quad (109)$$

где је:

q_{eni} - количина утрошеног енергента по сату рада (kWh, m³, l, итд) а,
 C_{ENi} - јединична цена утрошеног енергента (цена по јединици мере).

5.4.3 Трошкови мазива

Аналогно утрошеној енергији, трошкови мазива су:

$$E_{MAZ} = \sum_{i=1}^{n_m} E_{MAZi} \quad i = 1, 2, \dots, n_m \quad (110)$$

где је:

n_m - број различитих врста мазива које машина или постројење користи у раду.

онда следи:

$$E_{MAZi} = q_{mazi} \times C_{mazi} \quad (111)$$

где је:

q_{mazi} - количина утрошеног мазива по сату рада (kg, l итд) а,
 C_{mazi} - јединична цена утрошеног енергента (цена по јединици мере).

5.4.4 Трошкови текућих поправки

Код трошкова текућих поправки може се прихватити предлог о пропорционалности са издатцима за набавку машине или постројења (NV). Коефицијент пропорционалности (k_{TO}) за прву годину амортизације је у складу са произвођачким каталозима или са већ познатим вредностима из историјске базе података. Значи:

$$E_{to} = k_{TO} \times \frac{NV}{h_{am}} \quad (112)$$

где је:

h_{am} - процењена вредност часова у амортизационом периоду машине.

5.4.5 Трошкови хабајућих делова

Трошкови хабајућих делова у овом случају односе се на хабање пнеуматика. Интензитет хабања је директно пропорционалан радном окружењу. Набавну вредност пнеуматика потребно је увећати за логистичке трошкове увек кад се појављују. Значи:

$$E_{HAB} = k_{HAB} \times \frac{NV_{guma}}{h_{am\ guma}} \quad (113)$$

где је:

$h_{am\ guma}$ - процењена вредност часова у амортизационом периоду пнеуматика а,
 k_{HAB} - коефицијент хабања који је у функцији врсте машине/возила.

5.4.6 Трошкови амортизације

С обзиром да ова врста трошкова припада групи трошкова основног средства и да су у функцији врсте начина набавке, истим се треба посветити посебна пажња код процене у току набавке и каснијих обрачунавања. Израз за ову врсту трошкова се може приказати као:

$$E_{AM} = \frac{NV}{h_{am}} \quad (114)$$

тј. однос набавне вредности и процењених сати рада машине у амортизационом периоду, што представља вредност коју иста треба да "заради" у наведеном периоду а за случај просте репродукције. На период амортизације, као и код трошкова одржавања у великој мери утичу услови у којима посматрана компонента функционише.

5.4.7 Трошкови инвестиционог одржавања

Ова врста трошка у литератури се приписује средњим и генералним поправкама док у пракси су веома чести случајеви нејасно дефинисаних граница код наведеног одржавања. Овакав проблем се лако превазилази процедурама управљања машинским парком. Значи:

$$E_{INV} = k_{INV} \times \frac{NV}{h_{god}} \quad (115)$$

где је:

h_{god} - процењена вредност часова на годишњем нивоу а,

k_{INV} - коефицијент хабања који је у функцији врсте машине/возила и услова рада.

5.4.8 Трошкови камате и осигурања

Као и код предходних врста трошкова, неисправно је фиксирати ову врсту трошкова тако што ће се унапред одређивати коефицијенти као константе. Висина ових трошкова такође, треба бити реална и заснована на рачунима за ову врсту услуге. Ради поједностављења, трошкови камате се могу приписати набавној вредности ако се тиме не чини значајна грешка у процени стварних трошкова интересне стопе. Предложени израз за ову врсту трошкова се може приказати као:

$$E_{KOS} = k_{KOS} \times \frac{NV}{h_{god}} \quad (116)$$

где је:

k_{KOS} - коефицијент камате и осигурања који је у функцији тренутне вредности машине.

Тренутна вредност је саставни део књиге основних средстава и једнака је набавној вредности машине умањеној за износ амортизације. Трошкови амортизације се по правилу обрачунавају једном годишње.

5.4.9 Трошкови машина у застоју

С обзиром да основна средства производе трошкове и када су у стању застоја онда израз (103) поприма облик:

$$C_h = \frac{J_t}{h_{gr}} + E_{RS} + E_{OS} \quad (117)$$

Наведени израз се разликује од досадашњих израза јер узима у обзир и трошкове радне снаге који су у тесној технолошкој вези са анализираном компонентом и једнократне трошкове који морају да оптерете и застој компоненте који се дешава код пројекта у реализацији, а не у машинском парку.

5.4.10 Утицај начина набавке машина на укупне трошкове

Код кредита, готовинског плаћања и финансијског лизинга важе досадашњи изрази, док се код изнајмљивања машине тј. оперативног лизинга мења израз за трошкове основног средства. Израз (103) у овом случају је:

$$E_{OS} = E_{OL} + E_{KOS} \quad (118)$$

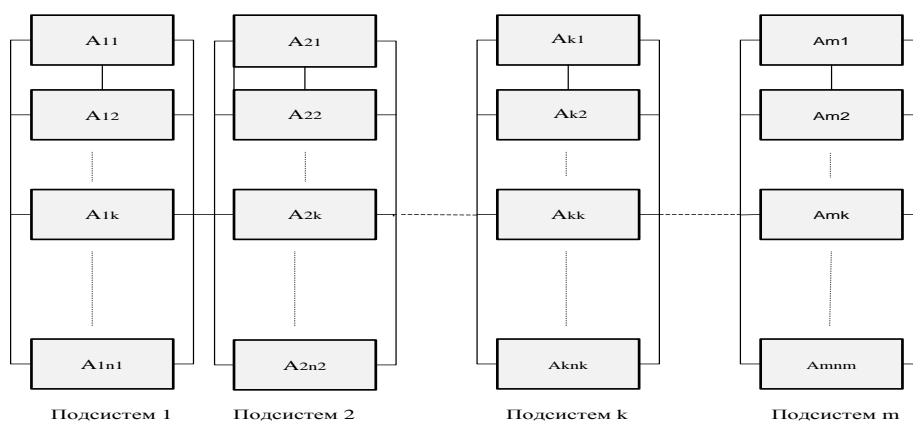
где је:

$$E_{OL} = \frac{O_{LM}}{h_M} \quad (119)$$

Трошкови лизинга на месечном нивоу (O_{LM}) подељени са месечним фондом сати (h_M) приказују износ трошкова основног средства за случај изнајмљивања машине.

5.5 Општи блок дијаграм расположивости производног система

Истраживане компоненте које су приказане у технолошком процесу кроз блок дијаграм расположивости (слика - 27) који је последица општег приступа одређивања блок дијаграма расположивости уду у прилог тврдњи о њиховој серијско - паралелној структури. Следећа слика приказује део методологије у оквиру модела за анализу расположивости система:



Слика 23 - Општи блок дијаграм расположивости производног система

Блок дијаграм расположивости је серијско - паралелног типа са m подсистема који садрже n_i компонента. Броју компоненте j у i - том подсистему (x_{ij}) придодате су све неопходне вредности показатеља рада кроз техно - економске параметре и пројектну расположивост, како би се одредиле све перформансе подсистема у функцији веза међу компонентама. У следећем кораку се одређују исте али на нивоу целог система и за случај серијске везе међу компонентама које су добијене редукцијом почетне структуре. Пре дефинисања функције циља за дати систем потребно је дефинисати изразе за паралелне редундансе са топлем и хладном резервом.

5.6 Распоживост и учинак система у функцији врсте веза компонента

Приликом избора одговарајућег норматива код калкулација јединичних цена за одређену позицију радова исти се често коригује утицајем услова рада и окружења али не и подацима о расположивошћу компоненте као делу технолошког процеса. Укључивање функције расположивости за последицу има добијање далеко мање разлике између стварног практичног учинка и пројектованог стварног учинка него што је случај између стварног практичног и пројектованог који није редукован функцијом расположивости. Ово се може приказати на следећи начин:

$$U_p - stvU_p > stvU_p - prU_p \quad (120)$$

где је:

$$stvU_p = A_o \times U_p, \text{ а} \quad (121)$$

$$prU_p = A_p \times U_p \quad (122)$$

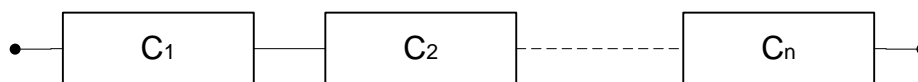
С обзиром да учинак компоненте, односно норматив директно утиче и на трошкове компоненте и система, утицај веза међу компонентама коришћењем проширене методе учесталости може реално приказати наведено. Досадашњи радови из области грађевинских система су доказивали значај увођења функције расположивости без анализа разлика између оперативне (остварене) и пројектоване (процењене) расположивости на конкретном (практичном) примеру. Показатељ доброг процењивања расположивости компоненте и система је однос пројектоване и оперативне расположивости посматраног система. Наведени однос мора да тежи јединици, тј.

$$\frac{A_o}{A_p} \cong 1 \quad (123)$$

У даљим анализама се водило рачуна о особини стационарности код оваквих система.

5.6.1 Систем са редном везом компонента

Ова врста везе у грађевинским производним системима се најчешће примењује на крају процеса израчунавања расположивости система. Након израчунавања расположивости свих подсистема који садрже више од једне компоненте и састоје се од топлих или хладних резерви (редунданси) тј. када се достигне ниво редне везе свих самосталних компонента и компонента које су последица подсистемске калкулације, приступа се коначном одређивању расположивости подсистема. На следећој слици приказан је шематски изглед система са редном везом компонента:



Слика 24 - Систем са редном везом компонента

а) Независни откази

За расположивост система са серијском (редном) везом компонента у случају независних отказа може се прихватити израз:

$$A_p(t) = \prod_{i=1}^n A_{ip}(t) \quad (124)$$

Претпоставка о једнаким интензитетима отказа и интензитетима поправке није препоручљива због варијација које доказано постоје, али се зато израз (121) може приказати и као:

$$A_p = \frac{(\mu_{1p} \times \mu_{2p} \dots \mu_{np})}{((\lambda_{1p} + \mu_{1p}) \times (\lambda_{2p} + \mu_{1p}) \dots (\lambda_{np} + \mu_{np}))} \quad (125)$$

б) Зависни откази

У случају зависних отказа код стационарних процеса може се усвојити следећи израз [2], [6]:

$$A_p = \frac{1}{(1 + \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_n)} \quad (126)$$

где важи:

$$\rho_i = \frac{\lambda_{ip}}{\mu_{ip}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (127)$$

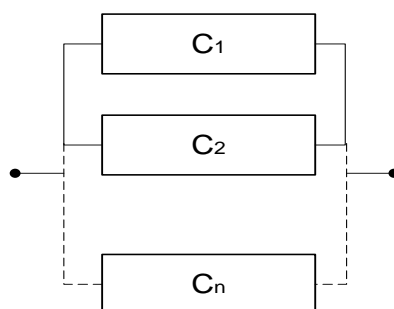
Код серијске везе компонента у случају зависних и независних отказа пројектовани еквивалентни учинак једнак је производу минималног практичног учинка међу свим у серији и расположивости *система*. Значи [2]:

$$prU_{p,e} = \min U_{p,i} \times A_p, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (128)$$

5.6.2 Систем са паралелном везом компонента

Важна особина овог подсистема, за разлику од серијског је да свако додавање компоненте повећава расположивост. Отказ једне компоненте не може утицати на отказ друге, стога ће се размотрити само опција са независним отказима. На следећој слици приказан је шематски изглед система са паралелном везом компонента:

а) Независни откази



Слика 25 - Систем са паралелном везом компонента

Израз за пројектовану расположивост подсистема код ове врсте веза компонента унутар посматраног подсистема је:

$$A_{p(t)} = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - A_{ip(t)}] \quad (129)$$

Исти израз у случају коришћења пројектованих интензитета отказа и поправки поприма облик:

$$A_p = 1 - \prod_{i=1}^n \frac{\lambda_{ip}}{(\lambda_{ip} + \mu_{ip})} \quad (130)$$

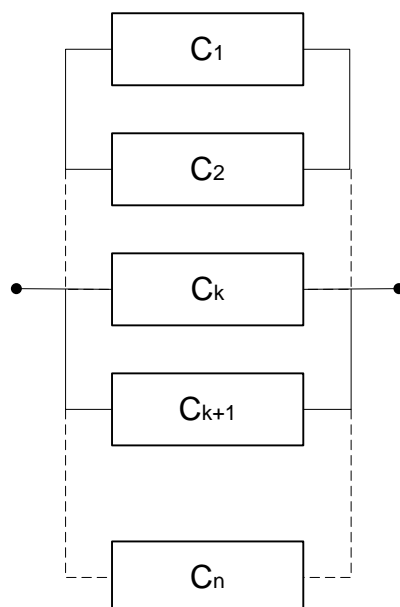
У случајевима паралелних веза и независних отказа пројектовани практични учинак једнак је [2]:

$$prU_{p,e} = \sum_{i=1}^n U_{p,i} \times A_{p,i} \quad (131)$$

5.6.3 Систем са активном паралелном везом компонента типа (k / n)

Систем (подсистем) са резервним компонентама које су активне и паралелно повезане са предходно паралелно повезаним компонентама (k) и чине систем од (n) компонента често се користи у грађевинским системима где пројектант на основу искуства укључује више компонента због процене о континуалном застоју *одређеног* броја компонента. Вредност за " k " се одређује и у ситуацијама када се намеће потреба за бројем компонента које ће омогућити остваривање минимално допуштеног учинка.

На следећој слици приказан је шематски изглед система са активном паралелном везом компонента:



Слика 26 - Систем са активном паралелном везом компонената k/n

а) Независни откази

У оваквим системима када су откази и поправке независни тј. све до тренутка отказа једне компоненте када је систем функционисао са " k " компонената и да у стационарном стању рада за компоненте исте марке и типа и исте године у амортизационом веку, пројектна расположивост система износи [2], [6]:

$$A_p = \sum_{i=k}^n \binom{n}{i} A_{p,c}^i \times (1 - A_{p,c})^{n-i} \quad (132)$$

где је :

$A_{p,c}$ - расположивост компоненте подсистема,

Односно ако се узме у обзир нерасположивост (U), где је $U = (1 - A)$, онда израз (132) поприма облик:

$$A_p = \frac{1}{(\lambda + \mu)^n} \times \sum_{i=k}^n \binom{n}{i} \times \mu^i \times \lambda^{n-i} \quad (133)$$

Код активне паралелне везе компонената и независних отказа, пројектовани еквивалентни учинак за устаљена стања када у подсистему функционише $i \geq k$ компонената износи [2]:

$$prU_{p,e} = \sum_{i=k}^n i \times \binom{n}{i} \times A_{p,c}^i \times (1 - A_{p,c})^{n-i} \times U_{p,c} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (134)$$

У случају када је $k = 1$, следи:

$$prU_{p,e} = n \times U_{p,c} \times projA_p \quad (135)$$

б) Зависни откази

У случају зависних отказа тј када у подсистему поред резервних компонената ($n-k$) дође до отказа још једне компоненте и систем прелази из оперативног у неоперативно стање према [2], [6], расположивост система се добија као збир вероватноћа оперативних стања система:

$$A_p = \sum_0^{n-k} p_i \quad (136)$$

где је:

$$p_i = \alpha_i \times p_0 \quad (137)$$

$$\alpha_i = \binom{n}{i} \times \left(\frac{\lambda_p}{\mu_p}\right)^i, \quad i = 1, 2, \dots, n - k + 1 \quad (138)$$

$$p_0 = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^{n-k+1} \alpha_i} \quad (139)$$

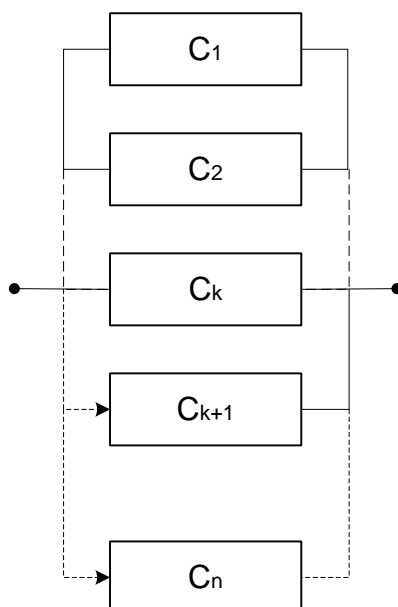
Пројектовани еквивалентни учинак у случају активне паралелне везе (k/n) може се изразити на следећи начин:

$$prU_{p,e} = \sum_{i=0}^{n-k} (n - i) \times p_i \times U_{p,c} \quad (140)$$

5.6.4 Систем са пасивном паралелном везом компонената типа (k / n)

У случајевима када се резервне компоненте укључују у рад система након отказа неке од компонената у раду, онда је реч о системима са хладном резервом. Ако је време укључивања резервне компоненте кратко тј. вредност расположивости ресурса за укључивање није мањи од један, ради се о тзв. перфектном укључивању (енгл: "Perfect Switching"). У грађевинским системима се таква врста укључивања може мерити сатима а све у функцији технолошке структуре и врсте материјала са којима се извршавају радови.

У оваквим подсистемима очекује се да " k " компонената од укупних " n " буде увек у функцији и да се као и код активне паралелне везе не може узети у обзир експоненцијална расподела као у случају компоненте која се поправља тј. броју отказа компоненте не одговара Поисонова расподела онда следи да у случајевима независних и зависних отказа изрази за пројектовану расположивост система и практични учинак када је систем у устаљеном стању се добијају решавањем система нехомогених алгебарских једначина [2]. На следећој слици приказан је шематски изглед система са пасивном паралелном везом компонената:



Слика 27 - Систем са пасивном паралелном везом компонената k/n

а) Независни откази

У случају независних отказа следи да је пројектована расположивост подсистема једнака [2], [6]:

$$A_p = \sum_{i=0}^{n-k} p_i \tag{141}$$

где је вероватноћа отказа "i" компонената :

$$p_i = \alpha_i \times p_0 \tag{142}$$

а вероватноћа да ниједна компонента није отказала:

$$p_0 = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n \alpha_i} \tag{143}$$

кофицијенти α_i у овом случају су:

$$\alpha_i = \frac{1}{i!} \times \left(k \times \frac{\lambda_p}{\mu_p}\right)^i, \quad \text{за } i = 1, 2, \dots, n - k + 1 \tag{144}$$

$$\alpha_i = \left(\frac{\lambda_p}{\mu_p}\right)^i \times \frac{k^{(n-k+1)} \times (k-1) \times (k-2) \times \dots \times (k-m+1)}{i!}, \quad \text{за } i = n - k + m, m = 2, 3, \dots, k \tag{145}$$

Пројектовани еквивалентни учинак може се изразити на следећи начин:

$$prU_{p,e} = k \times U_{p,c} \times A_p \tag{146}$$

б) Зависни откази

У случају зависних отказа код хладних резерви тј када у подсистему поред резервних компонената $(n - k)$ дође до отказа још једне компоненте и систем прелази из

оперативног у не оперативно стање, расположивост система се добија као збир вероватноћа оперативних стања система [2], [6], тј:

$$A_p = \sum_{i=0}^{n-k} p_i \quad (147)$$

где је вероватноћа отказа "i" компонената :

$$p_i = \alpha_i \times p_0 \quad (148)$$

а вероватноћа да ниједна компонента није отказала:

$$p_0 = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^{n-k+1} \alpha_i} \quad (149)$$

коэффициент α_i у овом случају је:

$$\alpha_i = \frac{1}{i!} \times \left(k \times \frac{\lambda_p}{\mu_p}\right)^i \quad (150)$$

Пројектовани еквивалентни учинак код ове врсте везе једнак је у случају независних и зависних отказа, тј:

$$prU_{p,e} = k \times U_{p,c} \times A_p \quad (151)$$

5.7 Одређивање укупних трошкова рада система у функцији расположивости

Поред практичних учинака система, јединичних цена, количине радова и потребног времена за извођење, цене и трошкови система по јединици времена и укупна вредност система за реализацију конкретних позиција радова представља значајан податак приликом доношења коначних одлука о трошковима и профиту.

За компоненту C_j подсистема i , где сваки подсистем садржи n_i компонената, укупни основни трошкови подсистема у функцији врсте веза су [6]:

а) Серијска веза

$$osn C_{Si} = \sum_j^n C_j \quad (152)$$

б) Активна паралелна веза типа (k/n)

$$osn C_{Si} = n \times C_j \quad (153)$$

в) Пасивна паралелна веза типа (k/n)

$$osn C_{Si} = k \times C_j + \sum_{j=1}^{n-k} \left(\frac{I_t}{h_{gr}} + C_{rs} + C_{osn}\right)_j \quad (154)$$

У овом случају, основни укупни трошкови система једнаки су збиру трошкова свих подсистема, тј:

$$osn C_S = \sum_{i=1}^m C_{S_i} \quad (155)$$

Планиране (основне) цене система по јединици времена се добијају на основу следећег израза који садржи практични учинак система а не стварни практични учинак који је увек мањи од планираног јер је умањен за расположивост система, наиме:

$$osn C_s = \frac{J_c}{U_p} \quad (156)$$

С обзиром да је стварни практични учинак једнак производу практичног учинка и врсте расположивости система (пројектна или оперативна) у функцији пре или након реализације пројекта тј:

$$prU_p = U_p \times A_p \quad (157)$$

и

$$stvU_p = U_p \times A_0 \quad (158)$$

Одавде се може закључити да су наведени учинци мањи од називних учинака (U_p), и да су трошкови и цене система веће од планираних и да могу проузроковати, како је то наведено у литератури [3], [6] кроз израз:

$$stv C_s = planC_s \times A + (1 - A) \times (C_{penali} + C_{rid} + C_{rs} + C_{osn}) \quad (159)$$

где су:

- C_{penali} - трошкови пенала,
- C_{rid} - трошкови режије и добити,
- C_{rs} - трошкови радне снаге и
- C_{osn} - трошкови основног средства (машине у застоју).

Из горњег израза се намеће закључак о неопходности укључивања функције расположивости у планирану (пројектовану) цену или трошак како би се избегли трошкови пенала и укључили трошкови радне снаге и основног средства као последице застоја система који су неизбежни. Због овог су изведени изрази за процену A_p , (97), (98) и (99) а, оправданост истих потврђује израз за пројектне и стварне трошкове система:

$$proj C_s = osnC_s \times A_p + (1 - A_p) \times C_Z + osn C_s (1 - A_p)/A_p \quad (160)$$

Због познатих формула за све делове наведенеог израза, приказаће се структура формуле за трошкове застоја система услед нерасположивости (U):

$$C_Z = \sum_{i=1}^n \left(\frac{I_t}{h_{gr}} + C_{rs} + C_{osn} \right)_i \quad (161)$$

Последњи део израза (160) односи се на додатно време у ком систем треба да функционише (због застоја) да би остварио функцију циља. Пројектована расположивост у имениоцу значи да ће систем са великом вероватноћом радити са истом или приближном расположивошћу у додатном периоду.

Када се у пројектованим ценама налази пројектована (процењена) расположивост онда је показатељ добре процене израз (123). Под условом малих разлика између оперативне и пројектоване расположивости израз за стварне трошкове система ($stv C_s$) је:

$$stv C_s = osn C_s \times A_0 + (1 - A_0) \times C_Z + osn C_s (1 - A_0)/A_0 \quad (162)$$

односно:

$$\frac{stv C_s}{proj C_s} \cong 1 \quad (163)$$

Израз (162) се може проширити делом који се односи на трошкове пенала иако исти не морају бити последица лоше процењене нерасположивости (*dod d*). У том случају коначни изглед формуле је:

$$stv C_s = osn C_s \times A_0 + (1 - A_0) \times C_Z + osn C_s \times (1 - A_0)/A_0 + dod d \times P(\%) \times proj C_s / 100 \quad (164)$$

Период у ком систем функционише да би остварио постављени задатак је исто тако важан показатељ успешности у остваривању функције циља и исти се може приказати кроз утицај функције расположивости. Први и основни показатељ потребних часова рада је израз са основним практичним учинком и без функције расположивости:

$$osn h = \frac{Q}{U_p} \quad (165)$$

где је:

Q - пројектована количина радова за извођење (t, m^3, m^2, m^1, itd).

Следећи израз укључује функцију расположивости и може се приказати као:

$$proj h = osn h \times A_p + osn h \times (1 - A_p) + osn h \times \frac{(1 - A_p)}{A_p} \quad (166)$$

Стварни часови у ком се систем налази у стању функције и ван ње, може се приказати аналогно предходном изразу.

$$stv h = osn h \times A_0 + osn h \times (1 - A_0) + osn h \times \frac{(1 - A_0)}{A_0} \quad (167)$$

Одређивањем израза за стварне укупне трошкове свих подсистема добијена је серијска веза еквивалентних практичних учинака и еквивалентних пројектних расположивости, на основу чега се могу одредити сви наведени показатељи рада система за било коју алтернативу технолошког процеса. Оваквим приступом створени су сви услови за техно економску анализу и оптимизацију расположивости система.

5.8 Закључак

На основу закључака из анализираног система, тачка 5.3 и основних принципа за анализирање система који функционишу у устаљеном стању формиран је део модела за оптимизацију расположивости грађевинског производног система који се састоји из низа методологија за анализирање варијантних решења производних система и под варијанти које задовољавају задате граничне услове функције циља у процесу оптимизације који следи. Такође, након завршетка планираних пројеката за реализацију, након завршетка исте, кроз однос оперативне и пројектне расположивости може се извршити анализа укупних трошкова и поређење са пројектованим.

Важна напомена код одређивања стварне јединичне цене система је препознавање најслабијег дела серијског система у последњем кораку одређивања стварних показатеља који се односи на еквивалентне практичне учинке. Овде се треба обратити посебна пажња код препознавања минималног стварног (еквивалентног) практичног учинка јер је управо та вредност показатељ реалног капацитета система. Значи:

$$proj J_{C_s} = \frac{proj C_s}{min proj U_{p_s}} \quad (168)$$

Укупни трошкови система који су последица формирања пројектне цене могу се добити као производ пројектне јединичне цене и укупне количине радова (Q). Коначни и стварни трошкови утврђују се по окончању радова на пројекту са вредношћу оперативне расположивости за сваку компоненту у саставу система, тј:

$$stv J_{C_s} = \frac{stv C_s}{min stv U_{p_s}} \quad (169)$$

6 Оптимизација расположивости грађевинских производних система

6 Оптимизација расположивости грађевинских производних система

Оптимизација функције расположивости може се вршити на два начина:

- Максимизирањем расположивости система за фиксирани трошкови и
- Минимизирањем трошкова за фиксирани (захтевани) расположивости система

Одређивање максимума функције расположивости за различита буџетска сценарија је најчешћи задатак који је садржан у политикама и процедурама *управљања машинским парком*. Други приступ проблему оптимизације расположивости, где се за мали интервал варијације вредности захтеване расположивости изналазе минимални трошкови је начин одређивања укупних трошкова који у поређењу са оствареним требају да докажу занемарљиве разлике у односу на приступ процењивању и оптимизацији истих када се у обзир не узима функција расположивости.

У процесу распоређивања (алоцирања) захтеване (пројектоване) расположивости појединим деловима (подсистема) система потребно је размотрити све факторе који могу утицати на расположивост [5]. Уговором између наручиоца и извођача, између осталог дефинисан је и рок за извођење радова, који на индиректан начин утиче на расположивост компонената и система у машинском парку извођача. На основу планиране количине радова (Q) и основних практичних учинака грађевинских машина долази се до оквирног броја потребних часова рада за реализацију пројекта. Усвајањем потребних часова рада на дневном нивоу добија се податак о потребном броју дана за извршавање уговорене позиције радова. У другом кораку, када се у обзир узимају расположивости компонената тј. пројектовани практични учинци истих који се процењују на основу пројектних расположивости датих изразима (97), (98) и (99) израчунавају се реалније вредности за потребне часове рада. Овакав приступ омогућује инжењерима простор за несметано пројектовање система, јер у функцији рока и расположиве механизације могу варирати вредности дневних извршења тј. часова рада по дану. Узимање у обзир функције расположивости (A_p) има за последицу високу вероватноћу за вредност процењених дана извођења радова.

Број часова рада на дневним нивоима, који могу варирати у функцији пројектованих учинака компонената и система одређују интервал у којем се може налазити пројектовна расположивост. Овде је важно напоменути да дневна извршења треба пројектовати до нивоа који обезбеђује несметана превентивна одржавања делова система, због евентуалне редукације системске расположивости.

Када се на овакав начин приступа усвајању пројектоване расположивости или интервала у ком се иста може налазити, алокација расположивости врши се пре предвиђања расположивости система [5]. Укључивањем пројектне (захтеване) расположивости подсистема, као полазне тачке у одређивању системске расположивости изискује повећану пажњу приликом усклађивања практичних учинака свих подсистема ($proj U_p$).

6.1 Дефинисање функције циља и услова ограничења

На основу анализираних литературе (поглавље 2) и конкретних грађевинских машина у дужем временском периоду, а са аспекта пројектовања грађевинских

производних система, може се закључити да приступ оптимизацији расположивости система према критеријуму укупних трошкова одражава реалне потребе у процесу доношења одлука о коначној вредности потенцијално уговорених радова.

Због математичке формулације функције циља са припадајућим ограничењима за ову врсту проблема, предходно ће се појаснити све ознаке које се појављују у пројектном задатку.

На основу општег блока дијаграма расположивости производног система (слика - 23) са припадајућим ознакама и изразима за расположивост у функцији система и трошковима машина у раду и застоју са припадајућом радном снагом, следе усвојене ознаке:

m	- број подсистема,
n_i	- укупан број компонената система,
x_{ij}	- компонента "i" подсистема "j",
$A_{ij,p}$	- пројектна расположивост компоненте "j" у подсистему "i",
C_{ij}	- укупни трошак компоненте "j" у подсистему "i",
$proj U_{p,ij}$	- пројектни практични учинак компоненте "j" у подсистему "i",
$osn U_{p,ij}$	- основни практични учинак компоненте "j" у подсистему "i",
$A_{i,p,0}$	- минимална (захтевана) расположивост подсистема "i",
$A_{i,p}$	- расположивост подсистема "i",
$C_{i,p}$	- укупни трошкови подсистема "i",
$proj U_{p,i}$	- пројектни практични учинак подсистема "i",
$k_{c,ij}$	- минимални број компонената подсистема "i",
$n_{c,ij}$	- максимални број компонената подсистема "i",
$proj U_{p,i,min}$	- минимални учинак подсистема "i",
$proj U_{p,i,max}$	- максимални учинак подсистема "i",
A_p	- расположивост система,
$A_{p,0}$	- минимална (алоцирана) расположивост система,
C_i/h	- укупни трошкови система у јединици времена,
$proj U_{p,s}$	- пројектовани (захтевани) учинак система,
$proj Q$	- пројектована количина радова,
$k_{c,s}$	- минимални број компонената система,
$n_{c,s}$	- максимални број компонената система,
$proj h$	- пројектовани износ часова рада система,
$proj h_{min}$	- минимални часови рада система,
$proj h_{max}$	- максимални часови рада система,
$proj C_S$	- укупни трошкови,
$proj J_{C_S}$	- пројектовани укупни трошкови по јединици мере готовог производа и
$stv J_{C_S}$	- стварни укупни трошкови по јединици мере готовог производа.

Израз за функцију циља може се усвојити у следећем облику:

$$\text{opt } A_p = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} C_{ij} \times x_{ij} \quad (170)$$

са следећим (општим) условима ограничења:

$$g_1: A_p(x) \geq A_{po},$$

$$g_2: A_{ip}(x) \geq A_{ipo},$$

$$g_3: \sum_j^{n_i} x_{ij} \geq 1,$$

$$g_4: 0 \leq x_{ij} \leq n_{c,ij}$$

$$g_4: x_{ij} \in N \text{ за свако } i, j, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n_i$$

Вредности за $A_p(x)$ и $A_{ip}(x)$ су у функцији израза датих формула у поглављу 5.6, док су вредности за C_{ij} у функцији израза датих формула у поглављу 5.7.

6.2 Приступ пројектовању и вредновању варијантних решења система

Први корак у пројектовању варијантних решења је препознавање потенцијалног броја и врсте грађевинских машина од којих ће се формирати алтернативна решења технолошког процеса. У пракси су то најчешће сопствени, и машински паркови партнера и подизвођача на тендерима за извођење радова. Такође, нису ретки случајеви набавке нове или коришћене опреме на неки од претходно наведених начина куповине или изнајмљивања.

У другом кораку се врши пројектовање могућих сценарија технолошког процеса за задате услове ограничења и критеријумску функцију циља. Почетна (основна) варијанта технолошког процеса најчешће је она која се добија у функцији уговорене количине радова (Q), уговореног рока грађења и практичних учинака компонената, посебно кључне машине у технолошком процесу.

У случају одређивања приближних вредности захтеваних и пројектованих часова рада система корекције се најчешће врше варијацијама дневних часова рада. Када су одступања у пројектованим часовима на првом нивоу пројектовања система значајнија потребно је sukcesивно повећавати број компонената до захтеваног практичног учинка, односно захтеваних часова рада.

Трећи, и најважнији корак у процесу формирања алтернативних решења технолошког процеса је одређивање почетне алокације расположивости на подсистеме. Вредност почетне алоциране расположивости добија се на основу пројектоване (захтеване) вредности расположивости за систем у целини. Да би се несметано ушло у процес оптимизације алоцирања редуванси система, а ценећи критеријум усклађености практичних учинака свих подсистема метода једнаке алокације може послужити за одређивање почетне вредности расположивости серијски везаних подсистема ($A_{p,i}$) [5].
Значи:

$$A_p = \prod_{i=1}^m A_{p,i} \quad (171)$$

или:

$$A_{p,i} = A_p^{1'm} , \quad i = 1, 2 \dots , m \quad (172)$$

Оваквим приступом одређена је вредност расположивости свих подсистема која ближе одређује ред величине оптималне вредности која ће се добити у процесу оптимизације.

Од истраживаних грађевинских машина формираће се варијантна решења технолошког процеса за производњу и уграђивање битумонеом безаних материјала на којима ће се извршити тестирање модела за анализу и оптимизацију расположивости грађевинских производних система. Информације о оперативним расположивостима компонената послужиће за поређење са пројектованим расположивостима и доказивању оправданости умањивања вредности основних практичних учинака компонената и порасте укупних трошкова који такође као и вредности за наведене врсте расположивости имају вредност далеко ближу стварним трошковима у односу на калкулације када се функција расположивости не уважава.

Процес вредновања алтернативних решења у овом случају није комплексне природе као у процесу вишекритеријумске оптимизације. Екстремна вредност функције циља у овом случају је минимални укупни трошак анализираних система којем одговара одређена (оптимална) вредност расположивости система. Специфичност једнокритеријумске оптимизације утиче и на процес вредновања алтернативних решења тако што поједностављује процес доношења коначне одлуке.

7 Информациони систем за анализу, пројектовање и оптимизацију расположивости грађевинских производних система

7 Информациони систем за анализу, пројектовање и оптимизацију расположивости грађевинских производних система

Увођењем система квалитета на нивоу целог предузећа, информациони систем наметнуо се као потреба за бржим и једноставнијим управљањем пословних процеса. Основа за израду интегрисаног информационог система (И.И.С) је пројектни задатак састављен из делова (модула) са записима интегрисаног система менаџмента који се користи за чување докумената о радним активностима, контролу тока радних активности, мерење способности и побољшања, као и управљање активностима побољшања.

И.И.С израђен је у програмском језику PHP, и потпуно је прилагођен организацији рада у свим организационим деловима предузећа. Серверска основа је Linux, а база података је урађена у MySQL-у. Да би се стекла права слика и у правом смислу речи интегрисаном информационом систему, важно је навести да је у оквиру истог израђено 112 апликација које обраде око 5000 акција дневно, са 80 база података које су састављене од 2156 табела са око 50 000 000 слогова које дневно обраде око 12 000 трансакција.

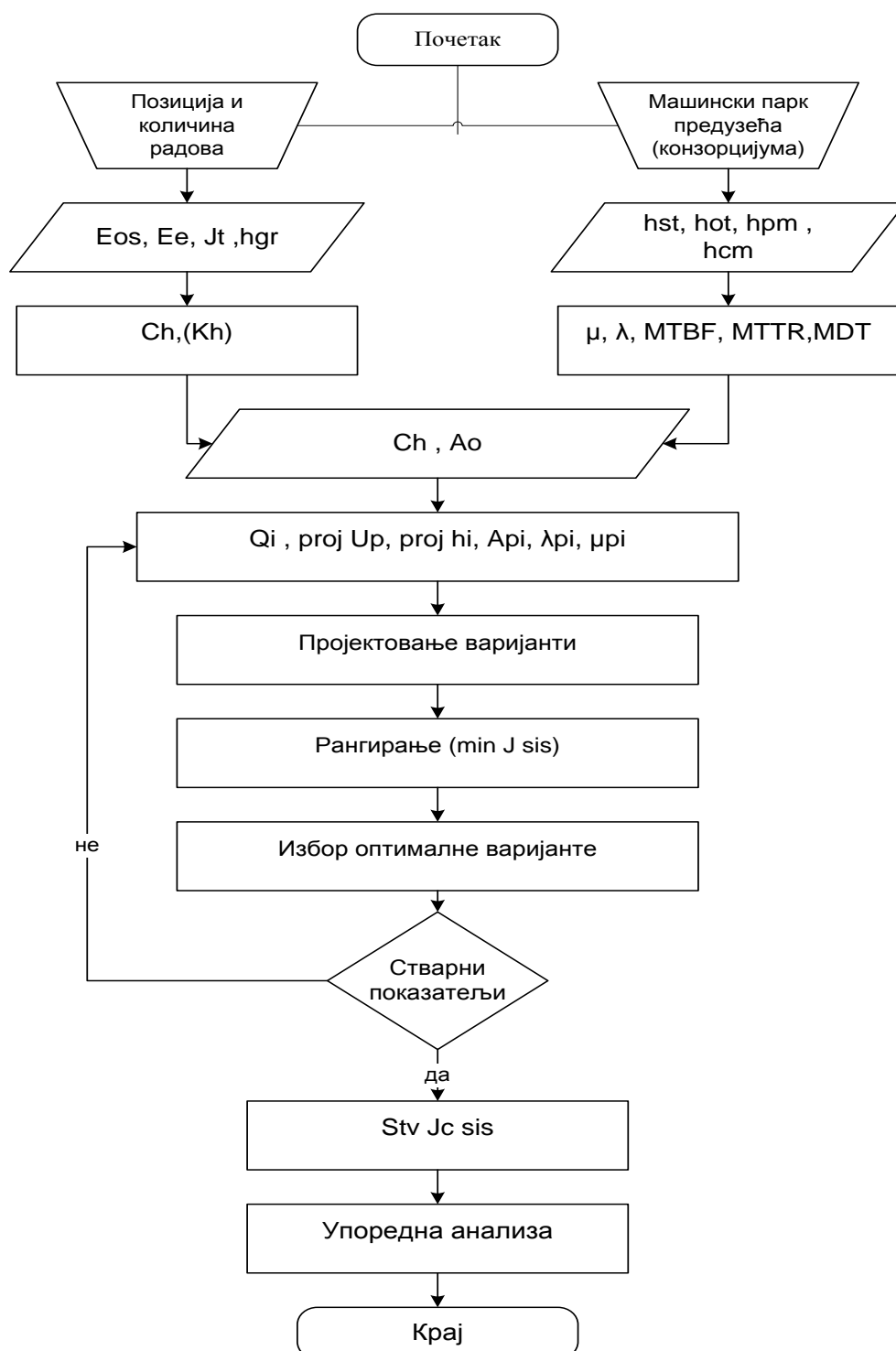
С обзиром на то да је пројектним задатком предвиђено континуално развијање И.И.С у складу са захтевима корисника, а на основу унапређења пословних процеса, усвојено је модуларно развијање (проширење) истог са одређеним подмодулима унутар одређених сектора и служби.

Са циљем унапређења планирања и координације радова на свим пројектима препозната је потреба за информацијама о кретању свих ресурса у реалном времену. Оваквим приступом, између осталог, пројектанту укупних трошкова и укупних трошкова по јединици мере готових производа пружен је увид у расположиве ресурсе унутар предузећа. Поред грађевинских материјала и радне снаге управљање машинским парком као једним од вреднијих делова предузећа захтевало је додатне информације о стању расположиве механизације. За те потребе пројектован је подмодул с намером систематизовања свих података, како би пројектант система грађевинских машина и постројења у оквиру службе оперативно техничке припреме, у сваком тренутку имао информацију са чиме располаже и у каквом су стању основна средства.

7.1 Структурни приказ рада у подмодулу OPTRA

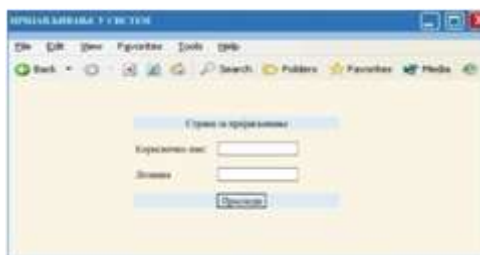
За почетак рада у подмодулу "OPTRA", као и у преосталим модулима и подмодулима предузећа врши се пријављивање на информациони систем у оквиру допуштених приступа тј. овлашћења. Сам подмодул је пројектован да пријавом на систем овлашћено лице има право приступа и служби књиговодства због неопходних података о стварним амортизационим стопама и набавним и отписаним вредностима машина и постројења. Програмом је такође предвиђен увид у динамику ослобађања грађевинских машина на актуелним пројектима како би се са највероватније расположивим јединицама машинског парка у тренутку започињања радова на потенцијалном пројекту започео процес пројектовања варијанти система. Пре пројектовања система врши се ажурирање података о трошковима енергије односно приступом служби набавке у оквиру сектора комерцијале. Овако постављеном делу интегралног информационог система, пројектанту је омогућена пуна слобода у креирању делова система и система у целини.

На следећој слици (28) приказан је алгоритам подмодула информационог система :



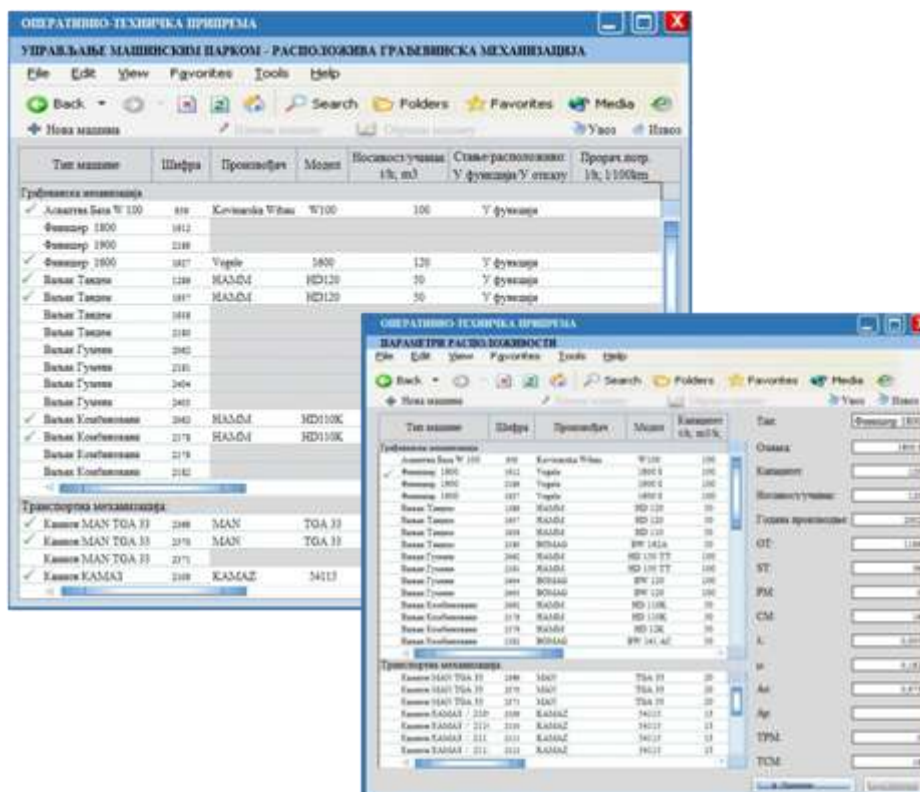
Слика 28 - Алгоритамски приказ програма "OPTRA"

На слици 29 приказан је изглед почетног радног окружења за пријављивање на интегрални информациони систем:



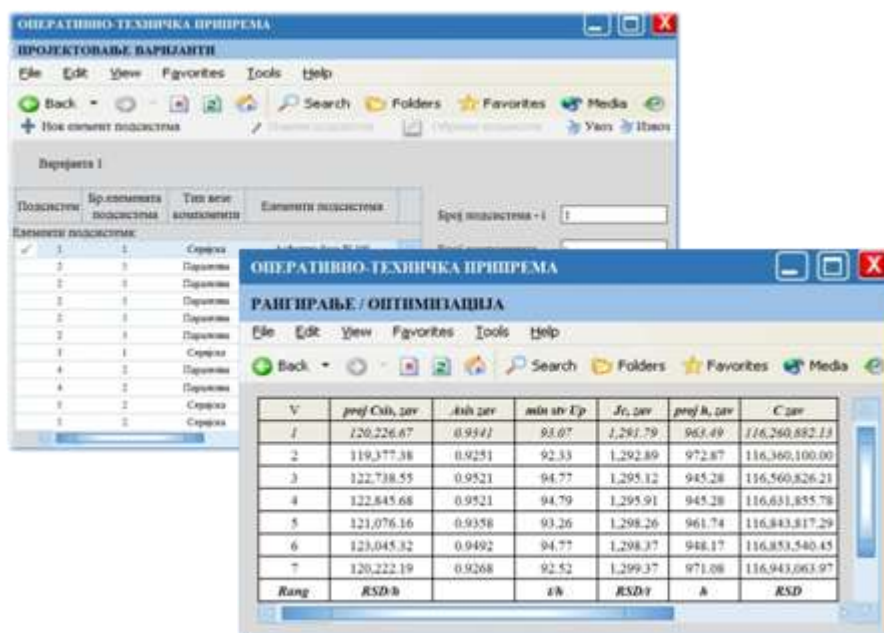
Слика 29 - Пријављивање на информациони систем

На слици 30 приказан је део процеса избора грађевинске механизације за конкретну позицију радова на којој је извршено тестирање предложеног модела. На овом нивоу се такође врши избор одговарајућих параметара расположивости на основу предходног рада компоненти будућег система и трошкови рада и застоја за сваку машину посебно.



Слика 30 - Избор расположивих машина за формирање варијантних решења

Формирањем свих могућих варијанти подсистема и њиховим комбинацијама у процесу пројектовања алтернативних решења технолошког процеса, а за постављене услове ограничења и избор врсте отказа следи испис варијанти према постављеној функцији циља. Слика 31 приказује табеларни приказ ранжираних решења у процесу једнокритеријумске оптимизације.



Слика 31 - Приказ ранжираних варијанти са показатељима рада система

Након архивирања резултата оптимизације следи крај процеса или понављање истог са варирањем вредности код граничних услова што је најчешћи случај код минималног допуштеног учинка за поједине подсистеме и систем у целини, што за последицу има и промену броја компоненти унутар појединих подсистема.

8 Имплементација предложеног модела на систему за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала

8 Имплементација предложеног модела на систему за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала

Тестирање предложеног модела за анализу, пројектовање и оптимизацију расположивости грађевинских производних система извршено је проширењем модула информационог система за управљање машинским парком предузећа. Током пројектовања наведеног модула на основу пројектног задатка укључене су и процедуре система квалитета које садрже управљање одржавањем грађевинске механизације. Информационим модулом омогућено је инжењеру за експлоатацију грађевинских машина свакодневно праћење расположивости истих. Поред увида у ангажованост машина на реализацији различитих пројеката такође је омогућено редовно праћење у вези са одржавањем (корективне и превентивне поправке). Улазни подаци за формирање варијантних решења систематизовани су и приказани на следећој табели:

Ред. Бр.	Машина / Компонента/ Постројење	λp	μp	Ap	Ch	Czast	osn Up	proj Up	osn Jc	proj Jc
		1/h	1/h		RSD/h	RSD/h	t/h	t/h	RSD/t	RSD/t
1	Асвалтна База W 100/959	0.01027	0.22702	0.9567	83,434.14	39,200.00	100.00	95.67	834.34	872.10
2	Финишер 1800 / 1912	0.00536	0.16129	0.9678	7,456.32	4,273.00	100.00	96.78	74.56	77.04
3	Финишер 1900 / 2189	0.00460	0.18239	0.9754	7,632.44	4,375.00	100.00	97.54	76.32	78.25
4	Финишер 1600 / 1927	0.00550	0.20127	0.9734	7,450.14	4,369.00	100.00	97.34	74.50	76.54
5	Ваљак Тандем / 1296	0.00364	0.18349	0.9805	2,152.18	1,437.63	50.00	49.03	43.04	43.90
6	Ваљак Тандем / 1937	0.00331	0.16393	0.9802	2,152.18	1,437.62	50.00	49.01	43.04	43.91
7	Ваљак Тандем / 1938	0.00320	0.19048	0.9835	2,152.18	1,437.62	50.00	49.18	43.04	43.77
8	Ваљак Тандем / 2180	0.00430	0.26278	0.9839	2,143.20	1,512.28	50.00	49.20	42.86	43.57
9	Ваљак Гумени / 2062	0.00350	0.23474	0.9853	2,359.66	1,465.00	100.00	98.53	23.60	23.95
10	Ваљак Гумени / 2181	0.00340	0.26860	0.9875	2,359.66	1,465.00	100.00	98.75	23.60	23.90
11	Ваљак Гумени / 2404	0.00201	0.21739	0.9908	2,359.66	1,465.00	100.00	99.08	23.60	23.82
12	Ваљак Гумени / 2405	0.00209	0.25641	0.9919	2,388.00	1,443.40	100.00	99.19	23.88	24.08
13	Ваљак Комбиновани / 2062	0.00370	0.26835	0.9864	2890.32	1794.31	60.00	59.184	48.17	48.83
14	Ваљак Комбиновани / 2178	0.00400	0.33213	0.9881	2890.32	1794.31	60.00	59.286	48.17	48.75
15	Ваљак Комбиновани / 2179	0.00200	0.21778	0.9909	2913.42	1808.65	60.00	59.454	48.55	49.00
16	Ваљак Комбиновани / 2182	0.00210	0.25715	0.9919	2913.42	1808.65	60.00	59.514	48.55	48.95
17	Камион MAN TGA 33 / 2362	0.00180	0.14696	0.9879	3,543.75	1,570.00	20.00	19.76	177.19	179.36
18	Камион MAN TGA 33 / 2363	0.00184	0.15385	0.9882	3,543.75	1,570.00	20.00	19.76	177.19	179.30
19	Камион MAN TGA 33 / 2364	0.00182	0.15625	0.9885	3,543.75	1,570.00	20.00	19.77	177.19	179.25
20	Камион MAN TGA 33 / 2365	0.00181	0.15748	0.9886	3,543.75	1,570.00	20.00	19.77	177.19	179.23
21	Камион MAN TGA 33 / 2366	0.00182	0.16000	0.9888	3,543.75	1,570.00	20.00	19.78	177.19	179.19
22	Камион MAN TGA 33 / 2367	0.00179	0.15748	0.9887	3,543.75	1,570.00	20.00	19.77	177.19	179.21
23	Камион MAN TGA 33 / 2368	0.00178	0.15504	0.9886	3,543.75	1,570.00	20.00	19.77	177.19	179.23
24	Камион MAN TGA 33 / 2369	0.00178	0.15635	0.9887	3,543.75	1,570.00	20.00	19.77	177.19	179.21
25	Камион MAN TGA 33 / 2370	0.00186	0.16393	0.9888	3,543.75	1,570.00	20.00	19.78	177.19	179.19
26	Камион MAN TGA 33 / 2371	0.00188	0.16667	0.9888	3,543.75	1,570.00	20.00	19.78	177.19	179.19
27	Камион КАМАЗ / 2109	0.00380	0.15005	0.9753	3,512.56	1,529.14	13.00	12.68	270.20	277.04
28	Камион КАМАЗ / 2110	0.00369	0.14663	0.9754	3,512.56	1,529.14	13.00	12.68	270.20	277.01
29	Камион КАМАЗ / 2111	0.00366	0.14599	0.9755	3,512.56	1,529.14	13.00	12.68	270.20	276.98
30	Камион КАМАЗ / 2112	0.00371	0.14076	0.9754	3,512.56	1,529.14	13.00	12.68	270.20	277.01
31	Камион КАМАЗ / 2113	0.00369	0.14815	0.9757	3,512.56	1,529.14	13.00	12.68	270.20	276.93
32	Камион КАМАЗ / 2114	0.00372	0.14925	0.9757	3,512.56	1,529.14	13.00	12.68	270.20	276.93
33	Камион КАМАЗ / 2115	0.00374	0.14815	0.9753	3,512.56	1,529.14	13.00	12.68	270.20	277.04
34	Камион КАМАЗ / 2116	0.00375	0.15038	0.9756	3,512.56	1,529.14	13.00	12.68	270.20	276.95

Табела 8 - Улазни подаци за формирање варијантних решења

Тестирање је вршено за планирану производњу и уграђивање битуменом везаних материјала у износу од 90.000.00 тона. Анализирана је пословна 2008. година, за коју су претходно срачунате предвиђене вредности улазних података, како је то предвиђено моделом и приказано у претходној табели. На основу укупног броја машина за извршавање ове позиције рада омогућено је пројектовање варијантних решења система која се састоје од пет подсистема са могућношћу избора различитих типова веза унутар истих. За пројектовани рок грађења од 125 радна дана и увидом у оперативну расположивост компоненти из претходног периода процењен је просечни пројектовани практични учинак система од 90 t/h. Ценећи капацитет централног постројења (кључне машине) и захтеване расположивости од $A_p = 0,90$, сваки од пет подсистема треба да буде у функцији са просечном расположивошћу од $0,90^{\frac{1}{5}}$, тј. 0,9791, створени су услови за пројектовање алтернативних решења подсистема и система у целини.

8.1 Варијантна решења производних система

На основу ограничења која ближе одређују функцију циља, за истраживане грађевинске машине, делом информационог система за анализу и пројектовање варијантних решења технолошког процеса од броја математичко могућих издвојене су 32 алтернативе за испис и додатну анализу, како би се омогућило доношење квалитетних закључана о утицају функције расположивости на практичне учинке и трошкове рада компоненти, подсистема и система у целини. С обзиром на функцију циља, тј. минимизирање трошкова, приказани табеларни прегледи су последица рангирања алтернативних решења према критеријуму минималних укупних трошкова, за случај независних и зависних отказа система. Наиме, за сваки подсистем са паралелном структуром, активном и пасивном редундансом изабран је случај независних отказа, док су подсистеми у последњем нивоу разлагања система посматрани као редна (серијска) веза са зависним и независним отказима ради поређења утицаја истих на укупне трошкове и стварне резултате рада.

Приликом доношења одлуке о броју приказа варијантних решења водило се рачуна о распону пројектованих трошкова, који су у овом случају ограничени на начин да алтернатива са највећим трошковима не прелази вредност оптималне увећане за 15 % . Овакав приступ за последицу је имао приказ 32 варијанте.

На следећој слици су приказане варијанте од 1 до 3. У тачки 11.4 прилога рада приказане су преосталих 29 варијанти са подсистемима и припадајућим компонентима.

ВАРИЈАНТНА РЕШЕЊА ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА ПРОИЗВОДЊЕ И УГРАЂИВАЊА БИТУМЕНОМ ВЕЗАНИХ МАТЕРИЈАЛА					
Варијанта/Подсистем	Подсистем 1	Подсистем 2	Подсистем 3	Подсистем 4	Подсистем 5

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Пасивна k/n
		Камион MAN TGA 33 / 2362			
		Камион MAN TGA 33 / 2363		Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2404
1	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2364	Финишер VOGELE 1600		
		Камион MAN TGA 33 / 2365		Ваљак тандем /2180	Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2366			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
		Камион MAN TGA 33 / 2362			
		Камион MAN TGA 33 / 2363		Ваљак тандем /1938	
2	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2364	Финишер VOGELE 1600		Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2365		Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2366			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Пасивна k/n	Паралелна	Серијска
		Камион MAN TGA 33 / 2362			
		Камион MAN TGA 33 / 2363	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /1938	
3	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2364			Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2365	Финишер VOGELE 1800	Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2366			

Слика 32 - Приступ приказивања варијантних решења за анализиране машине и постројења

8.2 Рангирање алтернативних решења

Са обзиром да се процес одређивања свих потребних параметара састоји из више методолошких нивоа, следећи табеларни прегледи послужиће за приказ добијених резултата по свакој алтернативи производног система. Рангирање у случајевима једнокритеријумске оптимизације не представља проблем као што то може бити случај код вишекритеријумске оптимизације система, те самим тим не захтева сложена софтверска решења [91].

Рангирање према минималним укупним трошковима за случај примене израза зависних озказа у последњем нивоу израчунавања расположивости серијски повезаних подсистема приказано је на следећој табели:

V	proj Csis, zav	Asis zav	min stv Up	Jc, zav	proj h, zav	C zav
1	120,226.67	0.9341	93.07	1,291.79	963.49	116,260,882.13
2	119,377.38	0.9251	92.33	1,292.89	972.87	116,360,100.00
3	122,738.55	0.9521	94.77	1,295.12	945.28	116,560,826.21
4	122,845.68	0.9521	94.79	1,295.91	945.28	116,631,855.78
5	121,076.16	0.9358	93.26	1,298.26	961.74	116,843,817.29
6	123,045.32	0.9492	94.77	1,298.37	948.17	116,853,540.45
7	120,222.19	0.9268	92.52	1,299.37	971.08	116,943,063.97
8	120,270.20	0.9258	92.42	1,301.33	972.13	117,119,648.14
9	121,236.35	0.9321	93.07	1,302.64	965.56	117,237,256.90
10	120,234.87	0.9241	92.23	1,303.62	973.92	117,325,813.27
11	121,296.79	0.9290	92.53	1,310.89	968.78	117,980,234.52
12	120,551.93	0.9200	91.80	1,313.16	978.26	118,184,666.67
13	120,601.92	0.9190	91.70	1,315.17	979.33	118,364,939.70
14	126,216.47	0.9482	94.77	1,331.79	949.17	119,861,485.41
15	126,378.23	0.9483	94.79	1,333.23	949.07	119,991,080.98
16	126,263.47	0.9472	94.67	1,333.77	950.17	120,039,240.42
17	126,458.52	0.9472	94.77	1,334.35	950.17	120,091,348.22
18	126,417.53	0.9474	94.69	1,335.13	949.97	120,161,651.96
19	126,431.24	0.9472	94.67	1,335.54	950.17	120,198,740.10
20	133,651.06	0.9497	94.79	1,409.96	947.67	126,896,342.54
21	130,984.78	0.9268	92.52	1,415.69	971.08	127,412,099.32
22	131,038.90	0.9258	92.42	1,417.85	972.13	127,606,255.42
23	130,967.24	0.9250	92.33	1,418.41	972.97	127,656,789.55
24	131,014.00	0.9241	92.23	1,420.49	973.92	127,844,144.55
25	131,356.53	0.9200	91.80	1,430.86	978.26	128,777,097.82
26	131,329.72	0.9200	91.70	1,432.15	978.26	128,893,755.49
27	136,862.60	0.9481	94.77	1,444.13	949.27	129,971,584.00
28	137,015.83	0.9483	94.79	1,445.46	949.07	130,091,057.24
29	137,030.50	0.9481	94.77	1,445.90	949.27	130,131,030.26
30	137,068.11	0.9473	94.69	1,447.61	950.07	130,285,179.03
31	137,074.95	0.9472	94.67	1,447.98	950.17	130,317,762.36
32	137,074.95	0.9472	94.67	1,447.98	950.17	130,317,762.36
Rang	RSD/h		t/h	RSD/t	h	RSD

Табела 9 - Рангирање варијанти у функцији зависних отказа

Овде се може закључити да оптималној расположивости система одговарају оптимални укупни трошкови и обрнуто. Такође, за оптималну расположивост, означене су припадајуће вредности за:

- укупне трошкове система (RSD),
- укупне трошкове система по јединици времена (RSD/h),
- укупне трошкове система по јединици мере готовог производа (RSD/t),
- минималне стварне резултате рада (t/h) и
- време трајања радова.

Аналогно предходном, на следећој табели приказане су вредности за наведене показатеље рада за случај независних трошкова:

<i>V</i>	<i>proj Csis, nez</i>	<i>Asis nez</i>	<i>min stv Up</i>	<i>Jc, nez</i>	<i>proj h, nez</i>	<i>C nez</i>
3	123,061.07	0.9476	94.77	1,298.52	949.77	116,867,112.43
4	123,153.90	0.9479	94.79	1,299.16	949.47	116,924,485.28
6	123,155.49	0.9477	94.77	1,299.54	949.67	116,958,166.57
7	120,342.20	0.9252	92.52	1,300.66	972.76	117,059,803.07
5	121,314.01	0.9326	93.26	1,300.82	965.04	117,073,352.99
8	120,390.71	0.9242	92.42	1,302.63	973.82	117,237,001.31
2	120,291.44	0.9233	92.33	1,302.84	974.76	117,255,817.18
9	121,341.88	0.9307	93.07	1,303.77	967.01	117,339,305.90
10	120,371.81	0.9223	92.23	1,305.10	975.82	117,459,441.63
1	121,570.62	0.9307	93.07	1,306.23	967.01	117,560,500.70
11	121,570.55	0.9253	92.53	1,313.85	972.66	118,246,509.24
12	120,703.70	0.9180	91.80	1,314.82	980.36	118,333,456.38
13	120,756.42	0.9170	91.70	1,316.85	981.46	118,516,573.96
14	126,253.58	0.9477	94.77	1,332.19	949.67	119,896,724.28
15	126,407.80	0.9479	94.79	1,333.55	949.47	120,019,152.06
17	126,421.42	0.9477	94.77	1,333.96	949.67	120,056,115.38
16	126,300.72	0.9467	94.67	1,334.16	950.67	120,074,658.28
18	126,454.64	0.9469	94.69	1,335.52	950.47	120,196,923.47
19	126,468.42	0.9467	94.67	1,335.93	950.67	120,234,085.81
20	133,793.72	0.9479	94.79	1,411.46	949.47	127,031,792.51
21	131,114.57	0.9252	92.52	1,417.09	972.76	127,538,350.48
22	131,169.23	0.9242	92.42	1,419.26	973.82	127,733,167.21
23	131,106.54	0.9233	92.33	1,419.92	974.76	127,792,572.08
24	131,162.07	0.9223	92.23	1,422.10	975.82	127,988,629.98
25	131,522.99	0.9180	91.80	1,432.67	980.39	128,940,288.26
26	131,579.95	0.9170	91.70	1,434.88	981.46	129,139,339.42
27	136,894.51	0.9477	94.77	1,444.47	949.67	130,001,885.97
28	137,047.62	0.9479	94.79	1,445.79	949.47	130,121,235.85
29	137,062.35	0.9477	94.77	1,446.24	949.67	130,161,277.07
30	137,100.03	0.9469	94.69	1,447.95	950.47	130,315,515.12
31	137,114.92	0.9467	94.67	1,448.40	950.67	130,355,762.01
32	137,114.92	0.9467	94.67	1,448.40	950.67	130,355,764.49
Rang	RSD/h		t/h	RSD/t	h	RSD

Табела 10 - Рангирање варијанти у функцији независних отказа

Свакој алтернативи из табела у којој су извршена рангирања одговара једна табела у којој су приказани сви потребни показатељи расположивости и укупних трошкова система, како је приказано на следећој табели која представља оптималну комбинацију система грађевинских машина. Табеле које се односе на преостале варијанте приказане су у прилогу рада 11.4.3.

<i>Q</i> , tona	<i>Варијанта 1</i>			<i>C I =</i>	<i>116,261,737.61</i>	<i>RSD</i>
<i>90,000.00</i>	<i>П.С. 1</i>	<i>П.С. 2</i>	<i>П.С. 3</i>	<i>П.С. 4</i>	<i>П.С. 5</i>	
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9734	0.9997	0.9998	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	7,450.14	4,295.38	3,803.06	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	4,273.00	2,949.90	2,908.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	97.34	99.97	99.98	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	876.06	899.73	899.82	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	24.59	0.27	0.18	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	924.59	900.27	900.18	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.97	7,569.22	4,296.27	3,803.64	
<i>proj Csis, nez</i>				121,570.62	<i>RSD/h</i>	
<i>proj Csis, zav</i>				120,226.67	<i>RSD/h</i>	
<i>Jc, nez</i>				1,306.24	<i>RSD/t</i>	
<i>Jc, zav</i>				1,291.80	<i>RSD/t</i>	
<i>Asis nez</i>					0.9307	
<i>Asis zav</i>					0.9341	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9734	0.9997	0.9998	93.07	

Табела 11 - Показатељи расположивости подсистема и система у целини

У табели 11 такође су приказани укупни трошкови функционисања система и дужине потребног периода који је потребан подсистемима за извршавање постављеног задатка. Дужина периода за извршавање задатка са становишта система приказана је на графицима у тачци 8.3.

8.3 Закључак

На рангираним табеларним блок дијаграмима може се уочити значај врста веза унутар појединачних подсистема. Оптимална варијанта се састоји од два подсистема са паралелним везама, тј. подсистемом 2 (П.С.2) и подсистемом 4 (П.С.4), док се подсистеми 1 и 3 садрже од минималног броја компонената (1). Подсистем 5 састоји се од једне компоненте са једном пасивном редундансом (1/2). У овом случају, оптимални систем има веће трошкове од истог без пасивне редундансе за износ трошкова основног средства и радне снаге, како је и приказано изразом (117). Због великих брзина обраде значајног броја комбинација препоручљиво је варирати вредности код ограничавајућих услова функције циља с обзиром на то да се за различите вредности минималног допуштеног учинка, пасивна веза k/n у процесу рангирања појављује ближе оптималној варијанти.

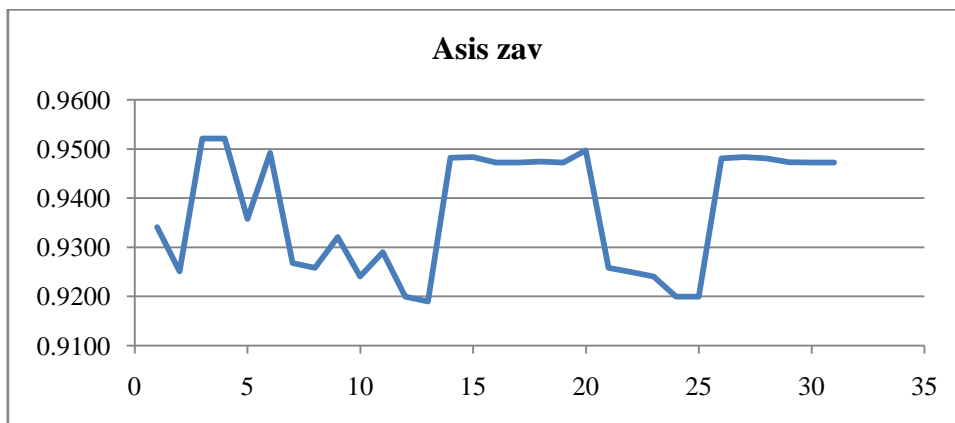
За оптималну варијанту следеће слике показују односе између вредности:

- расположивости система,
- укупних трошкова по јединици мере готовог производа,
- времена потребног за извршавање позиције радова и

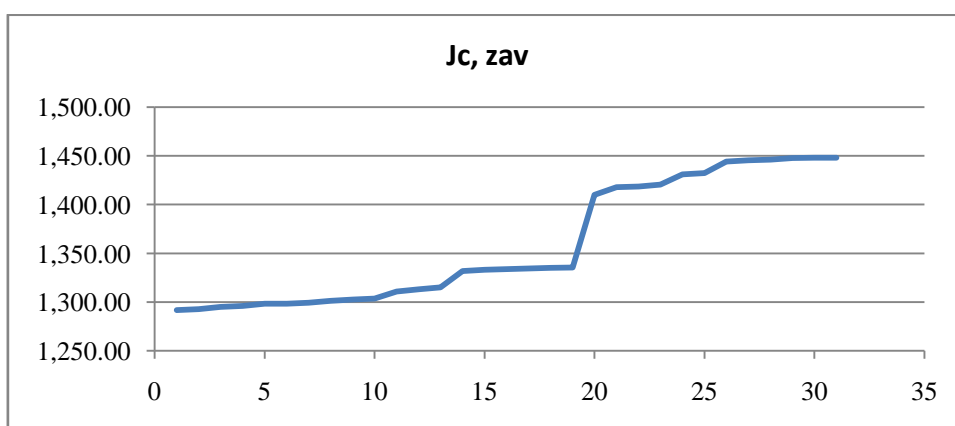
- минималног стварног практичног учинка

за случај зависних и независних отказа између подсистема (случај серијско - паралелних система).

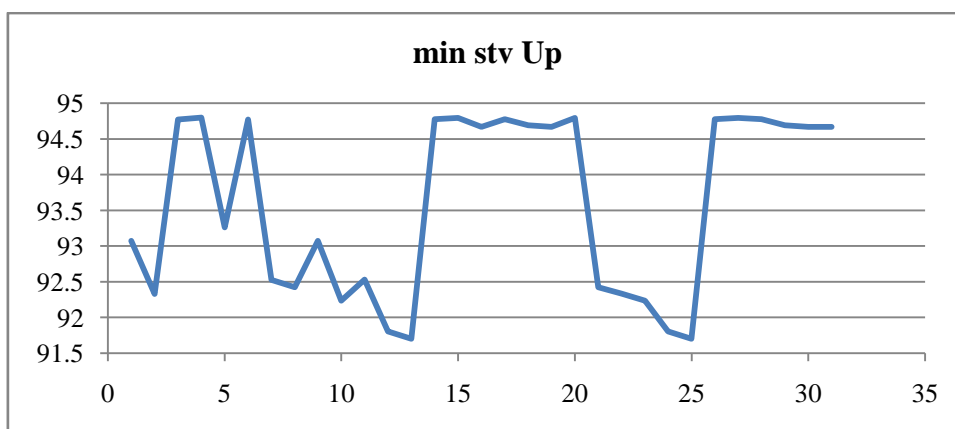
8.3.1 Оптималне вредности показатеља рада система - зависни откази



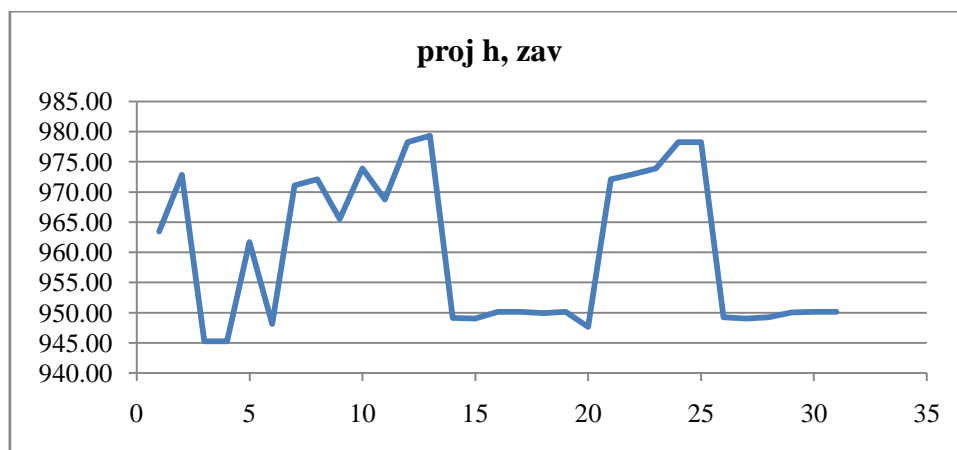
Слика 33 - Функција расположивости за случај зависних отказа



Слика 34 - Функција укупних трошкова по јединици мере готовог производа

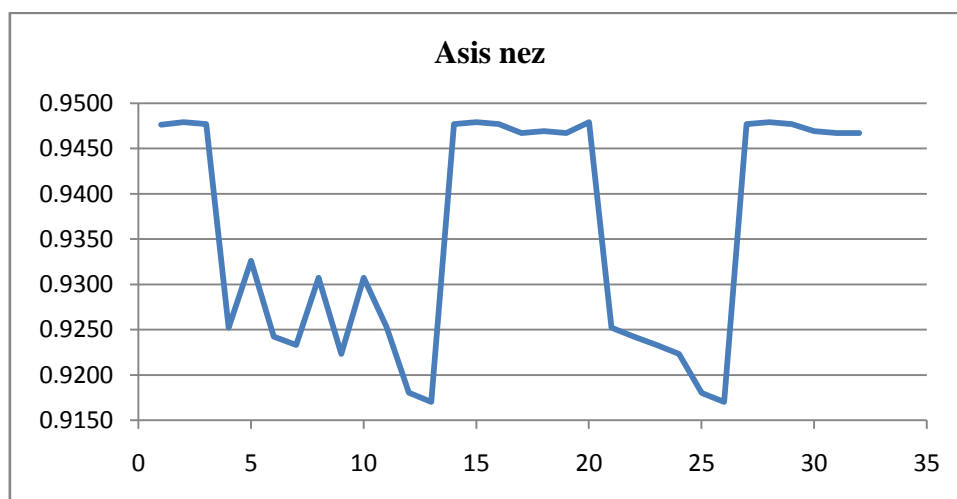


Слика 35 - Функција минималног стварног пројектованог практичног учинка

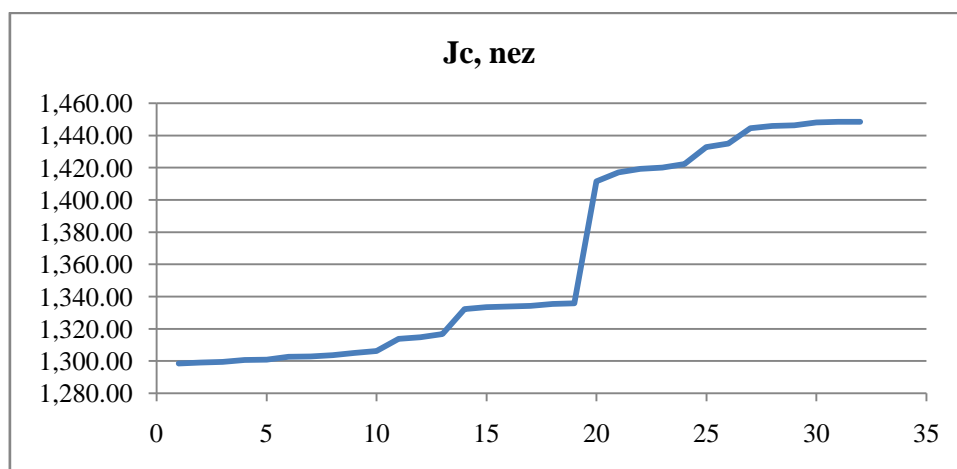


Слика 36 - Функција потребног броја часова за варијантна решења

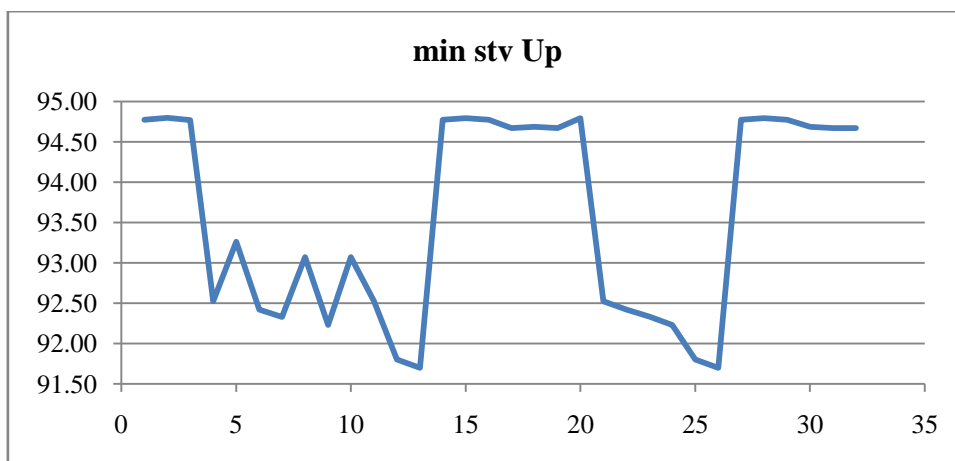
8.3.2 Оптималне вредности показатеља рада система - независни откази



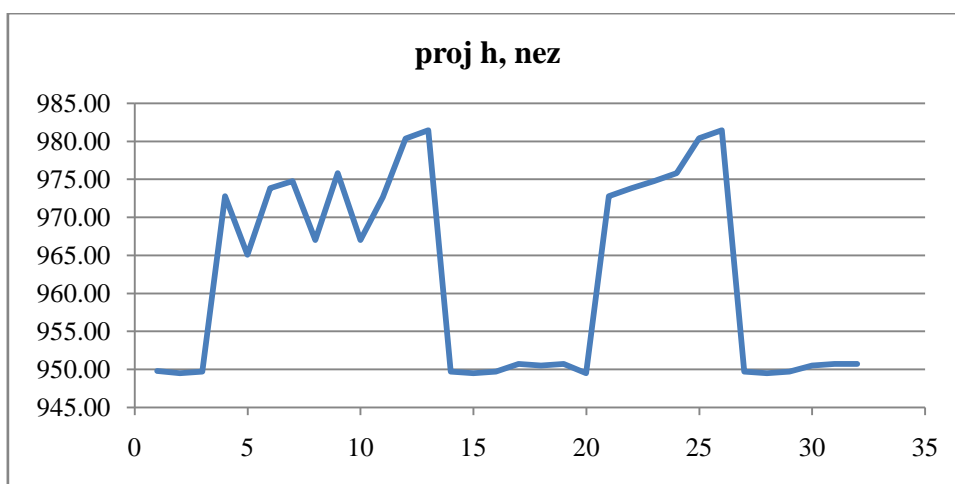
Слика 37 - Функција расположивости за случај независних отказа



Слика 38 - Функција укупних трошкова по јединици мере готовог производа



Слика 39 - Функција минималног стварног пројектованог практичног учинка



Слика 40 - Функција потребног броја часова за варијантна решења

Са слика се може уочити оправданост тврдње о релативизацији независних отказа у системима грађевинских машина. Функција минималног стварног практичног учинка има различит график иако су наведене вредности исте у случају зависних и независних отказа. Ово се правда разликама у процесу рангирања према минималним укупним трошковима за различите врсте отказа. Увидом у графикон који приказује трајање радова у сатима доносиоцу одлуке помаже о евентуалним променама критеријума о усвајању оптималне варијанте.

8.3.3 Стварне оптималне вредности показатеља рада система

По окончању пројеката у пословној години . и обрадом података о стварним отказима и поправкама компонената, добијене вредности за:

- интензитете отказа (λ),
- интензитете поправки (μ) и
- оперативне расположивости (A_0).

упоређене су са пројектованим у предложеној оптималној варијанти, а добијени резултати приказани су на идентичан начин и то за случај зависних и независних отказа:

<i>Q</i> , tona	Стварна Варијанта 1			<i>C I</i> =	116,809,129.45	RSD
90,000.00	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
<i>A_{i,p}</i>	0.9570	0.9999	0.9710	0.9997	0.9996	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	7,450.14	4,295.38	3,803.06	
<i>C_i, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	4,273.00	2,949.90	2,908.40	
<i>proj Up,i</i>	95.70	99.99	97.10	99.97	99.96	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.30	899.91	873.90	899.73	899.64	
<i>proj hi,z</i>	40.44	0.09	26.88	0.27	0.36	
<i>proj h</i>	940.44	900.09	926.88	900.27	900.36	
<i>proj C i/h</i>	85,280.94	17,719.97	7,580.51	4,296.27	3,804.22	
<i>proj Csis, nez</i>				121,745.57	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				120,508.58	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,311.20	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,297.88	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9285	
<i>Asis zav</i>					0.9296	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9710	0.9997	0.9996	92.85	

Табела 12 - Стварни показатељи укупних трошкова и функције расположивости

Следећа табела приказује односе између пројектованих и стварних резултата функције расположивости и укупних трошкова:

Показатељи	Пројектовано	Остварено	Остварено / Пројектовано
<i>Csis, nez</i>	121,570.62	121,745.57	1.0014
<i>Csis, zav</i>	120,226.67	120,508.58	1.0023
<i>Jc, nez</i>	1,306.24	1,311.20	1.0038
<i>Jc, zav</i>	1,291.80	1,297.88	1.0047
<i>Asis nez</i>	0.9307	0.9285	0.9976
<i>Asis zav</i>	0.9341	0.9296	0.9952
<i>min stv Up</i>	93.07	92.85	0.9976
<i>h sis, nez</i>	967.01	969.31	1.0024
<i>h sis, zav</i>	963.49	968.16	1.0048
C	116,261,737.61	116,809,129.45	1.0047

Табела 13 - Однос стварних и пројектованих показатеља рада система

Вредности у колони остварено - пројектовано потврђује оправданост увођења функције расположивости у процес пројектовања варијантних решења система грађевинских машина. Вредности односа блиски су броју 1 што је у складу са изразом (123) предложеног модела.

Приказане разлике у односима пројектовано - стварно доказују оправданост укључивања функције расположивости у току процеса одређивања јединичних трошкова система (укупни трошкови система по јединици мере готовог производа).

9 Закључак и правци даљих истраживања

9 Закључак и правци даљих истраживања

Вишеструки значај функције расположивости у примени на одржаване производне системе огледа се кроз утицај на укупне трошкове система и производне капацитете. У грађевинским производним системима, односно системима грађевинских машина и постројења, утицај функције расположивости је приказан кроз укупне трошкове система и укупне трошкове система по јединици мере готовог производа и практичне учинке компонената, подсистема и система у целини.

За потребе рада истражена је обимна литература из области предмета истраживања и шире, са циљем бољег разумевања односа функције расположивости према осталим показатељима ефективности система. Такође, вршена је анализа времена рада и времена отказа 34 јединице машинског парка предузећа у дужем временском периоду. Први и основни закључак након извршених анализа се односи на не заобилазни значај историјске базе података кад су оваква врста показатеља предмет истраживања.

С обзиром на наслов теме рада, предложени модел за оптимизацију је општег карактера и применљив је на било који случај грађевинског производног система. Историјска база података је послужила да се предложи изрази за предвиђање интензитета отказа, интензитета поправки и вредности функције расположивости. Наведени изрази су у функцији амортизационог периода за посматрану компоненту система и вредности из предходног рада унутар различитих производних система ((97)-(102)).

За трошкове рада и застоја компонената система потребно је водити рачуна пре пројектовања подсистема и система у целини због утицаја врсте набавке на исте. Такође, приказани су трошкови у функцији веза унутар подсистема и система у целини и у функцији врсте отказа (зависни и независни). Такође, утицај функције расположивости у функцији веза и врсте отказа између компоненти унутар подсистема и система на практичне учинке заузима значајно место у пројектовању варијанти система. Посматрање система у условима устаљеног стања коришћењем методе уравнотежења учесталости дало је оправдане резултате у првом делу модела који се односи на анализу и систематизацију показатеља средњих времена између отказа и средњих времена до поправке, као и средњег времена у застоју система, када се узму у обзир времена за административно логистичке радње.

Иако мале вредности за односе интензитета отказа и интензитета поправки ($\rho = \frac{\lambda}{\mu}$) доказано је да могу утицати на избор меродавне расположивости унутар варијанти система и то у случајевима када су вредности расположивости за случај зависних и независних отказа приближне.

Један од важнијих закључака је практичност у примени практичних учинака компоненти, подсистема и система у целини приликом израчунавања јединичних трошкова. Наиме, следећи изрази могу послужити инжењерима за калкулације који су по правилу и пројектанти система варијантних решења да без увида у цео рад схвате суштину примене функције расположивости у процесу одређивања укупних трошкова система:

$J_{C_s} = \frac{C_s}{U_{p_s}}$ - погрешан и најчешће кориштен израз за јединичне трошкове,

$proj J_{C_s} = \frac{proj C_s}{min proj U_{p_s}}$ - исправан израз који се користи *искусственим* приступом и

$stv J_{C_s} = \frac{stv C_s}{min stv U_{p_s}}$ - стварни трошкови добијени по окончању пројекта.

Предложени модел је направио јасну разлику између наведених приступа и доказао значај функције расположивости на укупне трошкове, производне капацитете и трајање радова а све у функцији врсте веза и отказа у деловима система и система у целости.

Моделом је такође предвиђено да се о коначној цени одлучује у последњем кораку због методологија које користе укупне трошкове у току израчунавања истих.

Веома важно је нагласити да се моделом расположивости добијају расположивости из подсистема, док алокација представља обрнут процес како је то и наведено у првом кораку тестирања модела.

Оптимизацијом расположивости је истакнут значај пасивне *k/n* везе унутар подсистема који се садрже од једне компоненте и то за случај зависних и независних отказа. У тестираном систему, оптимална варијанта 1 за случај зависних отказа има пасивну редундансу у подсистему 5, на позицији глатког ваљка који иначе као и финишер у варијанти 3 има пасивну редундансу. Оба подсистема у анализираном систему представљају осетљива места са аспекта кључне машине и система у целини.

Оптимална расположивост за случај зависних отказа износи *0.9341* за укупне јединичне трошкове од *1,291.79 RSD/t*, док за случај независних отказа расположивост система једнака је *0.9477* за укупне јединичне трошкове *1,298.52 RSD/t*. Разлика у трошковима код једних и других врста отказа износи *0.5 %* тј. мањи су у случају зависних отказа али разлика у вредности системске расположивости износи *1.35 %* у корист независних отказа.

Добијене оптималне вредности пружају доносиоцу одлуке могућност избора између мале разлике у укупним трошковима и нешто веће расположивости система, са увидом у минималне стварне практичне учинке и времена трајања радова.

Добијени резултати након тестирања предложеног модела оправдавају хипотезу стационарности процеса за грађевинске производне системе и не коришћење компликованијих математичких модела за оптимизацију расположивости са аспекта грађевинског инжењера у току израда понуда и управљања пројекта. Увођење функције расположивости у процес изналагања оптималних решења за системе грађевинских машина помаже ширем сагледавању у процесу пројектовања истих и заокружује истраживања из наведене области. Због велике разлике између теоријских искустава и њихове примене у пракси предложени модел нуди експертски приступ са циљем превенције традиционалног приступа у одбијању нових (старих) метода и техника у савременом пословању компанија.

9.1 Оригинални научни доприноси

На основу обимне истраживане литературе из области предмета истраживања а за постављени циљ са изведеним циљевима рада, анализирани подаци из историјске базе података предузећа имали су пресудни значај у одређивању методологија за сваки корак у процесу формирања предложеног и тестираног модела. У дисертацији су предложена унапређења постојећег информационог система у делу пројектовања јединичних укупних трошкова по јединици мере готовог производа увођењем функције расположивости кроз оптимизацију исте.

Основни научни доприноси у дисертацији огледају се кроз:

- Обиман број истраживаних података о временима отказа и временима поправки из постојећег информационог система што је имало за циљ критички приступ у прикупљању и бележењу истих и формирање оригиналне научне методологије за измену дела информационог система који се односио на наведене начине уноса назначених времена у базу података.
- Систематизацију истраживаних података са циљем формирања дела модела који се односи на предвиђање будућег понашања компоненти, подсистема и система у целини. Предвиђена методологија унутар модела, увођењем утицаја амортизације на интезитете отказа и интезитете поправки представља оригинални научни допринос за дефинисани предмет истраживања.
- Анализирање грађевинских производних система са становишта задатог интервала варијације расположивости (алокација) због ограничења која представљају основне услове сваког уговора о грађењу.
- Проширење и прилагођавање методе егзактног минимизирања трошкова за поузданост серијско - паралелних система кроз увођење могућности избора активних и пасивних веза типа k/n .
- Предложени модел који се састоји од 8 методологија у процесу од бележења карактеристичних времена до оптимизације функције расположивости минимизирањем укупних трошкова за сваку од могућих варијанти система.
- Увођење показатеља укупних трошкова а не цена, чиме се вишекритеријумски приступ оптимизације своди на једнокритеријумски.
- Преиспитивање интегралности информационог система предузећа кроз пројекте задатке за све модуле и подмодуле истог.

9.2 Правци даљих истраживања

Увођење функције расположивости у процесу анализе, пројектовања и оптимизације система грађевинских машина са циљем добијања реалних показатеља рада компоненти и система у целини губи сваку оправданост, ако се не обрати посебна пажња на квалитативни и квантитативни карактер показатеља најосновнијих улазних података за сваку компоненту система. Ово се односи на:

- Трошкови енергије,

- Трошкови амортизације,
- Трошкови одржавања,
- Граница између текућег и инвестиционог одржавања и
- Обученост особља за руковање и одржавање појединих групација грађевинских машина

Трошкови енергије за посматрану грађевинску машину или возило могу варирати и до 50 % у односу на просечне трошкове, а све у функцији услова рада. Овом проблему, у Србији, како и у теорији тако и у пракси није посвећена довољна пажња. Као и за остале показатеље који су наведени у раду, и за овај важи да мора имати историјску базу података у оквиру одговарајућег модула информационог система предузећа.

Код трошкова амортизације за анализирани период може се закључити да не одговарају стварним тј. књиговодствене вредности истих и практичних не одговарају једни другима. Наведено се уочава веома лако, јер се у највећем броју случајева појављују основна средства (грађевинске машине и постројења) са књиговодственом вредношћу нула, а да се исте још увек користе за рад. Овај проблем, у конкретном случају решен је увођењем међународних књиговодствених стандарда, где се између осталих појављује и термин фер вредност, тј. вредност основног средства која одговара потенцијално - продајној вредности на дан процене. Дан процене је везан за последњи дан пословне године (31. децембар) и налази се на листи основних средстава предузећа (компаније).

Са циљем даљег не лутања око стварних трошкова текућег и инвестиционог одржавања важно је поставити јасну границу између наведених, која је у конкретном случају заснована на техно - економским показатељима. Сваком основном средству у добро организованим предузећима поклања се посебна пажња кроз отварање досијеа са даном испоруке купцу, који садржи све активности у вези са грађевинском машином, као што су:

- пројекти у ком је учествовала,
- услови рада на сваком нивоу,
- трошкови сваког отказа, тј. поправке,
- имена и презимена руковалаца,
- времена и места сервисирања и корективних поправки,
- називи физичких и правних лица ангажованих за одржавање и логистику,
- трошкови енергије по часу и по јединици мере готовог производа итд.

Једна од важнијих претпоставки у раду, која није доказивана, јер није међу основним и изведеним, али је ипак наведена у тексту, односи се на подразумевану обученост особља. У конкретном предузећу овој проблематици посвећена је посебна пажња, што се не може рећи за већину у Републици Србији. Обавеза купца је да уговором са произвођачем машине или постројења нагласи потребу за организовањем радионица за особље које рукује и одржава механизацију, са обавезом *доказивања* оспособљености.

Наведене области за даља истраживања су веома честе у радовима из домена расположивости, погодности одржавања и поузданости у одржаваним системима.

Утицај превентивног одржавања, број оспособљених тимова за одржавање и утицај људског фактора на потенцијалне ризике су незаобилазни делови наслова већине оригиналних научних радова.

Стратегија одржавања јединица машинског парка треба да буде заснована на максимизирању функције расположивости за различита буџетска сценарија чиме морају да се баве лица задужена за управљање истим. Политике одржавања неопходно је периодично преиспитивати са циљем изналажења најпогоднијег начина за примену метода и техника заснованих на одржавању усмереном ка расположивости (АСМ - метода).

10 Литература

10 Литература

- [1] Прашчевић Ж., Ивковић Б.: *Теорија поузданости и анализа производних система у грађевинарству*. Други Југославенски симпозиј – Организација грађења, зборник радова, Опатија, 1986.
- [2] Трбојевић Б., Прашчевић Ж.: *Грађевинске машине*. Грађевинска књига, Београд, 1991.
- [3] Мирковић М.: *Одређивање модела оперативне расположивости са реалним подацима из рада грађевинског производног система*. Изградња 69 (2015) 3-4, 95-105, Београд, 2015.
- [4] Ивановић Г., Станивуковић Д., Бекер И.: *Поузданост техничких система*. ФТН Издаваштво, Нови Сад, 2010.
- [5] Вујановић Н.: *Теорија поузданости техничких система*. Војноиздавачки и новински центар, Београд, 1990.
- [6] Ивковић Б.: *Оптимизација поузданости производних система у грађевинарству*. Докторска дисертација, Београд, 1988.
- [7] Lamb G: *Availability engineering and managment for manufacturing plant performance*. Prentice Hall PTR, New Jersey, USA, 1995.
- [8] Stapelberg R.F.: *Handbook of availability, maintainability and safety in engineering design*. Springer, London, 2009.
- [9] Lazzaroni M., Cristaldi L. Peretto L., Rinaldi P., Catelo M.: *Reliability engineering*. Springer, Berlin, 2011.
- [10] Rigdon S. E., Basu A. P.: *Statistical methods for the reliability or repairable systems*. John Wiley & Sons, Canada, 2000.
- [11] Kuo W., Prasad V.R., Tillman F.A., Hwang C.: *Optimal reliability design, fundamentals and applications*. Cambridge University press, Cambridge, 2001.
- [12] Ying Shen Juang, Shui Shun Lin, H. Sing Pei Kao: *Aknowledge management system for series parallel availability optimatization and design*. Expert Systems with applications, Elsevier, 2006.
- [13] Burton R., Howard G.: *Optimal system reliability for a mixed series and parallel structure*. Journal of mathematical analysis and applications, 1969.
- [14] Barlow R., Proschan F.: *Availability theory for multicomponent systems*. Berkeley University of California, 1972.
- [15] Nguyen D., Murthy D.: *Optimal preventive maintenance policies for repairable systems*. Operations research Vol. 29, INFORMS, 1981.

- [16] Ивановић Г.: *Вишекритеријумски прилаз проблему алокације поузданости машинских система*. Докторска дисертација, Београд, 1986.
- [17] Honquy W.: *Optimal availability design of maintainable systems: Illustrated with example of power systems*. Elsevier, 1989.
- [18] Mohamed A-A, Leemis L, Ravindran A.: *Optimization techniques for system reliability: a review*. Reliability Engineering and System Safety Journal, 1992.
- [19] Dhillon B., Anude O.: *Income optimization of a repairable and redundant system*. Elsevier, 1994.
- [20] Dekker R., Groenendijk W.: *Availability assessment methods and their application in practice*. Microelectronics and reliability Vol. 35, 1995.
- [21] Nakagawa Y., Nakashima K.: *A heuristic method for determining optimal reliability allocation*. IEEE Transactions on reliability Vol. R-26, 1997.
- [22] Rubinstein R., Levitin G., Lisnianski A., Ben-Haim H., Elmakis D.: *Redundancy optimization of static series-parallel reliability systems under uncertainty*. IEEE Transactions on Reliability, 1998.
- [23] Guo R., Ascher H., Love E.: *Generalized models of repairable systems a survey via stochastic processes formalism*. ORiON Vol. 16, 2000.
- [24] Coit D., Liu J.: *System reliability optimization with k-out-of-n subsystems*. International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering Vol. 7, 2000.
- [25] Marquez A.C., Heguedas A.S.: *Models for maintenance optimization: a study for repairable systems and finite time periods*. Reliability Engineering and System Safety, 2002.
- [26] Ceschini G.F., Saccardi D.: *Availability centered maintenance (ACM), an integrated approach*. Proceedings annual reliability and maintainability symposium, 2002.
- [27] Marquez A., Heguedas A.: *Models for maintenance optimization: a study for repairable systems and finite time periods*. Reliability Engineering & System Safety Vol. 75, 2002.
- [28] Lee H., Kuo W., Ha C.: *Comparison of max-min approach and NN method for reliability optimization of series-parallel system*. Journal of systems science and systems engineering Vol. 12, 2003.
- [29] Elegbede C., Adjallah K.: *Availability allocation to repairable systems with genetic algorithms: a multi-objective formulation*. Reliability Engineering & System Safety Vol.82, 2003.
- [30] Cassady C.R.: *Introduction to repairable systems modeling*. Department of Industrial Engineering University of Arcansas - tutorial, 2003.
- [31] Cui L., Li H., Li J.: *Markov repairable systems with history-dependent up and down states*. Washington State University, 2004.

- [32] Rausand M.: *System reliability theory, Chapter 9, Reliability of maintained systems, Part 2: Optimization of replacement intervals*. Wiley, 2004.
- [33] Wang D., Trivedi K.: *Computing steady-state mean time to failure for non-coherent repairable systems*. IEEE Transactions on reliability, Vol. 54, 2005.
- [34] Azaron A., Katagiri H., Kato K., Sakawa M.: *Reliability evaluation and optimization of dissimilar-component cold-standby redundant systems*. Journal of the Operations Research Society of Japan Vol. 48, 2005.
- [35] Alkhamis T., Ahmed M.: *Simulation-based optimization for repairable systems using particle swarm algorithm*. Simulation Conference, Proceedings of the Winter, 2005.
- [36] Azaron A., Katagiri H., Kato K., Sakawa M.: *A multi-objective discrete reliability optimization problem for dissimilar-unit standby systems*. OR Spectrum, 2006.
- [37] Dey A., Tryon R., Nasser L., Rudy R.: *Reliability prediction and allocation of repairable systems*. SAE World Congress Detroit, 2006.
- [38] Gen M., Yun Y.: *Soft computing approach for reliability optimization: State-of-the-art survey*. Reliability Engineering and System Safety 91, 2006.
- [39] Trindade D, Nathan S.: *Statistical analysis of field data for repairable systems*. Tutorial, RAMS Orlando, 2006.
- [40] Kuo W., Wan R.: *Recent advances in optimal reliability allocation¹*. Elsevier, 2007.
- [41] Nahman J.M.: *Dependability of engineering systems, modeling and evaluation*. Springer, 2007.
- [42] Taboada H., Baheranwala F., Coit D., Wattanapongsakorn N.: *Practical solutions for multi-objective optimization: An application to system reliability design problem*. Reliability Engineering and System Safety, 2007.
- [43] Hwang H.S., Bae S., Cho G.: *Optimization model for system availability subject to multi-state failure considering system cost*. Spring Joint Conference of Korean Institute of Industrial Engineers (KIIE), 2007.
- [44] Tavakkoli-Moghaddam R.: *A new mathematical model for a redundancy allocation problem with mixing components redundant and choice of redundancy strategies*. Applied Mathematical Sciences Vol. 1, 2007.
- [45] Barabady J., Kumar U.: *Availability allocation through importance measures*. International Journal of Quality & Reliability Management, 2007.
- [46] Sharma S., Kumar D., Kumar A.: *Availability optimization of a series-parallel systems using genetic algorithms*. XXXII National Systems Conference, NSC, 2008.
- [47] Pryor G.: *Methodology for estimation of operational availability as applied to military systems*. ITEA Journal No. 29, 2008.

- [48] Group of authors: *Reliability, Maintainability, and Availability (RMA) Handbook*, FAA-HDBK-006A, 2008.
- [49] Juang Y., Lin S., Kao H.: *A knowledge management system for series-parallel availability optimization and design*. Expert system with applications 34, 2008.
- [50] Yue D., Yue W., Qi H.: *Analysis of a machine repair system with warm spares and N-policy vacation*. The 7th International Symposium on Operations Research and Its Applications (ISORA'08) China, 2008.
- [51] Marvel J., Schaub M., Weckman G.: *Assessing the availability and allocating of production capacity in a fabrication facility through simulation modeling: A case study*. International journal of industrial engineering 15, 2008.
- [52] Vesteraas A.: *Comparision of methods and software tools for availability assessment of production systems*. Norwegian University of Science and Technology Department of Mathematical Sciences, 2008.
- [53] Lins I.D., Droguett E.L.: *Multiobjective optimization of availability and cost in repairable systems design via genetic algorithms and discrete event simulation*. Brazilian Society of Operations Research (SOBRAPO), 2009.
- [54] Bauer E., Zhang X., Kimber D.: *Practical system reliability*. IEEE Press, John Wiley and sons, Inc, 2009.
- [55] Faulin J., Juan A., Martorell S., Ramirez-Marquez J.: *Simulation methods for reliability and availability of complex systems*. Springer series in reliability engineering, 2010.
- [56] Taghipour S., Banjević D., Jardine A.: *Periodic inspection optimization model for a complex repairable system*. Elsevier, 2010.
- [57] Agarwal S., Sahani M., Bansal S.: *Reliability characteristic of cold-standby redundant system*. IJRRAS 3 (2), 2010.
- [58] Zia L., Coit D.: *Reliability-redundancy allocation using a column generation approach*. Rutgers University IE Working Paper, 2010.
- [59] *VDI 3423: 2011 Technical availability of machines and production lines - terms, definitions, determination of time periods and calculation*. Verlag des Vereins Deutscher Ingenieure, 2011.
- [60] Muhammad M., Mokhtar A., Majid M.: *Reliability assessment of multi-state repairable system subject to minimal repairs and constant demand*. Humanities, Science and Engineering (CHUSER), IEEE Colloquium, 2011.
- [61] *Надежностъ в техника, термини и определения*. Москва Стандартиформ, 2011.
- [62] Прашчевић Ж., Прашчевић Н.: *Оптимална поузданост система грађевинских машина*. XXXIX Симпозијум о операционим истраживањима, Тара, 2012.

- [63] SureshBabu S., Maheswar D., Ranganath G.: *Reliability optimization model for redundant systems with multiple constraints*. Procedia Engineering, 2012.
- [64] Hogge L.: *Effective measurements of reliability of repairable USAF systems*. Air force Institute of technology, Ohio, 2012.
- [65] Garg H., Sharma S.: *Stochastic behavior analysis of complex repairable industrial systems utilizing uncertain data*. ISA transactions Vol. 51, 2012.
- [66] Hu L., Yue D., Li J.: *Availability analysis and design optimization for a repairable series-parallel system with failure dependencies*. International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 2012.
- [67] Gerokostopoulos A.: *Repairable systems: Data analysis and modeling*. International Applied Reliability Symposium, North America, 2013.
- [68] Gago-Vargas J., Hartillo-Hermoso M.L., Puerto-Albandoz J., Ucha-Enriquez J.M.: *Exact cost minimization of a series-parallel reliable system with multiple component choices using an algebraic method*. Search algorithms for engineering optimization, InTech, 2013.
- [69] Nakagawa Y., Nakashima K.: *A heuristic method for determining optimal reliability allocation*. IEEE Transactions on reliability, Vol.R-26, No 3, 1977.
- [70] Abdelkader R., Abdelkader Z., Mustapha R., Yaman M.: *Optimal allocation of reliability in series parallel production system*. Computers & Operations Research Vol. 40, 2013.
- [71] Wassan R., Majid M., Mokhtar A.: *Impact of different repair assumptions on repairable system risk assessment*. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 7, 2014.
- [72] Hu L., Yue D., Tian R.: *Fuzzy availability assessment for a repairable multistate series-parallel system*. Discrete dynamics in nature and society Vol 2015, Hindawi, 2015.
- [73] Xiao L., Song S., Chen X., Coit D.: *Joint optimization of production scheduling and machine group preventive maintenance*. Reliability Engineering & System Safety, Elsevier, 2015.
- [74] Jigar A.A., Lundteigen M.A., Liu Y.: *A new availability allocation method*. Reliability ESREL Conference September ETH, Zurich, 2015.
- [75] ЈоксићЗ.: *Носивост флексибилних коловозних конструкција*. Институт за испитивање материјала с.р.с., Београд, 1973.
- [76] Куриј К.: *Техноекономски модел оптималног периода експлоатације грађевинских машина*. Докторска дисертација, Београд, 1989.
- [77] Holl A.: *Bitumen-Emulsionen in Straßenerhalt und Straßenbau*. Fachverband und Kaltasphaltindustrie e.V., Hamburg, 1994.

- [78] Суботић П.: *Приручник за асфалт*. Институт за путеве д.д., Београд, 1997.
- [79] Мирковић М., Станимировић Н.: *Стање путне мреже магистралних и регионалних путева на територији АД „Војводинапут-Зрењанин“*. Југословенско саветовање: Стање путне мреже у Југославији – зборник радова, Копаоник, 1998.
- [80] Група аутора: *Савремене тенденције у путном инжењерству*. Институт за путеве, Београд, 2000.
- [81] Група аутора: *Научно стручни скуп Златибор - Рехабилитација и реконструкција путева*. Институт за путеве а.д., Београд, 2000.
- [82] Lavin P.: *Asphalt pavements, A practical guide to design, production and maintenance for engineers and architects*. SpanPress, London, 2003.
- [83] Цветановић А., Банић Б.: *Коловозне конструкције*. Академска мисао, Београд, 2007.
- [84] Ћириковић Г.: *Проблеми планирања, организације и технологије грађења*. Висока Грађевинско-геодетска школа, Београд, 2009.
- [85] Петронијевић П.: *Оптимизација избора грађевинских машина*. Докторска дисертација, Београд, 2011.
- [86] Петронијевић П., Аризановић Д., Иванишевић Н.: *Методологија прорачуна трошкова рада грађевинских машина према USACE*. Изградња 65, 2011.
- [87] Зељић Д., Јокановић И.: *Пробабилитички модели пропадања коловоза*. Зборник радова 22 Грађевинског факултета у Суботици, 2013.
- [88] Speight J.: *Asphalt Materials Science and Technology*, Butterworth - Heinemann, Oxford, UK, 2015.
- [89] Hastings N., Peacock J.: *Statistical distributions*. Halsted press, New York, 1975.
- [90] Прашчевић Ж.: *Операциона истраживања у грађевинарству*. Грађевински факултет, Београд, 1992.
- [91] Оприцовић С.: *Оптимизација система*. Грађевински факултет, Београд, 1992.

11 Прилог

11 Прилог

Због великог броја података који су последица броја истраживаних година, броја компонената и укупних догађаја који по компонентама немају фреквенцију за значајније статистичке анализе али представљају квалитетну базу података за предвиђање рада компонената и система у целини, исти су издвојени у прилогу рада како би се истраживање и предлог модела одвијали у континуитету.

Први део прилога приказује најосновније улазне податке о истраживаним временима како би се на основу истих одредили улазни подаци за следећи ниво методологије.

У анализираном периоду истраживане компоненте су биле делови различитих система који су вршили функцију у различитим условима окружења. Овде се посебно мисли на транспортна средства и компакторе који нису били увек делови система на справљању и уграђивању битуменом везаних материјала. Различитост у условима рада се очигледно може приметити по вредностима интезитета отказа, како нумерички тако и графички. Додате вредности амортизационих трошкова у животном веку компонената поједностављују предвиђања понашања за унапред дефинисане периоде, количине радова и услове рада.

11.1 Преглед времена отказа и поправки истраживаних компонената

Табеле 1 до 42 са припадајућим сликама (графиконима) приказују све предходно наведено за истраживане јединице машинског парка предузећа.

КОМПОНЕНТА / ЦЕНТРАЛНО ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ БИТУМЕНОМ ВЕЗАНИХ МАТЕРИЈАЛА - W1BAU 100											
ГОДИНА 2005											
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Рад	2216	2229	2382	2534	2567	2660	2730	2816	2987	3184	3321
Отказ	2227	2356	2508	2561	2629	2703	2787	2936	3131	3292	3394
Припрема	2228	2356	2509	2564	2630	2704	2789	2937	3132	3293	0
Активна поправка	2229	2357	2510	2566	2635	2705	2791	2938	3135	3296	0
Припрема	2229	2358	2510	2567	2636	2706	2792	2939	3136	3297	0
Рад	2229	2358	2510	2567	2636	2706	2792	2939	3136	3297	0
ОТ	11	127	126	27	62	43	57	120	144	108	73
ST	1	4	2	1	3	2	3	4	6	4	0
PM	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
CM	1	1	1	2	5	1	0	0	3	3	0
ALDT	1	1	1	4	2	2	3	2	2	2	0
TBF	12	131	128	28	65	45	60	124	150	112	73
TTR	2	2	2	6	7	3	5	3	5	5	0
TBM	12	131	128	28	65	45	60	124	150	112	73
DT	2	2	2	6	7	3	5	3	5	5	0
ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	898.00	30.00	3.00	17.00	20.00	92.80	4.00	92.80	4.00	0.0108	0.2500

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A (∞)
ВРЕДНОСТ	0.9587	0.9587	0.9587	0.9587

Табела 1 - Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2005. година

КОМПОНЕНТА / ЦЕНТРАЛНО ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ БИТУМЕНОМ ВЕЗАНИХ МАТЕРИЈАЛА - WIBAU 100														
ГОДИНА 2006														
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Рад	5816	5898	6052	6182	6330	6450	6580	6717	6888	7062	7203	7333	7465	7548
Отказ / Завршетак	5870	6024	6153	6276	6422	6553	6687	6837	7010	7174	7305	7436	7519	7558
Припрема	5871	6025	6154	6280	6423	6554	6689	6838	7011	7175	7306	7438	7520	0
Активна поправка	5873	6027	6157	6281	6425	6555	6692	6839	7013	7178	7308	7440	7523	0
Припрема	5874	6028	6158	6282	6426	6556	6693	6840	7014	7179	7309	7441	7524	0
Рад	5874	6028	6158	6282	6426	6556	6693	6840	7014	7179	7309	7441	7524	0
ОТ	54	126	101	94	92	103	107	120	122	112	102	103	54	10
ST	2	3	2	4	1	2	2	3	5	3	1	2	6	0
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CM	2	2	3	1	2	1	3	1	2	3	2	2	3	0
ALDT	2	2	2	5	2	2	3	2	2	2	2	3	2	0
TBF	56	129	103	98	93	105	109	123	127	115	103	105	60	10
TTR	4	4	5	6	4	3	6	3	4	5	4	5	5	0
TBM	56	129	103	98	93	105	109	123	127	115	103	105	60	10
DT	4	4	5	6	4	3	6	3	4	5	4	5	5	0

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1,300.00	36.00	0.00	27.00	31.00	102.77	4.46	102.77	4.46	0.0097	0.2241

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9584	0.9584	0.9584	0.9584

Табела 2 - Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2006. година

КОМПОНЕНТА / ЦЕНТРАЛНО ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ БИТУМЕНОМ ВЕЗАНИХ МАТЕРИЈАЛА - WIBAU 100										
ГОДИ НА 2 0 0 7										
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рад	11167	11247	11395	11517	11722	11886	12066	12241	12354	12435
Отказ / Завршетак	11195	11343	11511	11621	11834	12013	12189	12325	12405	12439
Припрема	11196	11344	11513	11624	11835	12015	12190	12326	12407	0
Активна поправка	11198	11346	11516	11625	11837	12017	12192	12329	12410	0
Припрема	11199	11347	11517	11626	11838	12018	12193	12330	12411	0
Рад	11199	11347	11517	11626	11838	12018	12193	12330	12411	0
ОТ	28	96	116	104	112	127	123	84	51	4
ST	4	3	2	0	8	4	2	1	0	0
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CM	2	2	3	1	2	2	2	3	3	0
ALDT	2	2	3	4	2	3	2	2	3	0
TBF	32	99	118	104	120	131	125	85	51	4
TTR	4	4	6	5	4	5	4	5	6	0
TBM	32	99	118	104	120	131	125	85	51	4
DT	4	4	6	5	4	5	4	5	6	0

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	845.00	36.00	0.00	20.00	23.00	96.56	4.78	96.56	4.78	0.0103	0.2093

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9531	0.9531	0.9531	0.9531

Табела 3 - Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2007. година

КОМПОНЕНТА / ЦЕНТРАЛНО ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ БИТУМЕНОМ ВЕЗАНИХ МАТЕРИЈАЛА - WIBAU 100										
ГОДИНА 2008										
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рад	16087	16191	16354	16526	16667	16845	16985	17056	17209	17355
Отказ / Завршетак	16161	16326	16495	16638	16816	16955	17028	17179	17326	17382
Припрема	16163	16327	16497	16640	16818	16957	17029	17181	17328	0
Активна поправка	16166	16329	16501	16642	16820	16960	17031	17184	17330	0
Припрема	16167	16330	16502	16643	16821	16961	17032	17185	17331	0
Рад	16167	16330	16502	16643	16821	16961	17032	17185	17331	0
ОТ	74	135	141	112	149	110	43	123	117	27
ST	4	8	5	2	2	1	9	2	2	2
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CM	3	2	4	2	2	3	2	3	2	0
ALDT	3	2	3	3	3	3	2	3	3	0
TBF	78	143	146	114	151	111	52	125	119	29
TTR	6	4	7	5	5	6	4	6	5	0
TBM	78	143	146	114	151	111	52	125	119	29
DT	6	4	7	5	5	6	4	6	5	0

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1,031.00	37.00	0.00	23.00	25.00	118.67	5.33	118.67	5.33	0.0084	0.1875

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9570	0.9570	0.9570	0.9570

Табела 4 - Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2008. година

КОМПОНЕНТА / ЦЕНТРАЛНО ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ БИТУМЕНОМ ВЕЗАНИХ МАТЕРИЈАЛА									
ГОДИНА 2009									
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рад	21005	21149	21291	21436	21589	21744	21879	0.00	0.00
Отказ / Завршетак	21119	21261	21406	21557	21713	21850	21921	0.00	0.00
Припрема	21121	21262	21408	21559	21715	21852	0	0.00	0.00
Активна поправка	21124	21266	21411	21564	21719	21854	0	0.00	0.00
Припрема	21125	21267	21412	21565	21720	21855	0	0.00	0.00
Рад	21125	21267	21412	21565	21720	21855	0	0.00	0.00
ОТ	114	112	115	121	124	106	42	0.00	0.00
ST	3	1	8	3	4	1	5	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
CM	3	4	3	5	4	2	0	0.00	0.00
ALDT	3	2	3	3	3	3	0	0.00	0.00
TBF	117	113	123	124	128	107	47	0.00	0.00
TTR	6	6	6	8	7	5	0	0.00	0.00
TBM	117	113	123	124	128	107	47	0.00	0.00
DT	6	6	6	8	7	5	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	734.00	25.00	0.00	21.00	17.00	126.50	6.33	126.50	6.33	0.0079	0.1579

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9523	0.9523	0.9523	0.9523

Табела 5 - Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2009. година

КОМПОНЕНТА / ЦЕНТРАЛНО ПОСТРОЈЕЊЕ ЗА ПРОИЗВОДЊУ БИТУМЕНОМ ВЕЗАНИХ МАТЕРИЈАЛА									
ГОДИНА 2010									
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рад	25521	25654	25782	25917	26059	26201	0.00	0.00	0.00
Отказ / Завршетак	25624	25753	25887	26028	26169	26307	0.00	0.00	0.00
Припрема	25626	25754	25891	26030	26171	0	0.00	0.00	0.00
Активна поправка	25629	25757	25892	26034	26176	0	0.00	0.00	0.00
Припрема	25630	25758	25893	26035	26177	0	0.00	0.00	0.00
Рад	25630	25758	25893	26035	26177	0	0.00	0.00	0.00
ОТ	103	99	105	111	110	106	0.00	0.00	0.00
СТ	3	1	8	3	4	1	0.00	0.00	0.00
РМ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
СМ	3	3	1	4	5	0	0.00	0.00	0.00
ALDT	3	2	5	3	3	0	0.00	0.00	0.00
TBF	106	100	113	114	114	107	0.00	0.00	0.00
TTR	6	5	6	7	8	0	0.00	0.00	0.00
TBM	106	100	113	114	114	107	0.00	0.00	0.00
DT	6	5	6	7	8	0	0.00	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	634.00	20.00	0.00	16.00	16.00	138.80	6.40	138.80	6.40	0.0076	0.1563

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9534	0.9534	0.9534	0.9534

Табела 6 - Централно постројење за производњу битуменом везаних материјала, 2010. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 20 ТОНА - MAN								
ГОДИ НА 2005								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	2257	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Отказ	2337	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Припрема	2338	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Активна поправка	2343	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Припрема	2344	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Рад	2344	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OT	80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ST	294	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PM	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CM	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ALDT	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TBF	374	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TTR	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TBM	374	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DT	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	80.00	294.00	5.00	0.00	2.00	374.00	7.00	374.00	7.00	0.0027	0.1429

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9816	0.9816	0.9816	0.9816

Табела 7 - Камсион носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2005. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 20 ТОНА - MAN								
ГОДИ НА 2006								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	2636	2802	3337	3866	4387	4886	0.00	0.00
Отказ	2752	3299	3836	4354	4851	5003	0.00	0.00
Припрема	2755	3300	3840	4356	4851	0.00	0.00	0.00
Активна поправка	2757	3302	3841	4362	4861	0.00	0.00	0.00
Припрема	2758	3303	3842	4363	4862	0.00	0.00	0.00
Рад	2758	3303	3842	4363	4862	0.00	0.00	0.00
OT	116	497	499	488	464	117	0.00	0.00
ST	13	5	8	4	12	11	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	10	0	0.00	0.00
CM	2	2	1	6	0	0	0.00	0.00
ALDT	4	2	5	3	1	0	0.00	0.00
TBF	129	502	507	492	476	128	0.00	0.00
TTR	6	4	6	9	11	0	0.00	0.00
TBM	129	502	507	492	476	128	0.00	0.00
DT	6	4	6	9	11	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	2,181.00	53.00	10.00	11.00	15.00	446.80	7.20	446.80	7.20	0.0022	0.1389

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9841	0.9841	0.9841	0.9841

Табела 8 - Камсион носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2006. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 20 ТОНА - MAN								
ГОДИ НА 2007								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	5141	5317	5957	6641	7299	0.00	0.00	0.00
Отказ	5287	5929	6611	7264	7428	0.00	0.00	0.00
Припрема	5290	5930	6615	7264	0	0.00	0.00	0.00
Активна поправка	5292	5932	6616	7274	0	0.00	0.00	0.00
Припрема	5293	5933	6617	7275	0	0.00	0.00	0.00
Рад	5293	5933	6617	7275	0	0.00	0.00	0.00
OT	146	612	654	623	129	0.00	0.00	0.00
ST	16	4	6	3	14	0.00	0.00	0.00
PM	0	0	0	10	0	0.00	0.00	0.00
CM	2	2	1	0	0	0.00	0.00	0.00
ALDT	4	2	5	1	0	0.00	0.00	0.00
TBF	162	616	660	626	143	0.00	0.00	0.00
TTR	6	4	6	11	0	0.00	0.00	0.00
TBM	162	616	660	626	143	0.00	0.00	0.00
DT	6	4	6	11	0	0.00	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	2,164.00	43.00	10.00	5.00	12.00	551.75	6.75	551.75	6.75	0.0018	0.1481

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9879	0.9879	0.9879	0.9879

Табела 9 - Камсион носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2007. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 20 ТОНА - MAN								
ГОДИ НА 2008								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	7440	7717	8459	9218	0.00	0.00	0.00	0.00
Отказ	7686	8429	9183	9703	0.00	0.00	0.00	0.00
Припрема	7686	8430	9183	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Активна поправка	7692	8434	9193	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Припрема	7693	8435	9194	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Рад	7693	8435	9194	0	0.00	0.00	0.00	0.00
ОТ	246	712	724	485	0.00	0.00	0.00	0.00
ST	16	4	6	14	0.00	0.00	0.00	0.00
PM	6	0	10	0	0.00	0.00	0.00	0.00
CM	0	4	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
ALDT	1	2	1	0	0.00	0.00	0.00	0.00
TBF	262	716	730	499	0.00	0.00	0.00	0.00
TTR	7	6	11	0	0.00	0.00	0.00	0.00
TBM	262	716	730	499	0.00	0.00	0.00	0.00
DT	7	6	11	0	0.00	0.00	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	2167.00	40.00	16.00	4.00	4.00	735.67	8.00	735.67	8.00	0.0014	0.1250

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9892	0.9892	0.9892	0.9892

Табела 10 - Камсион носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2008. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 20 ТОНА - MAN								
ГОДИ НА 2009								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	9751	9967	10388	10829	11356	11808	0.00	0.00
Отказ	9919	10351	10801	11327	11773	12097	0.00	0.00
Припрема	9921	10352	10803	11329	11773	0	0.00	0.00
Активна поправка	9922	10353	10804	11331	11783	0	0.00	0.00
Припрема	9923	10354	10805	11332	11784	0	0.00	0.00
Рад	9923	10354	10805	11332	11784	0	0.00	0.00
ОГ	168	384	413	498	417	289	0.00	0.00
ST	17	7	6	5	4	8	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	10	0	0.00	0.00
CM	1	1	1	2	0	0	0.00	0.00
ALDT	3	2	3	3	1	0	0.00	0.00
TBF	185	391	419	503	421	297	0.00	0.00
TTR	4	3	4	5	11	0	0.00	0.00
TBM	185	391	419	503	421	297	0.00	0.00
DT	4	3	4	5	11	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	2,169.00	47.00	10.00	5.00	12.00	443.20	5.40	443.20	5.40	0.0023	0.1852

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880

Табела 11 - Камсион носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2009. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 20 ТОНА - MAN								
ГОДИ НА 2010								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	0	0	0	0	0	0	0	0
Отказ	0	0	0	0	0	0	0	0
Припрема	0	0	0	0	0	0	0	0
Активна поправка	0	0	0	0	0	0	0	0
Припрема	0	0	0	0	0	0	0	0
Рад	0	0	0	0	0	0	0	0
ОТ	0	0	0	0	0	0	0	0
ST	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	0	0	0	0	0	0	0	0
CM	0	0	0	0	0	0	0	0
ALDT	0	0	0	0	0	0	0	0
TBF	0	0	0	0	0	0	0	0
TTR	0	0	0	0	0	0	0	0
TBM	0	0	0	0	0	0	0	0
DT	0	0	0	0	0	0	0	0

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0	0	0	0

Табела 12 - Камсион носивости 20 т - MAN 33 TGA, 2010. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 15 ТОНА - КАМАЗ										
ГОДИНА 2005										
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рад	216	413	635	908	1198	1579	1863	2135	2384	0.00
Отказ / Завршетак	384	607	878	1167	1546	1833	2107	2348	2575	0.00
Припрема	386	608	880	1169	1546	1835	2109	2355	0.00	0.00
Активна поправка	388	610	883	1173	1554	1838	2110	2359	0.00	0.00
Припрема	389	611	884	1174	1555	1839	2111	2360	0.00	0.00
Рад	389	611	884	1174	1555	1839	2111	2360	0.00	0.00
ОТ	168	194	243	259	348	254	244	213	191	0.00
СТ	6	5	3	1	1	4	7	3	2	0.00
РМ	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0.00
СМ	2	2	3	4	0	3	1	4	0	0.00
ALDT	3	2	3	3	1	3	3	8	0	0.00
TBF	174	199	246	260	349	258	251	216	193	0.00
TTR	5	4	6	7	9	6	4	12	0	0.00
TBM	174	199	246	260	349	258	251	216	193	0.00
DT	5	4	6	7	9	6	4	12	0	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	2,144.00	32.00	8.00	19.00	26.00	268.25	6.63	268.25	6.63	0.0037	0.1509

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9759	0.9759	0.9759	0.9759

Табела 13 - Камиион носивости 15 т - КАМАЗ, 2005. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 15 ТОНА - КАМАЗ										
ГОДИНА 2006										
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рад	2647	2849	2906	3171	3445	3809	4115	4382	4667	4899
Отказ / Завршетак	2821	2878	3140	3414	3776	4086	4354	4634	4869	5046
Припрема	2822	2879	3143	3416	3776	4088	4356	4638	4872	0
Активна поправка	2824	2881	3146	3420	3784	4090	4357	4642	4874	0
Припрема	2825	2882	3147	3421	3785	4091	4358	4643	4875	0
Рад	2825	2882	3147	3421	3785	4091	4358	4643	4875	0
ОТ	174	29	234	243	331	277	239	252	202	147
ST	8	3	2	6	2	1	1	2	2	3
PM	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
CM	2	2	3	4	0	2	1	4	2	0
ALDT	2	2	4	3	1	3	3	5	4	0
TBF	182	32	236	249	333	278	240	254	204	150
TTR	4	4	7	7	9	5	4	9	6	0
TBM	182	32	236	249	333	278	240	254	204	150
DT	4	4	7	7	9	5	4	9	6	0

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	2,128.00	30.00	8.00	20.00	27.00	239.78	6.11	239.78	6.11	0.0042	0.1636

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9751	0.9751	0.9751	0.9751

Табела 14 - Камиион носивости 15 т - КАМАЗ, 2006. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 15 ТОНА - КАМАЗ										
ГОДИНА 2007										
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рад	5094	5327	5537	5801	6080	6417	6692	6975	7215	0.00
Отказ / Завршетак	5299	5509	5771	6048	6384	6660	6948	7179	7438	0.00
Припрема	5300	5510	5773	6051	6384	6664	6949	7186	0.00	0.00
Активна поправка	5302	5512	5776	6055	6392	6667	6950	7190	0.00	0.00
Припрема	5303	5513	5777	6056	6393	6668	6951	7191	0.00	0.00
Рад	5303	5513	5777	6056	6393	6668	6951	7191	0.00	0.00
ОТ	205	182	234	247	304	243	256	204	223	0.00
ST	7	4	2	2	2	1	3	5	8	0.00
PM	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0.00
CM	2	2	3	4	0	3	1	4	0	0.00
ALDT	2	2	3	4	1	5	2	8	0	0.00
TBF	212	186	236	249	306	244	259	209	231	0.00
TTR	4	4	6	8	9	8	3	12	0	0.00
TBM	212	186	236	249	306	244	259	209	231	0.00
DT	4	4	6	8	9	8	3	12	0	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	2,098.00	34.00	8.00	19.00	27.00	266.50	6.75	266.50	6.75	0.0038	0.1481

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9753	0.9753	0.9753	0.9753

Табела 15 - Камиион носивости 15 т - КАМАЗ, 2007. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 15 ТОНА - КАМАЗ										
ГОДИНА 2008										
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рад	7486	7625	7828	8131	8380	8708	9025	9289	9523	9742
Отказ / Завршетак	7597	7800	8101	8348	8674	8993	9260	9494	9712	9887
Припрема	7598	7801	8103	8351	8674	8997	9261	9496	9715	0
Активна поправка	7600	7803	8106	8355	8682	9000	9264	9498	9717	0
Припрема	7601	7804	8107	8356	8684	9001	9265	9499	9718	0
Рад	7601	7804	8107	8356	8684	9001	9265	9499	9718	0
ОТ	111	175	273	217	294	285	235	205	189	145
ST	13	5	4	5	2	2	4	7	6	3
PM	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
CM	2	2	3	4	0	3	3	2	2	0
ALDT	2	2	3	4	2	5	2	3	4	0
TBF	124	180	277	222	296	287	239	212	195	148
TTR	4	4	6	8	10	8	5	5	6	
TBM	124	180	277	222	296	287	239	212	195	148
DT	4	4	6	8	10	8	5	5	6	

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	2,129.00	51.00	8.00	21.00	27.00	242.22	6.22	242.22	6.22	0.0041	0.1607

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9750	0.9750	0.9750	0.9750

Табела 16 - Камиион носивости 15 т - КАМАЗ, 2008. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 15 ТОНА - КАМАЗ										
ГОДИНА 2009										
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рад	9959	10139	10324	10600	10834	11157	11462	11720	11949	0.00
Отказ / Завршетак	10106	10296	10569	10804	11124	11432	11692	11920	12126	0.00
Припрема	10111	10297	10573	10806	11124	11435	11693	11921	0.00	0.00
Активна поправка	10114	10299	10575	10809	11132	11437	11695	11924	0.00	0.00
Припрема	10115	10300	10576	10810	11133	11438	11696	11925	0.00	0.00
Рад	10115	10300	10576	10810	11133	11438	11696	11925	0.00	0.00
ОТ	147	157	245	204	290	275	230	200	177	0.00
ST	9	3	5	4	1	2	3	4	4	0.00
PM	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0.00
CM	3	2	2	3	0	2	2	3	0	0.00
ALDT	6	2	5	3	1	4	2	2	0	0.00
TBF	156	160	250	208	291	277	233	204	181	0.00
TTR	9	4	7	6	9	6	4	5	0	0.00
TBM	156	160	250	208	291	277	233	204	181	0.00
DT	9	4	7	6	9	6	4	5	0	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1,925.00	35.00	8.00	17.00	25.00	245.00	6.25	245.00	6.25	0.0041	0.1600

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9751	0.9751	0.9751	0.9751

Табела 17 - Камиион носивости 15 т - КАМАЗ, 2009. година

КОМПОНЕНТА / ТРАНСПОРТНО СРЕДСТВО - КАМИОН НОСИВОСТИ 15 ТОНА - КАМАЗ										
ГОДИНА 2010										
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рад	9959	10137	10333	10606	10852	11171	11481	11738	0.00	0.00
Отказ / Завршетак	10106	10305	10575	10822	11138	11450	11708	11945	0.00	0.00
Припрема	10109	10307	10577	10824	11138	11452	11709	0.00	0.00	0.00
Активна поправка	10112	10308	10581	10827	11146	11456	11713	0.00	0.00	0.00
Припрема	10113	10309	10582	10828	11147	11457	11714	0.00	0.00	0.00
Рад	10113	10309	10582	10828	11147	11457	11714	0.00	0.00	0.00
ОТ	147	168	242	216	286	279	227	207	0.00	0.00
ST	7	8	6	1	3	3	5	8	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	8	0	0	0	0.00	0.00
CM	3	1	4	3	0	4	4	0	0.00	0.00
ALDT	4	3	3	3	1	3	2	0	0.00	0.00
TBF	154	176	248	217	289	282	232	215	0.00	0.00
TTR	7	4	7	6	9	7	6	0	0.00	0.00
TBM	154	176	248	217	289	282	232	215	0.00	0.00
DT	7	4	7	6	9	7	6	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1,722.00	41.00	8.00	19.00	19.00	259.00	6.57	259.00	6.57	0.0039	0.1522

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9753	0.9753	0.9753	0.9753

Табела 18 - Камиион носивости 15 т - КАМАЗ, 2010. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР / ВАЉАК МЕТАЛ ВОМАГ 13 т						
ГОДИНА 2005						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	2219	2479	2711	2966	3170	0.00
Отказ	2403	2660	2890	3142	3348	0.00
Припрема	2404	2661	2892	3143	0.00	0.00
Активна поправка	2406	2662	2893	3145	0.00	0.00
Припрема	2407	2663	2894	3146	0.00	0.00
Рад	2407	2663	2894	3146	0.00	0.00
ОГ	184	181	179	176	178	0.00
ST	5	1	4	2	3	0.00
PM	0	0	0	0	0	0.00
CM	2	1	1	2	0	0.00
ALDT	2	2	3	2	0	0.00
TBF	189	182	183	178	181	0.00
TTR	4	3	4	4	0	0.00
TBM	189	182	183	178	181	0.00
DT	4	3	4	4	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	898.00	15.00	0.00	6.00	9.00	228.25	3.75	228.25	3.75	0.0044	0.2667

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9838	0.9838	0.9838	0.9838

Табела 19 - Метални ваљак ВОМАГ 13 т, 2005. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР / ВАЉАК МЕТАЛ ВОМАГ 13 т						
ГОДИНА 2006						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	5819	6098	6360	6653	6911	7192
Отказ	6022	6308	6577	6882	7139	7405
Припрема	6023	6309	6579	6884	7142	0
Активна поправка	6025	6311	6580	6886	7143	0
Припрема	6026	6312	6581	6887	7144	0
Рад	6026	6312	6581	6887	7144	0
ОГ	203	210	217	229	228	213
СТ	4	2	3	4	2	2
РМ	0	0	0	0	0	0
СМ	2	2	1	2	1	0
ALDT	2	2	3	3	4	0
TBF	207	212	220	233	230	215
TTR	4	4	4	5	5	0
TBM	207	212	220	233	230	215
DT	4	4	4	5	5	0

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1300	17.00	0.00	8	14	263.4	4.4	263.4	4.4	0.0038	0.2273

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9836	0.9836	0.9836	0.9836

Табела 20 - Метални ваљак ВОМАГ 13 т, 2006. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР / ВАЉАК МЕТАЛ ВОМАГ 13 т						
ГОДИНА 2007						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	11170	11448	11723	11996	12275	0.00
Отказ	11340	11615	11888	12169	12446	0.00
Припрема	11341	11616	11889	12170	0	0.00
Активна поправка	11343	11618	11891	12171	0	0.00
Припрема	11344	11619	11892	12171	0	0.00
Рад	11344	11619	11892	12171	0	0.00
ОТ	170	167	165	173	171	0.00
ST	5	2	1	1	2	0.00
PM	0	0	0	0	0	0.00
CM	2	2	2	1	0	0.00
ALDT	2	2	2	1	0	0.00
TBF	175	169	166	174	173	0.00
TTR	4	4	4	2	0	0.00
TBM	175	169	166	174	173	0.00
DT	4	4	4	2	0	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	846	11.00	0.00	7	7	214.25	3.5	314.25	3.5	0.0047	0.2273

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9839	0.9839	0.9839	0.9839

Табела 21 - Метални ваљак ВОМАГ 13 т, 2007. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР / ВАЉАК МЕТАЛ ВОМАГ 13 т						
ГОДИНА 2008						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	16090	16320	16567	16809	17042	17264
Отказ	16269	16505	16757	16990	17213	17389
Припрема	16270	16506	16758	16992	17213	0.00
Активна поправка	16271	16508	16760	16994	17215	0.00
Припрема	16272	16509	16761	16994	17216	0.00
Рад	16272	16509	16761	16994	17216	0.00
ОТ	179	185	190	181	171	125
ST	6	4	6	7	6	4
PM	0	0	0	0	0	0
CM	1	2	2	2	2	0
ALDT	2	2	2	2	1	0
TBF	185	189	196	188	177	129
TTR	3	4	4	4	3	0
TBM	185	189	196	188	177	129
DT	3	4	4	4	3	0

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1031	33.00	0.00	9	9	212.8	3.6	212.8	3.6	0.0047	0.2778

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9834	0.9834	0.9834	0.9834

Табела 22 - Метални ваљак ВОМАГ 13 т, 2008. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР / ВАЉАК МЕТАЛ ВОМАГ 13 т						
ГОДИНА 2009						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	21009	21245	21502	21740	0.00	0.00
Отказ	21192	21425	21689	21924	0.00	0.00
Припрема	21195	21427	21690	0	0.00	0.00
Активна поправка	21196	21429	21691	0	0.00	0.00
Припрема	21197	21430	21692	0	0.00	0.00
Рад	21197	21430	21692	0	0.00	0.00
ОТ	183	180	187	184	0.00	0.00
ST	4	6	8	5	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	0.00	0.00
CM	1	2	1	0	0.00	0.00
ALDT	4	3	2	0	0.00	0.00
TBF	187	186	195	189	0.00	0.00
TTR	5	5	3	0	0.00	0.00
TBM	187	186	195	189	0.00	0.00
DT	5	5	3	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	734	23.00	0.00	4	9	252.33	4.33	252.33	4.33	0.0040	0.2308

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9831	0.9831	0.9831	0.9831

Табела 23 - Метални ваљак ВОМАГ 13 т, 2009. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР / ВАЉАК МЕТАЛ ВОМАГ 13 т						
ГОДИНА 2010						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	25524	25768	26014	26254	0.00	0.00
Отказ	25716	25962	26203	26313	0.00	0.00
Припрема	25718	25964	26204	0	0.00	0.00
Активна поправка	25720	25965	26205	0	0.00	0.00
Припрема	25720	25966	26206	0	0.00	0.00
Рад	25720	25966	26206	0	0.00	0.00
ОТ	192	194	189	59	0.00	0.00
ST	8	10	9	8	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	0.00	0.00
CM	2	1	1	0	0.00	0.00
ALDT	2	3	2	0	0.00	0.00
TBF	200	204	198	67	0.00	0.00
TTR	4	4	3	0	0.00	0.00
TBM	200	204	198	67	0.00	0.00
DT	4	4	3	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	634	35.00	0.00	4	7	223	3.67	223	3.67	0.0045	0.2727

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9831	0.9831	0.9831	0.9831

Табела 24 - Метални ваљак ВОМАГ 13 т, 2010. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР/ ВАЉАК ГУМА НАММ 150 ТТ						
ГОДИНА 2005						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	2220	2548	2878	3180	0.00	0.00
Отказ	2448	2778	3104	3394	0.00	0.00
Припрема	2450	2780	3106	0	0.00	0.00
Активна поправка	2451	2781	3107	0	0.00	0.00
Припрема	2452	2782	3108	0	0.00	0.00
Рад	2452	2782	3108	0	0.00	0.00
ОГ	228	230	226	214	0.00	0.00
СТ	4	12	14	10	0.00	0.00
РМ	0	0	0	0	0.00	0.00
СМ	1	1	1	0	0.00	0.00
ALDT	3	3	3	0	0.00	0.00
TBF	232	242	240	224	0.00	0.00
TTR	4	4	4	0	0.00	0.00
TBM	232	242	240	224	0.00	0.00
DT	4	4	4	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	898.00	40.00	0.00	3.00	9.00	312.67	4.00	312.67	4.00	0.0032	0.2500

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9874	0.9874	0.9874	0.9874

Табела 25 - Гумени ваљак НАММ 150 ТТ, 2005. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР/ ВАЉАК ГУМА НАММ 150 ТТ						
ГОДИНА 2006						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	5820	6222	6603	6979	7367	0.00
Отказ	6098	6502	6879	7243	7569	0.00
Припрема	6100	6504	6881	7244	0	0.00
Активна поправка	6101	6506	6882	7246	0	0.00
Припрема	6102	6507	6883	7247	0	0.00
Рад	6102	6507	6883	7247	0	0.00
ОТ	278	280	276	264	202	0.00
ST	12	8	10	12	0	0.00
PM	0	0	0	0	0	0.00
CM	1	2	1	2	0	0.00
ALDT	3	3	3	2	0	0.00
TBF	290	288	286	276	202	0.00
TTR	4	5	4	4	0	0.00
TBM	290	288	286	276	202	0.00
DT	4	5	4	4	0	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1,300.00	42.00	0.00	0.00	11.00	335.50	4.25	335.50	4.25	0.0030	0.2353

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9875	0.9875	0.9875	0.9875

Табела 26 - Гумени ваљак НАММ 150 ТТ, 2006. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР/ ВАЉАК ГУМА НАММ 150 ТТ						
ГОДИНА 2007						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	11173	11511	11861	12216	0	0.00
Отказ	11361	11712	12090	12443	0	0.00
Припрема	11363	11713	12091	0	0	0.00
Активна поправка	11364	11714	12093	0	0	0.00
Припрема	11365	11715	12094	0	0	0.00
Рад	11365	11715	12094	0	0	0.00
ОТ	188	201	229	227	0	0.00
ST	3	8	9	7	0	0.00
PM	0	0	0	0	0	0.00
CM	1	1	2	0	0	0.00
ALDT	3	2	2	0	0	0.00
TBF	191	209	238	234	0	0.00
TTR	4	3	4	0	0	0.00
TBM	191	209	238	234	0	0.00
DT	4	3	4	0	0	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	845.00	27.00	0.00	4.00	7.00	290.67	4.25	290.67	3.67	0.0034	0.2727

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9875	0.9875	0.9875	0.9875

Табела 27 - Гумени ваљак НАММ 150 ТТ, 2007. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР/ ВАЉАК ГУМА НАММ 150 ТТ						
ГОДИНА 2008						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	16090	16351	16650	16929	17200	0.00
Отказ	16274	16572	16876	17144	17385	0.00
Припрема	16275	16573	16877	17145	0	0.00
Активна поправка	16276	16575	16878	17147	0	0.00
Припрема	16277	16576	16879	17148	0	0.00
Рад	16277	16576	16879	17148	0	0.00
ОТ	184	221	226	215	185	0.00
ST	12	8	10	14	8	0.00
PM	0	0	0	0	0	0.00
CM	1	2	1	2	0	0.00
ALDT	2	2	2	2	0	0.00
TBF	196	229	236	229	193	0.00
TTR	3	4	3	4	0	0.00
TBM	196	229	236	229	193	0.00
DT	3	4	3	4	0	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1,031.00	52.00	0.00	6.00	8.00	270.25	3.50	270.75	3.50	0.0037	0.2857

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9872	0.9872	0.9872	0.9872

Табела 28 - Гумени ваљак НАММ 150 ТТ, 2008. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР/ ВАЉАК ГУМА НАММ 150 ТТ						
ГОДИНА 2009						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	21009	21252	21543	21812	0	0.00
Отказ	21196	21468	21761	21925	0	0.00
Припрема	21197	21469	21762	0	0	0.00
Активна поправка	21198	21470	21763	0	0	0.00
Припрема	21199	21471	21764	0	0	0.00
Рад	21199	21471	21764	0	0	0.00
ОТ	187	216	218	113	0	0.00
СТ	2	3	2	2	0	0.00
РМ	0	0	0	0	0	0.00
СМ	1	1	1	0	0	0.00
ALDT	2	2	2	0	0	0.00
TBF	189	219	220	115	0	0.00
TTR	3	3	3	0	0	0.00
TBM	189	219	220	115	0	0.00
DT	3	3	3	0	0	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	734.00	9.00	0.00	3.00	6.00	247.67	3.00	247.67	3.00	0.0040	0.3333

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9880	0.9880	0.9880	0.9880

Табела 29 - Гумени ваљак НАММ 150 ТТ, 2009. година

КОМПОНЕНТА / КОМПАКТОР/ ВАЉАК ГУМА НАММ 150 ТТ						
ГОДИНА 2010						
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6
Рад	25524	25758	26022	26276	0	0.00
Отказ	25707	25971	26226	26310	0	0.00
Припрема	25708	25972	26227	0	0	0.00
Активна поправка	25709	25973	26227	0	0	0.00
Припрема	25710	25974	26228	0	0	0.00
Рад	25710	25974	26228	0	0	0.00
ОТ						
ОТ	183	213	204	34	0	0.00
ST	2	10	6	2	0	0.00
PM	0	0	0	0	0	0.00
CM	1	1	0	0	0	0.00
ALDT	2	2	2	0	0	0.00
TBF	185	223	210	36	0	0.00
TTR	3	3	2	0	0	0.00
TBM	185	223	210	36	0	0.00
DT	3	3	2	0	0	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	634.00	20.00	0.00	2.00	6.00	218.00	2.67	218.00	2.67	0.0046	0.3750

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9879	0.9880	0.9880	0.9880

Табела 30 - Гумени ваљак НАММ 150 ТТ, 2010. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1900								
ГОДИНА 2005								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	2219	2404	2669	2885	3109	3285	0.00	0.00
Отказ	2356	2573	2832	3056	3257	3395	0.00	0.00
Припрема	2357	2574	2833	3058	3258	0	0.00	0.00
Активна поправка	2360	2576	2836	3060	3260	0	0.00	0.00
Припрема	2361	2577	2837	3061	3261	0	0.00	0.00
Рад	2361	2577	2837	3061	3261	0	0.00	0.00
ОТ	137	169	163	171	148	110	0.00	0.00
ST	4	4	6	6	9	1	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
CM	3	2	3	2	2	0	0.00	0.00
ALDT	2	2	2	3	2	0	0.00	0.00
TBF	141	173	169	177	157	111	0.00	0.00
TTR	5	4	5	5	4	0	0.00	0.00
TBM	141	173	169	177	157	111	0.00	0.00
DT	5	4	5	5	4	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	898.00	30.00	6.00	12.00	11.00	185.60	4.60	185.60	4.60	0.0054	0.2174

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9758	0.9758	0.9758	0.9758

Табела 31 - Финишер VOGELE 1900, 2005. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1900								
ГОДИНА 2006								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	5817	6105	6415	6698	6943	7191	7444	0.00
Отказ	6001	6311	6618	6889	7138	7391	7565	0.00
Припрема	6003	6313	6619	6890	7139	7393	0.00	0.00
Активна поправка	6006	6316	6623	6893	7142	7395	0.00	0.00
Припрема	6007	6317	6624	6894	7143	7396	0.00	0.00
Рад	6007	6317	6624	6894	7143	7396	0.00	0.00
ОТ	184	206	203	191	195	200	121.00	0.00
ST	2	4	6	2	4	1	2.00	0.00
PM	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
CM	3	3	4	3	3	2	0.00	0.00
ALDT	3	3	2	2	2	3	0.00	0.00
TBF	186	210	209	193	199	201	123.00	0.00
TTR	6	6	6	5	5	5	0.00	0.00
TBM	186	210	209	193	199	201	123.00	0.00
DT	6	6	6	5	5	5	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1,300.00	21.00	0.00	18.00	15.00	220.17	5.50	220.17	5.50	0.0045	0.1818

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9756	0.9756	0.9756	0.9756

Табела 32 - Финишер VOGELE 1900, 2006. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1900								
ГОДИНА 2007								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	11168	11435	11732	12023	12286	0.00	0.00	0.00
Отказ	11332	11632	11921	12209	12395	0.00	0.00	0.00
Припрема	11335	11633	11922	12211	0	0.00	0.00	0.00
Активна поправка	11338	11635	11926	12213	0	0.00	0.00	0.00
Припрема	11339	11636	11927	12214	0	0.00	0.00	0.00
Рад	11339	11636	11927	12214	0	0.00	0.00	0.00
ОТ	164	197	189	186	109	0	0.00	0.00
ST	6	4	6	6	4	1	2.00	0.00
PM	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
CM	3	2	4	2	0	0	0.00	0.00
ALDT	4	2	2	3	0	0	0.00	0.00
TBF	170	201	195	192	113	1	2.00	0.00
TTR	7	4	6	5	0	0	0.00	0.00
TBM	170	201	195	192	113	1	2.00	0.00
DT	7	4	6	5	0	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	845.00	29.00	0.00	11.00	11.00	218.50	5.50	218.50	5.50	0.0046	0.1818

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9754	0.9754	0.9754	0.9754

Табела 33 - Финишер VOGELE 1900, 2007. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1900								
ГОДИНА 2008								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	11170	11447	11739	12011	12255	12492	0.00	0.00
Отказ	11343	11634	11933	12202	12438	12595	0.00	0.00
Припрема	11344	11636	11934	12203	12439	0	0.00	0.00
Активна поправка	11347	11640	11935	12205	12443	0	0.00	0.00
Припрема	11349	11641	11937	12206	12444	0	0.00	0.00
Рад	11349	11641	11937	12206	12444	0	0.00	0.00
ОТ	173	187	194	191	183	103	0.00	0.00
ST	10	4	6	8	4	3	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
CM	3	4	1	2	4	0	0.00	0.00
ALDT	3	3	3	2	2	0	0.00	0.00
TBF	183	191	200	199	187	106	0.00	0.00
TTR	6	7	4	4	6	0	0.00	0.00
TBM	183	191	200	199	187	106	0.00	0.00
DT	6	7	4	4	6	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1031.00	35.00	0.00	14.00	13.00	213.20	5.40	213.20	5.40	0.0047	0.1852

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9753	0.9753	0.9753	0.9753

Табела 34 - Финишер VOGELE 1900, 2008. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1900								
ГОДИНА 2009								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	21008	21176	21362	21572	21787	0	0.00	0.00
Отказ	21170	21355	21542	21758	21924	0	0.00	0.00
Припрема	21172	21356	21543	21760	0	0	0.00	0.00
Активна поправка	21175	21359	21546	21762	0	0	0.00	0.00
Припрема	21176	21360	21548	21763	0	0	0.00	0.00
Рад	21176	21360	21548	21763	0	0	0.00	0.00
ОТ	162	179	180	186	137	0	0.00	0.00
СТ	2	6	4	4	8	1	2.00	0.00
РМ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
СМ	3	3	3	2	0	0	0.00	0.00
ALDT	3	2	3	3	0	0	0.00	0.00
TBF	164	185	184	190	145	1	2.00	0.00
TTR	6	5	6	5	0	0	0.00	0.00
TBM	164	185	184	190	145	1	2.00	0.00
DT	6	5	6	5	0	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	844.00	27.00	0.00	11.00	11.00	217.75	5.50	217.75	5.50	0.0046	0.1818

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9754	0.9754	0.9754	0.9754

Табела 35 - Финишер VOGELE 1900, 2009. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1900								
ГОДИНА 2010								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	25524	25761	26011	26249	0.00	0.00	0.00	0.00
Отказ	25711	25960	26199	26309	0.00	0.00	0.00	0.00
Припрема	25713	25962	26200	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Активна поправка	25715	25964	26203	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Припрема	25716	25965	26205	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Рад	25716	25965	26205	0	0.00	0.00	0.00	0.00
ОТ	187	199	188	60	0.00	0.00	0.00	0.00
СТ	4	2	4	2	0.00	0.00	0.00	0.00
РМ	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
СМ	2	2	3	0	0.00	0.00	0.00	0.00
ALDT	3	3	3	0	0.00	0.00	0.00	0.00
TBF	191	201	192	62	0.00	0.00	0.00	0.00
TTR	5	5	6	0	0.00	0.00	0.00	0.00
TBM	191	201	192	62	0.00	0.00	0.00	0.00
DT	5	5	6	0	0.00	0.00	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	634.00	12.00	0.00	7.00	9.00	215.33	5.33	215.33	5.33	0.0046	0.1875

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9758	0.9758	0.9758	0.9758

Табела 36 - Финишер VOGELE 1900, 2010. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1800								
ГОДИНА 2005								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	1979	2165	2402	2605	2829	3000	0.00	0.00
Отказ	2116	2305	2552	2776	2972	3156	0.00	0.00
Припрема	2117	2306	2553	2778	2973	0	0.00	0.00
Активна поправка	2121	2309	2556	2780	2975	0	0.00	0.00
Припрема	2122	2310	2557	2781	2976	0	0.00	0.00
Рад	2122	2310	2557	2781	2976	0	0.00	0.00
ОТ	137	140	150	171	143	156	0.00	0.00
ST	6	4	6	8	4	1	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
CM	4	3	3	2	2	0	0.00	0.00
ALDT	2	2	2	3	2	0	0.00	0.00
TBF	143	144	156	179	147	157	0.00	0.00
TTR	6	5	5	5	4	0	0.00	0.00
TBM	143	144	156	179	147	157	0.00	0.00
DT	6	5	5	5	4	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	897.00	29.00	0.00	14.00	11.00	185.20	5.00	185.20	5.00	0.0054	0.2000

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9737	0.9737	0.9737	0.9737

Табела 37 - Финишер VOGELE 1800, 2005. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1800								
ГОДИНА 2006								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	5637	5903	6184	6448	6699	6948	7202	0.00
Отказ	5799	6079	6368	6645	6894	7148	7388	0.00
Припрема	5801	6081	6369	6646	6896	7151	0	0.00
Активна поправка	5804	6085	6373	6649	6899	7153	0	0.00
Припрема	5805	6086	6374	6650	6900	7154	0	0.00
Рад	5805	6086	6374	6650	6900	7154	0	0.00
ОТ	162	176	184	197	195	200	186	0.00
ST	6	4	2	8	4	1	2	0.00
PM	0	0	0	0	0	0	0	0.00
CM	3	4	4	3	3	2	0	0.00
ALDT	3	3	2	2	3	4	0	0.00
TBF	168	180	186	205	199	201	188	0.00
TTR	6	7	6	5	6	6	0	0.00
TBM	168	180	186	205	199	201	188	0.00
DT	6	7	6	5	6	6	0	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1,300.00	27.00	0.00	19.00	17.00	221.17	6.00	221.17	6.00	0.0045	0.1667

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9736	0.9736	0.9736	0.9736

Табела 38 - Финишер VOGELE 1800, 2006. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1800								
ГОДИНА 2007								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	10964	11249	11522	11792	12017	12169	0.00	0.00
Отказ	11147	11421	11692	11940	12140	12244	0.00	0.00
Припрема	11149	11422	11693	11942	12141	0	0.00	0.00
Активна поправка	11152	11425	11695	11944	12143	0	0.00	0.00
Припрема	11153	11426	11696	11945	12145	0	0.00	0.00
Рад	11153	11426	11696	11945	12145	0	0.00	0.00
ОТ	183	172	170	148	123	75	0.00	0.00
ST	10	7	6	12	8	2	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
CM	3	3	2	2	2	0	0.00	0.00
ALDT	3	2	2	3	3	0	0.00	0.00
TBF	193	179	176	160	131	77	0.00	0.00
TTR	6	5	4	5	5	0	0.00	0.00
TBM	193	179	176	160	131	77	0.00	0.00
DT	6	5	4	5	5	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	871.00	45.00	0.00	12.00	13.00	183.20	5.00	183.20	5.00	0.0055	0.2000

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9734	0.9734	0.9734	0.9734

Табела 39 - Финишер VOGELE 1800, 2007. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1800								
ГОДИНА 2008								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	15976	16252	16545	16817	17061	17298	17431	0.00
Отказ	16149	16439	16739	17008	17244	17401	17569	0.00
Припрема	16150	16441	16740	17009	17245	17403	0	0.00
Активна поправка	16153	16445	16741	17011	17249	17405	0	0.00
Припрема	16154	16447	16743	17012	17250	17407	0	0.00
Рад	16154	16447	16743	17012	17250	17407	0	0.00
ОТ	173	187	194	191	183	103	138	0.00
СТ	6	4	6	5	6	4	5	0.00
РМ	0	0	0	0	0	0	0	0.00
СМ	3	4	1	2	4	2	0	0.00
ALDT	2	4	3	2	2	4	0	0.00
TBF	179	191	200	196	189	107	143	0.00
TTR	5	8	4	4	6	6	0	0.00
TBM	179	191	200	196	189	107	143	0.00
DT	5	8	4	4	6	6	0	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TRM	TSM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	1169	36.00	0.00	16	17	200.83	5.5	200.83	5.5	0.0050	0.1818

РАСПОЛОЖИВОСТ	Ao1	Ao2	Ao3	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9733	0.9733	0.9733	0.9733

Табела 40 - Финишер VOGELE 1800, 2008. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1800								
ГОДИНА 2009								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	20840	21032	21239	21450	21665	0	0.00	0.00
Отказ	21002	21209	21420	21635	21807	0	0.00	0.00
Припрема	21004	21211	21421	21637	0	0	0.00	0.00
Активна поправка	21007	21214	21424	21640	0	0	0.00	0.00
Припрема	21008	21215	21426	21641	0	0	0.00	0.00
Рад	21008	21215	21426	21641	0	0	0.00	0.00
ОТ	162	177	181	185	142	0	0.00	0.00
ST	3	8	4	6	8	0	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
CM	3	3	3	3	0	0	0.00	0.00
ALDT	3	3	3	3	0	0	0.00	0.00
TBF	165	185	185	191	150	0	0.00	0.00
TTR	6	6	6	6	0	0	0.00	0.00
TBM	165	185	185	191	150	0	0.00	0.00
DT	6	6	6	6	0	0	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	847	29.00	0.00	12	12	219	6	219	6	0.0046	0.1667

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9733	0.9733	0.9733	0.9733

Табела 41 - Финишер VOGELE 1800, 2009. година

КОМПОНЕНТА / ФИНИШЕР VOGELE 1800								
ГОДИНА 2010								
ВРЕМЕНА / ДОГАЂАЈИ	1	2	3	4	5	6	7	8
Рад	25404	25631	25885	26121	0.00	0.00	0.00	0.00
Отказ	25553	25830	26068	26227	0.00	0.00	0.00	0.00
Припрема	25555	25832	26069	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Активна поправка	25558	25836	26071	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Припрема	25559	25837	26073	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Рад	25559	25837	26073	0	0.00	0.00	0.00	0.00
ОТ	149	199	183	106	0.00	0.00	0.00	0.00
ST	4	6	5	6	0.00	0.00	0.00	0.00
PM	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
CM	3	4	2	0	0.00	0.00	0.00	0.00
ALDT	3	3	3	0	0.00	0.00	0.00	0.00
TBF	153	205	188	112	0.00	0.00	0.00	0.00
TTR	6	7	5	0	0.00	0.00	0.00	0.00
TBM	153	205	188	112	0.00	0.00	0.00	0.00
DT	6	7	5	0	0.00	0.00	0.00	0.00

ВРЕМЕНА	TOT	TST	TPM	TCM	TALDT	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	λ	μ
УКУПНО	637.00	21.00	0.00	9.00	9.00	219.33	6.00	219.33	6.00	0.0046	0.1667

РАСПОЛОЖИВОСТ	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	A(∞)
ВРЕДНОСТ	0.9734	0.9734	0.9734	0.9734

Табела 42 - Финишер VOGELE 1800, 2010. година

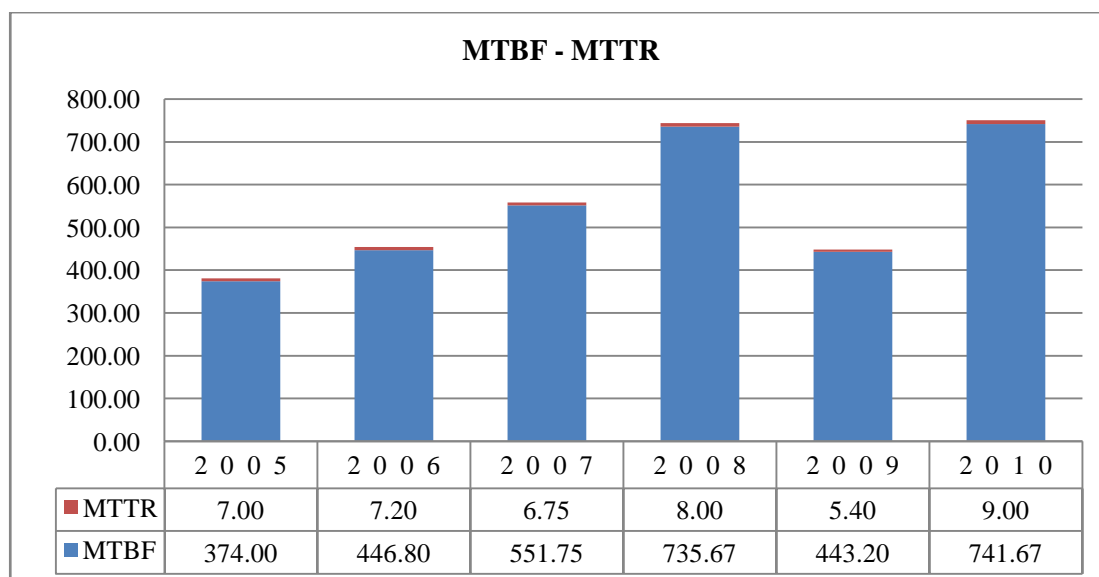
11.2 Систематизација показатеља расположивости компонента

На табелама које следе приказане су карактеристичне вредности параметара расположивости и расположивости на основу којих је предложен модел за предвиђање пројектне расположивости.

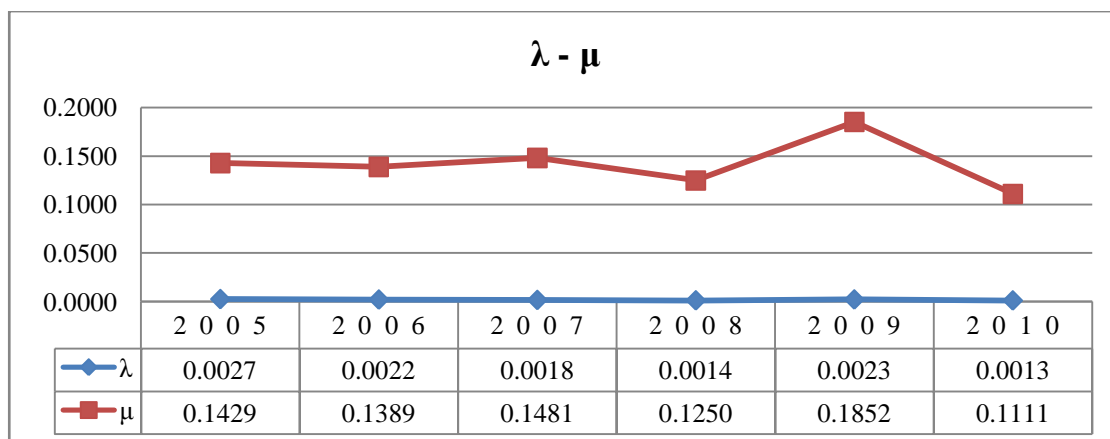
11.2.1 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2362

Компонента	КАМИОН MAN TGA 33 / 2362				
	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5	374.00	7.00	0.0027	0.1429	0.9816
2 0 0 6	446.80	7.20	0.0022	0.1389	0.9879
2 0 0 7	551.75	6.75	0.0018	0.1481	0.9879
2 0 0 8	735.67	8.00	0.0014	0.1250	0.9892
2 0 0 9	443.20	5.40	0.0023	0.1852	0.9880
2 0 1 0	741.67	9.00	0.0013	0.1111	0.9880
Минимум	374.00	5.40	0.0013	0.1111	0.9816
Максимум	741.67	9.00	0.0027	0.1481	0.9892
Интервал варијације	367.67	3.60	0.0014	0.0370	0.0076
Проста аритметичка средина	548.85	7.23	0.0020	0.1419	0.9871
Средина интервала	557.84	7.20	0.0020	0.1296	0.9854
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	732.68	9.03	0.0027	0.1604	0.9909
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	365.01	5.43	0.0013	0.1234	0.9833

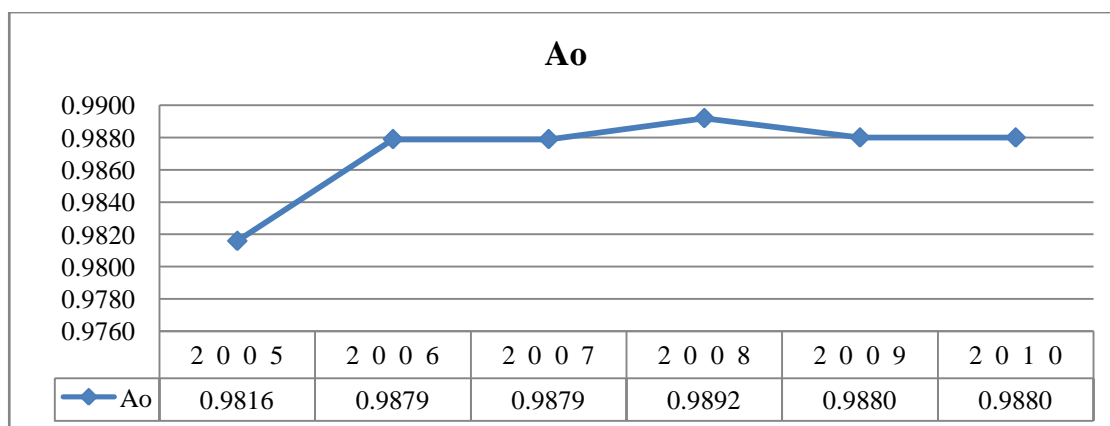
Табела 43 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 1 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 2 - Интензитети отказа и поправки

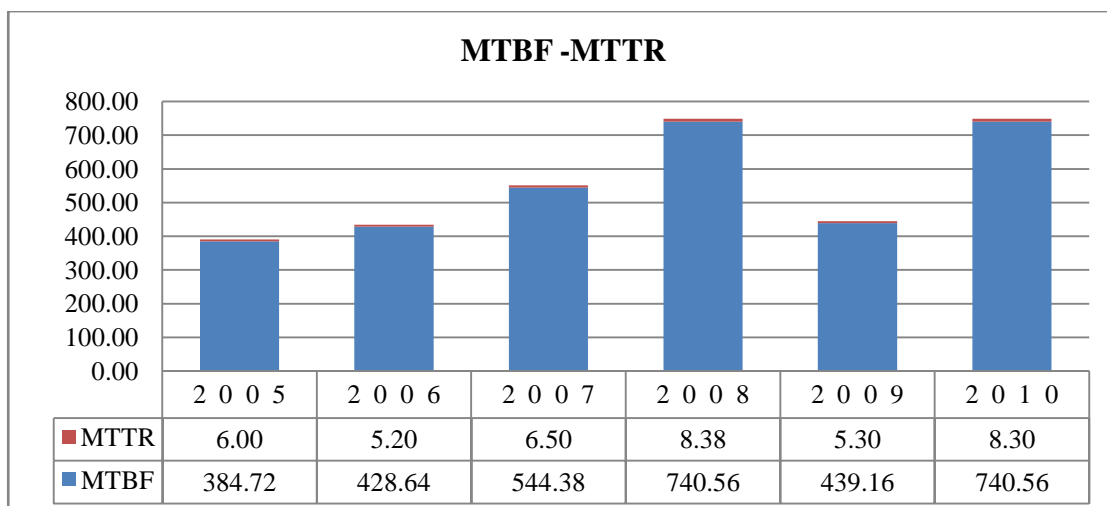


Слика 3 - Функција расположивости

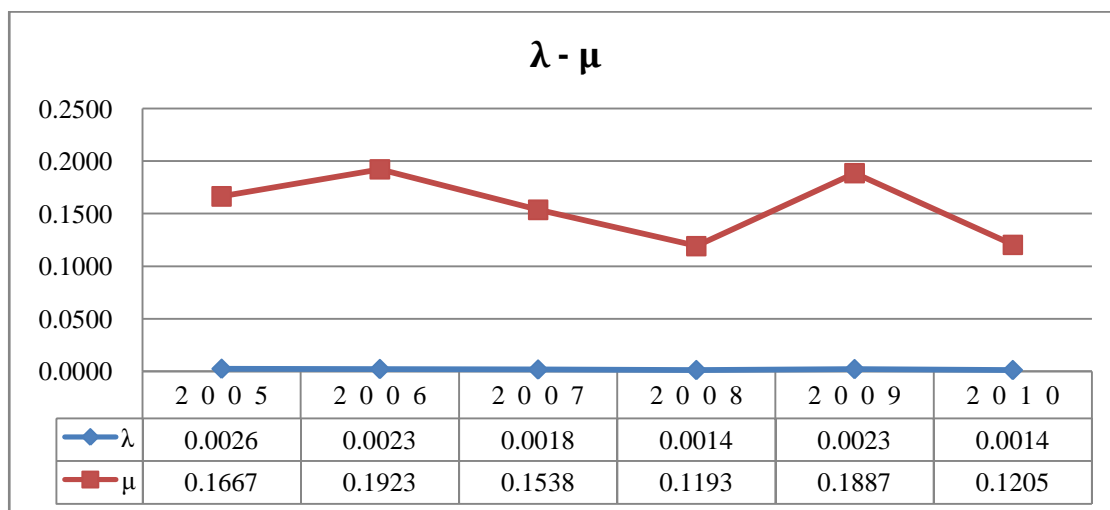
11.2.2 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2363

Компонента	КАМИОН MAN TGA 33 / 2363				
	МТBF	МТTR	λ	μ	A_0
2 0 0 5	384.72	6.00	0.0026	0.1667	0.9846
2 0 0 6	428.64	5.20	0.0023	0.1923	0.9880
2 0 0 7	544.38	6.50	0.0018	0.1538	0.9882
2 0 0 8	740.56	8.38	0.0014	0.1193	0.9888
2 0 0 9	439.16	5.30	0.0023	0.1887	0.9881
2 0 1 0	740.56	8.30	0.0014	0.1205	0.9889
Минимум	384.72	5.20	0.0014	0.1193	0.9846
Максимум	740.56	8.30	0.0026	0.1923	0.9889
Интервал варијације	355.84	3.10	0.0012	0.0730	0.0043
Проста аритметичка средина	546.34	6.61	0.0020	0.1569	0.9878
Средина интервала	562.64	6.75	0.0020	0.1558	0.9868
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	724.26	8.16	0.0026	0.1934	0.9899
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	368.42	5.06	0.0013	0.1204	0.9856

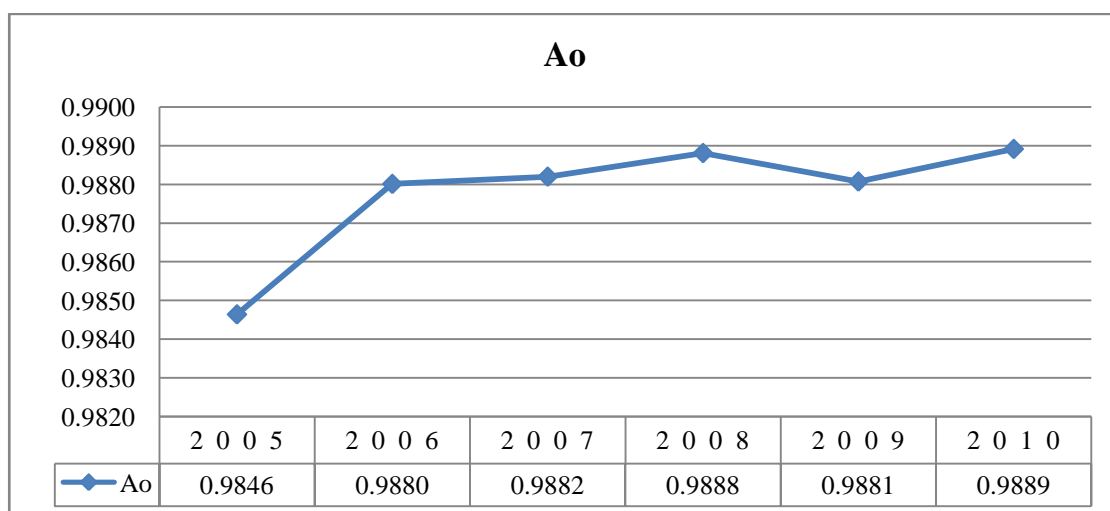
Табела 44 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 4 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 5 - Интензитети отказа и поправки

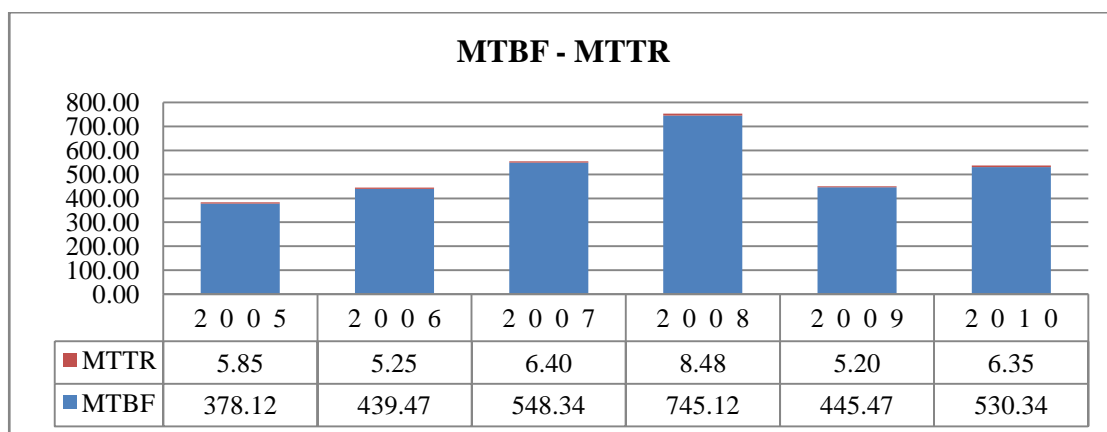


Слика б - Функција расположивости

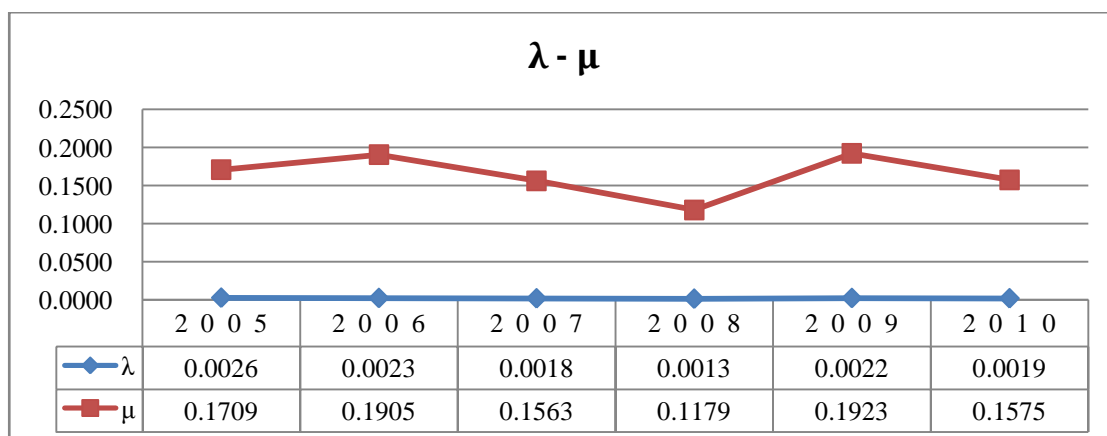
11.2.3 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2364

Компонента	КАМИОН MAN TGA 33 / 2364				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5	378.12	5.85	0.0026	0.1709	0.9848
2 0 0 6	439.47	5.25	0.0023	0.1905	0.9882
2 0 0 7	548.34	6.40	0.0018	0.1563	0.9885
2 0 0 8	745.12	8.48	0.0013	0.1179	0.9887
2 0 0 9	445.47	5.20	0.0022	0.1923	0.9885
2 0 1 0	530.34	6.35	0.0019	0.1575	0.9882
Минимум	378.12	5.20	0.0013	0.1179	0.9848
Максимум	745.12	8.48	0.0026	0.1923	0.9887
Интервал варијације	367.00	3.28	0.0013	0.0744	0.0040
Проста аритметичка средина	514.48	6.26	0.0020	0.1642	0.9878
Средина интервала	561.62	6.84	0.0020	0.1551	0.9868
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	697.98	7.90	0.0027	0.2014	0.9898
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	330.98	4.62	0.0014	0.1270	0.9858

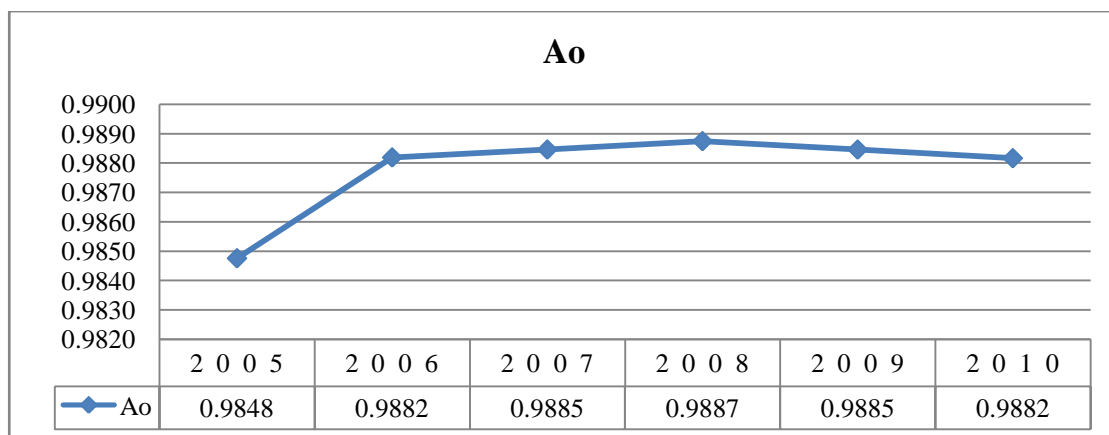
Табела 45 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 7 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 8 - Интензитети отказа и поправки

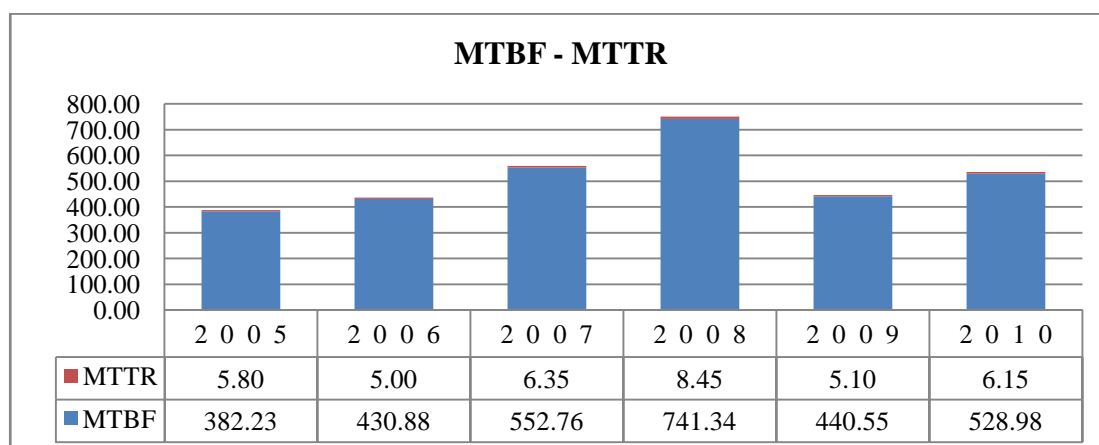


Слика 9 - Функција расположивости

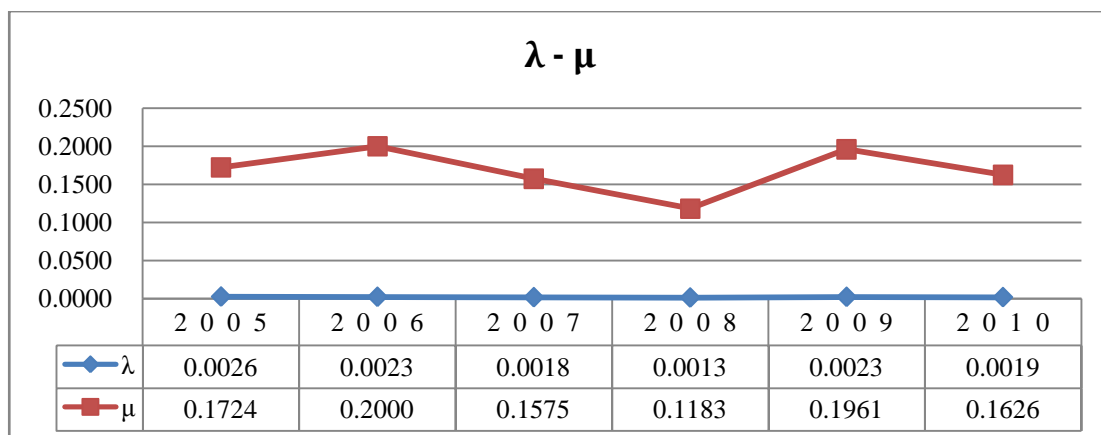
11.2.4 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2365

Компонента	КАМИОН MAN TGA 33 / 2365				
	Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ
2 0 0 5	382.23	5.80	0.0026	0.1724	0.9851
2 0 0 6	430.88	5.00	0.0023	0.2000	0.9885
2 0 0 7	552.76	6.35	0.0018	0.1575	0.9886
2 0 0 8	741.34	8.45	0.0013	0.1183	0.9887
2 0 0 9	440.55	5.10	0.0023	0.1961	0.9886
2 0 1 0	528.98	6.15	0.0019	0.1626	0.9885
Минимум	382.23	5.00	0.0013	0.1183	0.9851
Максимум	741.34	8.45	0.0026	0.2000	0.9887
Интервал варијације	359.11	3.45	0.0013	0.0817	0.0037
Проста аритметичка средина	512.79	6.14	0.0020	0.1678	0.9880
Средина интервала	561.79	6.73	0.0020	0.1592	0.9869
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	692.35	7.87	0.0027	0.2086	0.9898
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	333.24	4.42	0.0014	0.1270	0.9862

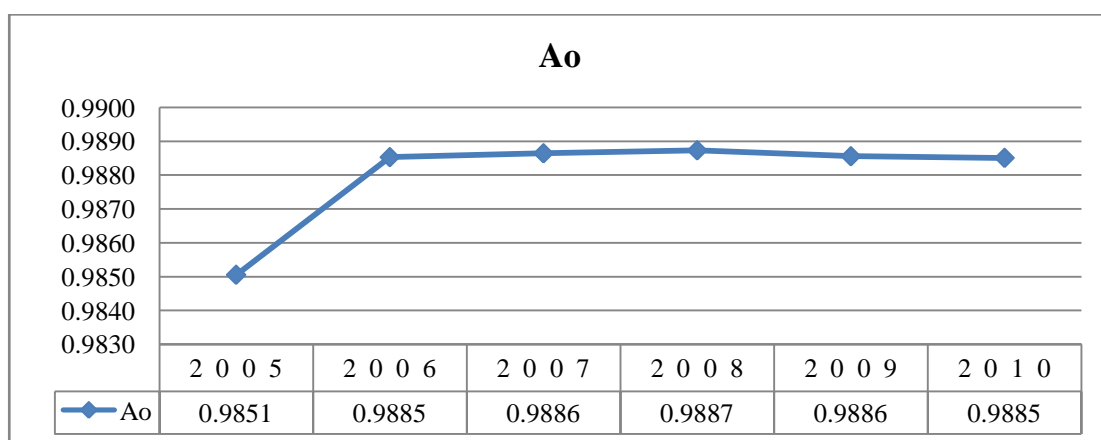
Табела 46 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 10 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 11 - Интензитети отказа и поправки

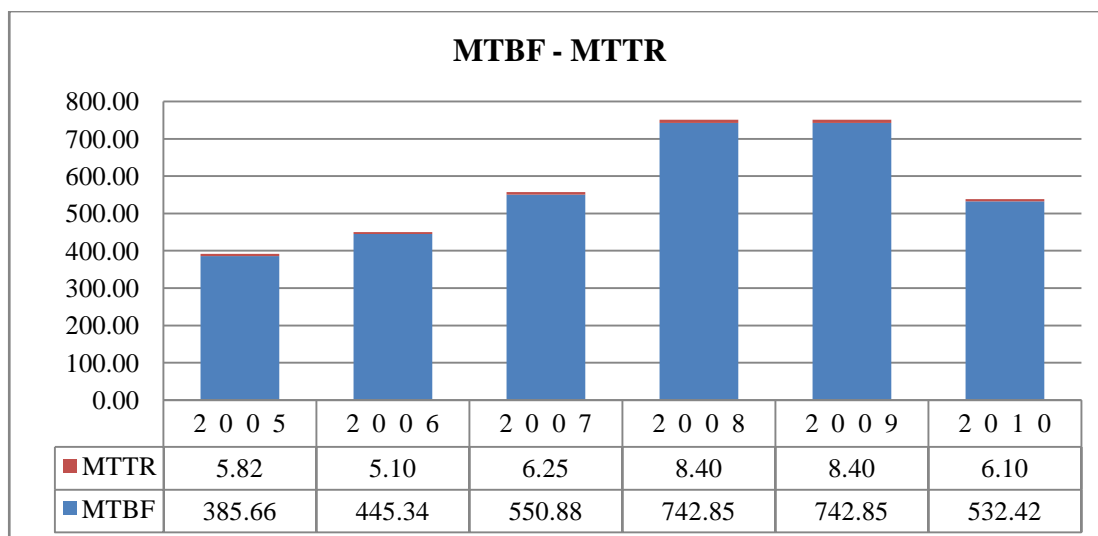


Слика 12 - Функција расположивости

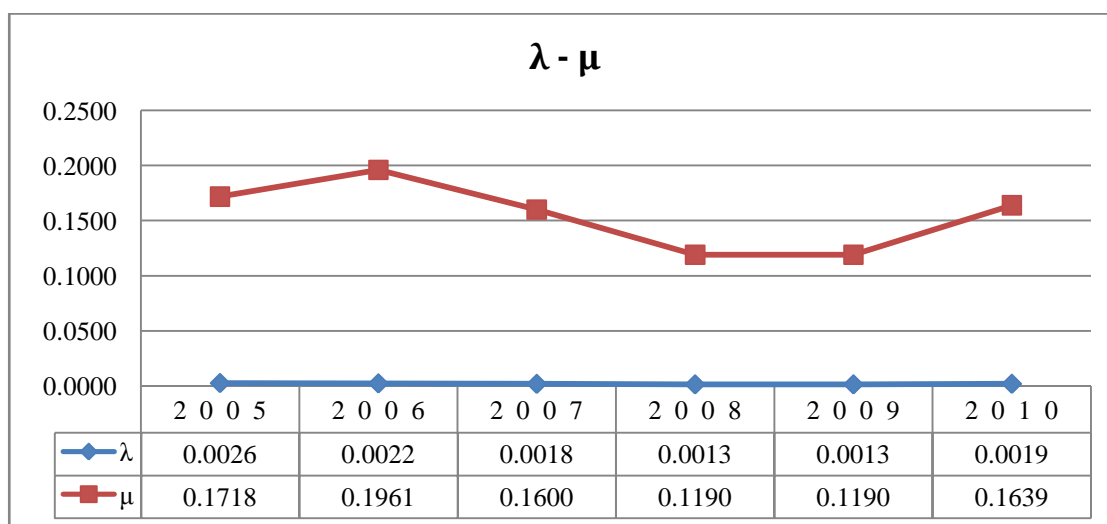
11.2.5 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2366

Компонента	КАМИОН MAN TGA 33 / 2366				
	MTBF	MTTR	λ	μ	A_o
Година / Параметар					
2 0 0 5	385.66	5.82	0.0026	0.1718	0.9851
2 0 0 6	445.34	5.10	0.0022	0.1961	0.9887
2 0 0 7	550.88	6.25	0.0018	0.1600	0.9888
2 0 0 8	742.85	8.40	0.0013	0.1190	0.9888
2 0 0 9	742.85	8.40	0.0013	0.1190	0.9888
2 0 1 0	532.42	6.10	0.0019	0.1639	0.9887
Минимум	385.66	5.10	0.0013	0.1190	0.9851
Максимум	742.85	8.40	0.0026	0.1961	0.9888
Интервал варијације	357.19	3.30	0.0012	0.0770	0.0037
Проста аритметичка средина	566.67	6.68	0.0019	0.1550	0.9882
Средина интервала	564.26	6.75	0.0020	0.1576	0.9870
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	745.26	8.33	0.0025	0.1935	0.9900
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	388.07	5.03	0.0012	0.1165	0.9863

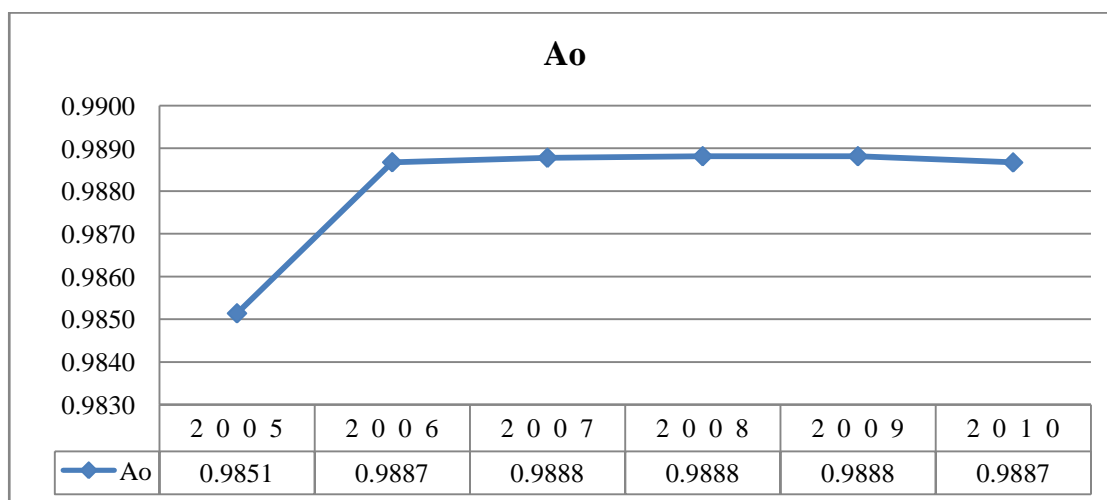
Табела 47 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 13 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 14 - Интензитети отказа и поправки

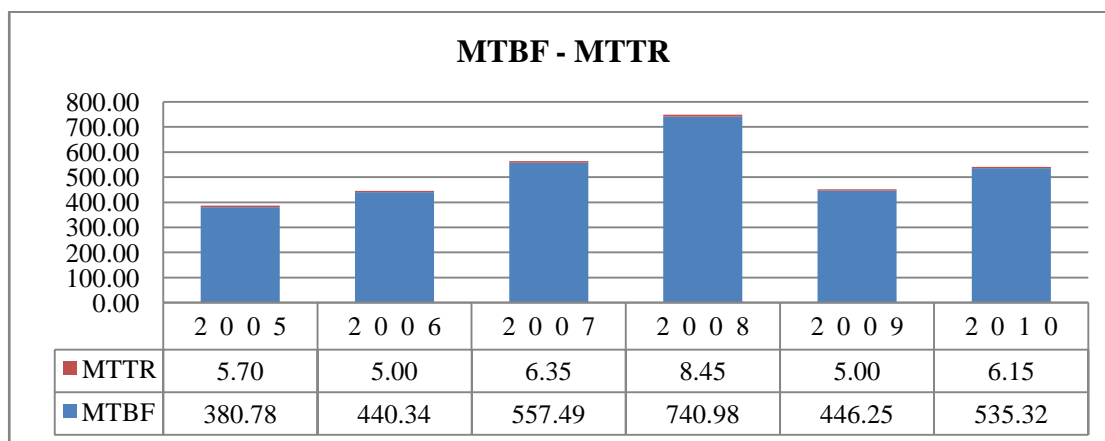


Слика 15 - Функција расположивости

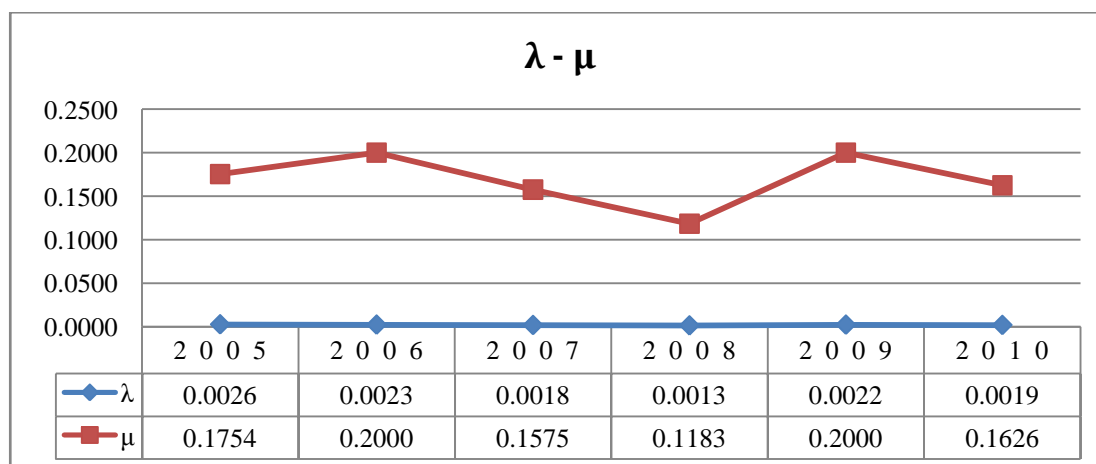
11.2.6 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2367

Компонента	КАМИОН MAN TGA 33 / 2367				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	A_0
2 0 0 5	380.78	5.70	0.0026	0.1754	0.9853
2 0 0 6	440.34	5.00	0.0023	0.2000	0.9888
2 0 0 7	557.49	6.35	0.0018	0.1575	0.9887
2 0 0 8	740.98	8.45	0.0013	0.1183	0.9887
2 0 0 9	446.25	5.00	0.0022	0.2000	0.9889
2 0 1 0	535.32	6.15	0.0019	0.1626	0.9886
Минимум	380.78	5.00	0.0013	0.1183	0.9853
Максимум	740.98	8.45	0.0026	0.2000	0.9889
Интервал варијације	360.20	3.45	0.0013	0.0817	0.0037
Проста аритметичка средина	516.86	6.11	0.0020	0.1690	0.9882
Средина интервала	560.88	6.73	0.0020	0.1592	0.9871
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	696.96	7.83	0.0027	0.2098	0.9900
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	336.76	4.38	0.0014	0.1281	0.9863

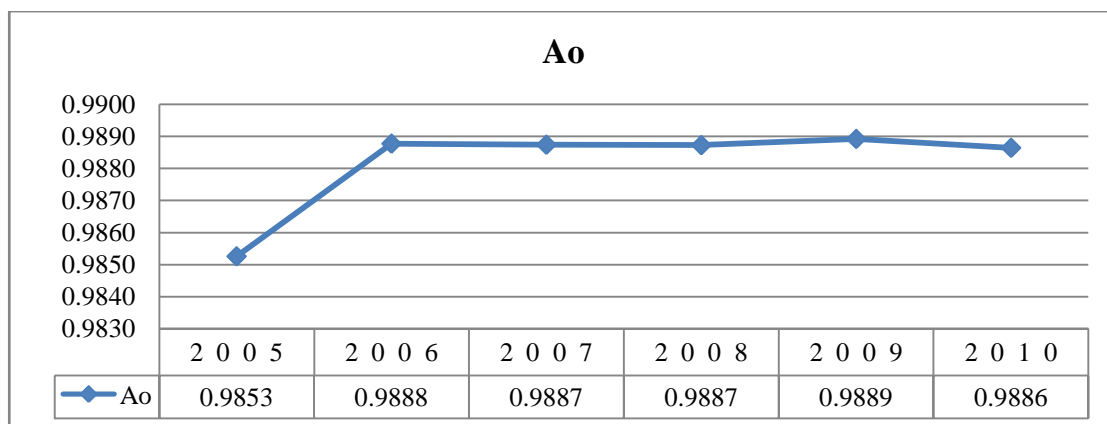
Табела 48 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 16 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 17 - Интензитети отказа и поправки

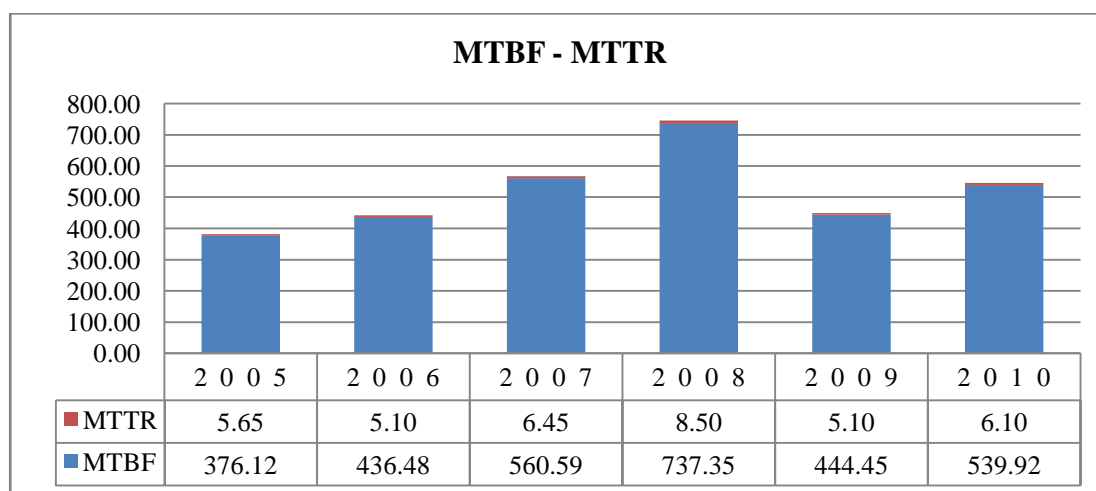


Слика 18 - Функција расположивости

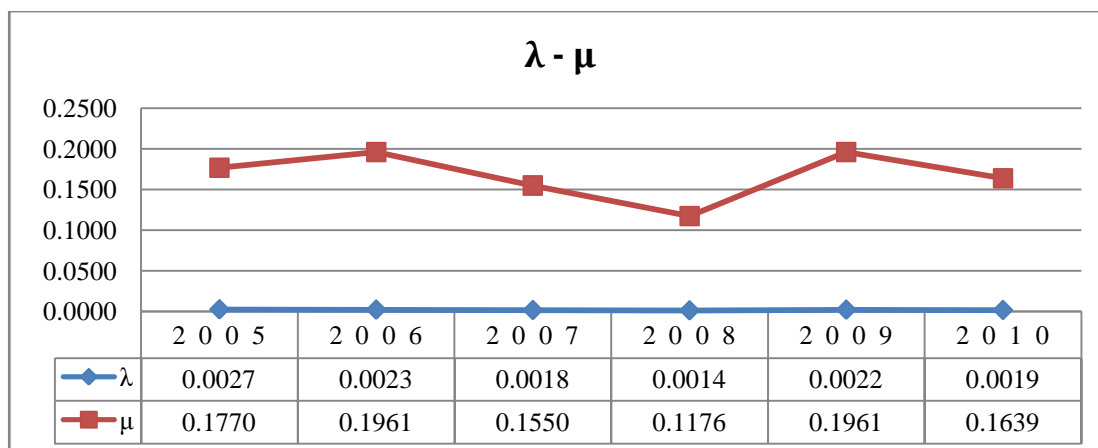
11.2.7 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2368

Компонента	КАМИОН MAN TGA 33 /2368				
	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
Година / Параметар					
2 0 0 5	376.12	5.65	0.0027	0.1770	0.9852
2 0 0 6	436.48	5.10	0.0023	0.1961	0.9885
2 0 0 7	560.59	6.45	0.0018	0.1550	0.9886
2 0 0 8	737.35	8.50	0.0014	0.1176	0.9886
2 0 0 9	444.45	5.10	0.0022	0.1961	0.9887
2 0 1 0	539.92	6.10	0.0019	0.1639	0.9888
Минимум	376.12	5.10	0.0018	0.1176	0.9852
Максимум	737.35	8.50	0.0027	0.1961	0.9888
Интервал варијације	361.23	3.40	0.0009	0.0784	0.0036
Проста аритметичка средина	515.82	6.15	0.0020	0.1676	0.9881
Средина интервала	556.74	6.80	0.0022	0.1569	0.9870
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	696.43	7.85	0.0025	0.2068	0.9899
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	335.20	4.45	0.0016	0.1284	0.9862

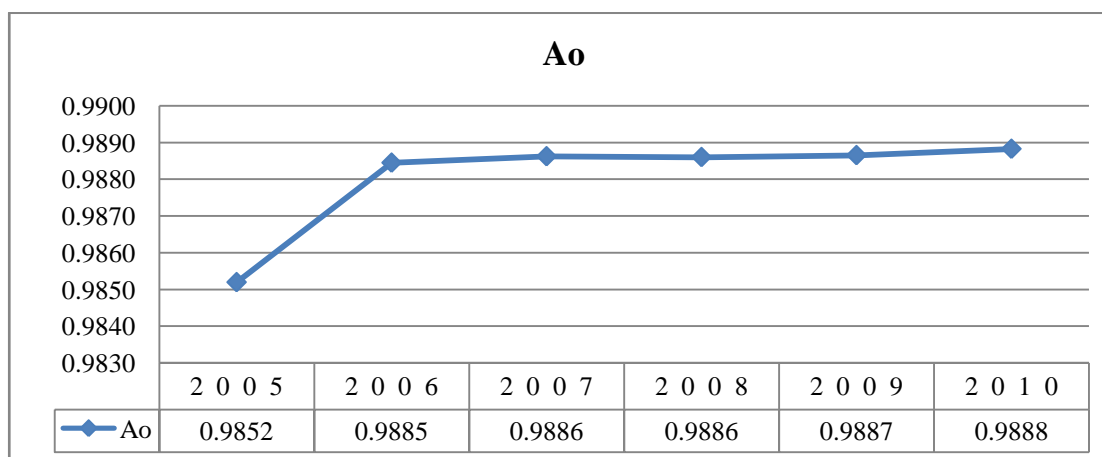
Табела 49 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 19 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 20 - Интензитети отказа и поправки

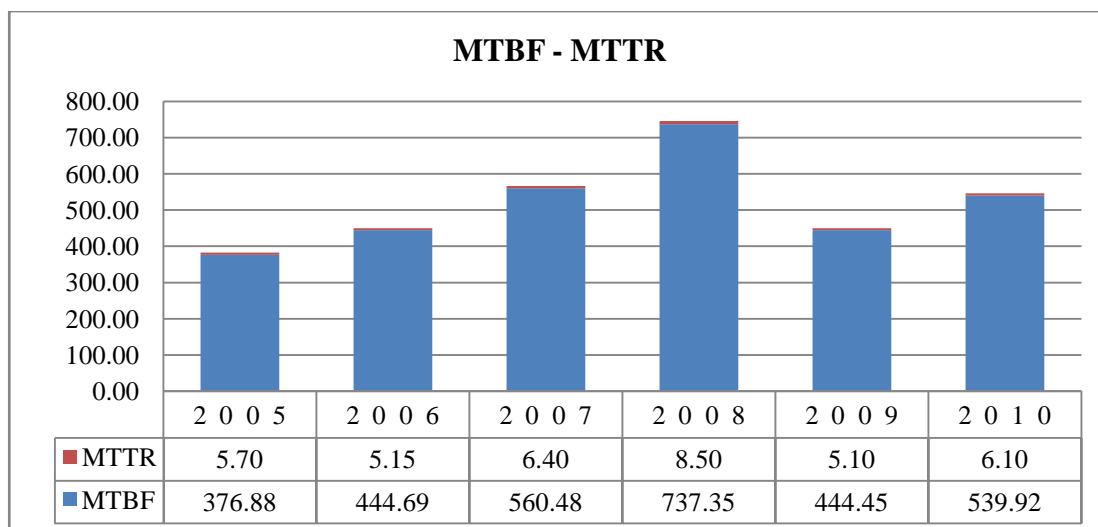


Слика 21 - Функција расположивости

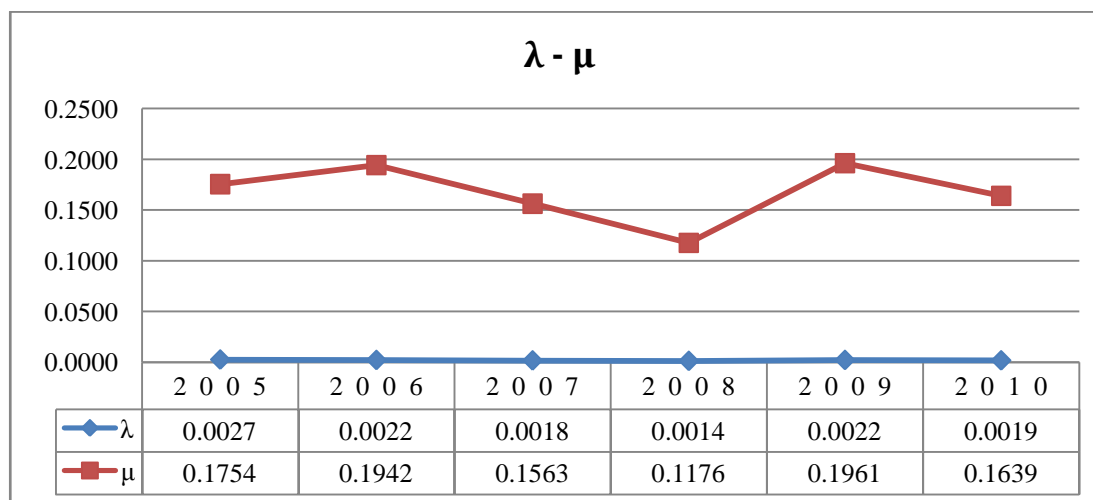
11.2.8 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2369

Компонента	КАМИОН MAN TGA 33 / 2369				
	MTBF	MTTR	λ	μ	A_o
2 0 0 5	376.88	5.70	0.0027	0.1754	0.9851
2 0 0 6	444.69	5.15	0.0022	0.1942	0.9886
2 0 0 7	560.48	6.40	0.0018	0.1563	0.9887
2 0 0 8	737.35	8.50	0.0014	0.1176	0.9886
2 0 0 9	444.45	5.10	0.0022	0.1961	0.9887
2 0 1 0	539.92	6.10	0.0019	0.1639	0.9888
Минимум	376.88	5.10	0.0014	0.1176	0.9851
Максимум	737.35	8.50	0.0027	0.1961	0.9888
Интервал варијације	360.47	3.40	0.0013	0.0784	0.0037
Проста аритметичка средина	517.30	6.16	0.0020	0.1673	0.9881
Средина интервала	557.12	6.80	0.0020	0.1569	0.9870
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	697.53	7.86	0.0027	0.2065	0.9899
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	337.06	4.46	0.0014	0.1280	0.9862

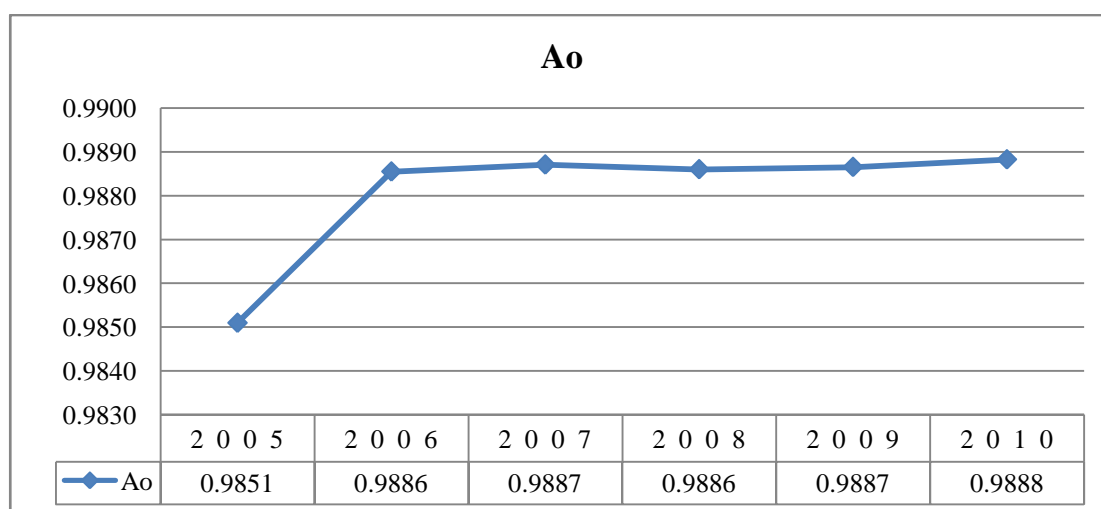
Табела 50 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 22 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 23 - Интензитети отказа и поправки

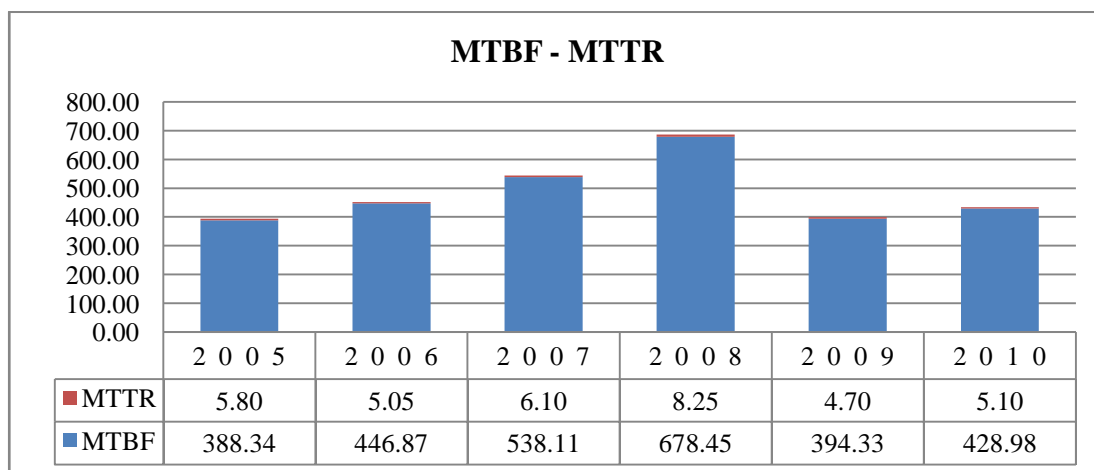


Слика 24 - Функција расположивости

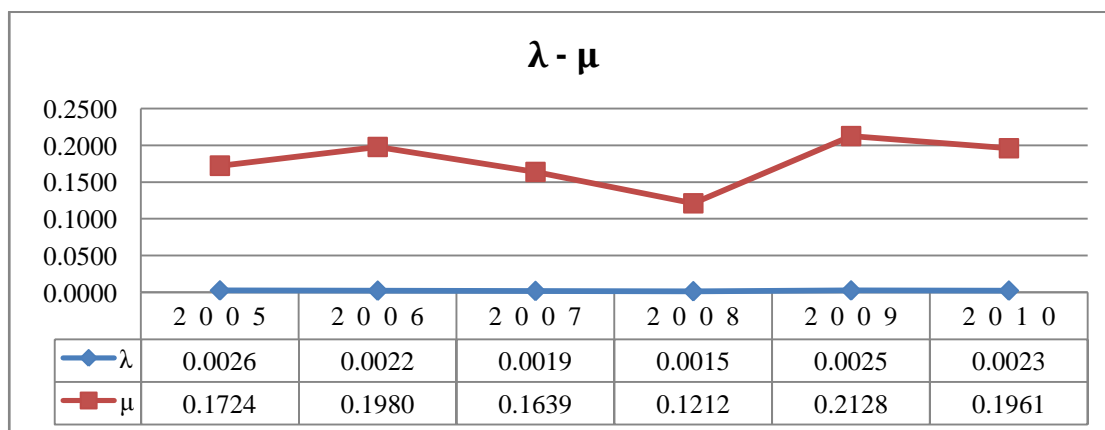
11.2.9 Камион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2370

Компонента	КАМИОН MAN TGA 33 / 2370				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5	388.34	5.80	0.0026	0.1724	0.9853
2 0 0 6	446.87	5.05	0.0022	0.1980	0.9888
2 0 0 7	538.11	6.10	0.0019	0.1639	0.9888
2 0 0 8	678.45	8.25	0.0015	0.1212	0.9880
2 0 0 9	394.33	4.70	0.0025	0.2128	0.9882
2 0 1 0	428.98	5.10	0.0023	0.1961	0.9883
Минимум	388.34	4.70	0.0015	0.1212	0.9853
Максимум	678.45	8.25	0.0026	0.2128	0.9883
Интервал варијације	290.11	3.55	0.0011	0.0916	0.0030
Проста аритметичка средина	479.18	5.83	0.0022	0.1774	0.9879
Средина интервала	533.40	6.48	0.0020	0.1670	0.9868
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	624.24	7.61	0.0027	0.2232	0.9894
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	334.13	4.06	0.0016	0.1316	0.9864

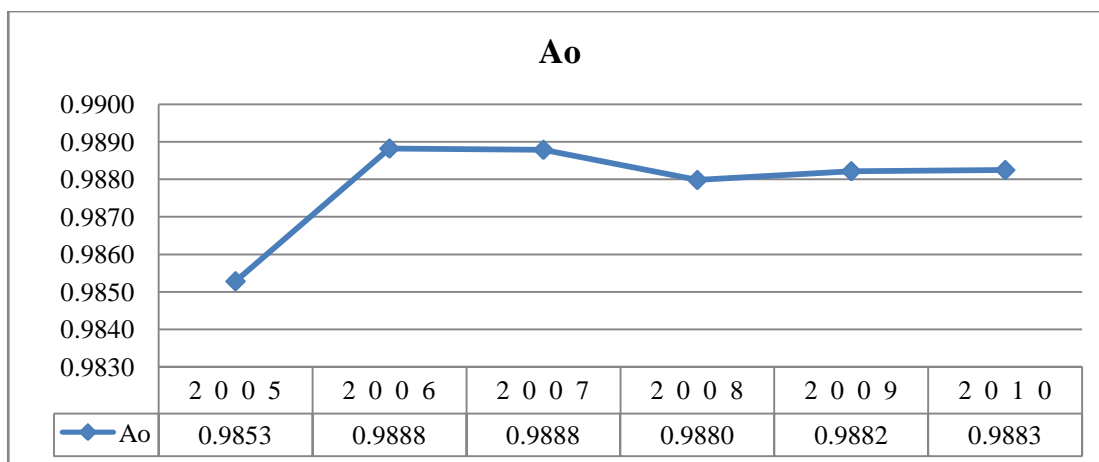
Табела 51 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 25 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 26 - Интензитети отказа и поправки

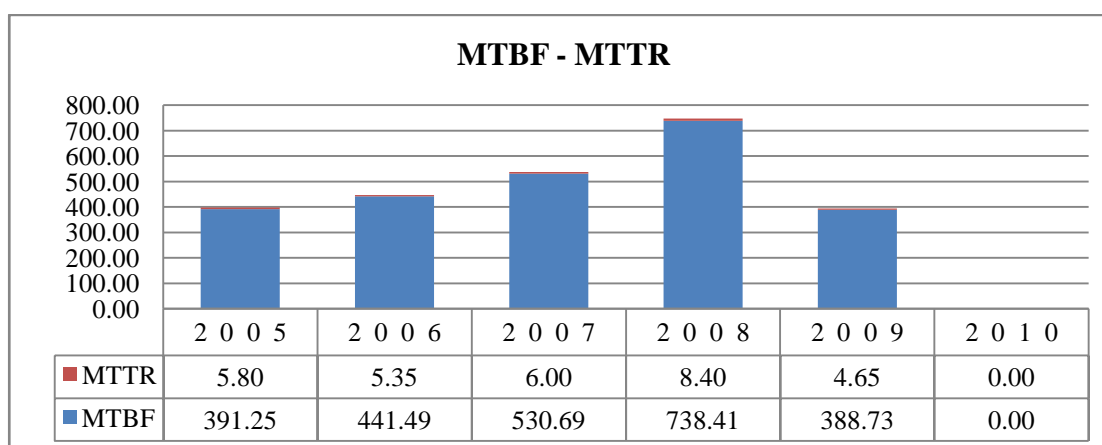


Слика 27 - Функција расположивости

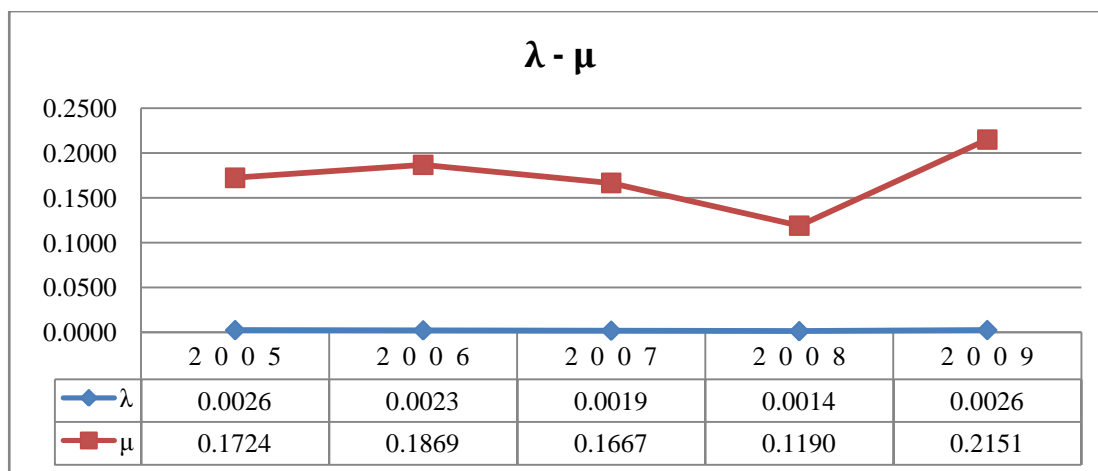
11.2.10 Камсион носивости 20 тона - MAN TGA 33 / 2371

Компонента	КАМИОН MAN TGA 33 / 2371				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5	391.25	5.80	0.0026	0.1724	0.9854
2 0 0 6	441.49	5.35	0.0023	0.1869	0.9880
2 0 0 7	530.69	6.00	0.0019	0.1667	0.9888
2 0 0 8	738.41	8.40	0.0014	0.1190	0.9888
2 0 0 9	388.73	4.65	0.0026	0.2151	0.9882
2 0 1 0	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
Минимум	391.25	4.65	0.0014	0.1190	0.9854
Максимум	738.41	8.40	0.0026	0.2151	0.9888
Интервал варијације	347.16	3.75	0.0012	0.0960	0.0034
Проста аритметичка средина	415.10	5.03	0.0018	0.1433	0.8232
Средина интервала	564.83	6.53	0.0020	0.1671	0.4927
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	588.68	6.91	0.0024	0.1914	0.3305
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	241.52	3.16	0.0012	0.0953	1.3159

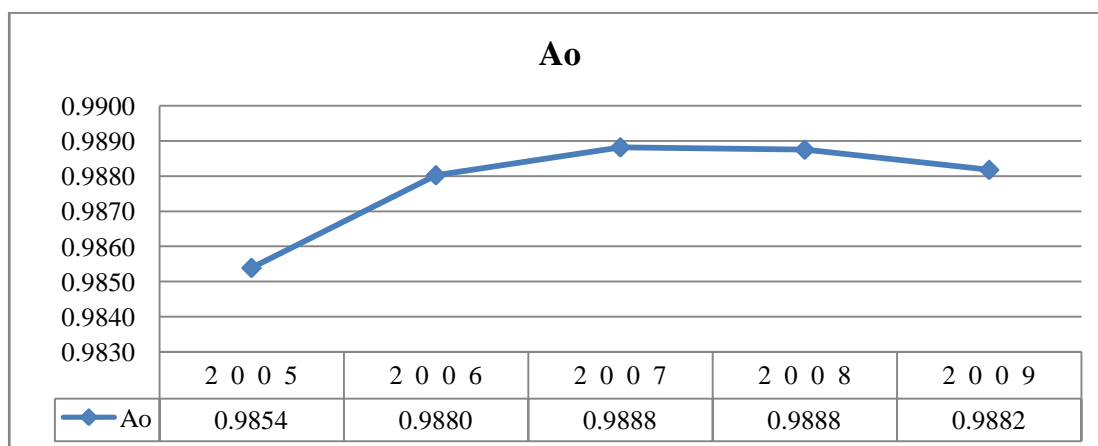
Табела 52 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 28 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 29 - Интензитети отказа и поправки

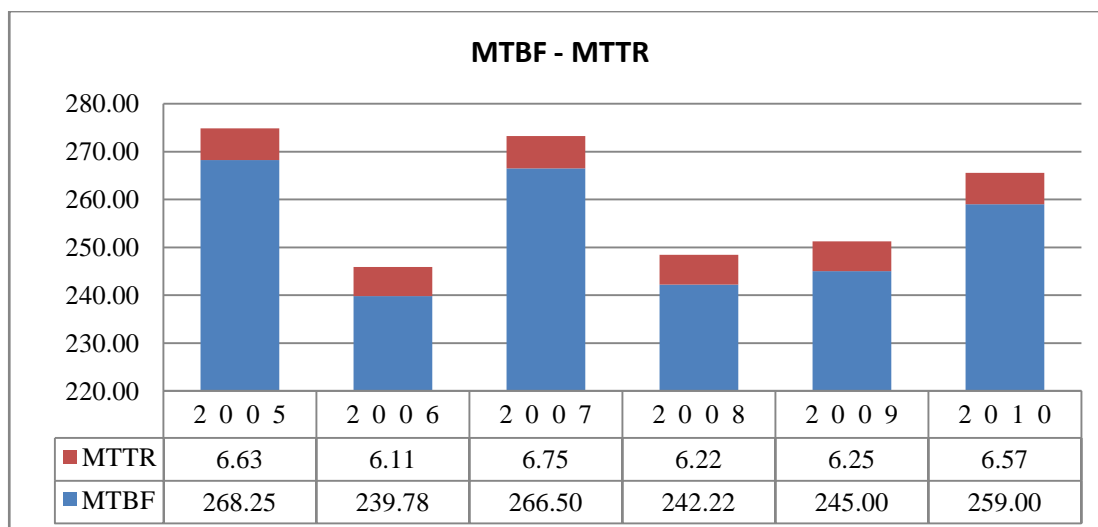


Слика 30 - Функција расположивости

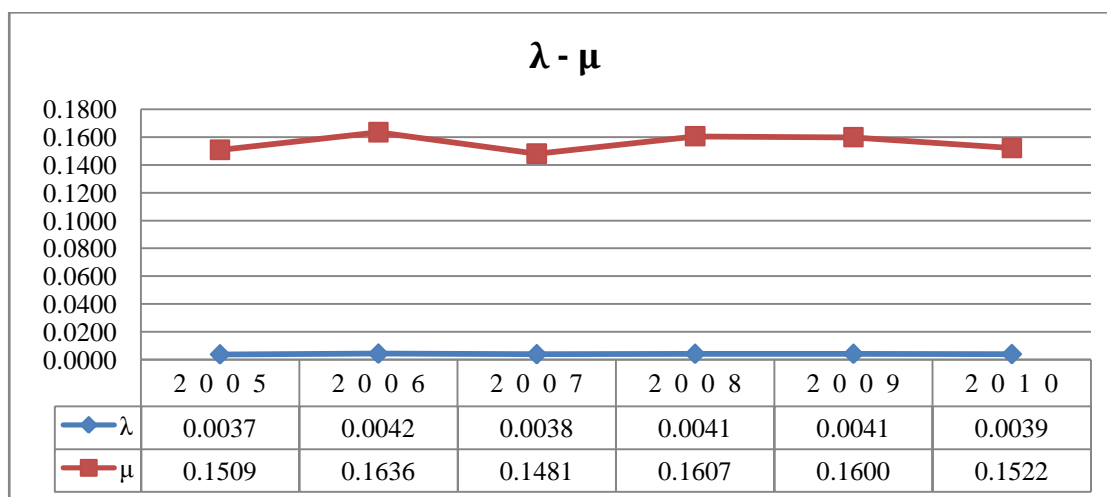
11.2.11 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2109

Компонента	КАМИОН КАМАЗ / 2109				
	MTBF	MTTR	λ	μ	A_o
2 0 0 5	268.25	6.63	0.0037	0.1509	0.9759
2 0 0 6	239.78	6.11	0.0042	0.1636	0.9751
2 0 0 7	266.50	6.75	0.0038	0.1481	0.9753
2 0 0 8	242.22	6.22	0.0041	0.1607	0.9750
2 0 0 9	245.00	6.25	0.0041	0.1600	0.9751
2 0 1 0	259.00	6.57	0.0039	0.1522	0.9753
Минимум	242.22	6.11	0.0037	0.1481	0.9750
Максимум	268.25	6.75	0.0039	0.1636	0.9759
Интервал варијације	26.03	0.64	0.0002	0.0155	0.0009
Проста аритметичка средина	253.46	6.42	0.0040	0.1559	0.9753
Средина интервала	255.24	6.43	0.0038	0.1559	0.9755
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	266.47	6.74	0.0041	0.1637	0.9757
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	240.44	6.10	0.0039	0.1482	0.9748

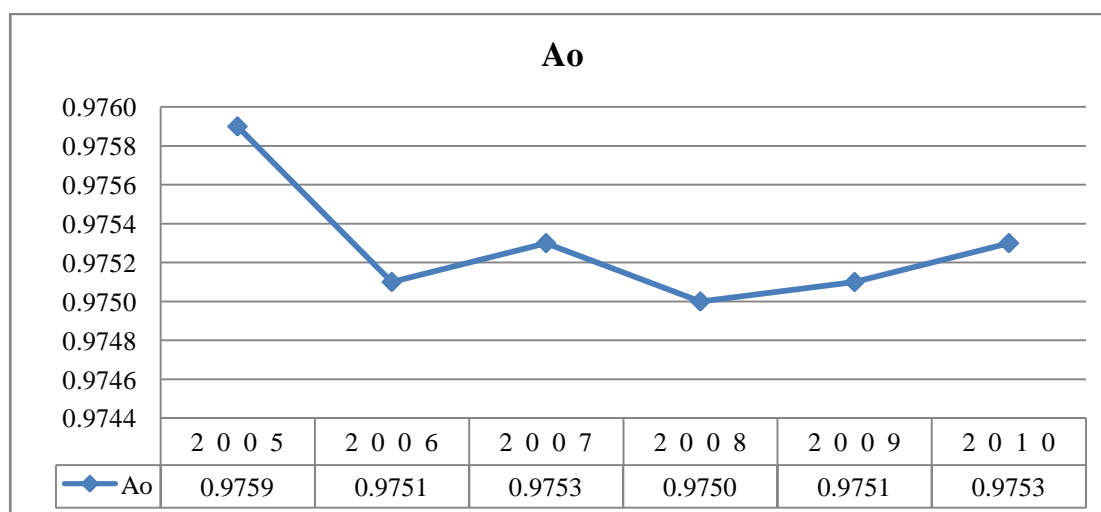
Табела 53 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 31 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 32 - Интензитети отказа и поправки

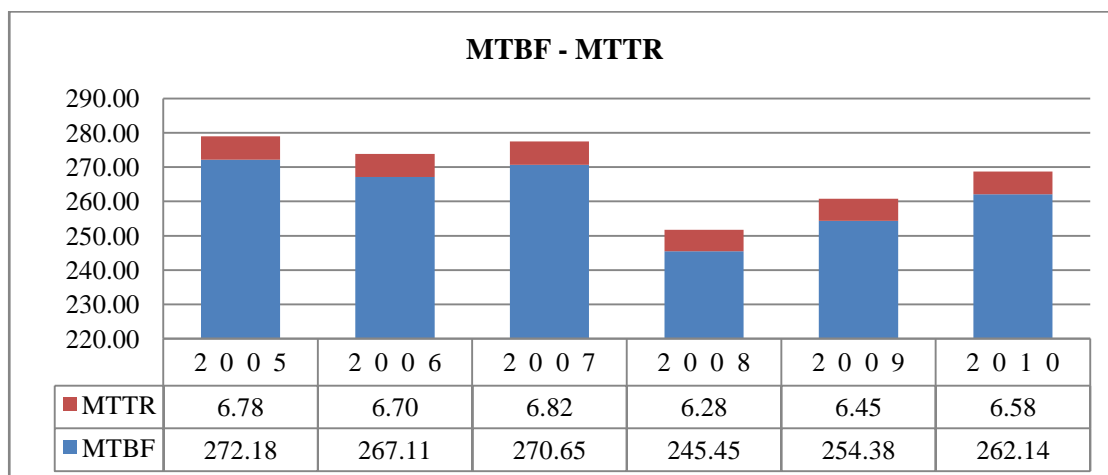


Слика 33 - Функција расположивости

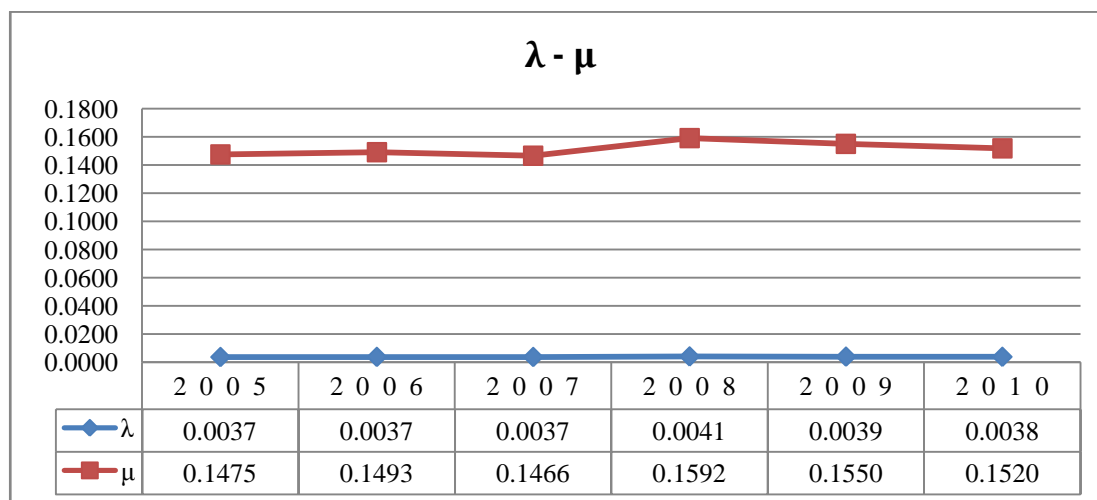
11.2.12 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2110

Компонента	КАМИОН КАМАЗ / 2110				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Λ_0
2 0 0 5	272.18	6.78	0.0037	0.1475	0.9757
2 0 0 6	267.11	6.70	0,0037	0.1493	0.9755
2 0 0 7	270.65	6.82	0.0037	0.1466	0.9754
2 0 0 8	245.45	6.28	0.0041	0.1592	0.9751
2 0 0 9	254.38	6.45	0.0039	0.1550	0.9753
2 0 1 0	262.14	6.58	0.0038	0.1520	0.9755
Минимум	245.45	6.28	0.0037	0.1466	0.9751
Максимум	272.18	6.82	0.0041	0.1550	0.9757
Интервал варијације	26.73	0.54	0.0004	0.0084	0.0006
Проста аритметичка средина	262.83	6.62	0.0038	0.1513	0.9754
Средина интервала	258.82	6.55	0.0039	0.1508	0.9754
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	276.20	6.89	0.0040	0.1555	0.9758
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	249.47	6.35	0.0036	0.1471	0.9751

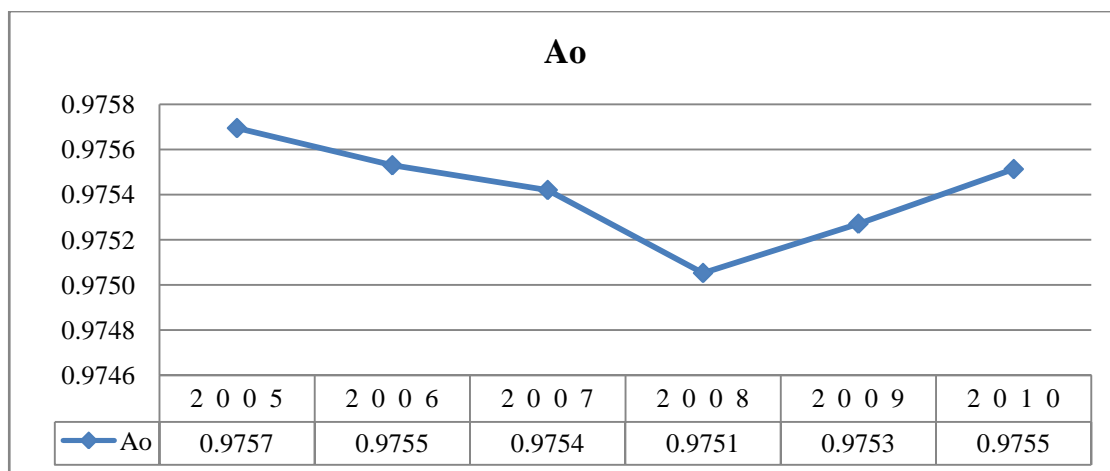
Табела 54 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 34 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 35 - Интензитети отказа и поправки

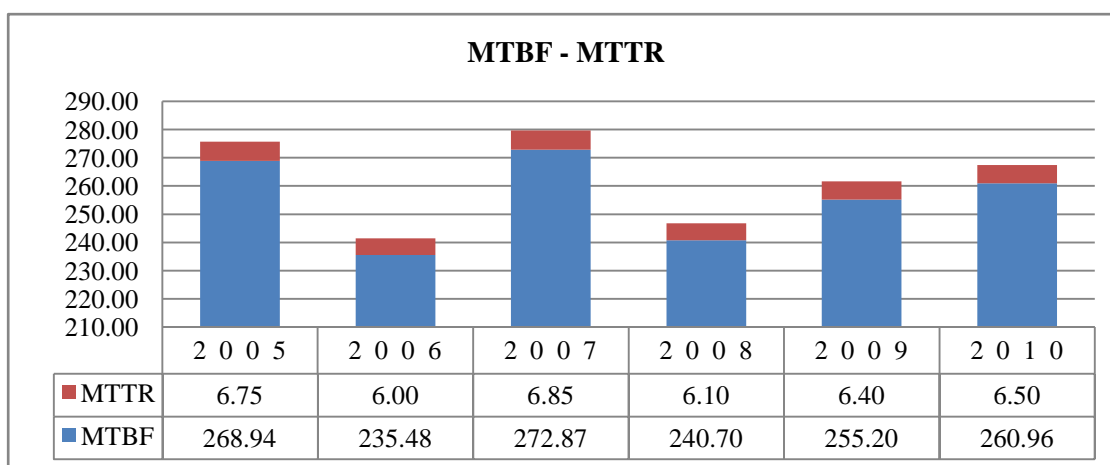


Слика 36 - Функција расположивости

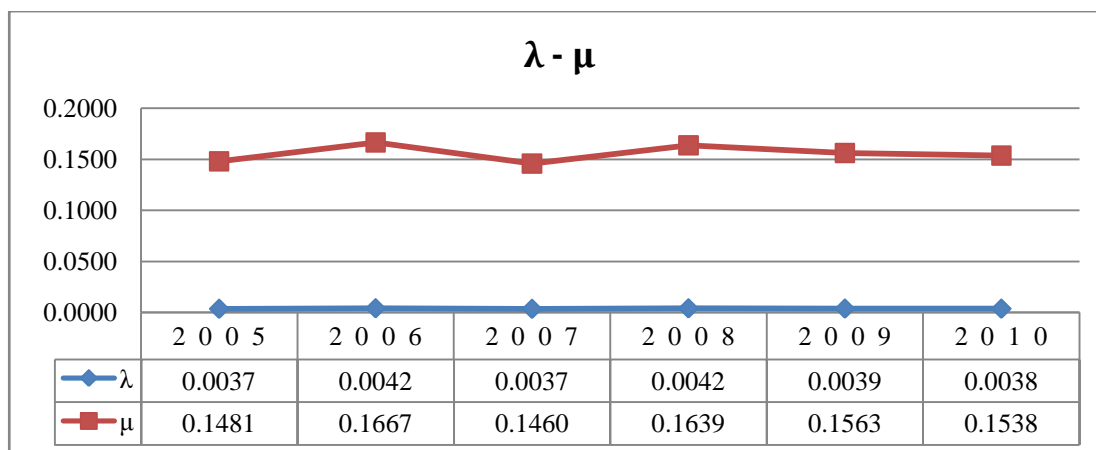
11.2.13 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2111

Компонента	КАМИОН КАМАЗ / 2111					
	Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5		268.94	6.75	0.0037	0.1481	0.9755
2 0 0 6		235.48	6.00	0.0042	0.1667	0.9752
2 0 0 7		272.87	6.85	0.0037	0.1460	0.9755
2 0 0 8		240.70	6.10	0.0042	0.1639	0.9753
2 0 0 9		255.20	6.40	0.0039	0.1563	0.9755
2 0 1 0		260.96	6.50	0.0038	0.1538	0.9757
Минимум		235.48	6.00	0.0037	0.1460	0.9752
Максимум		268.94	6.85	0.0042	0.1639	0.9757
Интервал варијације		33.46	0.85	0.0004	0.0179	0.0005
Проста аритметичка средина		255.69	6.43	0.0039	0.1558	0.9754
Средина интервала		252.21	6.43	0.0039	0.1550	0.9754
Одступ. Од. Сред. Вред. - R		272.42	6.86	0.0041	0.1648	0.9757
Одступ. Од. Сред. Вред. - L		238.96	6.01	0.0037	0.1468	0.9752

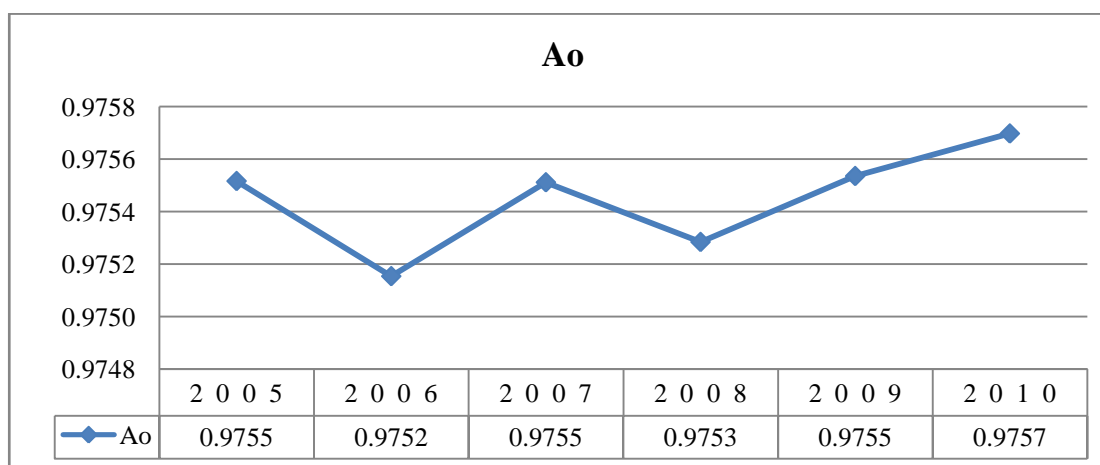
Табела 55 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 37 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 38 - Интензитети отказа и поправки

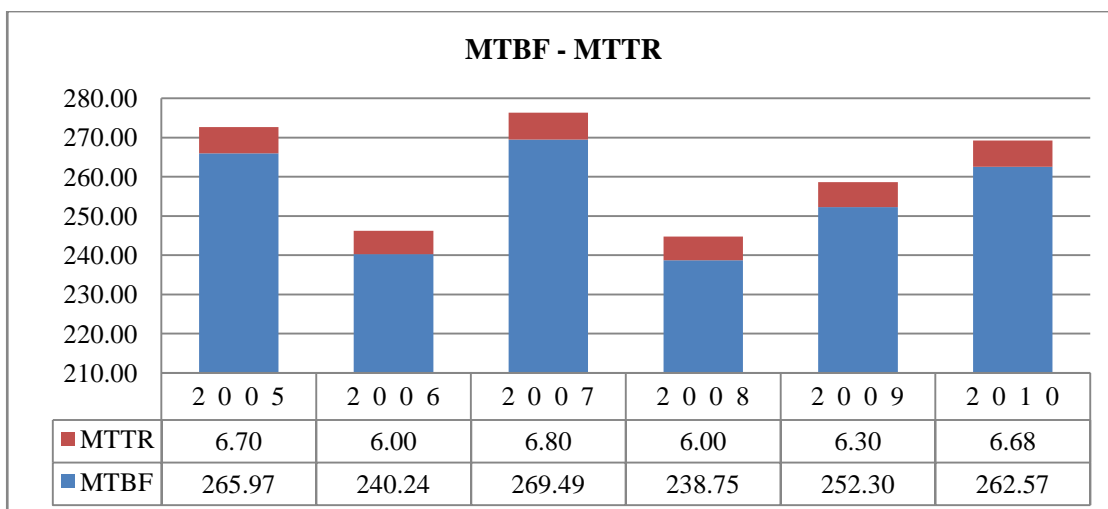


Слика 39 - Функција расположивости

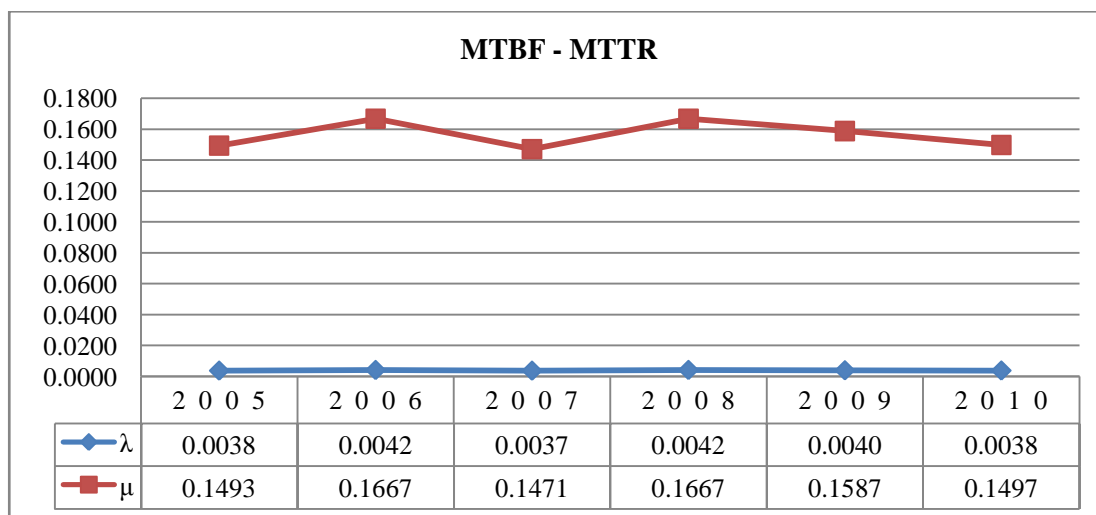
11.2.14 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2112

Компонента	КАМИОН КАМАЗ / 2112					
	Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	A_o
2 0 0 5		265.97	6.70	0.0038	0.1493	0.9754
2 0 0 6		240.24	6.00	0.0042	0.1667	0.9756
2 0 0 7		269.49	6.80	0.0037	0.1471	0.9754
2 0 0 8		238.75	6.00	0.0042	0.1667	0.9755
2 0 0 9		252.30	6.30	0.0040	0.1587	0.9756
2 0 1 0		262.57	6.68	0.0038	0.1497	0.9752
Минимум		238.75	6.00	0.0037	0.1493	0.9752
Максимум		269.49	6.80	0.0042	0.1587	0.9756
Интервал варијације		30.74	0.80	0.0005	0.0095	0.0004
Проста аритметичка средина		254.89	6.41	0.0039	0.1563	0.9755
Средина интервала		254.12	6.40	0.0039	0.1540	0.9754
Одступ. Од. Сред. Вред. - R		270.26	6.81	0.0042	0.1611	0.9757
Одступ. Од. Сред. Вред. - L		239.52	6.01	0.0037	0.1516	0.9752

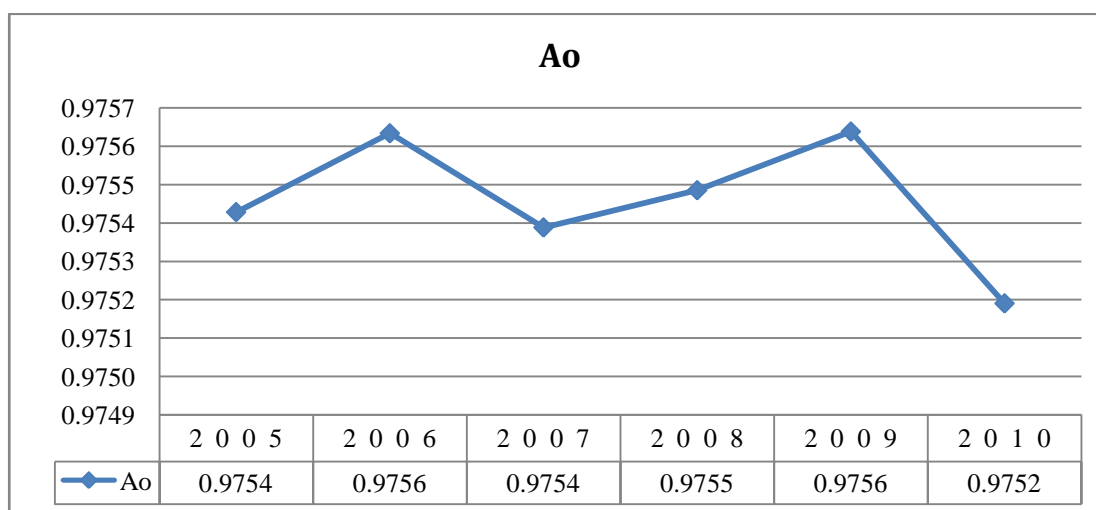
Табела 56 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 40 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 41 - Интензитети отказа и поправки

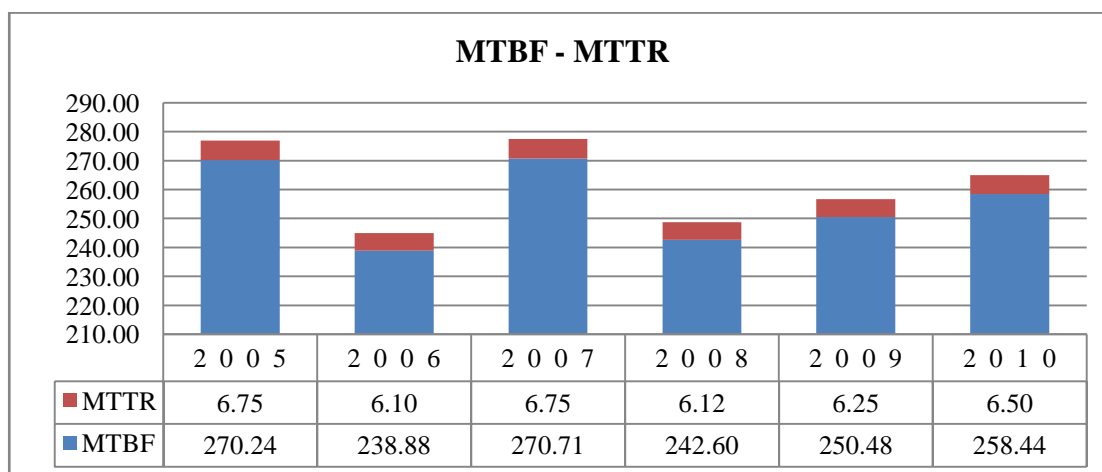


Слика 42 - Функција расположивости

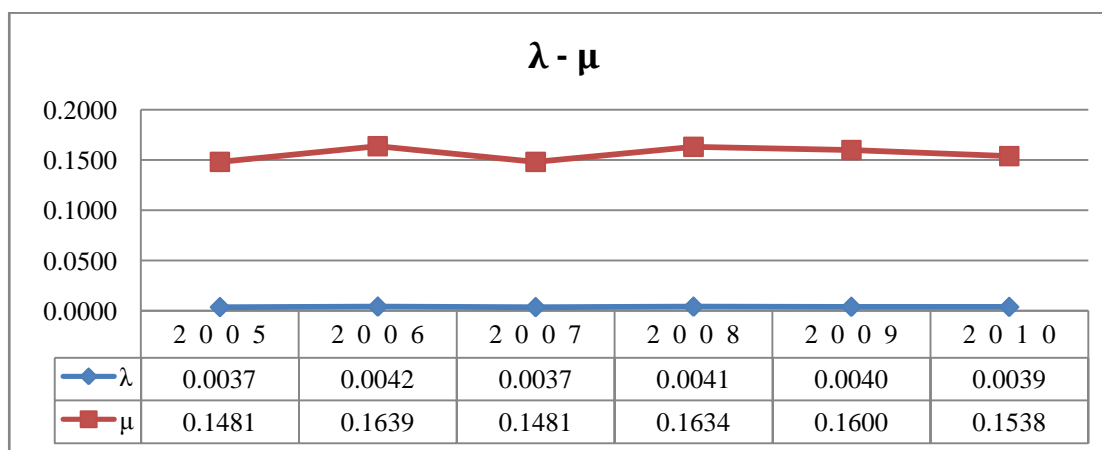
11.2.15 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2113

Компонента	КАМИОН КАМАЗ / 2113					
	Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Δo
2 0 0 5		270.24	6.75	0.0037	0.1481	0.9756
2 0 0 6		238.88	6.10	0.0042	0.1639	0.9751
2 0 0 7		270.71	6.75	0.0037	0.1481	0.9757
2 0 0 8		242.60	6.12	0.0041	0.1634	0.9754
2 0 0 9		250.48	6.25	0.0040	0.1600	0.9757
2 0 1 0		258.44	6.50	0.0039	0.1538	0.9755
Минимум		238.88	6.10	0.0037	0.1481	0.9751
Максимум		270.24	6.75	0.0042	0.1639	0.9757
Интервал варијације		31.36	0.65	0.0005	0.0158	0.0006
Проста аритметичка средина		255.23	6.41	0.0039	0.1562	0.9755
Средина интервала		254.56	6.43	0.0039	0.1560	0.9754
Одступ. Од. Сред. Вред. - R		270.91	6.74	0.0042	0.1641	0.9758
Одступ. Од. Сред. Вред. - L		239.55	6.09	0.0037	0.1484	0.9752

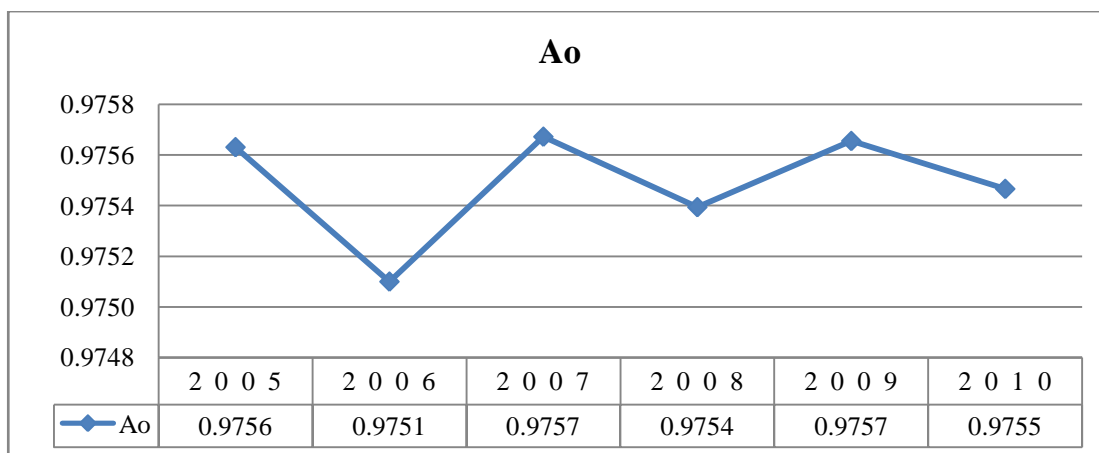
Табела 57 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 43 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 44 - Интензитети отказа и поправки

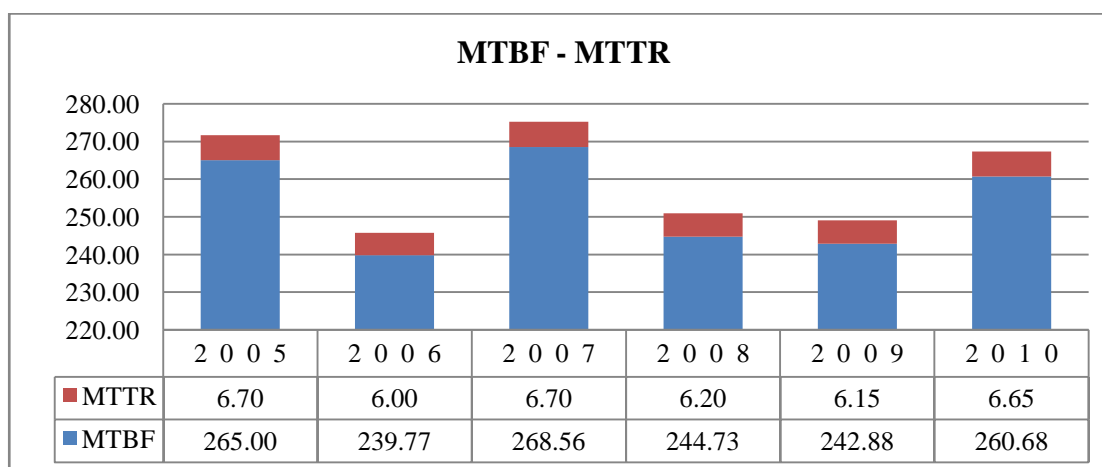


Слика 45 - Функција расположивости

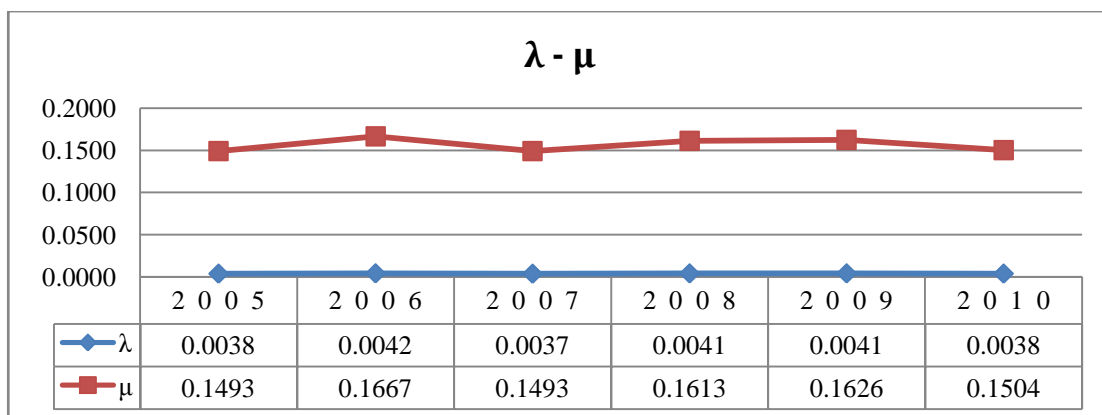
11.2.16 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2114

Компонента	КАМИОН КАМАЗ / 2114				
	Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ
2 0 0 5	265.00	6.70	0.0038	0.1493	0.9753
2 0 0 6	239.77	6.00	0.0042	0.1667	0.9756
2 0 0 7	268.56	6.70	0.0037	0.1493	0.9757
2 0 0 8	244.73	6.20	0.0041	0.1613	0.9753
2 0 0 9	242.88	6.15	0.0041	0.1626	0.9753
2 0 1 0	260.68	6.65	0.0038	0.1504	0.9751
Минимум	239.77	6.00	0.0037	0.1493	0.9751
Максимум	268.56	6.70	0.0042	0.1667	0.9757
Интервал варијације	28.79	0.70	0.0004	0.0174	0.0005
Проста аритметичка средина	253.60	6.40	0.0040	0.1566	0.9754
Средина интервала	254.17	6.35	0.0039	0.1580	0.9754
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	268.00	6.75	0.0042	0.1653	0.9757
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	239.21	6.05	0.0037	0.1479	0.9751

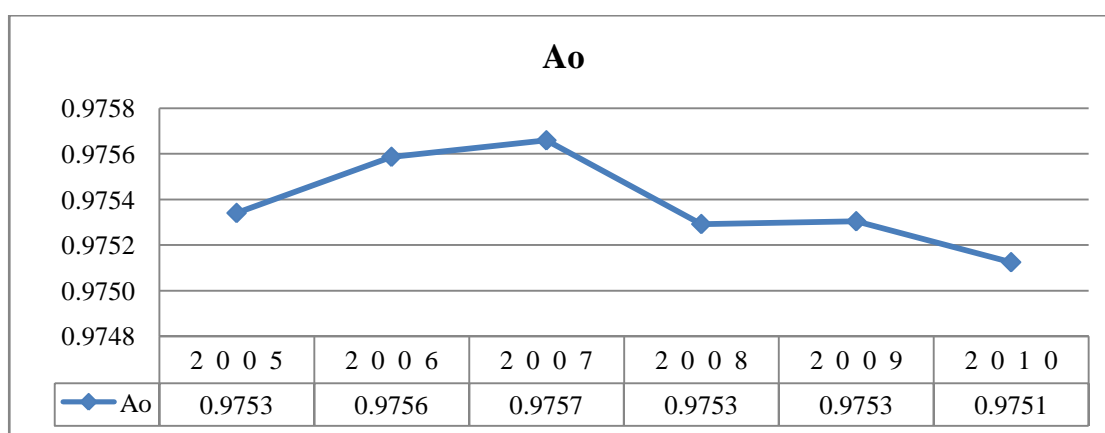
Табела 58 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 46 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 47 - Интензитети отказа и поправки

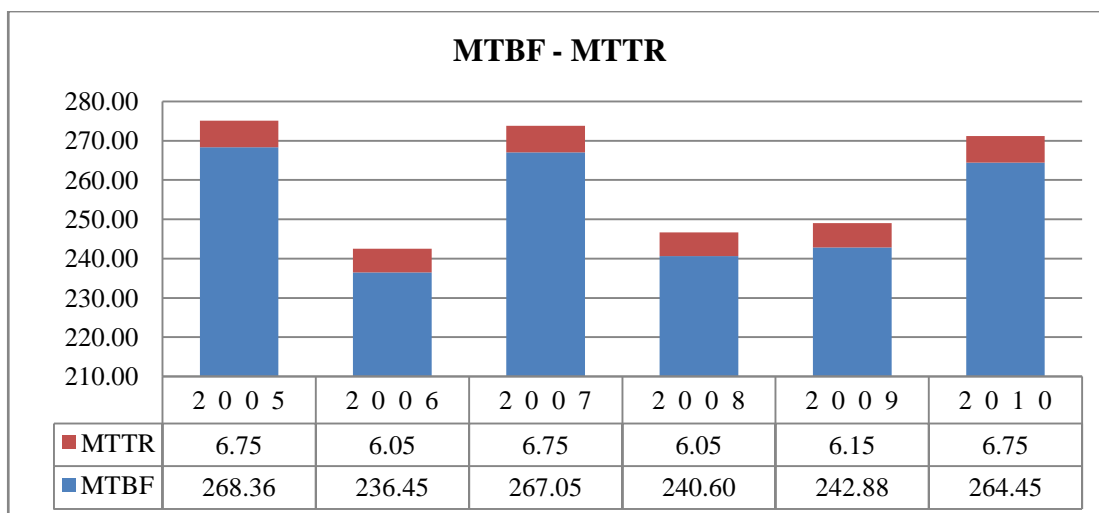


Слика 48 - Функција расположивости

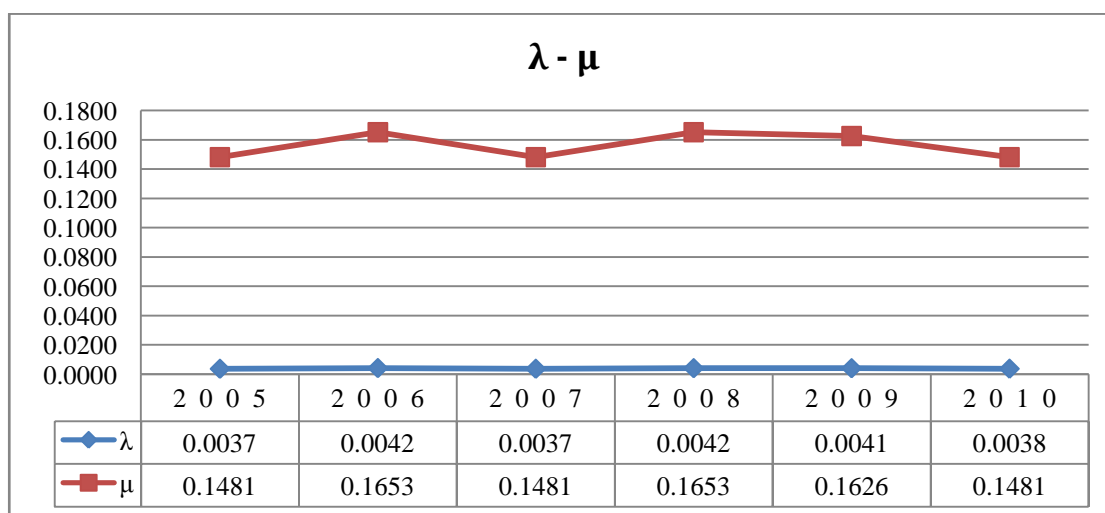
11.2.17 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2115

Компонента	КАМИОН КАМАЗ / 2115				
	MTBF	MTTR	λ	μ	A_0
2 0 0 5	268.36	6.75	0.0037	0.1481	0.9755
2 0 0 6	236.45	6.05	0.0042	0.1653	0.9751
2 0 0 7	267.05	6.75	0.0037	0.1481	0.9753
2 0 0 8	240.60	6.05	0.0042	0.1653	0.9755
2 0 0 9	242.88	6.15	0.0041	0.1626	0.9753
2 0 1 0	264.45	6.75	0.0038	0.1481	0.9751
Минимум	236.45	6.05	0.0037	0.1481	0.9751
Максимум	268.36	6.75	0.0042	0.1653	0.9755
Интервал варијације	31.91	0.70	0.0004	0.0171	0.0004
Проста аритметичка средина	253.30	6.42	0.0040	0.1563	0.9753
Средина интервала	252.41	6.40	0.0039	0.1567	0.9753
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	269.25	6.77	0.0042	0.1648	0.9755
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	237.34	6.07	0.0037	0.1477	0.9751

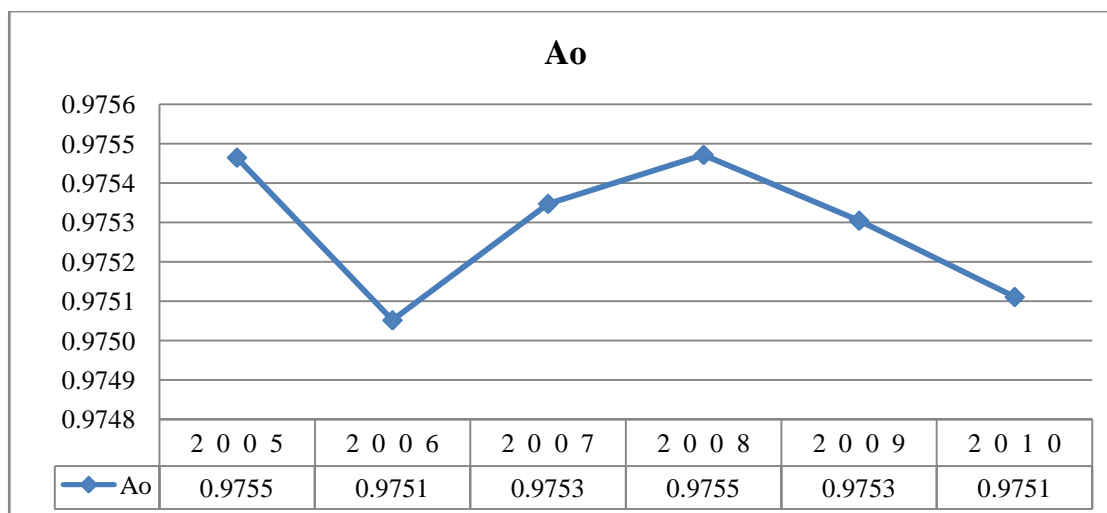
Табела 59 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 49 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 50 - Интензитети отказа и поправки

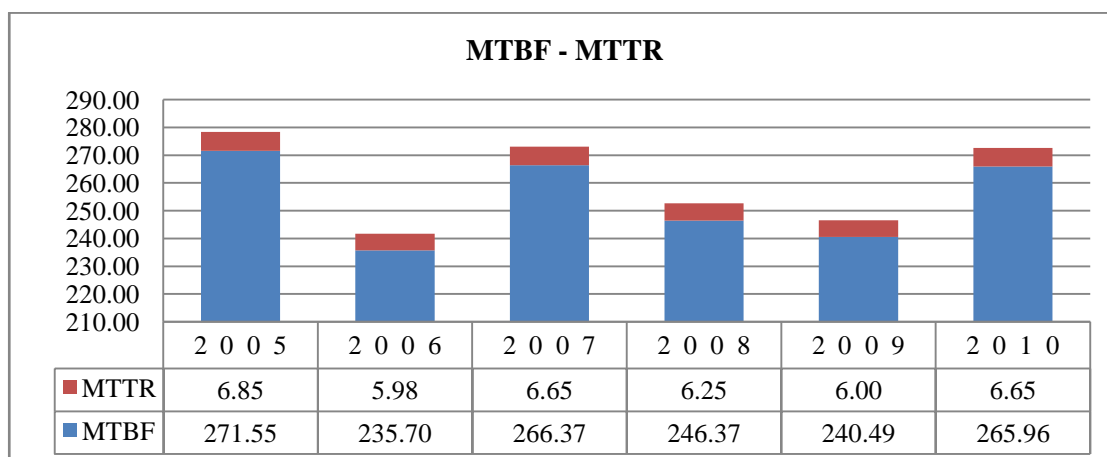


Слика 51 - Функција расположивости

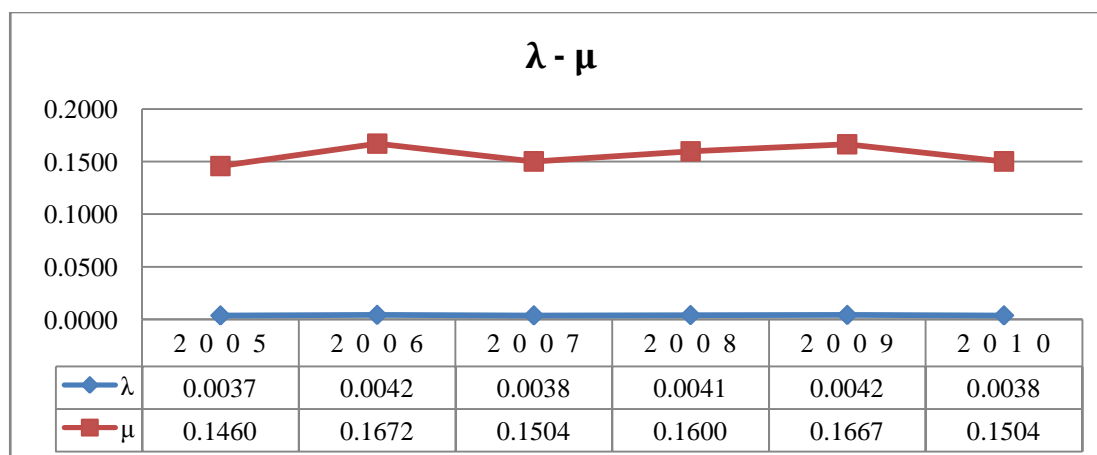
11.2.18 Камион носивости 15 тона - КАМАЗ / 2116

Компонента	КАМИОН КАМАЗ / 2116				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5	271.55	6.85	0.0037	0.1460	0.9754
2 0 0 6	235.70	5.98	0.0042	0.1672	0.9753
2 0 0 7	266.37	6.65	0.0038	0.1504	0.9756
2 0 0 8	246.37	6.25	0.0041	0.1600	0.9753
2 0 0 9	240.49	6.00	0.0042	0.1667	0.9757
2 0 1 0	265.96	6.65	0.0038	0.1504	0.9756
Минимум	235.70	5.98	0.0037	0.1460	0.9753
Максимум	271.55	6.85	0.0042	0.1667	0.9757
Интервал варијације	35.85	0.87	0.0005	0.0207	0.0004
Проста аритметичка средина	254.41	6.40	0.0039	0.1568	0.9755
Средина интервала	253.63	6.42	0.0039	0.1563	0.9755
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	272.33	6.83	0.0042	0.1671	0.9757
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	236.48	5.96	0.0037	0.1464	0.9753

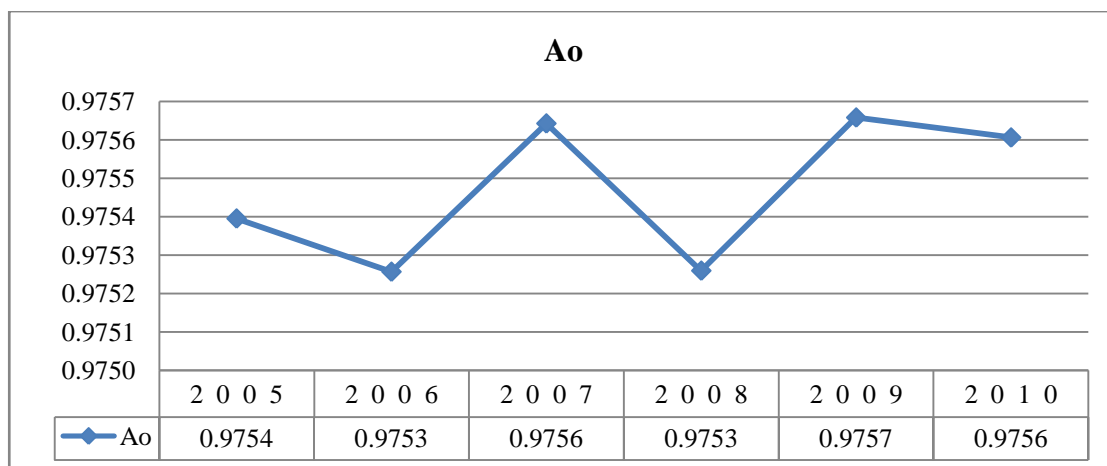
Табела 60 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 52 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 53 - Интензитети отказа и поправки

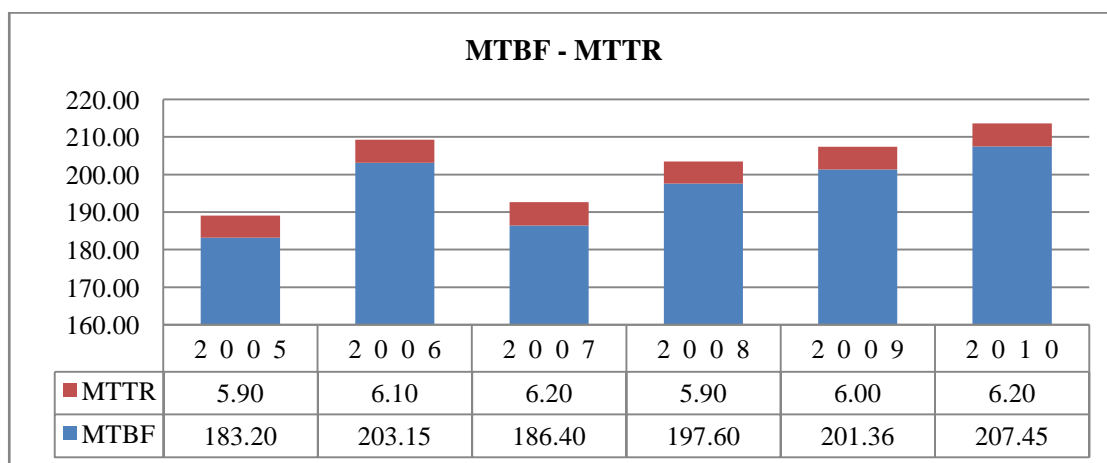


Слика 54 - Функција расположивости

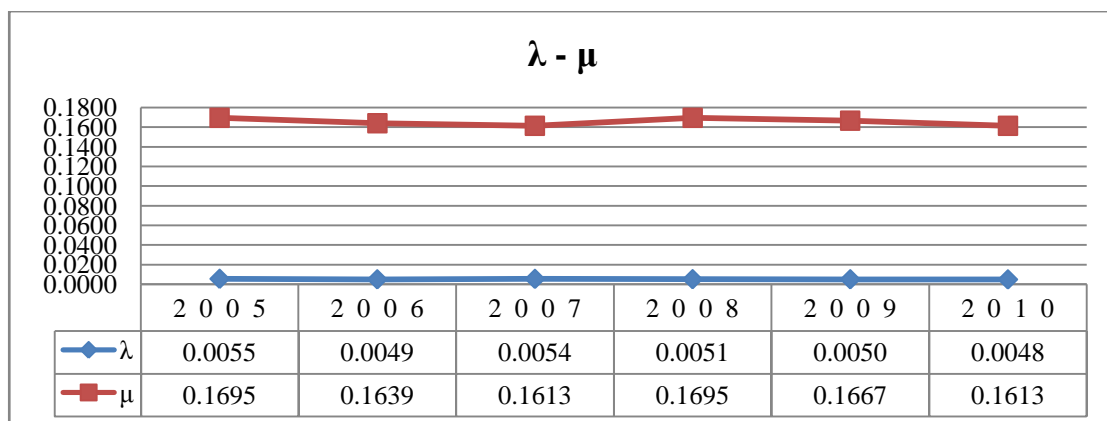
11.2.19 Финишер VOGELE 1600 / 927

Компонента	ФИНИШЕР VOGELE 1600 / 927				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5	183.20	5.90	0.0055	0.1695	0.9688
2 0 0 6	203.15	6.10	0.0049	0.1639	0.9708
2 0 0 7	186.40	6.20	0.0054	0.1613	0.9678
2 0 0 8	197.60	5.90	0.0051	0.1695	0.9710
2 0 0 9	201.36	6.00	0.0050	0.1667	0.9711
2 0 1 0	207.45	6.20	0.0048	0.1613	0.9710
Минимум	183.20	5.90	0.0048	0.1613	0.9688
Максимум	207.45	6.20	0.0055	0.1695	0.9711
Интервал варијације	24.25	0.30	0.0006	0.0082	0.0023
Проста аритметичка средина	196.53	6.05	0.0051	0.1654	0.9701
Средина интервала	195.33	6.05	0.0051	0.1654	0.9699
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	208.65	6.20	0.0054	0.1695	0.9712
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	184.40	5.90	0.0048	0.1613	0.9690

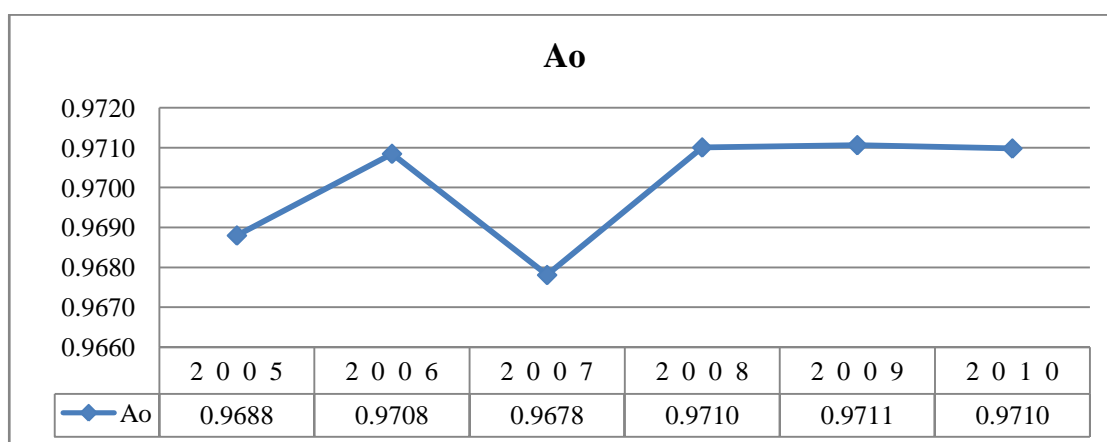
Табела 61 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 55 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 56 - Интензитети отказа и поправки

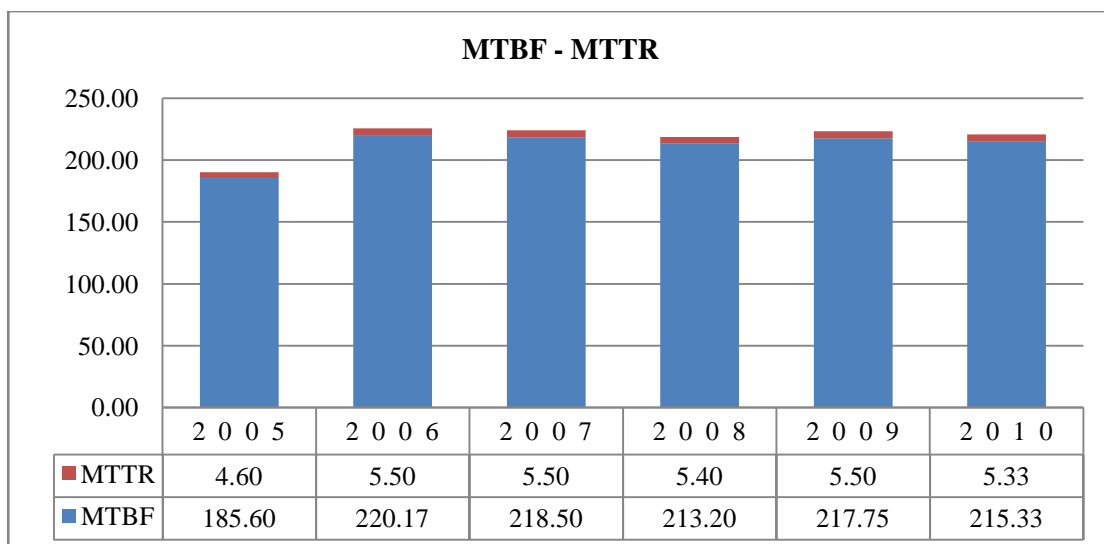


Слика 57 - Функција расположивости

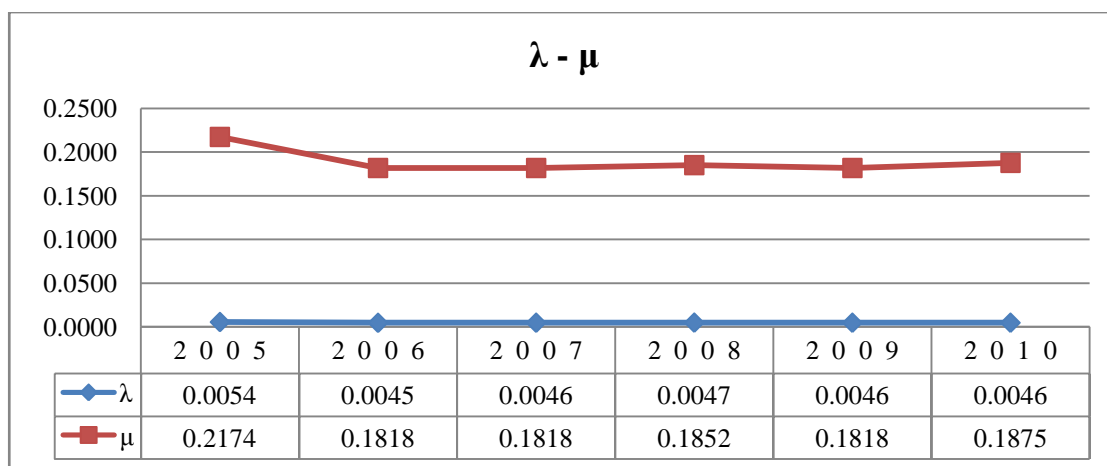
11.2.20 Финишер VOGELE 1800 / 1912

Компонента	ФИНИШЕР VOGELE 1800 / 1912				
	MTBF	MTTR	λ	μ	A_o
Година / Параметар					
2 0 0 5	185.60	4.60	0.0054	0.2174	0.9758
2 0 0 6	220.17	5.50	0.0045	0.1818	0.9756
2 0 0 7	218.50	5.50	0.0046	0.1818	0.9754
2 0 0 8	213.20	5.40	0.0047	0.1852	0.9753
2 0 0 9	217.75	5.50	0.0046	0.1818	0.9754
2 0 1 0	215.33	5.33	0.0046	0.1875	0.9758
Минимум	185.60	4.60	0.0045	0.1818	0.9753
Максимум	220.17	5.50	0.0054	0.2174	0.9758
Интервал варијације	34.57	0.90	0.0009	0.0356	0.0005
Проста аритметичка средина	211.76	5.31	0.0047	0.1893	0.9756
Средина интервала	202.89	5.05	0.0050	0.1996	0.9756
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	229.04	5.76	0.0052	0.2071	0.9758
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	194.47	4.86	0.0043	0.1715	0.9753

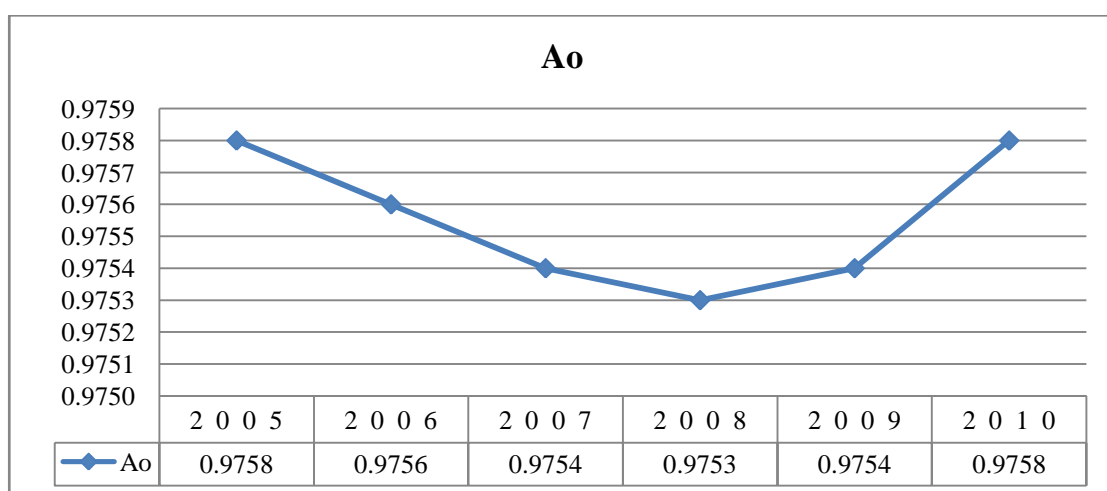
Табела 62 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 58 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 59 - Интензитети отказа и поправки

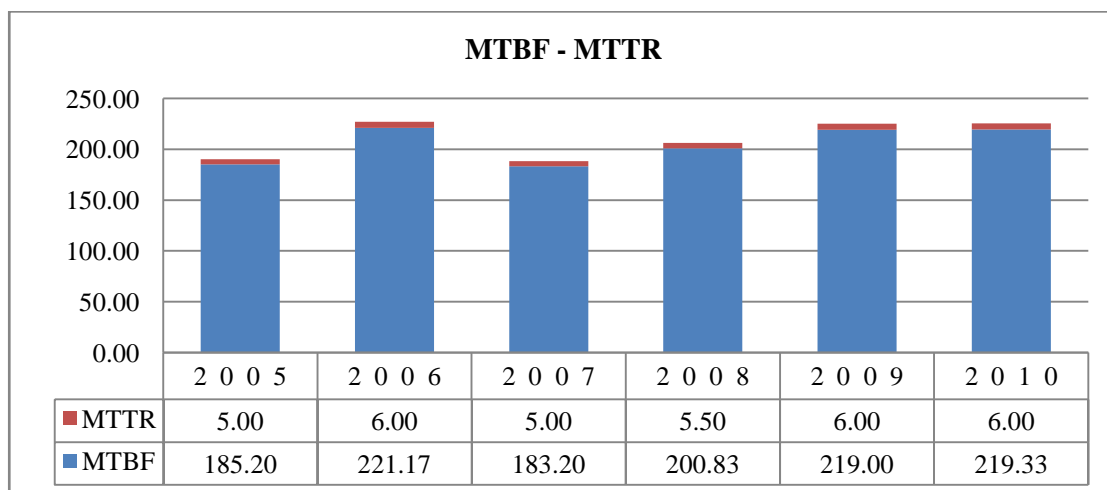


Слика 60 - Функција расположивости

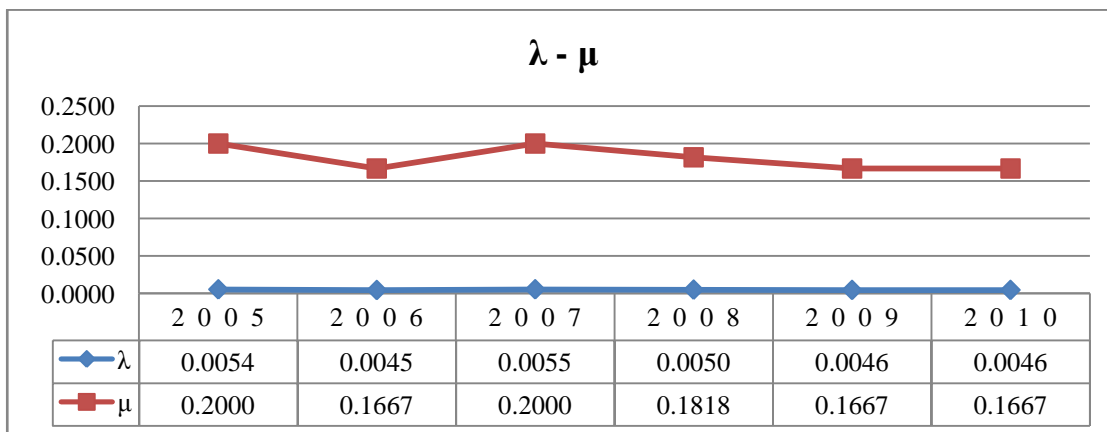
11.2.21 Финишер VOGELE 1900 / 2189

Компонента	ФИНИШЕР VOGELE 1900 / 2189				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5	185.20	5.00	0.0054	0.2000	0.9737
2 0 0 6	221.17	6.00	0.0045	0.1667	0.9736
2 0 0 7	183.20	5.00	0.0055	0.2000	0.9734
2 0 0 8	200.83	5.50	0.0050	0.1818	0.9733
2 0 0 9	219.00	6.00	0.0046	0.1667	0.9733
2 0 1 0	219.33	6.00	0.0046	0.1667	0.9734
Минимум	183.20	5.00	0.0045	0.1667	0.9733
Максимум	221.17	6.00	0.0055	0.2000	0.9737
Интервал варијације	37.97	1.00	0.0010	0.0333	0.0004
Проста аритметичка средина	204.79	5.58	0.0049	0.1803	0.9735
Средина интервала	202.19	5.50	0.0050	0.1834	0.9735
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	223.77	6.08	0.0054	0.1970	0.9737
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	185.80	5.08	0.0044	0.1637	0.9733

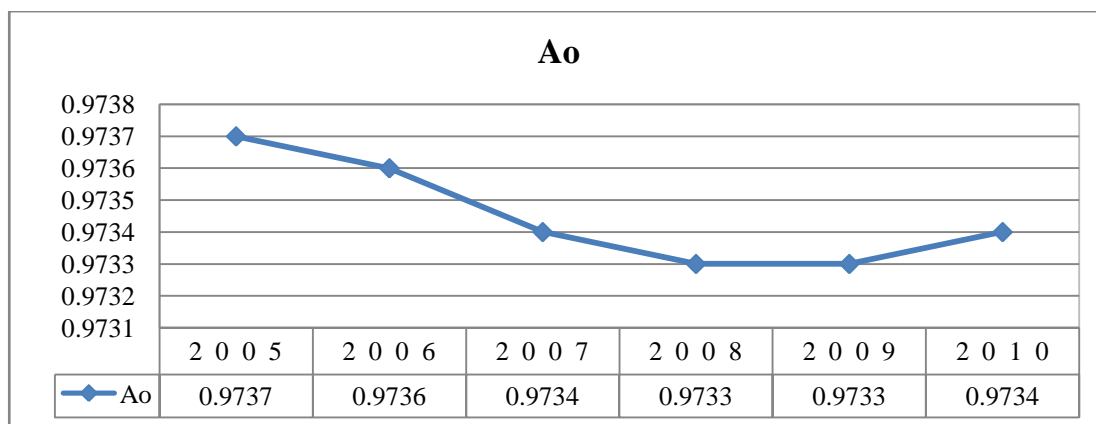
Табела 63 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 61 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 62 - Интензитети отказа и поправки

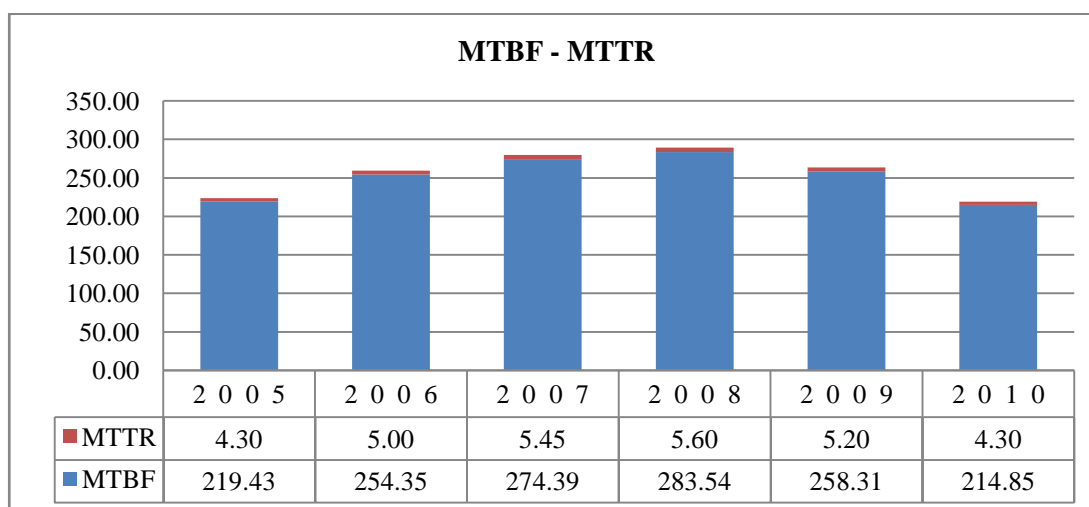


Слика 63 - Функција расположивости

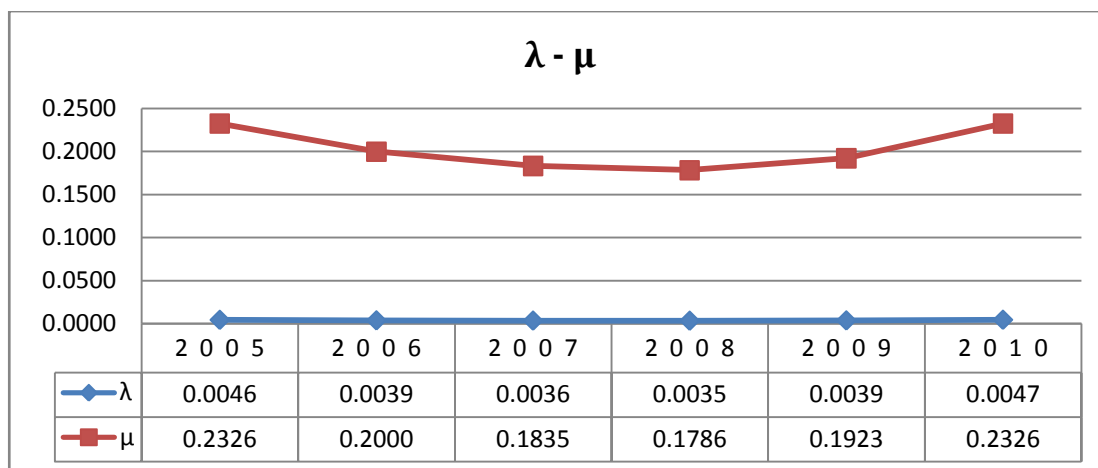
11.2.22 Компактор / ваљак тандем / 1296

Компонента	ВАЉАК ТАНДЕМ / 1296				
	Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ
2 0 0 5	219.43	4.30	0.0046	0.2326	0.9808
2 0 0 6	254.35	5.00	0.0039	0.2000	0.9807
2 0 0 7	274.39	5.45	0.0036	0.1835	0.9805
2 0 0 8	283.54	5.60	0.0035	0.1786	0.9806
2 0 0 9	258.31	5.20	0.0039	0.1923	0.9803
2 0 1 0	214.85	4.30	0.0047	0.2326	0.9804
Минимум	214.85	4.30	0.0035	0.1786	0.9803
Максимум	283.54	5.60	0.0047	0.2326	0.9808
Интервал варијације	68.69	1.30	0.0011	0.0540	0.0005
Проста аритметичка средина	250.81	4.98	0.0040	0.2032	0.9806
Средина интервала	249.20	4.95	0.0041	0.2056	0.9803
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	285.16	5.63	0.0046	0.2302	0.9806
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	216.47	4.33	0.0035	0.1763	0.9806

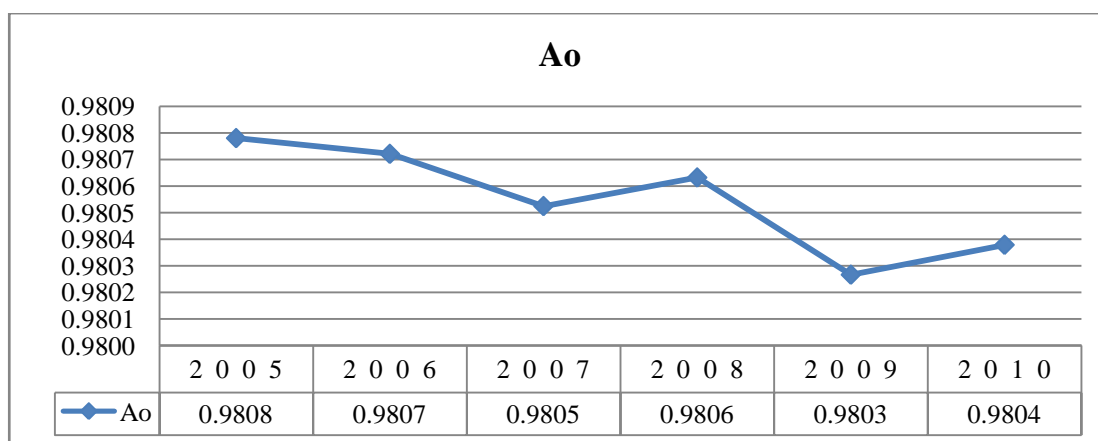
Табела 64 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 64 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 65 - Интензитети отказа и поправки

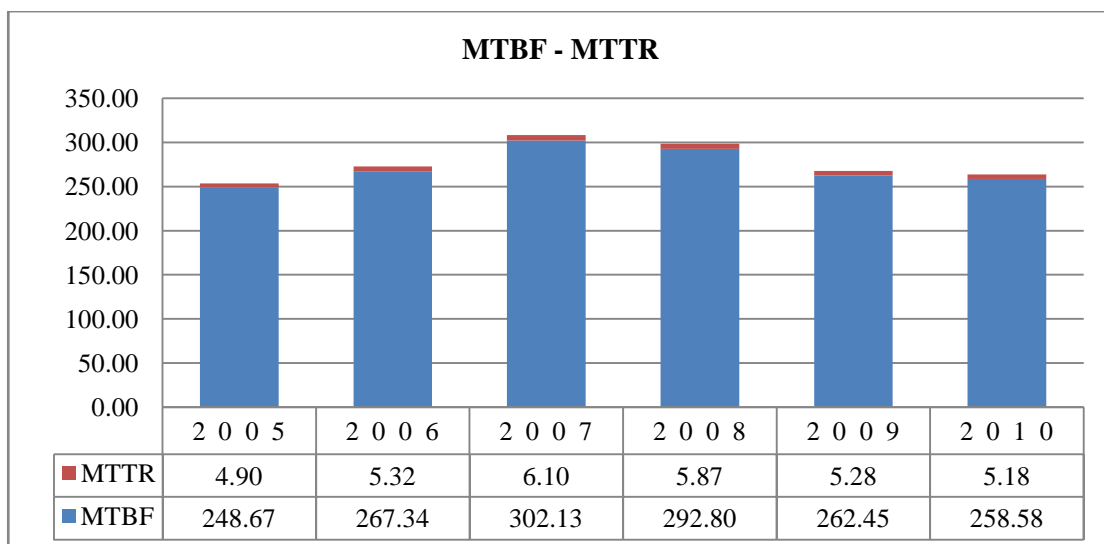


Слика 66 - Функција расположивости

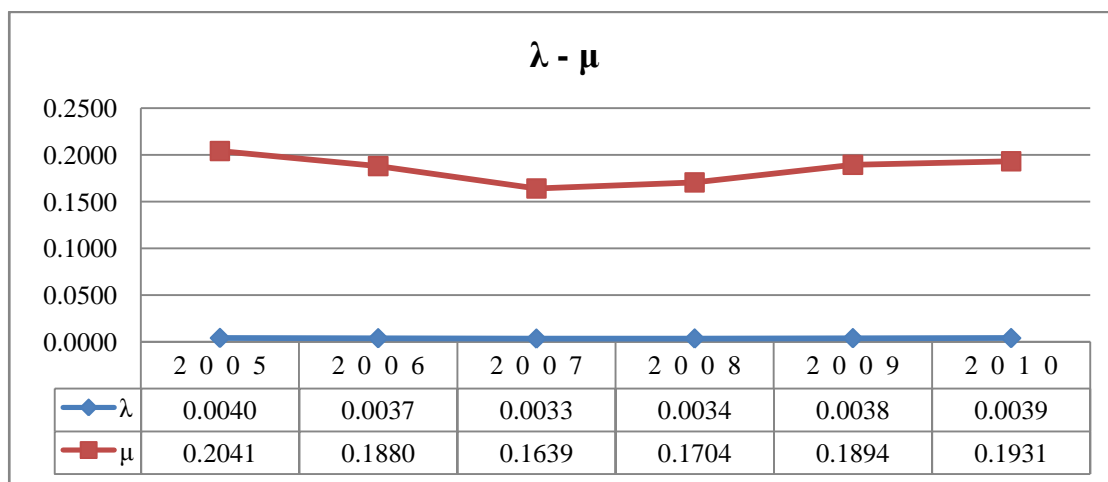
11.2.23 Компактор / ваљак тандем / 1937

Компонента	ВАЉАК ТАНДЕМ / 1937					
	Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	A_o
2 0 0 5		248.67	4.90	0.0040	0.2041	0.9807
2 0 0 6		267.34	5.32	0.0037	0.1880	0.9805
2 0 0 7		302.13	6.10	0.0033	0.1639	0.9802
2 0 0 8		292.80	5.87	0.0034	0.1704	0.9803
2 0 0 9		262.45	5.28	0.0038	0.1894	0.9803
2 0 1 0		258.58	5.18	0.0039	0.1931	0.9804
Минимум		248.67	4.90	0.0033	0.1639	0.9802
Максимум		302.13	6.10	0.0040	0.2041	0.9807
Интервал варијације		53.46	1.20	0.0007	0.0401	0.0005
Проста аритметичка средина		272.00	5.44	0.0037	0.1848	0.9804
Средина интервала		275.40	5.50	0.0037	0.1840	0.9804
Одступ. Од. Сред. Вред. - R		298.73	6.04	0.0040	0.2049	0.9806
Одступ. Од. Сред. Вред. - L		245.27	4.84	0.0033	0.1647	0.9802

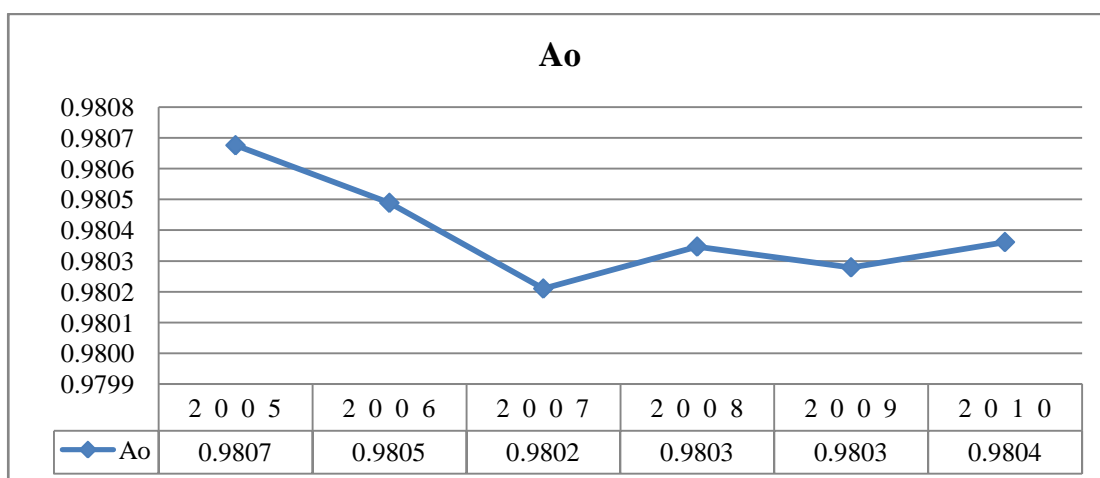
Табела 65 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 67 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 68 - Интензитети отказа и поправки

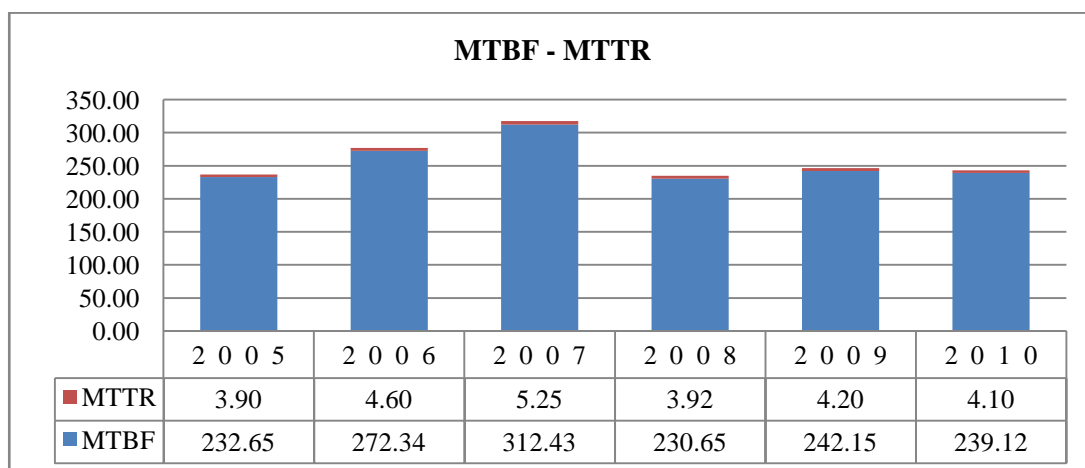


Слика 69 - Функција расположивости

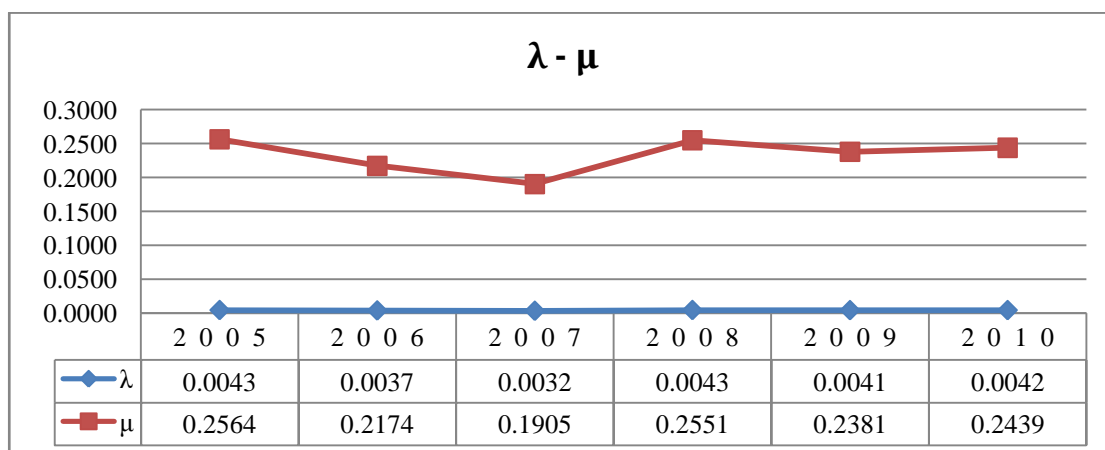
11.2.24 Компактор / ваљак тандем / 1938

Компонента	ВАЉАК ТАНДЕМ / 1938				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5	232.65	3.90	0.0043	0.2564	0.9835
2 0 0 6	272.34	4.60	0.0037	0.2174	0.9834
2 0 0 7	312.43	5.25	0.0032	0.1905	0.9835
2 0 0 8	230.65	3.92	0.0043	0.2551	0.9833
2 0 0 9	242.15	4.20	0.0041	0.2381	0.9830
2 0 1 0	239.12	4.10	0.0042	0.2439	0.9831
Минимум	230.65	3.90	0.0032	0.1905	0.9830
Максимум	312.43	5.25	0.0043	0.2564	0.9835
Интервал варијације	81.78	1.35	0.0011	0.0659	0.0005
Проста аритметичка средина	254.89	4.33	0.0040	0.2336	0.9833
Средина интервала	271.54	4.58	0.0038	0.2234	0.9832
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	295.78	5.00	0.0045	0.2665	0.9836
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	214.00	3.65	0.0034	0.2006	0.9830

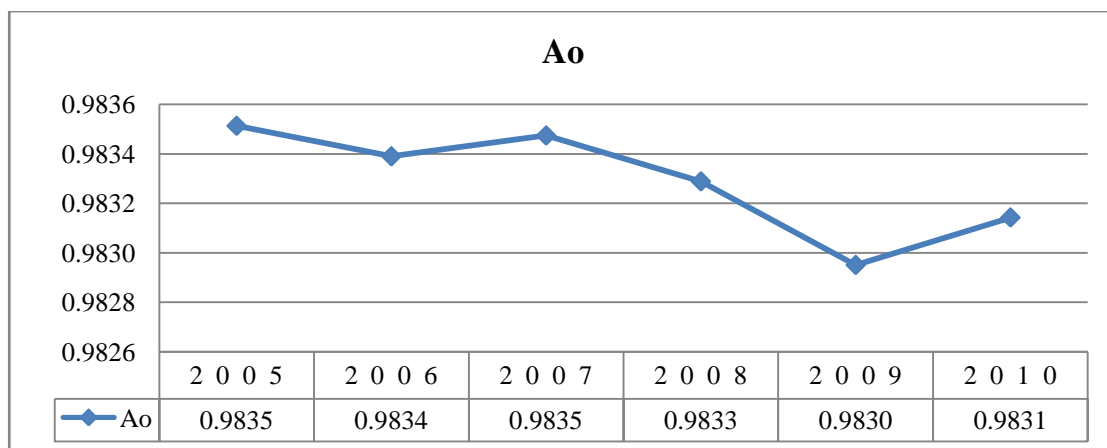
Табела 66 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 70 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 71 - Интензитети отказа и поправки

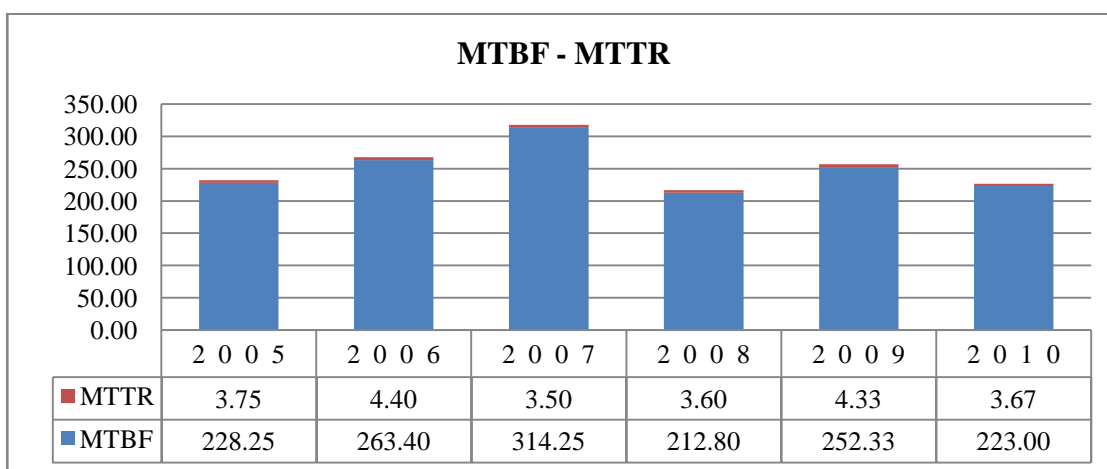


Слика 72 - Функција расположивости

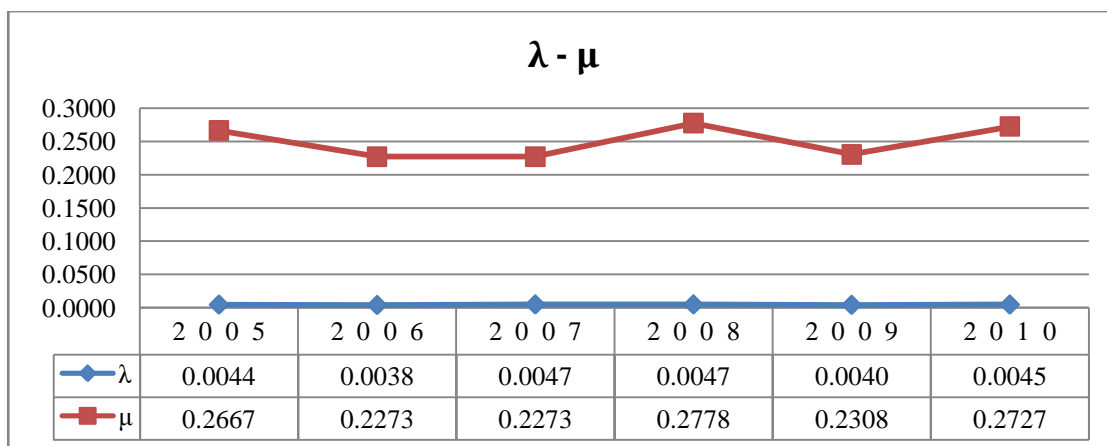
11.2.25 Компактор / ваљак тандем / 2180

Компонента	ВАЉАК ТАНДЕМ / 2180				
	Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ
2 0 0 5	228.25	3.75	0.0044	0.2667	0.9838
2 0 0 6	263.40	4.40	0.0038	0.2273	0.9836
2 0 0 7	314.25	3.50	0.0047	0.2273	0.9839
2 0 0 8	212.80	3.60	0.0047	0.2778	0.9834
2 0 0 9	252.33	4.33	0.0040	0.2308	0.9831
2 0 1 0	223.00	3.67	0.0045	0.2727	0.9831
Минимум	212.80	3.50	0.0038	0.2273	0.9831
Максимум	314.25	4.40	0.0047	0.2778	0.9839
Интервал варијације	101.45	0.90	0.0009	0.0505	0.0008
Проста аритметичка средина	249.01	3.88	0.0044	0.2504	0.9835
Средина интервала	263.53	3.95	0.0043	0.2526	0.9835
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	299.73	4.33	0.0048	0.2757	0.9839
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	198.28	3.43	0.0039	0.2252	0.9831

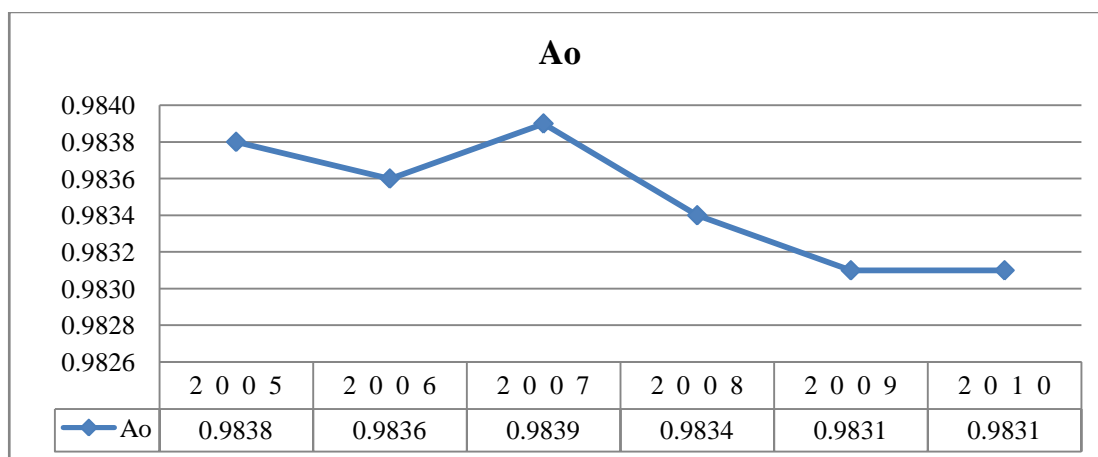
Табела 67 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 73 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 74 - Интензитети отказа и поправки

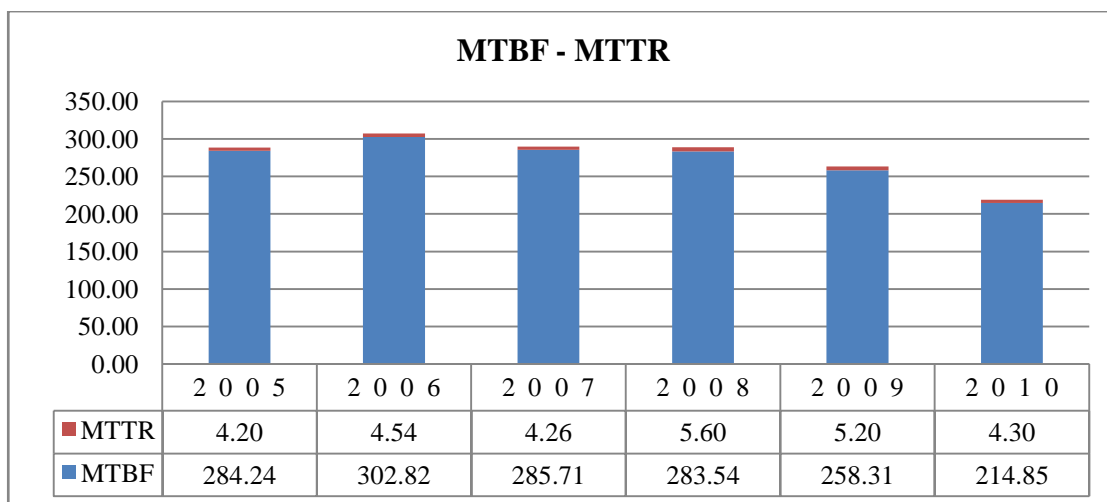


Слика 75 - Функција расположивости

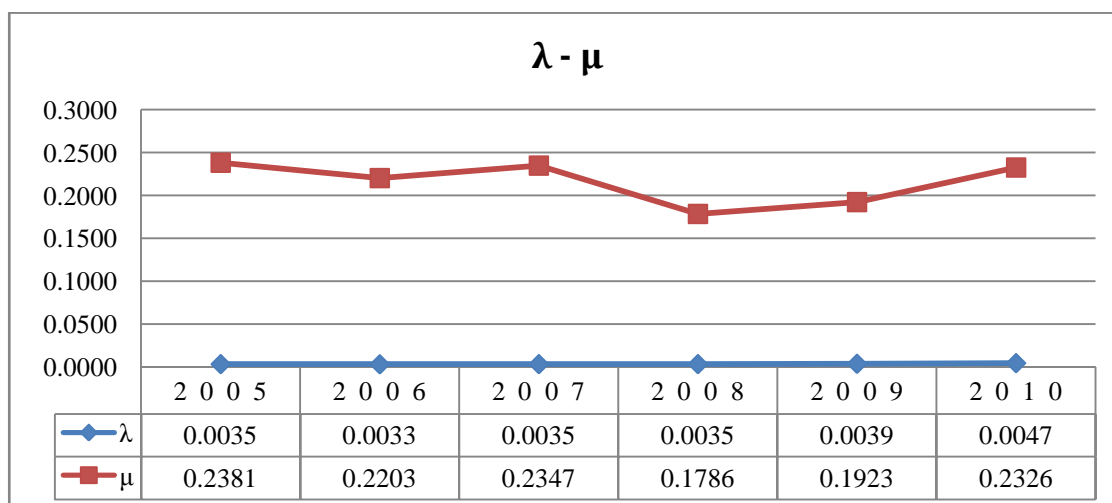
11.2.26 Компактор / ваљак гумени / 2061

Компонента	ВАЉАК ГУМЕНИ / 2061				
	MTBF	MTTR	λ	μ	A_o
2 0 0 5	284.24	4.20	0.0035	0.2381	0.9854
2 0 0 6	302.82	4.54	0.0033	0.2203	0.9852
2 0 0 7	285.71	4.26	0.0035	0.2347	0.9853
2 0 0 8	283.54	5.60	0.0035	0.1786	0.9806
2 0 0 9	258.31	5.20	0.0039	0.1923	0.9803
2 0 1 0	214.85	4.30	0.0047	0.2326	0.9804
Минимум	214.85	4.20	0.0033	0.1786	0.9803
Максимум	302.82	5.60	0.0047	0.2381	0.9854
Интервал варијације	87.97	1.40	0.0014	0.0595	0.0052
Проста аритметичка средина	271.58	4.68	0.0037	0.2161	0.9829
Средина интервала	258.84	4.90	0.0040	0.2083	0.9829
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	315.56	5.38	0.0044	0.2459	0.9855
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	227.59	3.98	0.0031	0.1863	0.9803

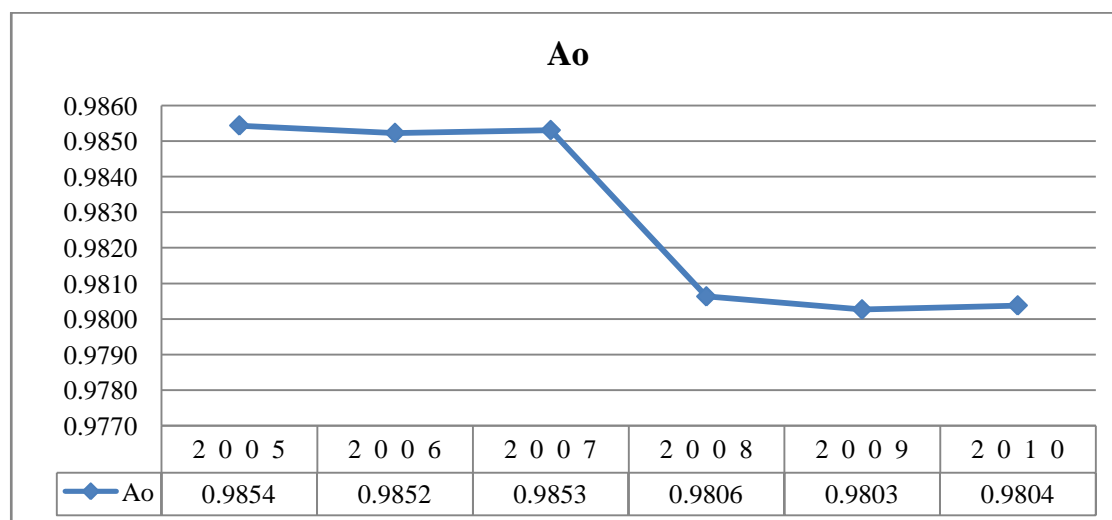
Табела 68 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 76 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 77 - Интензитети отказа и поправки

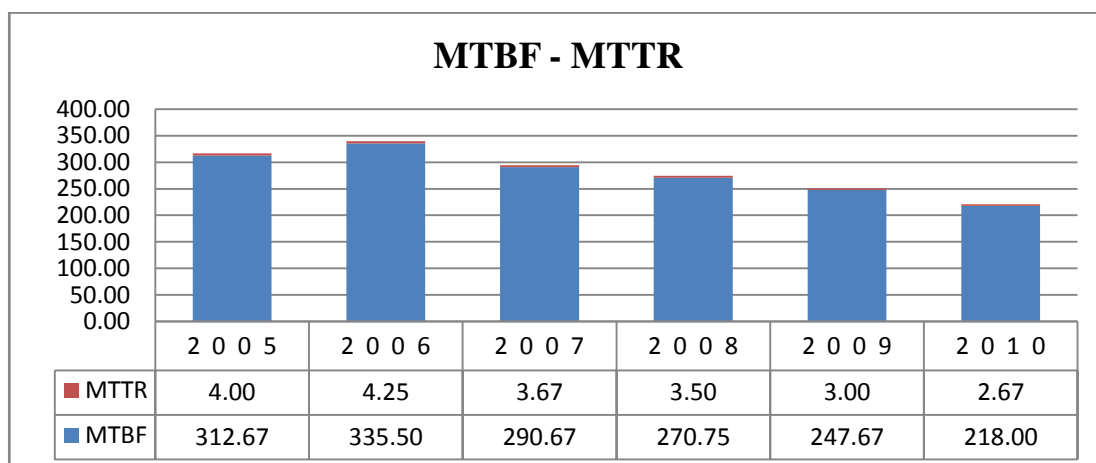


Слика 78 - Функција расположивости

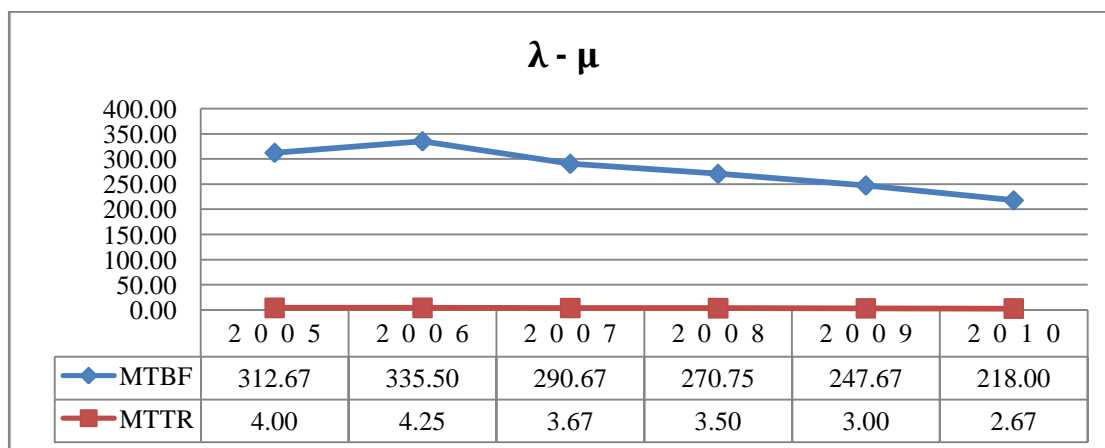
11.2.27 Компактор / ваљак гумени / 2181

Компонента	ВАЉАК ГУМЕНИ / 2181				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5	312.67	4.00	0.0032	0.2500	0.9874
2 0 0 6	335.50	4.25	0.0030	0.2353	0.9875
2 0 0 7	290.67	3.67	0.0034	0.2727	0.9875
2 0 0 8	270.75	3.50	0.0037	0.2857	0.9872
2 0 0 9	247.67	3.00	0.0040	0.3333	0.9880
2 0 1 0	218.00	2.67	0.0046	0.3750	0.9880
Минимум	218.00	2.67	0.0030	0.2353	0.9872
Максимум	335.50	4.25	0.0046	0.3750	0.9880
Интервал варијације	117.50	1.58	0.0016	0.1397	0.0008
Проста аритметичка средина	279.21	3.52	0.0037	0.2920	0.9876
Средина интервала	276.75	3.46	0.0038	0.3052	0.9876
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	337.96	4.31	0.0045	0.3619	0.9880
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	220.46	2.73	0.0029	0.2222	0.9872

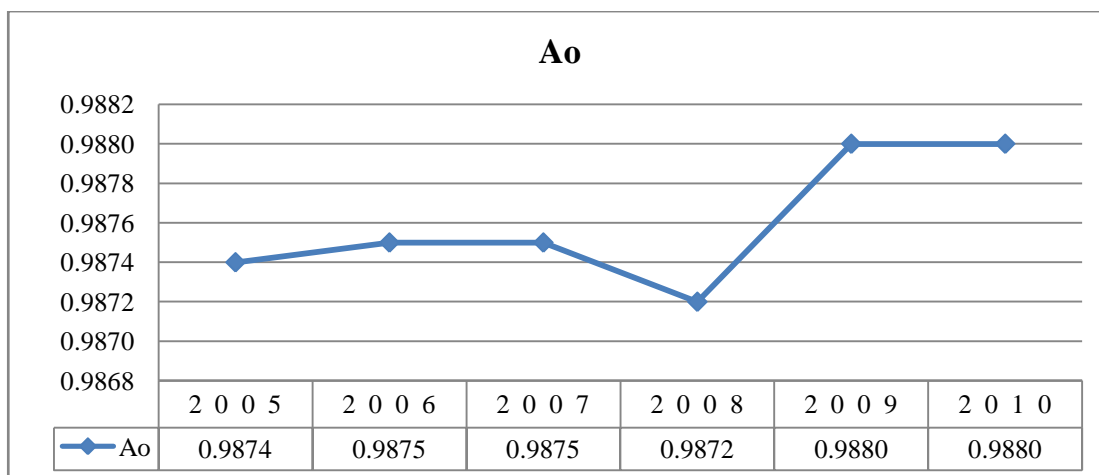
Табела 69 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 79 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 80 - Интензитети отказа и поправки

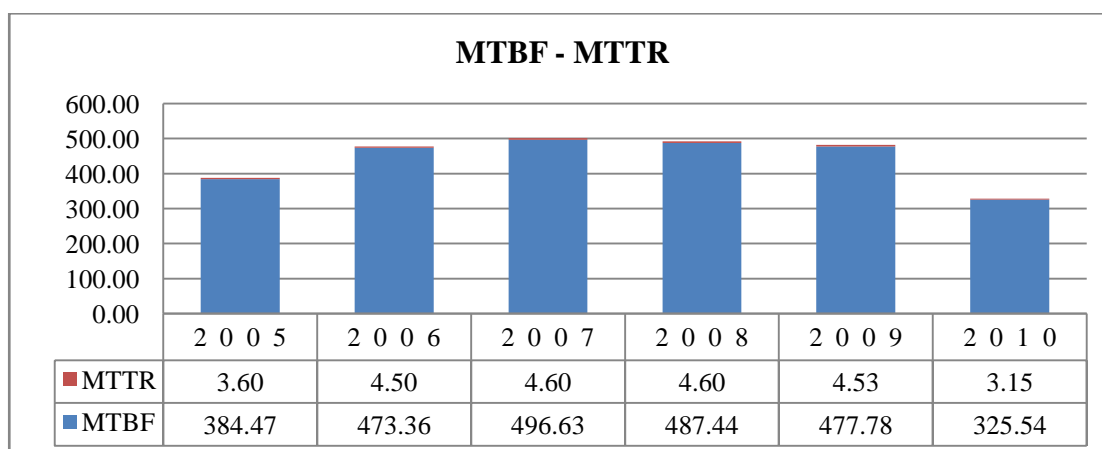


Слика 81 - Функција расположивости

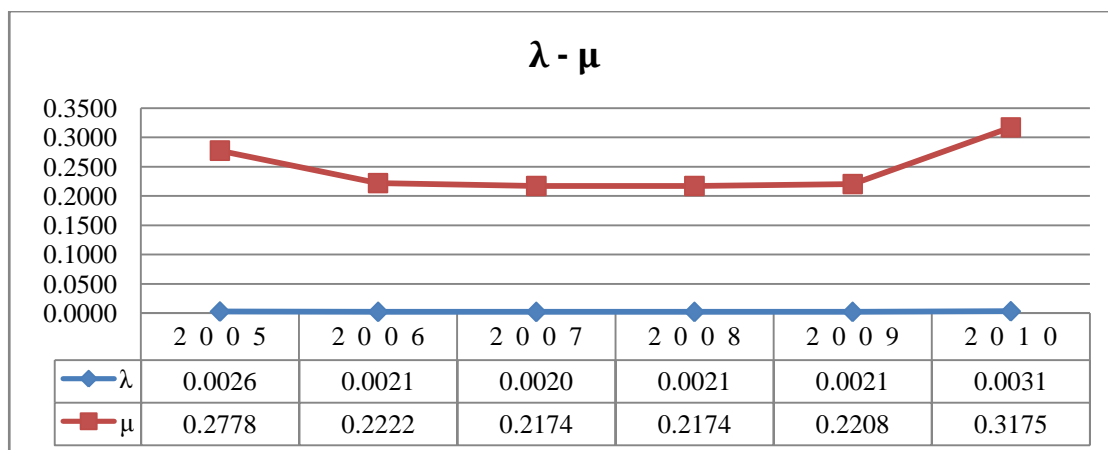
11.2.28 Компактор / ваљак гумени / 2404

Компонента	ВАЉАК ГУМЕНИ / 2404					
	Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5		384.47	3.60	0.0026	0.2778	0.9907
2 0 0 6		473.36	4.50	0.0021	0.2222	0.9906
2 0 0 7		496.63	4.60	0.0020	0.2174	0.9908
2 0 0 8		487.44	4.60	0.0021	0.2174	0.9907
2 0 0 9		477.78	4.53	0.0021	0.2208	0.9906
2 0 1 0		325.54	3.15	0.0031	0.3175	0.9904
Минимум		325.54	3.15	0.0020	0.2174	0.9904
Максимум		496.63	4.60	0.0031	0.3175	0.9908
Интервал варијације		171.09	1.45	0.0011	0.1001	0.0004
Проста аритметичка средина		440.87	4.16	0.0023	0.2455	0.9906
Средина интервала		411.09	3.88	0.0025	0.2674	0.9906
Одступ. Од. Сред. Вред. - R		526.42	4.89	0.0029	0.2955	0.9908
Одступ. Од. Сред. Вред. - L		355.33	3.44	0.0018	0.1955	0.9904

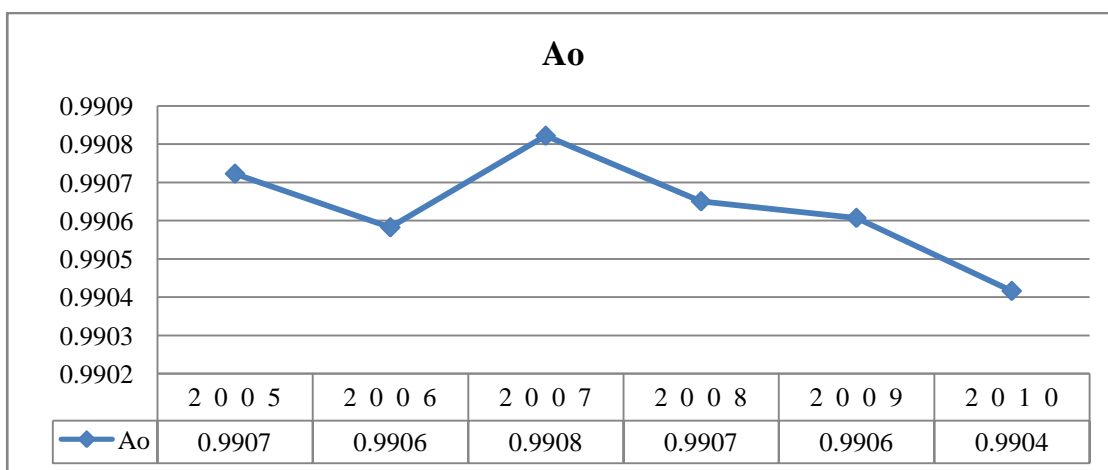
Табела 70 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 82 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 83 - Интензитети отказа и поправки

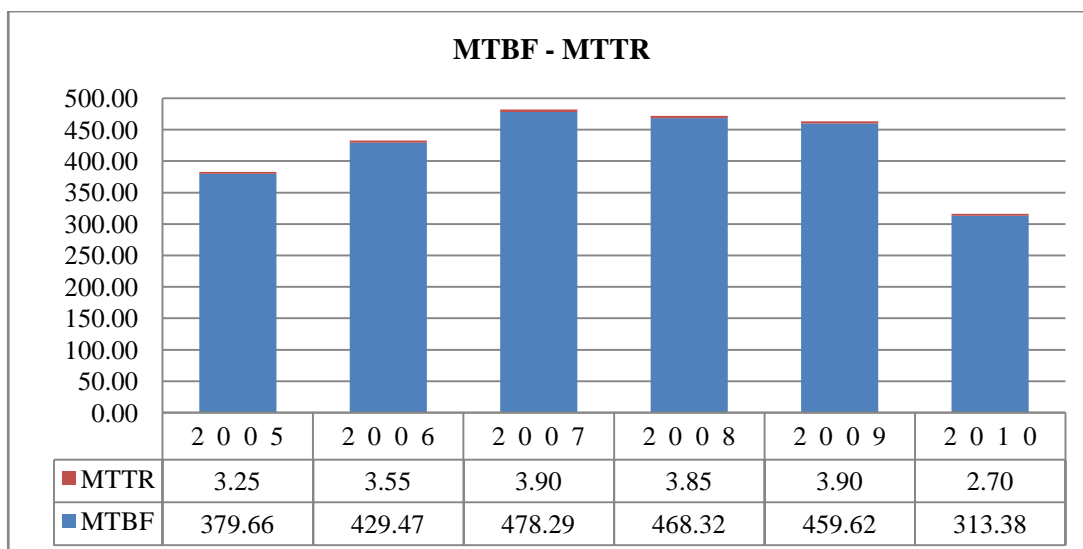


Слика 84 - Функција расположивости

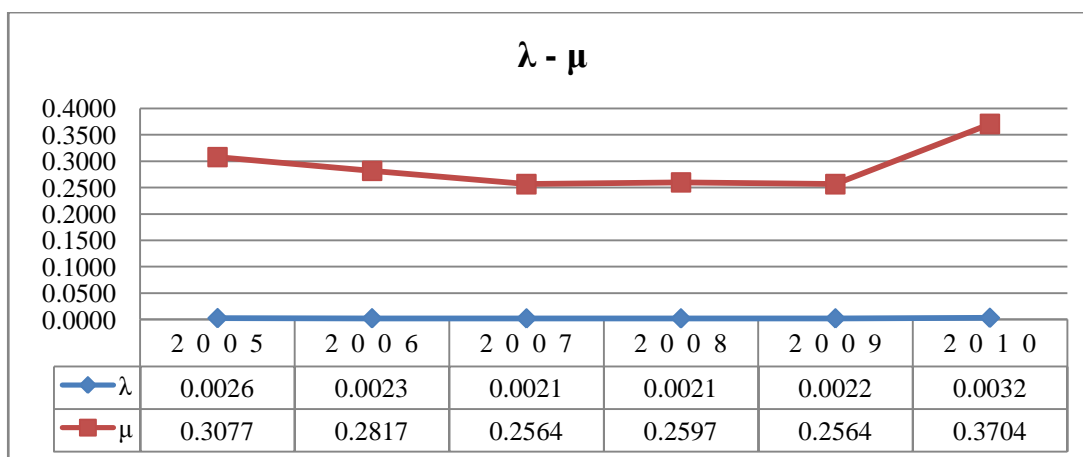
11.2.29 Компактор / ваљак гумени / 2405

Компонента	ВАЉАК ГУМЕНИ / 2405				
	MTBF	MTTR	λ	μ	A_o
2 0 0 5	379.66	3.25	0.0026	0.3077	0.9915
2 0 0 6	429.47	3.55	0.0023	0.2817	0.9918
2 0 0 7	478.29	3.90	0.0021	0.2564	0.9919
2 0 0 8	468.32	3.85	0.0021	0.2597	0.9918
2 0 0 9	459.62	3.90	0.0022	0.2564	0.9916
2 0 1 0	313.38	2.70	0.0032	0.3704	0.9915
Минимум	313.38	2.70	0.0021	0.2564	0.9915
Максимум	478.29	3.90	0.0032	0.3704	0.9919
Интервал варијације	164.91	1.20	0.0011	0.1140	0.0004
Проста аритметичка средина	421.46	3.53	0.0024	0.2887	0.9917
Средина интервала	395.84	3.30	0.0026	0.3134	0.9917
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	503.91	4.13	0.0030	0.3457	0.9919
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	339.00	2.93	0.0019	0.2317	0.9915

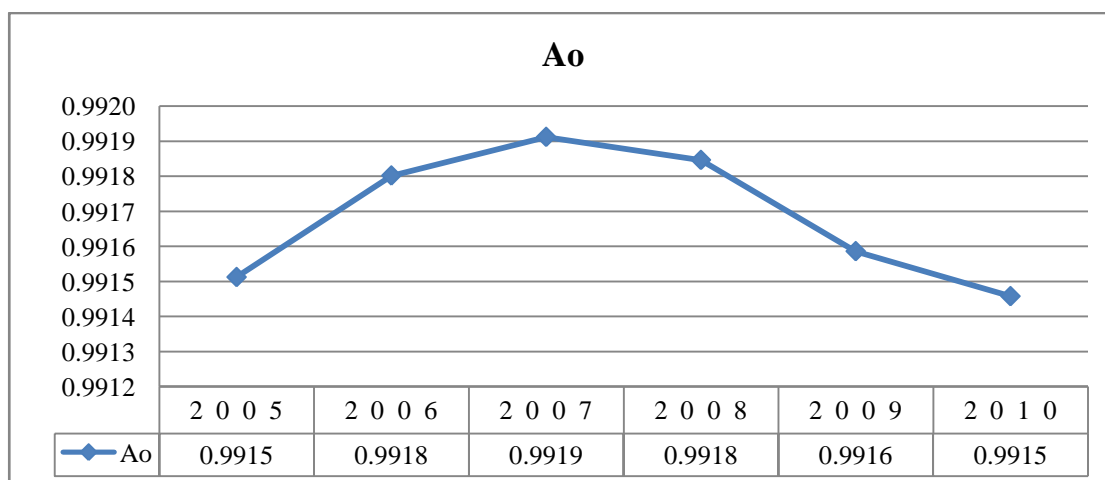
Табела 71 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 85 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 86 - Интензитети отказа и поправки

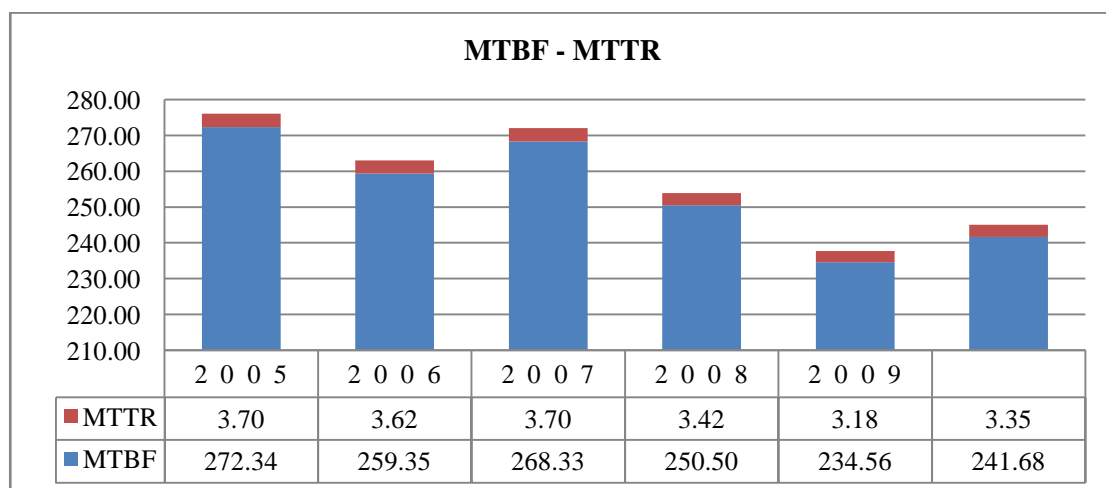


Слика 87 - Функција расположивости

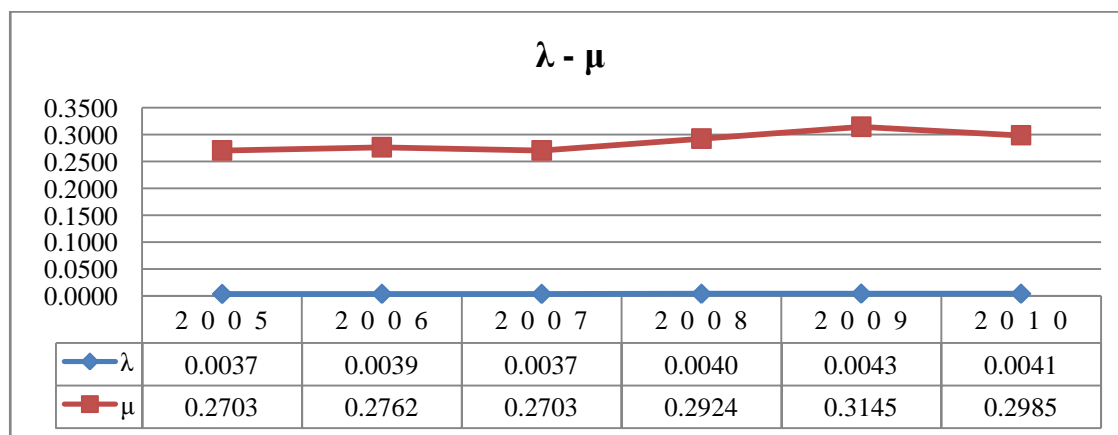
11.2.30 Компактор / ваљак комбиновани / 2062

Компонента	ВАЉАК КОМБИНОВАНИ / 2062				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5	272.34	3.70	0.0037	0.2703	0.9866
2 0 0 6	259.35	3.62	0.0039	0.2762	0.9862
2 0 0 7	268.33	3.70	0.0037	0.2703	0.9864
2 0 0 8	250.50	3.42	0.0040	0.2924	0.9865
2 0 0 9	234.56	3.18	0.0043	0.3145	0.9866
2 0 1 0	241.68	3.35	0.0041	0.2985	0.9863
Минимум	234.56	3.18	0.0037	0.2703	0.9862
Максимум	272.34	3.70	0.0043	0.3145	0.9866
Интервал варијације	37.78	0.52	0.0006	0.0442	0.0004
Проста аритметичка средина	254.46	3.50	0.0039	0.2870	0.9865
Средина интервала	253.45	3.44	0.0040	0.2924	0.9864
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	273.35	3.76	0.0042	0.3091	0.9866
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	235.57	3.24	0.0036	0.2649	0.9863

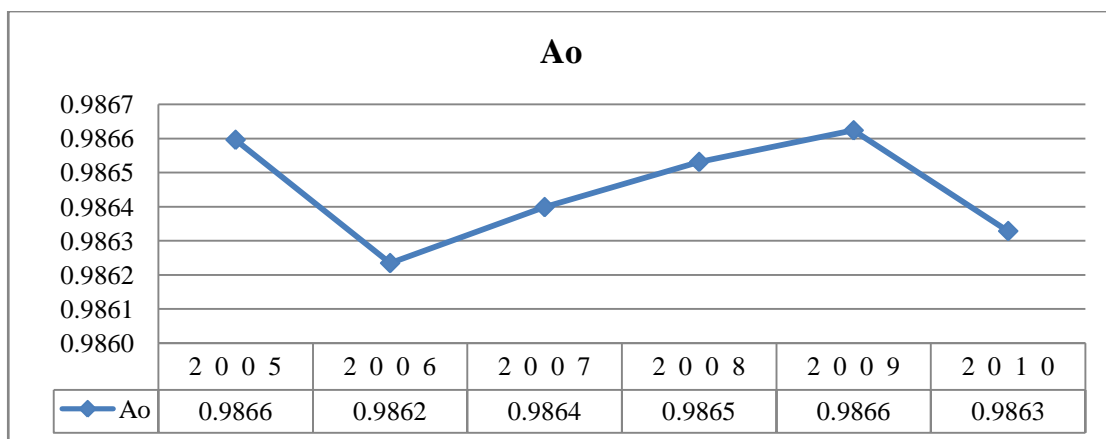
Табела 72 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 88 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 89 - Интензитети отказа и поправки

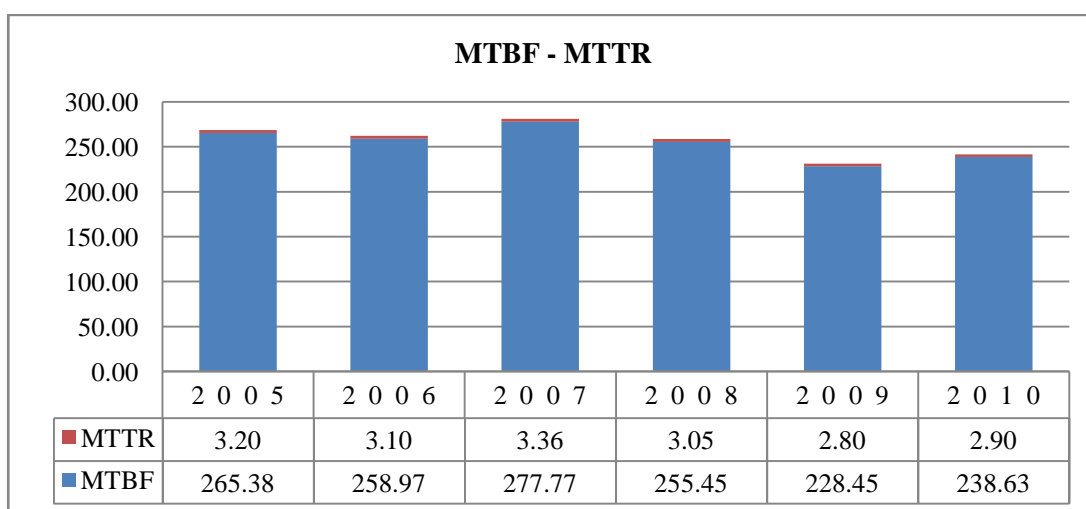


Слика 90 - Функција расположивости

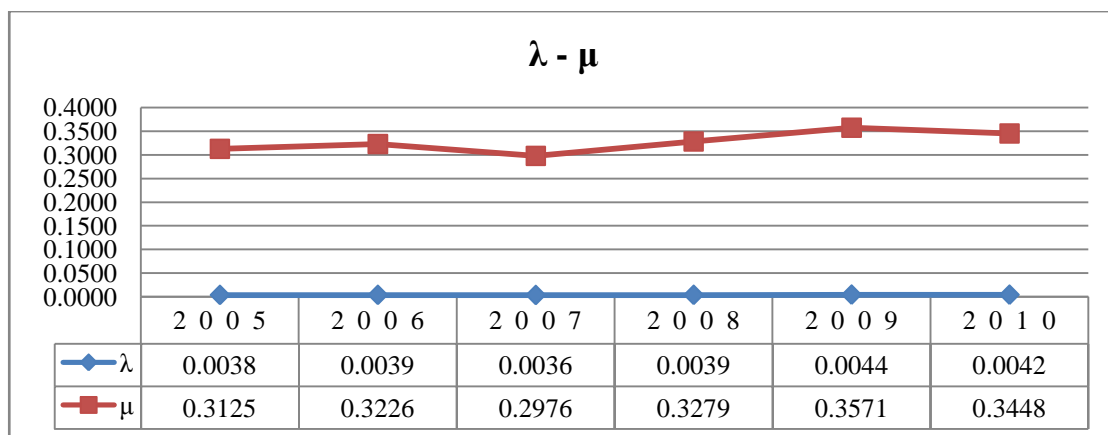
11.2.31 Компактор / ваљак комбиновани / 2178

Компонента	ВАЉАК КОМБИНОВАНИ / 2178				
	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
Година / Параметар					
2 0 0 5	265.38	3.20	0.0038	0.3125	0.9881
2 0 0 6	258.97	3.10	0.0039	0.3226	0.9882
2 0 0 7	277.77	3.36	0.0036	0.2976	0.9880
2 0 0 8	255.45	3.05	0.0039	0.3279	0.9882
2 0 0 9	228.45	2.80	0.0044	0.3571	0.9879
2 0 1 0	238.63	2.90	0.0042	0.3448	0.9880
Минимум	228.45	2.80	0.0036	0.2976	0.9879
Максимум	277.77	3.36	0.0044	0.3571	0.9882
Интервал варијације	49.32	0.56	0.0008	0.0595	0.0003
Проста аритметичка средина	254.11	3.07	0.0040	0.3271	0.9881
Средина интервала	253.11	3.08	0.0040	0.3274	0.9880
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	278.77	3.35	0.0043	0.3569	0.9882
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	229.45	2.79	0.0036	0.2973	0.9879

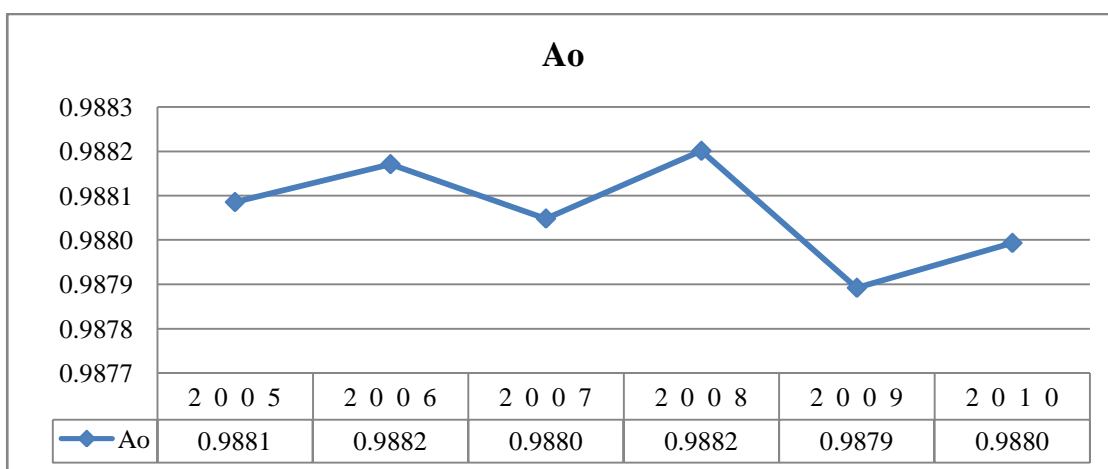
Табела 73 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 91 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 92 - Интензитети отказа и поправки

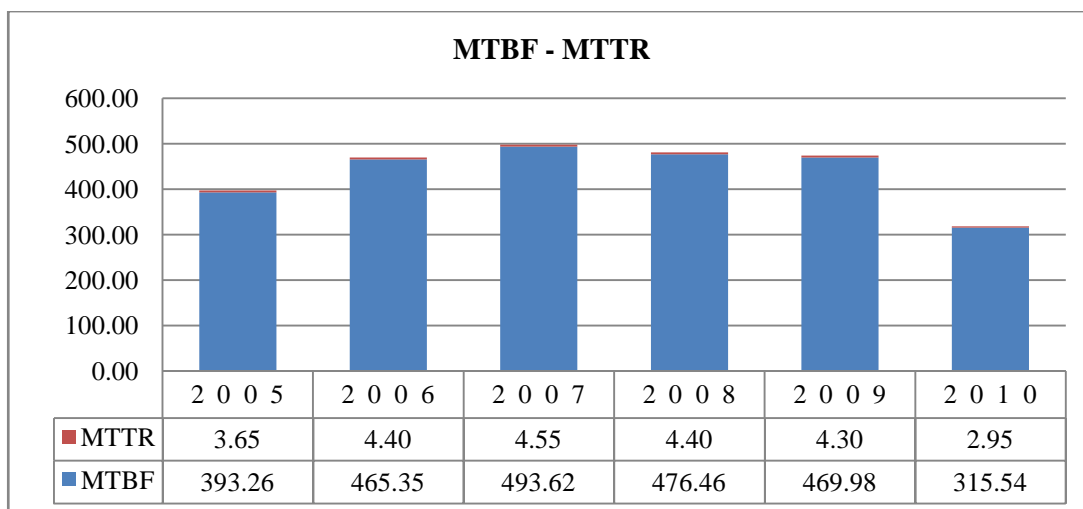


Слика 93 - Функција расположивости

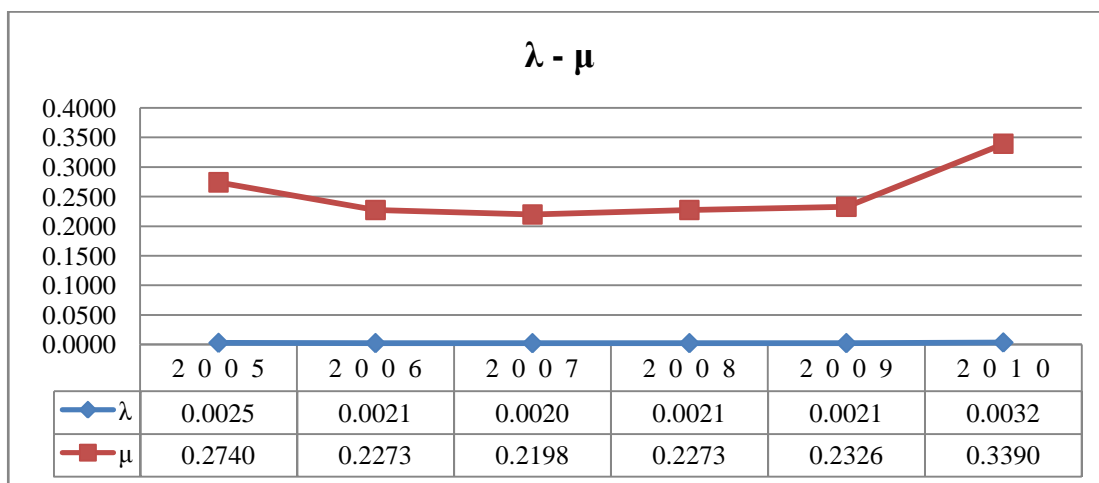
11.2.32 Компактор / ваљак комбиновани / 2179

Компонента	ВАЉАК КОМБИНОВАНИ / 2179				
	MTBF	MTTR	λ	μ	A_o
2 0 0 5	393.26	3.65	0.0025	0.2740	0.9908
2 0 0 6	465.35	4.40	0.0021	0.2273	0.9906
2 0 0 7	493.62	4.55	0.0020	0.2198	0.9909
2 0 0 8	476.46	4.40	0.0021	0.2273	0.9908
2 0 0 9	469.98	4.30	0.0021	0.2326	0.9909
2 0 1 0	315.54	2.95	0.0032	0.3390	0.9907
Минимум	315.54	2.95	0.0020	0.2198	0.9906
Максимум	493.62	4.55	0.0032	0.3390	0.9909
Интервал варијације	178.08	1.60	0.0011	0.1192	0.0003
Проста аритметичка средина	435.70	4.04	0.0024	0.2533	0.9908
Средина интервала	404.58	3.75	0.0026	0.2794	0.9908
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	524.74	4.84	0.0029	0.3129	0.9910
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	346.66	3.24	0.0018	0.1937	0.9907

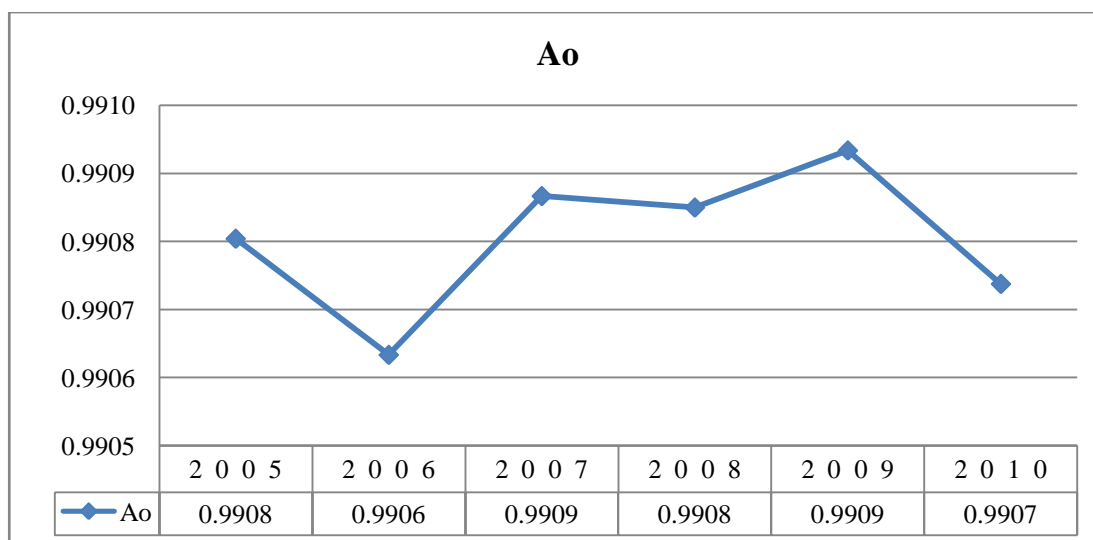
Табела 74 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 94 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 95 - Интензитети отказа и поправки

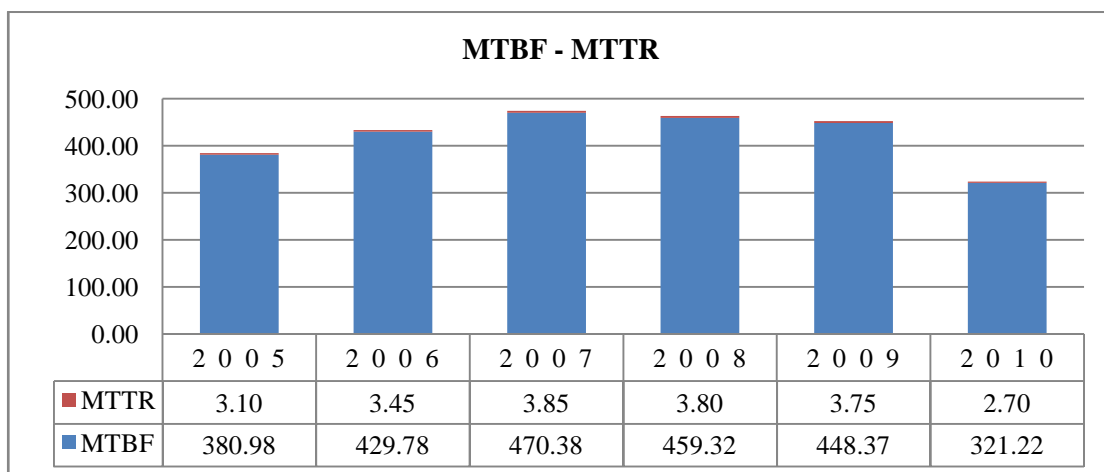


Слика 96 - Функција расположивости

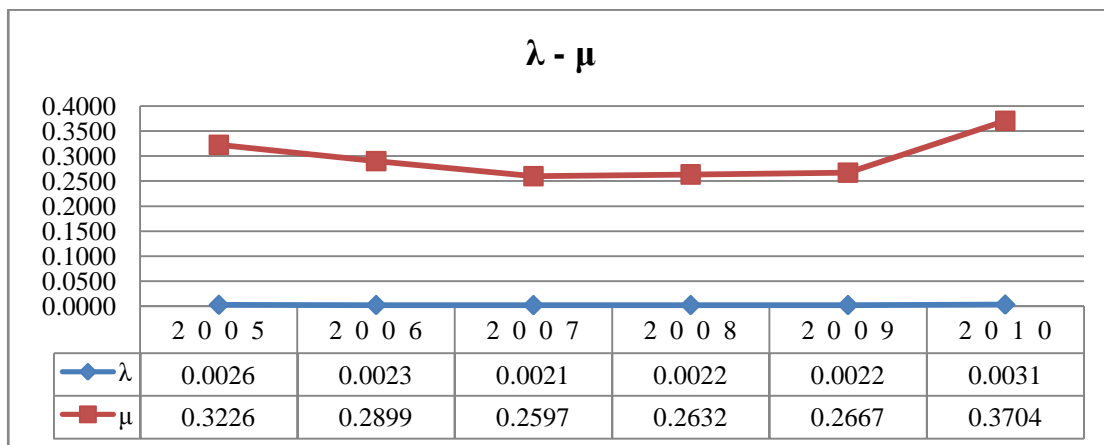
11.2.33 Компактор / ваљак комбиновани / 2182

Компонента	ВАЉАК КОМБИНОВАНИ / 2182				
Година / Параметар	MTBF	MTTR	λ	μ	Ao
2 0 0 5	380.98	3.10	0.0026	0.3226	0.9919
2 0 0 6	429.78	3.45	0.0023	0.2899	0.9920
2 0 0 7	470.38	3.85	0.0021	0.2597	0.9919
2 0 0 8	459.32	3.80	0.0022	0.2632	0.9918
2 0 0 9	448.37	3.75	0.0022	0.2667	0.9917
2 0 1 0	321.22	2.70	0.0031	0.3704	0.9917
Минимум	321.22	2.70	0.0021	0.2597	0.9917
Максимум	470.38	3.85	0.0031	0.3704	0.9920
Интервал варијације	149.16	1.15	0.0010	0.1106	0.0004
Проста аритметичка средина	418.34	3.44	0.0024	0.2954	0.9918
Средина интервала	395.80	3.28	0.0026	0.3151	0.9919
Одступ. Од. Сред. Вред. - R	492.92	4.02	0.0029	0.3507	0.9920
Одступ. Од. Сред. Вред. - L	343.76	2.87	0.0019	0.2401	0.9916

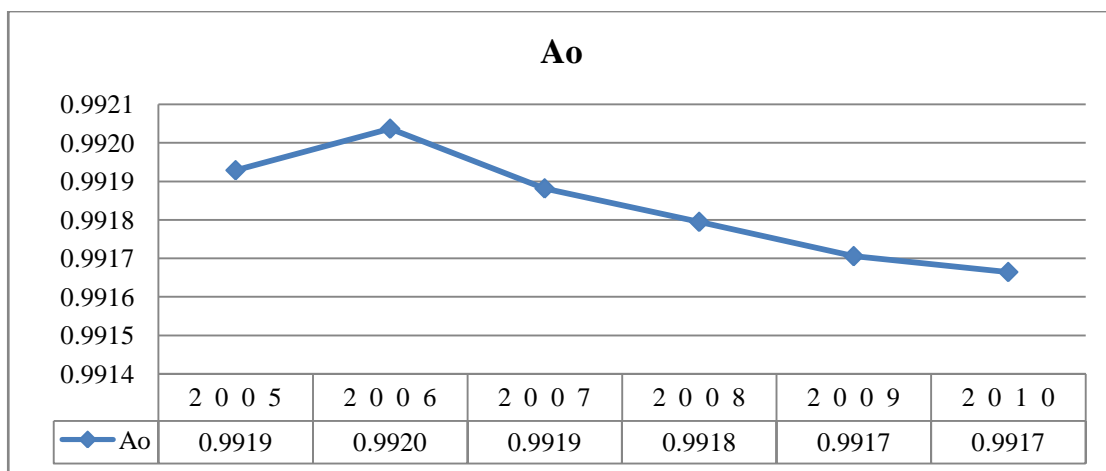
Табела 75 - Карактеристичне вредности параметара и расположивости компоненте



Слика 97 - Однос средњих времена отказа и поправки



Слика 98 - Интензитети отказа и поправки



Слика 99 - Функција расположивости

11.3 Сlike компонената и делова технолошког процеса за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала

На сликама које следе приказане су компоненте и делови система за производњу и уграђивање битуменом везаних материјала у функцији техничких решења коловозних конструкција.

11.3.1 Постројења за производњу битуменом везаних материјала - Асфалтне базе



Слика 100 - Старији тип стационарне асфалтне базе



Слика 101 - Савремена стационарна асфалтна база торањског типа



Слика 102 - Мобилна асфалтна база новије генерације

11.3.2 Транспортна средства за битуменом везане материјале - Камioni



Слика 103 - Камсион за транспорт асфалтних мешавина

11.3.3 Грађевинске машине за полагање асфалта са предзбијањем - Финишери



Слика 104 - Финишер гусеничар новије генерације



Слика 105 - Финишер гусеничар новије генерације са додатном опремом

11.3.4 Грађевинске машине за збијање и ваљање асфалта - Компактори



Слика 106 - Компактор са металним ваљцима (тандем)



Слика 107 - Компактор са пнеуматицима



Слика 108 - Компактор са металним и гуменим ваљцима (комбиновани)

11.3.5 Уграђивање битуменом везаних материјала на конкретним пројектима



Слика 109 - Уграђивање битуменом везаних материјала на локалној саобраћајници



Слика 110 - Уграђивање битуменом везаних материјала на државном путу првог реда

11.3.6 Обнова / рециклирање постојећих коловозних конструкција



Слика 111 - Производња и уграђивање рециклираног слоја CR технологијом



Слика 112 - Производња и уграђивање рециклираног слоја WR технологијом



Слика 113 - Производња и уграђивање рециклираног слоја топлим поступком

11.4 Прикази преосталих варијантних решења код тестирања модела

У раду су приказане прве три варијанте према критеријуму минималних укупних трошкова функционисања система за производњу и уграђивање битуменим везаних материјала. На преосталим сликовитим приказима технолошког процеса са свим припадајућим подсистемима и компонентама могу се препознати и предности и мане активних и пасивних веза унутар подсистема.

11.4.1 Блок табеле варијантних решења код тестирања предложеног модела

У раду су приказане прве три рангиране варијанте технолошког процеса за случај зависних отказа. На следећим табелама (сликама) приказане су преостале варијанте (В4 - В32):

ВАРИЈАНТНА РЕШЕЊА ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА ПРОИЗВОДЊЕ И УГРАЂИВАЊА БИТУМЕНОМ ВЕЗАНИХ МАТЕРИЈАЛА					
Варијанта/Подсистем	Подсистем 1	Подсистем 2	Подсистем 3	Подсистем 4	Подсистем 5

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Пасивна k/n	Паралелна	Серијска
4	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
		Камион MAN TGA 33 / 2364	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2365			
Камион MAN TGA 33 / 2366					

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Пасивна k/n
5	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2404
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
		Камион MAN TGA 33 / 2364	Ваљак тандем /2180	Ваљак гумени /2405	
		Камион MAN TGA 33 / 2365			
Камион MAN TGA 33 / 2366					

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Пасивна k/n	Паралелна	Серијска
6	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362	Финишер VOGELE 1800	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
		Камион MAN TGA 33 / 2364	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2365			
Камион MAN TGA 33 / 2366					

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
7	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
		Камион MAN TGA 33 / 2364	Ваљак тандем /2180		
		Камион MAN TGA 33 / 2365			
Камион MAN TGA 33 / 2366					

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
8	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2404
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
		Камион MAN TGA 33 / 2364		Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2365			
Камион MAN TGA 33 / 2366					

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Пасивна k/n
9	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
		Камион MAN TGA 33 / 2364		Ваљак тандем /2180	Ваљак гумени /2404
		Камион MAN TGA 33 / 2365			
Камион MAN TGA 33 / 2366					

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
10	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2404
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
		Камион MAN TGA 33 / 2364		Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2365			
Камион MAN TGA 33 / 2366					

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Пасивна k/n
11	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362	Финишер VOGELE 1800	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2404
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
		Камион MAN TGA 33 / 2364		Ваљак тандем /2180	Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2365			
Камион MAN TGA 33 / 2366					

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
		Камион MAN TGA 33 / 2362		Ваљак тандем /1938	
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
12	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2364	Финишер VOGELE 1800		Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2365		Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2366			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
		Камион MAN TGA 33 / 2362		Ваљак тандем /1938	
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
13	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2364	Финишер VOGELE 1800		Ваљак гумени /2404
		Камион MAN TGA 33 / 2365		Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2366			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Активна k/n	Паралелна	Серијска
		Камион MAN TGA 33 / 2362		Ваљак тандем /1938	
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
14	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2364	Финишер VOGELE 1600		Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2365	Финишер VOGELE 1800	Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2366			

		Камион MAN TGA 33 / 2362	Финишер VOGELE 1800	Ваљак тандем /1938	
		Камион MAN TGA 33 / 2363			
15	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2364			Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2365	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2366			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Активна k/n	Паралелна	Серијска
16	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362			
		Камион MAN TGA 33 / 2363	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /1938	
		Камион MAN TGA 33 / 2364			Ваљак гумени /2404
		Камион MAN TGA 33 / 2365	Финишер VOGELE 1800	Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2366			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Активна k/n	Паралелна	Серијска
17	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362			
		Камион MAN TGA 33 / 2363	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /1938	
		Камион MAN TGA 33 / 2364			Ваљак гумени /2405
		Камион MAN TGA 33 / 2365	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2366			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Активна k/n	Паралелна	Серијска
18	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362			
		Камион MAN TGA 33 / 2363	Финишер VOGELE 1800	Ваљак тандем /1938	
		Камион MAN TGA 33 / 2364			Ваљак гумени /2404
		Камион MAN TGA 33 / 2365	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2366			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Пасивна k/n	Паралелна	Серијска
19	Асфалтна база WIBAU 100	Камион MAN TGA 33 / 2362			
		Камион MAN TGA 33 / 2363	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /1938	
		Камион MAN TGA 33 / 2364			Ваљак гумени /2404
		Камион MAN TGA 33 / 2365	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /2180	
		Камион MAN TGA 33 / 2366			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Пасивна k/n	Паралелна	Серијска
		Камион КАМАЗ / 2109	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /1938	
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
20	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2112			Ваљак гумени /2405
		Камион КАМАЗ / 2113	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
		Камион КАМАЗ / 2109		Ваљак тандем /1938	
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
21	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2112	Финишер VOGELE 1900		Ваљак гумени /2405
		Камион КАМАЗ / 2113		Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
		Камион КАМАЗ / 2109		Ваљак тандем /1938	
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
22	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2112	Финишер VOGELE 1900		Ваљак гумени /2404
		Камион КАМАЗ / 2113		Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
23	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2109	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2405
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
		Камион КАМАЗ / 2112			
		Камион КАМАЗ / 2113		Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
24	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2109	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2404
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
		Камион КАМАЗ / 2112			
		Камион КАМАЗ / 2113		Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
25	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2109	Финишер VOGELE 1800	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2405
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
		Камион КАМАЗ / 2112			
		Камион КАМАЗ / 2113		Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Серијска	Паралелна	Серијска
		Камион КАМАЗ / 2109		Ваљак тандем /1938	
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
26	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2112	Финишер VOGELE 1800		Ваљак гумени /2404
		Камион КАМАЗ / 2113		Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Активна k/n	Паралелна	Серијска
		Камион КАМАЗ / 2109		Ваљак тандем /1938	
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
27	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2112	Финишер VOGELE 1600		Ваљак гумени /2405
		Камион КАМАЗ / 2113	Финишер VOGELE 1800	Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Активна k/n	Паралелна	Серијска
		Камион КАМАЗ / 2109		Ваљак тандем /1938	
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
		Камион КАМАЗ / 2112	Финишер VOGELE 1800		Ваљак гумени /2405
		Камион КАМАЗ / 2113			
28	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2114	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Активна k/n	Паралелна	Серијска
		Камион КАМАЗ / 2109	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /1938	
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
29	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2112			Ваљак гумени /2405
		Камион КАМАЗ / 2113	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Активна k/n	Паралелна	Серијска
		Камион КАМАЗ / 2109	Финишер VOGELE 1800	Ваљак тандем /1938	
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
30	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2112			Ваљак гумени /2404
		Камион КАМАЗ / 2113	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Активна k/n	Паралелна	Серијска
		Камион КАМАЗ / 2109	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /1938	
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
31	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2112			Ваљак гумени /2404
		Камион КАМАЗ / 2113	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Тип везе компоненти	Серијска	Паралелна	Активна k/n	Паралелна	Серијска
		Камион КАМАЗ / 2109	Финишер VOGELE 1900	Ваљак тандем /1938	Ваљак гумени /2404
		Камион КАМАЗ / 2110			
		Камион КАМАЗ / 2111			
		Камион КАМАЗ / 2112			
32	Асфалтна база WIBAU 100	Камион КАМАЗ / 2113	Финишер VOGELE 1600	Ваљак тандем /2180	
		Камион КАМАЗ / 2114			
		Камион КАМАЗ / 2115			
		Камион КАМАЗ / 2116			

Слика 114 - Табеларни блок дијаграми варијантних решења са назначеним типовима веза између компонента у подсистему

11.4.2 Табеларни прикази вредности показатеља функције расположивости за варијантна решења

Због обимности приказа, у раду је предходно приказано предложено оптимално решење за случај зависних и независних отказа, док се преостали начини исписа (табеларни прегледи) могу приказати на табелама које следе:

<i>Q</i> , tona	Варијанта 2		<i>C 1 =</i>	116,359,881.28	RSD
90,000.00	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5
<i>A_{i,p}</i>	0.9567	0.9999	0.9734	0.9997	0.9919
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	7,450.14	4,295.38	2,388.00
<i>C_i, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	4,273.00	2,949.90	1,443.40
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	97.34	99.97	99.19
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	876.06	899.73	892.71
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	24.59	0.27	7.35
<i>proj h</i>	940.73	900.09	924.59	900.27	907.35
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	7,569.22	4,296.27	2,399.85
<i>proj Csis, nez</i>				120,291.44	RSD/h
<i>proj Csis, zav</i>				119,377.38	RSD/h
<i>Jc, nez</i>				1,302.79	RSD/t
<i>Jc, zav</i>				1,292.89	RSD/t
<i>Asis nez</i>					0.9233
<i>Asis zav</i>					0.9251
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9734	0.9997	0.9919	92.33

Табела 76 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 2

<i>Q</i> , tona	Варијанта 3		<i>C 3 =</i>	116,568,705.73	RSD
90,000.00	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5
<i>A_{i,p}</i>	0.9567	0.9999	0.9990	0.9997	0.9919
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	11,723.14	4,295.38	2,388.00
<i>C_i, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	8,912.00	2,949.90	1,443.40
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	99.90	99.97	99.19
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.11	899.73	892.71
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.89	0.27	7.35
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.89	900.27	907.35
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	11,731.94	4,296.27	2,399.85
<i>proj Csis, nez</i>				123,065.81	RSD/h
<i>proj Csis, zav</i>				122,738.55	RSD/h
<i>Jc, nez</i>				1,298.66	RSD/t
<i>Jc, zav</i>				1,295.21	RSD/t
<i>Asis nez</i>					0.9476
<i>Asis zav</i>					0.9521
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9990	0.9997	0.9919	94.76

Табела 77 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 3

<i>Q</i> , tona	Варијанта 4			<i>C 4 =</i>	116,631,855.48	RSD
90,000.00	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9993	0.9997	0.9919	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	11,825.14	4,295.38	2,388.00	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	9,014.00	2,949.90	1,443.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	99.93	99.97	99.19	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.41	899.73	892.71	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.59	0.27	7.35	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.59	900.27	907.35	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	11,831.05	4,296.27	2,399.85	
<i>proj Csis, nez</i>				123,153.90	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				122,845.68	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,299.16	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,295.91	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9479	
<i>Asis zav</i>					0.9521	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9993	0.9997	0.9919	94.79	

Табела 78 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 4

<i>Q</i> , tona	Варијанта 5			<i>C 5 =</i>	116,843,143.81	RSD
90,000.00	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9754	0.9997	0.9998	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	7,632.44	4,295.38	3,803.06	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	4,375.00	2,949.90	2,908.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	97.54	99.97	99.98	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	877.86	899.73	899.82	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	22.70	0.27	0.18	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	922.70	900.27	900.18	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	7,744.80	4,296.27	3,803.64	
<i>proj Csis, nez</i>				121,314.01	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				121,076.16	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,300.81	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,298.26	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9326	
<i>Asis zav</i>					0.9358	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9754	0.9997	0.9998	93.26	

Табела 79 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 5

<i>Q</i> , tona	Варијанта 6			<i>C 6 =</i>	116,853,541.03	RSD
90,000.00	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9991	0.9997	0.9919	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	11,831.32	4,295.38	2,388.00	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	8,643.00	2,949.90	1,443.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	99.91	99.97	99.19	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.16	899.73	892.71	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.84	0.27	7.35	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.84	900.27	907.35	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	11,839.37	4,296.27	2,399.85	
<i>proj Csis, nez</i>				123,155.49	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				123,045.32	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,299.54	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,298.37	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9477	
<i>Asis zav</i>					0.9492	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9991	0.9997	0.9919	94.77	

Табела 80 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 6

<i>Q</i> , tona	<i>Варијанта 7</i>			<i>C 7 =</i>	116,943,059.26	<i>RSD</i>
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9754	0.9997	0.9919	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	7,632.44	4,295.38	2,388.00	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	4,375.00	2,949.90	1,443.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	97.54	99.97	99.19	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	877.86	899.73	892.71	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	22.70	0.27	7.35	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	922.70	900.27	907.35	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	7,744.80	4,296.27	2,399.85	
<i>proj Csis, nez</i>				120,342.20	<i>RSD/h</i>	
<i>proj Csis, zav</i>				120,222.19	<i>RSD/h</i>	
<i>Jc, nez</i>				1,300.66	<i>RSD/t</i>	
<i>Jc, zav</i>				1,299.37	<i>RSD/t</i>	
<i>Asis nez</i>					0.9252	
<i>Asis zav</i>					0.9268	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9754	0.9997	0.9919	92.52	

Табела 81 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 7

<i>Q</i> , tona	<i>Варијанта 8</i>			<i>C 8 =</i>	117,119,650.98	<i>RSD</i>
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9754	0.9997	0.9908	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	7,632.44	4,295.38	2,359.66	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	4,375.00	2,949.90	1,465.00	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	97.54	99.97	99.08	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	877.86	899.73	891.72	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	22.70	0.27	8.36	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	922.70	900.27	908.36	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	7,744.80	4,296.27	2,373.34	
<i>proj Csis, nez</i>				120,390.71	<i>RSD/h</i>	
<i>proj Csis, zav</i>				120,270.20	<i>RSD/h</i>	
<i>Jc, nez</i>				1,302.63	<i>RSD/t</i>	
<i>Jc, zav</i>				1,301.33	<i>RSD/t</i>	
<i>Asis nez</i>					0.9242	
<i>Asis zav</i>					0.9258	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9754	0.9997	0.9908	92.42	

Табела 82 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 8

<i>Q</i> , tona	<i>Варијанта 9</i>			<i>C 9 =</i>	117,238,126.61	<i>RSD</i>
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9734	0.9997	0.9998	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	7,450.14	4,295.38	3,853.00	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	4,639.00	2,949.90	2,908.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	97.34	99.97	99.98	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	876.06	899.73	899.82	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	24.59	0.27	0.18	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	924.59	900.27	900.18	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	7,578.95	4,296.27	3,853.58	
<i>proj Csis, nez</i>				121,341.88	<i>RSD/h</i>	
<i>proj Csis, zav</i>				121,236.35	<i>RSD/h</i>	
<i>Jc, nez</i>				1,303.78	<i>RSD/t</i>	
<i>Jc, zav</i>				1,302.65	<i>RSD/t</i>	
<i>Asis nez</i>					0.9307	
<i>Asis zav</i>					0.9321	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9734	0.9997	0.9998	93.07	

Табела 83 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 9

<i>Q</i> , tona	Варијанта 10			117,325,814.40	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3		
90,000.00					
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9734	0.9997	0.9908
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	7,450.14	4,295.38	2,359.66
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	4,639.00	2,949.90	1,465.00
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	97.34	99.97	99.08
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	876.06	899.73	891.72
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	24.59	0.27	8.36
<i>proj h</i>	940.73	900.09	924.59	900.27	908.36
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	7,578.95	4,296.27	2,373.34
<i>proj Csis, nez</i>				120,371.81	RSD/h
<i>proj Csis, zav</i>				120,234.87	RSD/h
<i>Jc, nez</i>				1,305.10	RSD/t
<i>Jc, zav</i>				1,303.62	RSD/t
<i>Asis nez</i>					0.9223
<i>Asis zav</i>					0.9241
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9734	0.9997	0.9908	92.23

Табела 84 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 10

<i>Q</i> , tona	Варијанта 11			117,975,288.12	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3		
90,000.00					
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9678	0.9997	0.9998
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	7,456.32	4,295.38	3,803.06
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	4,273.00	2,949.90	1,443.40
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	96.78	99.97	99.98
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	871.02	899.73	899.82
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	29.94	0.27	0.18
<i>proj h</i>	940.73	900.09	929.94	900.27	900.18
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	7,601.90	4,296.27	3,803.35
<i>proj Csis, nez</i>				121,570.55	RSD/h
<i>proj Csis, zav</i>				121,296.79	RSD/h
<i>Jc, nez</i>				1,313.79	RSD/t
<i>Jc, zav</i>				1,310.84	RSD/t
<i>Asis nez</i>					0.9253
<i>Asis zav</i>					0.9290
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9678	0.9997	0.9998	92.53

Табела 85 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 11

<i>Q</i> , tona	Варијанта 12			118,184,666.09	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3		
90,000.00					
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9678	0.9997	0.9919
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	7,456.32	4,295.38	2,388.00
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	4,273.00	2,949.90	1,443.40
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	96.78	99.97	99.19
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	871.02	899.73	892.71
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	29.94	0.27	7.35
<i>proj h</i>	940.73	900.09	929.94	900.27	907.35
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	7,601.90	4,296.27	2,399.85
<i>proj Csis, nez</i>				120,703.70	RSD/h
<i>proj Csis, zav</i>				120,551.93	RSD/h
<i>Jc, nez</i>				1,314.82	RSD/t
<i>Jc, zav</i>				1,313.16	RSD/t
<i>Asis nez</i>					0.9180
<i>Asis zav</i>					0.9200
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9678	0.9997	0.9919	91.80

Табела 86 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 12

<i>Q</i> , tona	Варијанта 13			<i>C 13 =</i>	118,364,943.49	<i>RSD</i>
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9678	0.9997	0.9908	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	7,456.32	4,295.38	2,359.66	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	4,273.00	2,949.90	1,465.00	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	96.78	99.97	99.08	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	871.02	899.73	891.72	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	29.94	0.27	8.36	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	929.94	900.27	908.36	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	7,601.90	4,296.27	2,373.34	
<i>proj Csis, nez</i>				120,755.72	<i>RSD/h</i>	
<i>proj Csis, zav</i>				120,601.92	<i>RSD/h</i>	
<i>Jc, nez</i>				1,316.84	<i>RSD/t</i>	
<i>Jc, zav</i>				1,315.17	<i>RSD/t</i>	
<i>Asis nez</i>					0.9170	
<i>Asis zav</i>					0.9190	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9678	0.9997	0.9908	91.70	

Табела 87 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 13

<i>Q</i> , tona	Варијанта 14			<i>C 14 =</i>	119,861,490.14	<i>RSD</i>
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9991	0.9997	0.9919	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	14,906.46	4,295.38	2,388.00	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	8,912.00	2,949.90	1,443.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	193.40	99.97	99.19	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.19	899.73	892.71	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.81	0.27	7.35	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.81	900.27	907.35	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	14,914.49	4,296.27	2,399.85	
<i>proj Csis, nez</i>				126,253.58	<i>RSD/h</i>	
<i>proj Csis, zav</i>				126,216.47	<i>RSD/h</i>	
<i>Jc, nez</i>				1,332.19	<i>RSD/t</i>	
<i>Jc, zav</i>				1,331.79	<i>RSD/t</i>	
<i>Asis nez</i>					0.9477	
<i>Asis zav</i>					0.9482	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9991	0.9997	0.9919	94.77	

Табела 88 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 14

<i>Q</i> , tona	Варијанта 15			<i>C 15 =</i>	119,991,079.28	<i>RSD</i>
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9993	0.9997	0.9919	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	15,088.76	4,295.38	2,388.00	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	8,648.00	2,949.90	1,443.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	193.40	99.97	99.19	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.37	899.73	892.71	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.63	0.27	7.35	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.63	900.27	907.35	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	15,094.82	4,296.27	2,399.85	
<i>proj Csis, nez</i>				126,407.80	<i>RSD/h</i>	
<i>proj Csis, zav</i>				126,378.23	<i>RSD/h</i>	
<i>Jc, nez</i>				1,333.55	<i>RSD/t</i>	
<i>Jc, zav</i>				1,333.23	<i>RSD/t</i>	
<i>Asis nez</i>					0.9479	
<i>Asis zav</i>					0.9483	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9993	0.9997	0.9919	94.79	

Табела 89 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 15

<i>Q</i> , tona	Варијанта 16			C 16 =	120,039,239.10	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9991	0.9997	0.9908	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	14,906.46	4,295.38	2,359.66	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	8,912.00	2,949.90	1,465.00	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	193.40	99.97	99.08	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.19	899.73	891.72	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.81	0.27	8.36	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.81	900.27	908.36	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	14,914.49	4,296.27	2,373.34	
<i>proj Csis, nez</i>				126,300.72	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				126,263.47	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,334.16	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,333.77	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9467	
<i>Asis zav</i>					0.9472	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9991	0.9997	0.9908	94.67	

Табела 90 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 16

<i>Q</i> , tona	Варијанта 17			C 17 =	120,091,347.76	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9991	0.9997	0.9919	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	15,082.58	4,295.38	2,388.00	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	8,744.00	2,949.90	1,443.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	193.40	99.97	99.19	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.19	899.73	892.71	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.81	0.27	7.35	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.81	900.27	907.35	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	15,090.46	4,296.27	2,399.85	
<i>proj Csis, nez</i>				126,421.42	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				126,458.52	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,333.96	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,334.35	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9477	
<i>Asis zav</i>					0.9472	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9991	0.9997	0.9919	94.77	

Табела 91 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 17

<i>Q</i> , tona	Варијанта 18			C 18 =	120,161,654.37	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9993	0.9997	0.9908	
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	15,088.76	4,295.38	2,359.66	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	8,648.00	2,949.90	1,465.00	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	193.40	99.97	99.08	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.37	899.73	891.72	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.63	0.27	8.36	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.63	900.27	908.36	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	15,094.82	4,296.27	2,373.34	
<i>proj Csis, nez</i>				126,454.64	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				126,417.53	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,335.52	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,335.13	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9469	
<i>Asis zav</i>					0.9474	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9993	0.9997	0.9908	94.69	

Табела 92 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 18

<i>Q</i> , tona	Варијанта 19			120,198,736.85	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3		
90,000.00				П.С. 4	П.С. 5
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9991	0.9997	0.9908
<i>C i/h</i>	83,434.14	17,718.75	15,082.58	4,295.38	2,359.66
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	7,850.00	8,744.00	2,949.90	1,465.00
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	194.00	99.97	99.08
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.19	899.73	891.72
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.81	0.27	8.36
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.81	900.27	908.36
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	17,719.54	15,090.46	4,296.27	2,373.34
<i>proj Csis, nez</i>				126,468.42	RSD/h
<i>proj Csis, zav</i>				126,431.24	RSD/h
<i>Jc, nez</i>				1,335.93	RSD/t
<i>Jc, zav</i>				1,335.54	RSD/t
<i>Asis nez</i>					0.9467
<i>Asis zav</i>					0.9472
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9991	0.9997	0.9908	94.67

Табела 93 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 19

<i>Q</i> , tona	Варијанта 20			126,896,342.79	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3		
90,000.00				П.С. 4	П.С. 5
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9993	0.9997	0.9919
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	11,825.14	4,295.38	2,388.00
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	9,014.00	2,949.90	1,443.40
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	99.93	99.97	99.19
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.37	899.73	892.71
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.63	0.27	7.35
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.63	900.27	907.35
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	11,831.46	4,296.27	2,399.85
<i>proj Csis, nez</i>				133,793.72	RSD/h
<i>proj Csis, zav</i>				133,651.06	RSD/h
<i>Jc, nez</i>				1,411.46	RSD/t
<i>Jc, zav</i>				1,409.96	RSD/t
<i>Asis nez</i>					0.9479
<i>Asis zav</i>					0.9497
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9993	0.9997	0.9919	94.79

Табела 94 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 20

<i>Q</i> , tona	Варијанта 21			127,412,099.32	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3		
90,000.00				П.С. 4	П.С. 5
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9754	0.9997	0.9919
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	7,632.44	4,295.38	2,388.00
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	4,375.00	2,949.90	1,443.40
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	97.54	99.97	99.19
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	877.86	899.73	892.71
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	22.70	0.27	7.35
<i>proj h</i>	940.73	900.09	922.70	900.27	907.35
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	7,744.80	4,296.27	2,399.85
<i>proj Csis, nez</i>				131,114.57	RSD/h
<i>proj Csis, zav</i>				130,984.78	RSD/h
<i>Jc, nez</i>				1,417.09	RSD/t
<i>Jc, zav</i>				1,415.69	RSD/t
<i>Asis nez</i>					0.9252
<i>Asis zav</i>					0.9268
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9754	0.9997	0.9919	92.52

Табела 95 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 21

<i>Q</i> , tona	Варијанта 22			C 22 =	127,606,254.96	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9754	0.9997	0.9908	
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	7,632.44	4,295.38	2,359.66	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	4,375.00	2,949.90	1,465.00	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	97.54	99.97	99.08	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	877.86	899.73	891.72	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	22.70	0.27	8.36	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	922.70	900.27	908.36	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	7,744.80	4,296.27	2,373.34	
<i>proj Csis, nez</i>				131,169.23	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				131,038.90	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,419.26	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,417.85	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9242	
<i>Asis zav</i>					0.9258	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9754	0.9997	0.9908	92.42	

Табела 96 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 22

<i>Q</i> , tona	Варијанта 23			C 23 =	127,656,794.08	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9734	0.9997	0.9919	
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	7,450.14	4,295.38	2,388.00	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	4,639.00	2,949.90	1,443.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	97.34	99.97	99.19	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	876.06	899.73	892.71	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	24.59	0.27	7.35	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	924.59	900.27	907.35	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	7,578.95	4,296.27	2,399.85	
<i>proj Csis, nez</i>				131,106.54	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				130,967.24	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,419.92	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,418.41	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9233	
<i>Asis zav</i>					0.9250	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9734	0.9997	0.9919	92.33	

Табела 97 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 23

<i>Q</i> , tona	Варијанта 24			C 24 =	127,844,143.90	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00						
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9734	0.9997	0.9908	
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	7,450.14	4,295.38	2,359.66	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	4,639.00	2,949.90	1,465.00	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	97.34	99.97	99.08	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	876.06	899.73	891.72	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	24.59	0.27	8.36	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	924.59	900.27	908.36	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	7,578.95	4,296.27	2,373.34	
<i>proj Csis, nez</i>				131,162.07	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				131,014.00	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,422.10	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,420.49	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9223	
<i>Asis zav</i>					0.9241	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9734	0.9997	0.9908	92.23	

Табела 98 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 24

<i>Q</i> , tona	Варијанта 25			<i>C</i> 25 =	128,777,097.82	RSD
90,000.00	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9678	0.9997	0.9919	
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	7,456.32	4,295.38	2,388.00	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	4,273.00	2,949.90	1,443.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	96.78	99.97	99.19	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	871.02	899.73	892.71	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	29.94	0.27	7.35	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	929.94	900.27	907.35	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	7,601.90	4,296.27	2,399.85	
<i>proj Csis, nez</i>				131,522.99	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				131,356.53	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,432.67	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,430.86	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9180	
<i>Asis zav</i>					0.9200	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9678	0.9997	0.9919	91.80	

Табела 99 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 25

<i>Q</i> , tona	Варијанта 26			<i>C</i> 26 =	128,893,756.08	RSD
90,000.00	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9678	0.9997	0.9908	
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	7,456.32	4,295.38	2,359.66	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	4,273.00	2,949.90	1,465.00	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	96.78	99.97	99.08	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	871.02	899.73	891.72	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	28.98	0.27	8.28	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	929.94	900.27	908.36	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	7,601.90	4,296.27	2,373.34	
<i>proj Csis, nez</i>				131,579.95	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				131,329.72	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,434.88	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,432.15	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9170	
<i>Asis zav</i>					0.9200	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9678	0.9997	0.9908	91.70	

Табела 100 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 26

<i>Q</i> , tona	Варијанта 27			<i>C</i> 27 =	129,971,582.79	RSD
90,000.00	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9991	0.9997	0.9919	
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	14,906.46	4,295.38	2,388.00	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	8,912.00	2,949.90	1,443.40	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	193.40	99.97	99.19	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.19	899.73	892.71	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.81	0.27	7.35	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.81	900.27	907.35	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	14,914.49	4,296.27	2,399.85	
<i>proj Csis, nez</i>				136,894.51	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				136,862.60	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,444.47	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,444.13	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9477	
<i>Asis zav</i>					0.9481	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9991	0.9997	0.9919	94.77	

Табела 101 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 27

<i>Q</i> , tona	Варијанта 28			C 28 =	130,091,054.95	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00					П.С. 4	П.С. 5
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9993		0.9997	0.9919
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	15,088.76		4,295.38	2,388.00
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	8,648.00		2,949.90	1,443.40
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	194.00		99.97	99.19
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00		900.00	900.00
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.37		899.73	892.71
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.63		0.27	7.35
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.63		900.27	907.35
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	15,094.82		4,296.27	2,399.85
<i>proj Csis, nez</i>					137,047.62	RSD/h
<i>proj Csis, zav</i>					137,015.83	RSD/h
<i>Jc, nez</i>					1,445.79	RSD/t
<i>Jc, zav</i>					1,445.46	RSD/t
<i>Asis nez</i>						0.9479
<i>Asis zav</i>						0.9483
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9993	0.9997		0.9919	94.79

Табела 102 - Показатељи рада система рангираних варијанти - варијанта 28

<i>Q</i> , tona	Варијанта 29			C 29 =	130,131,030.15	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00					П.С. 4	П.С. 5
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9991		0.9997	0.9919
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	15,082.58		4,295.38	2,388.00
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	8,744.00		2,949.90	1,443.40
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	194.00		99.97	99.19
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00		900.00	900.00
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.19		899.73	892.71
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.81		0.27	7.35
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.81		900.27	907.35
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	15,090.46		4,296.27	2,399.85
<i>proj Csis, nez</i>					137,062.35	RSD/h
<i>proj Csis, zav</i>					137,030.50	RSD/h
<i>Jc, nez</i>					1,446.24	RSD/t
<i>Jc, zav</i>					1,445.90	RSD/t
<i>Asis nez</i>						0.9477
<i>Asis zav</i>						0.9481
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9991	0.9997		0.9919	94.77

Табела 103 - Показатељи рада система рангираних варијанти - варијанта 29

<i>Q</i> , tona	Варијанта 30			C 30 =	130,285,174.61	RSD
	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3			
90,000.00					П.С. 4	П.С. 5
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9993		0.9997	0.9908
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	15,088.76		4,295.38	2,359.66
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	8,648.00		2,949.90	1,465.00
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	194.00		99.97	99.08
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00		900.00	900.00
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.37		899.73	891.72
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.63		0.27	8.36
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.63		900.27	908.36
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	15,094.82		4,296.27	2,373.34
<i>proj Csis, nez</i>					137,100.03	RSD/h
<i>proj Csis, zav</i>					137,068.11	RSD/h
<i>Jc, nez</i>					1,447.95	RSD/t
<i>Jc, zav</i>					1,447.61	RSD/t
<i>Asis nez</i>						0.9469
<i>Asis zav</i>						0.9473
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9993	0.9997		0.9908	94.69

Табела 104 - Показатељи рада система рангираних варијанти - варијанта 30

<i>Q</i> , tona	Варијанта 31			<i>C 31 =</i>	130,317,763.57	RSD
90,000.00	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9991	0.9997	0.9908	
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	15,082.58	4,295.38	2,359.66	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	8,744.00	2,949.90	1,465.00	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	194.00	99.97	99.08	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.19	899.73	891.72	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.81	0.27	8.36	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.81	900.27	908.36	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	15,090.46	4,296.27	2,373.34	
<i>proj Csis, nez</i>				137,114.92	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				137,074.95	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,448.40	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,447.98	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9467	
<i>Asis zav</i>					0.9472	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9991	0.9997	0.9908	94.67	

Табела 105 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 31

<i>Q</i> , tona	Варијанта 32			<i>C 32 =</i>	130,317,763.57	RSD
90,000.00	П.С. 1	П.С. 2	П.С. 3	П.С. 4	П.С. 5	
<i>Ai,p</i>	0.9567	0.9999	0.9991	0.9997	0.9908	
<i>C i/h</i>	83,434.14	28,100.48	15,082.58	4,295.38	2,359.66	
<i>Ci, zast/h</i>	39,200.00	12,233.12	8,744.00	2,949.90	1,465.00	
<i>proj Up,i</i>	95.67	99.99	194.00	99.97	99.08	
<i>osn hi</i>	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	
<i>proj hi,r</i>	861.03	899.91	899.19	899.73	891.72	
<i>proj hi,z</i>	40.73	0.09	0.81	0.27	8.36	
<i>proj h</i>	940.73	900.09	900.81	900.27	908.36	
<i>proj C i/h</i>	85,295.01	28,101.70	15,090.46	4,296.27	2,373.34	
<i>proj Csis, nez</i>				137,114.92	RSD/h	
<i>proj Csis, zav</i>				137,074.95	RSD/h	
<i>Jc, nez</i>				1,448.40	RSD/t	
<i>Jc, zav</i>				1,447.98	RSD/t	
<i>Asis nez</i>					0.9467	
<i>Asis zav</i>					0.9472	
<i>min stv Up</i>	0.9999	0.9991	0.9997	0.9908	94.67	

Табела 106 - Показатељи рада система ранжираних варијанти - варијанта 32

Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске верзије
докторског рада**

Име и презиме аутора : Милан С. Мирковић
Број индекса : 1
Студијски програм : Управљање пројектима у грађевинарству и Менаџмент и
технологија грађења
Наслов рада : Оптимизација расположивости система за
производњу и уграђивање битуменом везаних материјала
Ментор : Проф. др Бранислав Ивковић дипл. инж. грађ.

Потписани Милан С. Мирковић

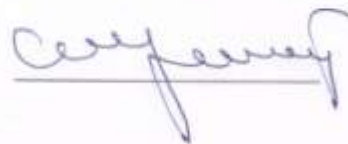
Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 01.03.2016. год.



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Оптимизација расположивости система за производњу и уграђивање

битуменом везаних материјала

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

У Београду, 01.03.2016. год.

Потпис докторанда

